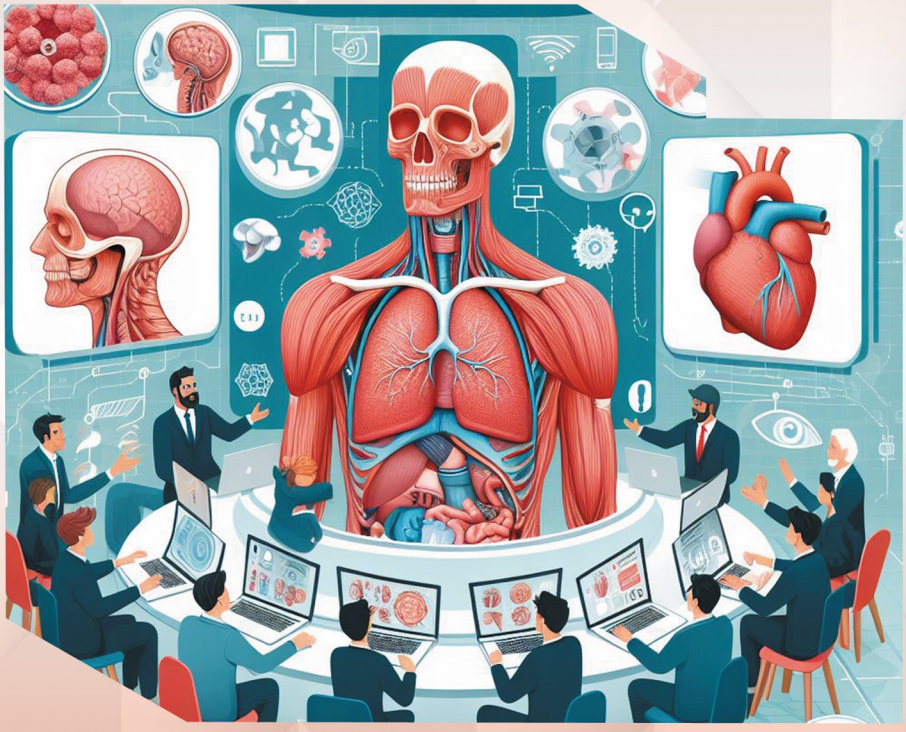
جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
معاونت آموزشی

کاربرد فناوری‌های یادگیری
در آموزش علوم تشریح



تحت راهنمایی وهدایت:

دکتر غلامرضا حسن زاده
دکتر سلیمان احمدی
دکتر بابک ثابت
دکتر محسن نوروزیان

بسم الله الرحمن الرحيم

کاربرد فناوری‌های یادگیری در آموزش علوم تشریح

تحت راهنمایی و هدایت:

دکتر غلامرضا حسن‌زاده
استاد علوم تشریح دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر سلیمان احمدی
استاد آموزش پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دکتر بابک ثابت
استاد جراحی عمومی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دکتر محسن نوروزیان
استاد علوم تشریح دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

طراحی و تدوین سرفصل‌ها و چارچوب علمی
دکتر سلیمان احمدی
استاد آموزش پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

نویسندگان و مؤلفین
دکتر محمدتقی جغتایی، دکتر غلامرضا حسن‌زاده، دکتر محسن نوروزیان، دکتر سید بهنام الدین جامعی، دکتر زهره خوش‌گفتار دکتر حکمت فرج‌پور، دکتر ایوب رستم‌زاده، دکتر حجت‌الله عباس‌زاده، دکتر مرضیه السادات مینوئی، علیرضا کهن، ندا غفاری مجلج سپهر نان‌بخش، آذر افشار، فخرالدین آقاجان‌پور، رضا سلطانی، آمنه علی‌کرمی، بابک ابراهیمی، سبحان غضنفری‌مقدم، داوود جهان‌مهر

ویراستاران علمی
دکتر سلیمان احمدی، دکتر ایوب رستم‌زاده، دکتر مرضیه السادات مینویی

هماهنگی امور اجرایی تدوین کتاب
دکتر کامبیز نوین، لیلا محمدزاده

عنوان و نام پدیدآور	:	کاربرد فناوری‌های یادگیری در آموزش علوم تشریح/تحت راهنمایی و هدایت غلامرضا حسن‌زاده ... [و دیگران]؛ طراحی و تدوین سرفصل‌ها و چارچوب علمی سلیمان احمدی؛ نویسندگان و مولفین محمدتقی جغتایی ... [و دیگران] ؛ ویراستاران علمی سلیمان احمدی، ایوب رستم‌زاده، مرضیه‌السادات مینویی؛ هماهنگی امور اجرایی و تدوین کتاب کامبیز نوین، لیلا محمدزاده.
مشخصات نشر	:	تهران: انتشارات ابن‌سینا: انتشارات گذر، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	:	۱۶۰ص. وزیری
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۸۲۵۴-۰۹-۸
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	تحت راهنمایی و هدایت غلامرضا حسن‌زاده، غلامرضا حسن‌زاده، محسن نوروزیان، سیدبهنام‌الدین جامعی، زهره خوش‌گفتار، حکمت فرج‌پور ... .
موضوع	:	کالبدشناسی انسان؛ Human anatomy؛ نظام‌های آموزشی هوشمند؛ Intelligent tutoring systems؛ یادگیری؛ Learning؛ تکنولوژی آموزشی؛ Educational technology؛ پزشکی – نوآوری؛ Medical innovations؛ واقعیت مجازی در آموزش عالی؛ Virtual reality in higher education؛ آموزش پزشکی-- آموزش به کمک کامپیوتر؛ Medical education -- Computer-assisted instruction
شناسه افزوده	:	جغتایی، محمدتقی، ۱۳۳۷- Joghataei, Mohammad Taghi, 1958– حسن‌زاده، غلامرضا، ۱۳۴۴ - احمدی، سلیمان، ۱۳۴۹ –، ویراستار؛ رستم‌زاده، ایوب، ۱۳۶۸–، ویراستار؛ مینویی، مرضیه، ۱۳۵۲–، ویراستار؛ نوین، کامبیز، ۱۳۵۹ - محمدزاده، لیلا
رده بندی کنگره	:	QM۲۳/۲
رده بندی دیویی	:	۶۱۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۵۳۸۸۲۱
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیپا

انتشارات ابن‌سینا

نام کتاب: **کاربرد فناوری‌های یادگیری در آموزش علوم تشریح**

تحت راهنمایی و هدایت: دکتر غلامرضا حسن‌زاده، دکتر سلیمان احمدی، دکتر بابک ثابت، دکتر محسن نوروزیان

مؤلفین و گردآورندگان: دکتر محمدتقی جغتایی، دکتر غلامرضا حسن‌زاده، دکتر محسن نوروزیان، دکتر سید بهنام الدین جامعی، دکتر زهره خوش‌گفتار، دکتر حکمت فرج‌پور، دکتر ایوب رستم‌زاده، دکتر حجت‌الله عباس‌زاده، دکتر مرضیه السادات مینوئی، علیرضا کهن، ندا غفاری مجلج، سپهر نان‌بخش، آذر افشار، فخرالدین آقاجان‌پور، رضا سلطانی، آمنه علی‌کرمی، بابک ابراهیمی، سبحان غضنفری‌مقدم، داوود جهان‌مهر

ناشر: انتشارات ابن‌سینا با همکاری انتشارات گذر

نوبت چاپ: اول، اسفند ۱۴۰۲

شمارگان: ۲۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۸۲۵۴-۰۹-۸

تمامی حقوق مادی و معنوی این اثر برای مؤلفین محفوظ است. لذا هرگونه تکثیر و بازنویسی مطالب به هر نحو ممکن در هرگونه رسانه، کتاب، مجله، جزوه و لوح فشرده بدون اجازه کتبی ناشر شرعاً حرام است و موجب پیگرد

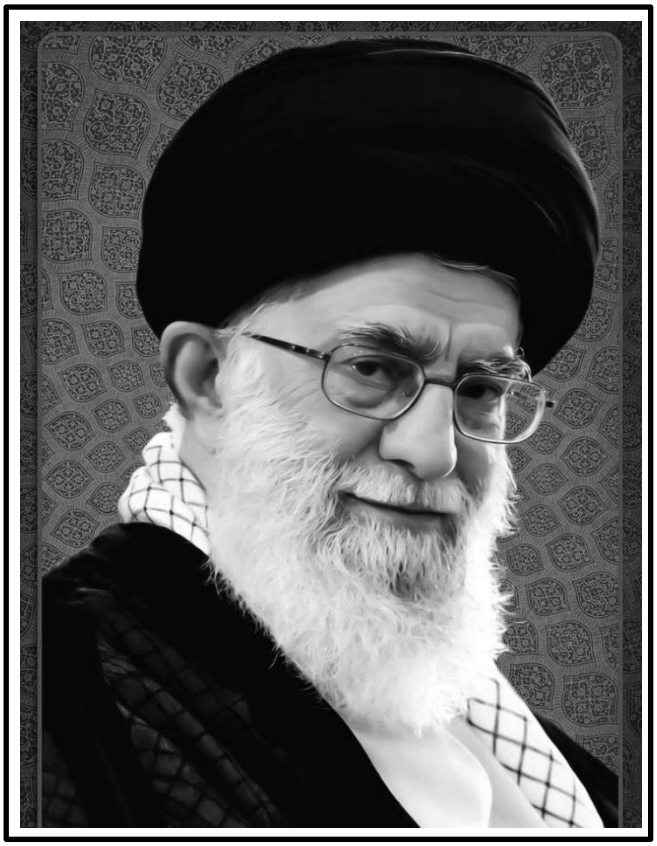
به انتشارات ابن‌سینا بپیوندید
https://telegram.me/EntesharatEbneSina

دفتر مرکزی و فروشگاه: تهران: خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت)، خیابان وحیدنظری غربی، کوچه بختیاری، مجتمع کارن، طبقه دوم، واحد ۳، تلفن: ۶۶۴۱۸۳۱۹ - فکس: ۶۶۴۱۸۳۰۹

ایمیل: press.ebnesina@gmail.com :سایت: www. pressebnesina.com

نمایندگی‌های فروش:

اصفهان: کتابفروشی کیا	۰۳۱-۳۶۶۹۹۱۱۲	**مشهد:** انتشارات مجددانش	۰۵۱-۳۸۴۴۱۰۱۶
تبریز: کتابفروشی بابک	۰۴۱-۳۳۳۴۰۹۸۳	**کرمانشاه:** جهان کتاب	۰۸۳-۳۷۲۸۴۸۳۷-۸
ساری: کتب پزشکی ارجمند	۰۹۱۱-۸۰۲۰۰۹۰	**بابل:** کتابفروشی ارجمند	۰۹۱۱-۸۰۲۰۰۹۰
شیراز: بازار کتاب شیراز	۰۷۱-۳۲۳۳۳۶۴۶	**همدان:** کتابسرای بوعلی	۰۹۱۸۷۰۶۱۱۹۲
قزوین: کتابسرای حکیم	۰۲۸-۳۲۲۲۴۸۹۹	**ارومیه:** شهر کتابفروشی پزشکی	۰۴۴-۳۲۲۵۲۸۷۹
تبریز: کتابفروشی شبرنگ	۰۴۱-۳۳۳۴۱۹۰۸	**مشهد:** فرا انگیزش	۰۵۱-۳۲۲۴۰۷۶۸
کرمانشاه: اندیشه	۰۸۳-۳۷۲۷۱۱۱۳	**قم:** کتابسرای روانشناسی	۰۲۵-۳۷۷۳۳۴۳۴



«در زمینه‌ی علم و فناوری، آن کاری را که ذهن بشر به آن دست نیافته است، آن را وجهه‌ی همت قرار بدهید و دنبال بکنید؛ این طوری است که ما خط مقدم علم را شکسته‌ایم و یک قدم به جلو برداشته‌ایم».

بیانات مقام معظم رهبری در دیدار جمعی از پژوهشگران و فناوران
مهر ۱۳۸۵

به نام خدا

پیشگفتار

امروزه کاربرد فناوری‌های نوین در عرصه‌های آموزشی با سرعت فزاینده‌ای در حال گسترش است و همه ابعاد زندگی از جمله یاددهی و یادگیری را در شکل‌های متفاوت آن دچار دگرگونی کرده است. گسترش فناوری و استفاده از ابزارها و مفاهیم نوین موجب بست اطلاعات و دسترسی آسان و کم‌هزینه برای فراگیران شده است. فناوری‌ها یکی از عوامل تولید است که به منزله دارایی شمرده می‌شود، به طوری که هزینه‌های مرتبط به آن نوعی سرمایه‌گذاری محسوب می‌گردد. به عبارت دیگر، فناوری منبعی برای افزایش توان و بهینه‌سازی عواملی چون نیروی انسانی، ابزار و سرمایه تلقی می‌شود، به طوری که بدون این منبع ارزشمند عوامل مذکور به صورت استاتیک عمل خواهند کرد و حرکت پویایی نخواهند داشت. فناوری‌های یادگیری نقش بسیار مهمی نیز در بهبود فرآیند آموزش علوم تشریح داشته و از تحولات چشمگیری برخوردار بوده است. انگیزه و علاقه انسان در شناخت ساختارهای بدن ریشه در تاریخ چندهزار ساله علم تشریح دارد که ریشه‌های آن به مصر باستان و پاپیروس‌هایی که قلب و سایر اندام‌های داخلی را توصیف می‌کردند، برمی‌گردد. در بخش بزرگی از این تاریخ چندهزار ساله، راه اصلی برای درک بدن باز کردن اجساد و نگاه کردن به عناصر زیر پوست بوده است. در اواخر قرن هفدهم، Robert Hooke دانشمند بریتانیایی میکروسکوپ را اختراع کرد. وی دستیابی به این موفقیت را مدیون استاد خود Thomas Willis بود. کشف میکروسکوپ بزرگترین و مرموزترین تلاش برای ورود آناتومی به حوزه میکروسکوپی منجر به تعریف قانون کشسانی (قانون هوک)، سپس نگارش کتاب «میکروگرافیا» و نهایتاً خلق واژه «سلول» بود که خشت اولیه حیاتی در تاریخ علم بافت‌شناسی به عنوان یکی از شاخه‌های علوم تشریح را بنا نهاد.

در پایان قرن نوزدهم، توسعه دستگاه اشعه ایکس با کشف بزرگ Wilhelm Conrad Röntgen (فیزیکدان آلمانی و برنده اولین جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۰۱) امکان ثبت تصاویر از داخل بدن را فراهم کرد. همزمان با اختراع سی‌تی اسکن (CT) توسط Godfrey Newbold Hounsfield (مهندس برق بریتانیایی و برنده جایزه نوبل پزشکی در سال ۱۹۷۹)، اولین گرافیک کامپیوتری تعاملی نیز به نمایش گذاشته شد. از آن زمان پیشرفت در گرافیک کامپیوتری و تصویربرداری پزشکی دست به دست هم داد تا بتواند بانک بزرگی از آناتومی بدن را به صورت دیجیتال در دسترس قرار دهد. ظهور تکنیک تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) تحول بزرگ دیگری در اواخر قرن بیستم بود که توسط Peter Mansfield و Paul Lauterbur در سال ۱۹۷۵ اختراع شد. این فناوری امکان تجسم ساختارهای آناتومیک را از طریق برش‌های متعدد و بازسازی ساختارها به صورت ۳بعدی فراهم می‌کرد. از زمانی که اولین اسکن بالینی MRI توسط John Mallard و تیمش در دانشگاه آبردین در سال ۱۹۸۰ انجام شد، فناوری MRI تأثیر زیادی بر نحوه تشخیص و آموزش علوم پزشکی داشته است، چرا که نه تنها خود در ادامه به عنوان یک رشته وارد دنیای پزشکی شد، بلکه سالانه پیشرفت‌های مهندسی منجر به هیجان بیشتر در نمایش و بکارگیری تصاویر گردید. Michio Kaku یکی از نظریه‌پردازان بزرگ فیزیک در نجوم و پزشکی در دانشگاه استنفورد معتقد است: اثری که MRI در طی سه دهه اخیر بر پیشرفت علوم پزشکی و نشان دادن آناتومی بدن بخصوص مغز گذاشته است حتی بیشتر از اثر اختراع تلسکوپ در ۴۰۰ سال پیش برای اخترشناسان بوده است". پس از اختراع MRI تکنیک‌های پیشرفته جدیدی ایجاد شد که هر کدام آناتومی و فیزیولوژی خاص یک ناحیه از بدن را به تصویر می‌کشند: تکنیک‌هایی مانند Magnetic resonance enterography (MRE) که

قوام ساختارهای آناتومیک را نشان می‌دهد، Diffusion Tensor Imaging Tractography (DTT) که مسیرها و راه‌های عصبی را نشان می‌دهد، Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) که عملکرد آناتومی ارگانها را نشان می‌دهد، Perfusion-weighted imaging (PWI) که خونرسانی و آناتومی عروق و شبکه‌های پیچیده خونرسانی را به تصویر می‌کشد.

توسعه آناتومی دیجیتال تا اواخر قرن بیستم همچنان ادامه داشت. پروژه انسان قابل مشاهده (Visible Human Project-VHP) که توسط کتابخانه ملی پزشکی ایالات متحده در سال ۱۹۹۸ ایجاد شد، یکی از برجسته‌ترین نمونه از توسعه دیجیتالی شدن آموزش پزشکی بود. VHP تصاویر دیجیتالی با وضوح بالا از بخش‌های آناتومیکی یک بدن انجماد شده را به‌طور رایگان در اینترنت در دسترس قرار داد. این تصاویر توسط دانشمندان کامپیوتر در سراسر جهان برای ایجاد نمایش بیشتر ساختارهای آناتومیک استفاده می‌شود. مگاپروژه‌های دیگر مانند انسان مرئی چینی (Chinese visible human) (راه‌اندازی در سال ۲۰۰۳) و انسان مرئی کره‌ای (Visible Korean Human) (راه‌اندازی در سال ۲۰۰۵) با استفاده از کرایوتومی سریالی از اجساد تصاویر مقطعی با کیفیت و دقیقی را ارائه کردند که با استفاده از الگوریتم‌های پردازش پیشرفته به مدل‌های ۳بعدی تبدیل شدند. گردآوری این تصاویر ۳بعدی یک آرشیو کاربردی برای آموزش علوم پزشکی ایجاد کرد. این پروژه‌ها که در ابتدا بر اهداف آموزشی متمرکز بودند، در ادامه برای اهداف جدید شامل جراحی مجازی، آندوسکوپی مجازی، جراحی با هدایت تصویر و شبیه‌سازی پراتیک گسترش یافتند. انقلاب‌های متعددی که توسط گرافیک کامپیوتری، تجسم و تکنیک‌های تعاملی به وجود آمده‌اند به این معناست که شاخه‌ای از علم تشریح به نام آناتومی دیجیتال به صورت موازی و به سرعت در حال تکامل است.

یکی از اهداف اصلی این شاخه ارائه درک بیشتر از ساختار فضایی بدن و اندام‌های داخلی است. واقعیت مجازی و واقعیت افزوده برای رسیدن به این هدف بسیار ارزشمند و کمک‌کننده هستند. اگرچه اولین سیستم مجازی در پزشکی در سال ۱۹۶۵ توسط Robert Mann معرفی شد اما توسعه و فراگیر شدن واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در آموزش آناتومی در سال ۲۰۰۴ کاربردی شد و نهایتاً در سال ۲۰۲۴ با ورود هدست ویژن پرو (Apple Vision Pro) شرکت اَپل به تکامل چشمگیری رسید. با استفاده از واقعیت مجازی، افراد می‌توانند خود را در یک نمایش گرافیکی از بدن غوطه‌ور کنند، در حالی که با واقعیت افزوده، آناتومی مجازی تجسم حالت واقعی آناتومی بدن وجود دارد. هر دو تکنیک روشی بصری برای مشاهده و تعامل با آناتومی دیجیتال ارائه می‌کنند که می‌تواند از طریق شبکه‌های چندکاربری در محیط‌های مجازی (مانند متاورس) انقلابی در بسیاری از زمینه‌های مرتبط با سلامتی ایجاد کند که شاید روزی، دهکده آموزش و درمان مجازی نامیده شود. یکی از جنبه‌های جذاب آناتومی دیجیتال، ویژگی قوی چندرشته‌ای بودن آن و تمایل محققان در این زمینه برای آزمایش فناوری‌های جدید است. یکی دیگر از فناوری‌های نوین، پرینتر سه بعدی است که با استفاده از قلم‌های الکترونیکی با دقت فوق‌العاده بالا به طراحی می‌پردازد. مفاهیم نظری و اولین اختراع آن در سال ۱۹۸۰ میلادی توسط دکتر Hideo Kodama ژاپنی مطرح شد و در سال ۱۹۸۳ توسط دکتر Chuck Hull برای اولین بار به صورت عملی بکار گرفته شد که به آن stereolithography می‌گفتند و کمک شایانی به نمایش ساختارهای کوچک آناتومیک و جنین‌شناسی کرد. در گذشته علم آناتومی با تشریح جسد، طراحی مولاژهای پلاستیکی، چوبی، پلی‌استری و ... و تولید لام‌های بافت‌شناسی شروع شد، و در چند دهه اخیر به نرم‌افزارهای ۳ بعدی مبتنی بر وب و آپ‌های گوشی‌های هوشمند ختم شد که صرفاً حیطه آناتومی ماکروسکوپیک را پوشش می‌دادند، اما در چندسال اخیر با پیشرفت فناوری بلاک‌چین و یادگیری ماشین، روش‌ها و فناوری‌های تصویربرداری پزشکی، پرینتر ۳ بعدی و ... منجر به تحولات عظیمی در توانایی تدریس و یاددهی آناتومی در سطح عملکردی حتی در نمایش حوادث سلولی تکامل جنین یا انتقال نوروترانسمیتری و مدارهای عصبی شد. به دنبال آن حیطه‌های مختلف آناتومی مانند آناتومی سطحی، رادیولوژیک و مقطعی، آنتروپولوژیک و

اندوسکوپیک، جنین‌شناسی سیستمیک و سلولی گسترش یافت. تغییرات و تحولاتی که در دنیای تکنولوژی آموزشی رخ می‌دهد، مستقیماً روی سیستم‌های یاددهی و یادگیری تاثیرگذار است. اینکه استفاده از تکنولوژی در آموزش تا چه میزان اهمیت دارد و اینکه چگونه اساتید، دانشجویان و واحدهای مجری آموزش با این فناوری همگام شوند، یک نگرانی بزرگ در علوم پزشکی است. با وجود تکنولوژیکی جدید، اکنون می‌توان بر اساس نیاز و سطح علمی فراگیران و دانشجویان، نوع واحد درسی، دوره‌های آموزشی را با تنوع و کیفیت بالایی طراحی کرد.

در مجموع، آنچه که در چند سال اخیر مشاهده می‌کنیم گرایش به تغییر بنیادین در رویکردها و تکنیک‌های آموزش پزشکی است. بخصوص در رویکرد جدید اروپا محققان و اساتید و جراحان دیگر به دنبال نمایش تصاویر آناتومی تکی افراد نیستند، بلکه به دنبال مدل‌سازی و نمایش آماری در کل جمعیت هستند. در این رویکرد مدرن از ابزارهای الگوریتمی و ریاضی قدرتمندی استفاده می‌شود که بر روی پایگاه‌های اطلاعاتی عظیم اعمال می‌شوند تا تنوع آناتومیکی را شناسایی و ثبت کنند و بتوانند برای آموزش، پژوهش و درمان در یک جمعیت خاص تصمیم‌گیری کلان کنند. این جریانهای علمی می‌تواند تلنگری برای اساتید و دانشجویان کشور باشد که باید بانک اطلاعاتی ملی برای آموزش دیجیتال علوم تشریح راه‌اندازی شود چرا که پس از فارغ‌التحصیلی نیز داشتن رویکردهای جدید در آموزش و یادگیری ضروری است. امید است کتاب حاضر بتواند دیدگاه متفاوتی به آموزش علوم تشریح و اهمیت استفاده از فناوری‌های نوین در این زمینه در خوانندگان ایجاد نماید و به عنوان یک منبع الهام‌بخش، آنان را در مسیر رشد و پیشرفت کشور عزیزمان یاری کند.

دکتر سلیمان احمدی
دکتر ایوب رستم‌زاده
دکتر مرضیه السادات مینویی

مقدمه ناظرین

اهداف و محتوای کتاب

کتاب حاضر با معرفی و بررسی کاربردهای متنوع فناوری‌های یادگیری در آموزش علوم تشریح، به عنوان یک راهنمای جامع، به معرفی این فناوری‌ها و نحوه بهره‌برداری از آنها در زمینه‌ی آموزش و یادگیری می‌پردازد. همچنین سعی دارد به خوانندگان خود کمک کند با جدیدترین فناوری‌های یادگیری آشنا شده و از آنها در بهبود فرایند آموزش علوم تشریح بهره‌مند شوند. علاوه بر این، به بررسی چالش‌ها و موانعی که در پیاده‌سازی این فناوری‌ها در آموزش پزشکی پرداخته و راهکارهای موجود برای حل آنها را ارائه می‌دهد و همچون چراغ راهی، خوانندگان را برای ورود به دنیای گسترده و جذاب فناوری‌های یادگیری در حوزه علوم تشریح، برای یک سفر پر از کشف و آموزش آماده می‌کند.

ساختار کتاب

کتاب پیش رو از ۵ فصل تشکیل شده است. در فصل اول، تاریخچه آموزش آناتومی در ایران و نوآوری در آموزش علوم تشریح پزشکی بحث شده است. فصل دوم به بهترین شواهد و رویکردهای جدید یادگیری مانند یادگیری تیمی، یادگیری مبتنی بر حل مسئله، یادگیری مبتنی برکلاس درس معکوس، ارائه مورد بالینی و ... می‌پردازد. در فصل سوم، جایگاه و نقش فناوری‌های هوشمند از جمله میز تشریح مجازی، واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، انواع تلفن‌های هوشمند و شبیه‌سازی بازی‌های دیجیتال می‌پردازد. در فصل چهارم به مطالعات انجام شده و تجارب جهانی استفاده از فناوری‌های نوین در زمینه نقش پرینتر ۳بعدی، میز تشریح مجازی، واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، و تکنیک‌های تصویربرداری پزشکی، پروژه‌های کلان هوش مصنوعی در آموزش و یادگیری علوم تشریح می‌پردازد. فصل پنجم درباره استفاده از میز تشریح مجازی، ویدیوهای آموزشی، اپلیکیشن‌های موبایلی و فناوری‌های واقعیت افزوده ، واقعیت مجازی و پرینترها/نمایشگرهای ۳بعدی در آموزش علوم تشریحی داخل کشور بحث می‌کند.

دکتر غلامرضا حسن زاده
استاد علوم تشریح دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر سلیمان احمدی
استاد آموزش پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دکتر بابک ثابت
استاد جراحی عمومی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دکتر محسن نوروزیان
استاد علوم تشریح دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر آموزش نوین علوم تشریحی ۱

مروری بر تاریخچه آناتومی جهان ۱

تاریخچه علوم تشریحی در ایران ۵

۱–دوره ایلامیان، مادها، ایرانیان اولیه و بابلی‌ها ۵

۲–پس از تأسیس امپراتوری ایران (قرن ششم قبل از میلاد تا قرن هفتم پس از میلاد) ۶

۳–فتح ایران توسط اسلام (۶۳۷–۶۵۱ پس از میلاد) و صعود بغداد (۷۶۲–۱۲۵۹ م): عصر طلایی اسلامی ۶

۴– از حمله مغول به ایران تا مبانی آناتومی مدرن ۱۲

آناتومی در قرن ۲۰ و ۲۱ ..... ۱۵

استادان تاثیرگذار در پیشرفت علوم تشریح در قرن حاضر ۱۶

خلاقیت، نوآوری و فناوری ۱۸

تفکر طراحی ۲۱

یادگیری آناتومی ۲۲

فصل دوم: بهترین شواهد و مبانی آموزش ۲۵

مقدمه ۲۵

بهترین شواهد آموزش پزشکی ۲۶

آموزش آناتومی کلاسیک ۲۷

رویکردهای آموزشی همگام با عصر جدید ۲۹

یادگیری مبتنی بر گروه ۳۰

یادگیری مبتنی بر گروه کوچک ۳۲

یادگیری مبتنی بر حل مسئله ۳۴

یادگیری مبتنی برکلاس درس معکوس ۳۷

یادگیری مبتنی بر مورد ۴۰

یادگیری شخصی سازی شده (PL) ۴۱

یادگیری مبتنی بر وب ۴۳

یادگیری خرد ۴۵

فصل سوم: جایگاه و نقش فناوری‌های هوشمند در آموزش علوم تشریح ۴۷

مقدمه ۴۷

نقش فناوری وب–۲ در آموزش آناتومی ۴۸

نقش فناوری لایو استریم ویدئو در آموزش آناتومی ۵۰

نقش تلفن هوشمند در آموزش آناتومی ۵۱
مصورسازی در آموزش آناتومی ۵۲
شبیه‌سازی در آموزش آناتومی ۵۵
نقش‌بازی‌های دیجیتال در آموزش آناتومی ۵۶
فناوری رایانش ابری (کلاود) در آموزش آناتومی ۵۷
فناوری بلاکچین در آموزش آناتومی ۵۸
فناوری متاورس در آموزش آناتومی ۵۹
فناوری هوش مصنوعی در آموزش آناتومی ۵۹

فصل چهارم: تجارب جهانی استفاده از فناوریهای نوین در یادگیری علوم تشریحی ٦٢
مقدمه ۶۲
گذاری بر نقاط عطف تحول آناتومی در ایران/جهان و نقش تکنولوژی‌های نوین در تدریس و یادگیری ۶۳
تجارب جهانی نقش پرینتر ۳بعدی در یادگیری علوم تشریح ۷۲
تجارب جهانی نقش VR، VDT و AR در یادگیری علوم تشریح ۷۷
تجارب جهانی نقش تصویربرداری در یادگیری علوم تشریح ۸۸
نتیجه‌گیری فصل ۱۰۷

فصل پنجم: تجارب استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش علوم تشریح در گروه‌های آموزشی جمهوری اسلامی ایران ۱۱۰
مقدمه ۱۱۰
میز تشریح مجازی (VDT) ۱۱۱
ویدیوهای آموزشی و پویانمایی ۱۱۱
اپلیکیشن‌های موبایل ۱۱۲
پلتفرم‌های آموزش آنلاین و مبتنی بر وب ۱۱۳
فناوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده ۱۱۵
چالش‌های استفاده از فناوری‌های یادگیری در کشور ۱۲۶
برگزاری مراسم و رویدادهایی برای تعامل آنلاین نتیجه‌گیری فصل ۱۲۸

منابع ۱۲۹

فصل اول
مقدمه‌ای بر آموزش نوین علوم تشریحی

مؤلفین و گردآورندگان
دکتر غلامرضا حسن‌زاده
استاد علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

ندا غفاری مجلج
دانشجو دکتری تخصصی علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

سپهر نان‌بخش
دانشجو دکتری حرفه‌ای پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران

مروری بر تاریخچه آناتومی جهان

در عصر پارینه سنگی، شکارچیان که شکار را برای پختن آماده می‌کردند و قصاب‌ها که حیوانات را قطعه‌قطعه می‌کردند، تا حدودی با آناتومی آشنایی داشته‌اند. یادداشت‌های آلکمایون کروتون[1] از جمله اولین یادداشت‌های مربوط به آناتومی بوده که ۵۰۰ سال قبل از میلاد از طریق تشریح بدن حیوانات ساختارهای آناتومیک را بررسی کرده است. شیپور استاش و عصب بینایی از جمله اکتشافات وی می‌باشد. همچنین وی مطالعاتی در زمینه جنین‌شناسی و توزیع عروق در بدن نیز داشته است (۱).

مصریان

مصریان جهت مومیایی کردن اجساد اعضای بدن را خارج نموده و به این دلیل با آناتومی بدن انسان آشنایی داشته‌اند. اطلاعات باقی مانده بر روی پاپیروس‌ها نشان‌دهنده روش‌های جراحی آنها است (۱).

هندی‌ها

هندی‌ها اطلاعات خوبی از استخوآنها و عضلات داشته‌اند؛ به این علت که آنها جهت تشریح، اجساد را در آب نگهداری می‌کردند و سپس ماهوت پاکن را بر روی پوست می‌کشیدند تا عناصر زیرین مشخص گردد (۱).

بقراط

به عقیده وی، مغز دارای عروق فراوانی از جمله دو رگ بزرگ است، که یکی در سمت کبد و یکی در سمت طحال قرار دارد. بقراط اولین شخصی است که درزهای جمجمه و واریاسیاسون‌های آن را تعریف کرده است. واژه arter به معنی رگِ

1 Alcmaeon of Croton

پر از هوا اولین بار توسط این دانشمند استفاده شد، که هنوز هم استفاده می‌شود. از حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد آتن مرکز اصلی فعالیت‌های آناتومیک بوده که نظریات سقراط و شاگردش افلاطون عامل کنترل‌کننده توسعه افکار عمومی بوده است. افلاطون ۴ تصویر خیالی از بدن انسان ترسیم نمود، به عقیده وی تنفس رویان توسط موادی که از بند ناف وارد می‌شود صورت می‌گرفته است (۱).

دیوکلس کاروستوسی[1] در اواسط قرن چهارم میلادی ادعا کرده است که رویانی ۲۷ روزه را پیدا و معاینه کرده است. از جمله کارهای این دانشمند می‌توان به توصیف دهلیزها، دریچه‌های دهلیزی–بطنی، دریچه‌های نیمه‌هلالی، ستون‌های گوشتی و طناب‌های نیمه وتری اشاره کرد (۱).

ارسطو

ارسطو شاگرد افلاطون بوده که به طور مجزا آناتومی را مطالعه نکرده است اما وی یک طبیعی‌دان[2] بزرگ بوده است که ساختمان بدن حیوانات و جنین آنها را باهم مقایسه می‌کرده و پایه گذار علم تشریح مقایسه‌ای و رویان‌شناسی می‌باشد. به عقیده ارسطو، قلب سه حفره‌ای است و داخل شریآنها هوا جریان دارد. شاخه‌های ورید اجوف و عروق سطحی بازو توسط مطالعه زیاد این دانشمند بر رو حیوانات توصیف شده است (۱).

دوره اسکندریه

پس از تشکیل امپراطوری اسکندر مقدونی در مصر، مرکز فرهنگی یونان به اسکندریه در مصر منتقل شد و آناتومی برای اولین با در اسکندریه به عنوان علمی مجزا شناخته شد. این دوره برای علم آناتومی از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا در طی این دوره هروفیل[3] ثابت کرد که آناتومی علمی مجزا از جراحی است و به همین علت لقب پدر آناتومی را دریافت کرده است. او اجساد زیادی را تشریح کرد و به این طریق توانست ساختار مغز، مخچه، مننژ، ساختار بطن چهارم، عروق وریدی مغز و ارتباط آنها با هم را شرح دهد. او همچنین کاشف پروستات و دئودنوم می‌باشد (۱).

آراسیستراتوس[4]

آراسیستراتوس به پدر علم فیزیولوژی معروف است، اما وی همانند هروفیل کشفیاتی در زمینه‌ی عروق انجام داد و بسیاری از آناستوموزهای عروقی را کشف کرد. وی اعصاب حسی و حرکتی را از هم مجزا کرد و به مطالعه عضلات پرداخت (۱).

شروع آناتومی در رم

تقریباً ۶۰ سال قبل از میلاد مسیح مدرسه‌ای طبی در رم تاسیس شد. تشریح بدن تا ۱ قرن قبل از میلاد مسیح ادامه داشته اما در طی این دوره کاهش یافت. اما اهمیت علم آناتومی خصوصاً هنگام جراحی‌های گلادیاتورها مشخص بوده است. در طی این دوره بوده که به تدریج اصطلاحات لاتین وارد علم پزشکی و سپس آناتومی شده است. Sorantis of

1 Diocles of Carystus
2 naturalist
3 Herophilos
4 Erasistratus

Ephesus که در سال ۱۰۰ پس از میلاد در روم مشغول بکار بوده یادداشت‌هایی در زمینه آناتومی داشته است. مارینوس[1] یادداشت‌هایی دارد که جالینوس[2] از آنها استفاده نموده است. جالینوس در رابطه با این دانشمند چنین می‌گوید: Marinus دارای مجموعه‌ای از مشاهدات آناتومیک است. این دانشمند هر چه را که توصیف نموده با دستان خود لمس کرده و با چشمان خود دیده است (۱).

جالینوس (۲۰۰-۱۲۹)

جالینوس یکی از بزرگترین آناتومیست‌های یونان باستان بود و به مطالعه عملکرد ارگآنها بر اساس ترشحات بدن پرداخت. ولی به دلیل اینکه در این زمان جسد زیادی در دسترس نبود، مطالعه وی بیشتر بر روی سگ انجام گرفت، او پس از بقراط بزرگترین پزشک قدیمی بوده است. جالینوس در زادگاهش زیر نظر Satyrias به فراگیری علم پزشکی مشغول شد. جالینوس مقاله‌ای در زمینه آناتومی رحم منتشر کرد و برای یادگیری بیشتر به Syma رفت تا از مکتب Pelope استفاده کند. در آنجا به بررسی حرکات قفسه‌سینه و ریه‌ها پرداخت. وی برای مدت کوتاهی به Cornmn رفت تا از مکتب Namistanus استفاده کند. Nunisianus استاد pelopes و شاگرد Qommun بوده است. سپس از Corinth به اسکندریه سفر کرد تا یافته‌های خویش را کامل‌تر نماید. این دانشمند بزرگ در سال ۱۵۷ بعد از میلاد به زادگاهش pertainmom بازگشت و به مدت چهار سال به عنوان جراح گلادیاتورها در آنجا مشغول به کار شد. وی استخوآنهای تشکیل دهنده‌ی جمجمه را می‌شناخته و دندآنها را نیز جزء استخوآنها محسوب می‌کرد. این دانشمند توصیف دقیقی از مهره‌ها، استخوآنهای اندام‌ها، دنده‌ها و جناغ داشته است. وی تنه سمپاتیک و گانگلیون‌های عصبی را گزارش کرده است. وی نشان داد که در شریآنها هوا جریان ندارد و تفاوت ورید و شریان را در ضخامت بیشتر دیواره‌ی شریان عنوان کرد. وی وریدهای مغز را به خوبی توصیف کرد و به همین علت یکی از وریدهای مغز را به نام او نام‌گذاری کرده‌اند (great cerebral vein- vein of Galen). پس از مرگ جالینوس در سال ۱۹۹ کسی نتوانست به علت شرایط حاکم به بررسی آناتومی بدن انسان بپردازد و به همین علت آناتومی در کشورهای اروپایی پیشرفت آنچنانی نداشت (۱).

آناتومی مدرن

آندریاس وسالیوس[3]

وسالیوس در یک خانواده پزشک در بروکسل متولد شد. او از کودکی به تشریح حیوانات می‌پرداخت. وی به پاریس رفت و زیر نظر استادانی چون سیلویوس[4] و یوهان گانتر فون آندرناخ[5] به تحصیل مشغول شد. در آنجا متوجه شد که تا اجساد انسانی را تشریح نکنند، نمی‌تواند آناتومی را بیاموزد. وی به کار خطرناکی دست زد بدین ترتیب که در تاریکی شب به گورستان می‌رفت و اجسادی را که تازه دفن شده بودند، بیرون می‌آورد و تشریح می‌کرد. وی در ونیز با ژان استفان وان کالکار[6] که نقاشی هنرمندی بود آشنا شد و به اتفاق او کتابی تحت عنوان اطلس آناتومی منتشر کرد که مورد توجه همگان قرار گرفت (۱).

1 Marinus
2 Aelius Galenus
3 Andreas Vesalius
4 Jacobus Sylvius
5 Johann Guenther von Andernach
6 Jan Stephan van Calcar

استاش[1]

استاش، دانشجوی یکی از دانشگاه‌های شمال ایتالیا بوده، بنابراین، محل تحصیل او با وسالیوس یکی نبود. وی کارهای مهمی در زمینه آناتومی انجام داده است. او تصویر کلیه‌ها را کمی بالاتر از محلی که وسالیوس ترسیم کرده بود کشید و به وی اعتراض کرد. علاوه بر این وی بر روی ورید آزیگوس، وریدهای بازو، شریان براکیال، خونرسانی معده و غیره کار کرده است. تصاویری از استخوآنهای گوش و عضله تنسور تیمپانی در انسان و سگ ترسیم نموده است. همچنین لوله‌ای را که صندوق صماخ را به حلق مرتبط می‌کند، کشف کرده که اکنون به نام خودش (Eustachian tube) موسوم شده است (۱).

ویلیام هاروی[2]

هاروی پس از ۴ سال تحصیل در دانشگاه پادوا در سال ۱۶۰۲ در حالی‌که بیست و چهار سال داشت، تحصیلاتش را به پایان رساند و به لندن بازگشت. این دانشمند بزرگ به دلیل ابهاماتی که در دستگاه گردش خون یافت، شروع به تشریح حیوانات مختلف نمود و گردش خون را در آنها مطالعه کرد. وی اولین کسی است که در دستگاه گردش خون را بطور کامل شرح داده است. هاروی در سال ۱۹۹۹ کتاب تحقیقی خود را به نام حرکت قلب و خون[3] منتشر نمود. وی در مقدمه کتابش نوشته بود. اعلام می‌کنم که تشریح را نمی‌توان بوسیله کتاب یا مطالب فلسفی تعلیم داد و یا آموخت بلکه تنها راه آموزشی آن استفاده از کارگاه طبیعت است (۱).

گلیسون، بوهین، پیر و برونر

در سال ۱۵۹۷ فرانسیس گلیسون[4] کالبدشناس انگلیسی رساله کاملی در رابطه با کبد نوشت و کپسول آن را به طور کامل شرح داد که امروزه نیز به آن گلیسون می‌گویند. کاپسار بوهین[5] دانشمند سوئیسی در سال ۱۶۰۵ کتابی منتشر نمود که در آن اولین تصویر غدد فوق‌کلیوی دیده می‌شود. کونارد پی‌یر[6] سوئیسی پلاک‌های لنفاوی موجود در روده کوچک را کشف نمود که امروزه نیز به نام پلاک‌های پی‌یر[7] می‌شناسیم. سومین دانشمند سوئیسی که او نیز در قرن هفدهم می‌زیسته برونر است که غدد کوچک خوشه‌ای در دئودنوم را کشف کرد که اکنون نیز با نام وی (Brunner gland) شناخته می‌شوند. برونر استاد دانشگاه هایدلبرگ بود (۱).

مارچلو مالپیگی[8]

مالپیگی پس از اختراع میکروسکوپ توسط رابرت هوک به تحقیقات میکروسکوپیک در زمینه آناتومی پرداخت و بدین ترتیب، علم آناتومی میکروسکوپیک یا بافت‌شناسی را پایه‌گذاری نمود. این دانشمند، سیستم مویرگی را کشف نمود و خلاء

1 Bartolomeo Eustachio
2 William Harvey
3 Motion of the Heart and Blood
4 Francis Gleason
5 Capszer Bauhin
6 Conard Peyer
7 Peyer's patches
8 Mancello Malpigi

یافته‌های هاروی را پُر کرد. وی مطالعات دقیقی در رابطه با کلیه داشت که هنوز نیز بخش‌های از کلیه (Malpighi's pyramids) را با نام او می‌شناسیم (۱).

تاریخچه علوم تشریحی در ایران

۱-دوره ایلامیان، مادها، ایرانیان اولیه و بابلی‌ها

تمدن شوش (خوزستان کنونی در جنوب غربی ایران و پایتخت پادشاهی باستانی ایلام) یکی از قدیمی‌ترین تمدن‌های فلات ایران می‌باشد که داوودیان بر آن حکومت می‌کردند. پادشاهی ایلام توسط بابلی‌ها از جنوب بین‌النهرین ویران شد (شکل ۱-۱) (۲). عمل جراحی در این دوره که در آن قانون حمورابی (ششمین پادشاه سلسله اول بابل، ۱۹۵۵-۱۹۱۲ قبل از میلاد) ایجاد شد، رواج یافت، بر اساس این قانون، جراحان به دلیل انجام خطاهای جراحی در معرض مجازات‌های جدی قرار می‌گرفتند (۳). چنین قوانین سختگیرآنهای منجر به رویکردهای واقع‌بینانه‌تری برای عمل پزشکی و جراحی شد. اطلاعات کمی در مورد انجام آناتومی و فرآیند تشریح در این دوره وجود دارد، اما مدلی از کبد گوسفند با تقسیم‌بندی سطحی برای پیشگویی و آموزش در قرن ۱۹ قبل از میلاد مورد استفاده قرار گرفته است (۴). با این وجود، مشخص نیست که آیا این مدل نوشته شده با خط میخی واقعاً متعلق به بابلی‌ها بوده یا از ایلامی‌ها به دست آمده است (۵). Persaud (۱۹۸۴) اظهار داشت که با وجود سرسپردگی آنها به فعالیت‌های معنوی، آریایی‌ها (پارسی‌ها) رویکردی عقلانی و سکولار برای تمرین شفا ایجاد کردند. این نویسنده در ادامه نوشت که بدون دانش آناتومی، تشخیص و درمان بیماری‌ها در این عصر غیرقابل تصور بود (۴).

شکل ۱-۱. مدل آناتومیک کبد گوسفند مربوط به دوران تمدن بابل (قرن ۱۹ قبل از میلاد).

۲-پس از تأسیس امپراتوری ایران (قرن ششم قبل از میلاد تا قرن هفتم پس از میلاد)

▪ سلسله هخامنشیان (۵۵۸ یا ۵۵۹–۳۳۰ قبل از میلاد)

کوروش اولین شاه هخامنشی بود. او پس از متحد کردن مادها و پارس‌ها، امپراتوری خود را به غرب گسترش داد و در سال ۵۳۹ قبل از میلاد بابل را فتح کرد. ویژگی حکومت او مدارا و احترام بود و سلسله هخامنشی اولین سلسله بزرگ ایرانی بود که به توسعه علم اهمیت می‌داد (۶). در این دوره، سوابق نشان می‌دهد که از اجساد مجرمان محکوم برای تشریح و تحقیقات پزشکی استفاده شده است (۷). بر اساس کتاب اوستا زرتشتیان، هر فردی عالم صغری از جهان پهناور است که هر یک از اعضای تشکیل‌دهنده او جایگاهی در کیهان واحد (کیهان کلان) دارد، که به آن «بوندهیشن» می‌گفتند. مطابق این عقیده، اعضای بدن به عناصر سازنده هستی تمثیل شده است برای مثال «پوست مانند آسمان، گوشت مانند زمین، استخوآنها مانند کوه‌ها، رگ‌ها مانند رودخانه‌ها، خون مانند آب دریا، موها مانند گیاهان است (۸). Elgood (۱۹۵۲) اظهار داشت که ایرانیان از طریق توسعه نظریه کیهان خرد، مبانی آناتومی، فیزیولوژی و آسیب‌شناسی را بسیار قبل از یونانیان پایه‌گذاری کردند (۷).

▪ ساسانی (۲۲۶–۶۵۲ م) و فرهنگستان جندی شاپور

شاپور اول در سال ۲۷۱ شهر جندی شاپور را که در ترجمه به معنی ارگ شاپور است، تأسیس کرد. این شهر به عنوان یک شهر جهانی، برای چندین قرن مرکز علوم پزشکی و طبابت بود که به آن فرهنگستان جندی شاپور می‌گفتند. همچنین اولین بیمارستان آموزشی در تاریخ پزشکی بوده است. Elgood اظهار داشت که اساس و الگوی سیستم بیمارستانی فعلی در دنیا را باید به ایران نسبت داد (۹). فرهنگستان جندی شاپور در زمان خسرو انوشیروان پادشاه ساسانی رونق گرفت و گفت که ما هیچ کسی را به خاطر دین و اصلش طرد نکرده‌ایم. دانشمندان یونانی که از آزار و اذیت حاکمان بیزانسی گریخته بودند توسط شاه انوشیروان در ایران پناه داده شدند. به دستور انوشیروان، سمپوزیوم علمی در جندی شاپور برگزار شد و تمام مناظرات آن نشست مستند شد (۶). جندی شاپور دارای مدارس مجزا برای آموزش علوم پایه بود اما اطلاعات مستند اندکی احتمالاً به دلیل تحولات تاریخی ناشی از جنگ از آن به جای مانده است (۲).

۳- فتح ایران توسط اسلام (۶۳۷–۶۵۱ پس از میلاد) و صعود بغداد (۷۶۲–۱۲۵۹ م): عصر طلایی اسلامی

با سقوط سلسله ساسانی توسط سپاه اسلام، همچنان فرهنگستان جندی شاپور برای چندین قرن دیگر پابرجا ماند (۱۰). کتاب‌های به‌جای مانده به عربی ترجمه شدند که به طور غیرمستقیم نیز به حفظ تاریخ آناتومی ایران کمک کرد (۶). نظرات در مورد تأثیر اسلام بر آناتومی متفاوت است. Savage-Smith (۱۹۹۵) اظهار داشت که تشریح انسان توسط پزشکان مسلمان به دلیل ممنوعیت‌های فرهنگی عمومی و مذهبی آن دوران ممنوع شد (۱۱). Wakim (۱۹۴۴) عقیده داشت اگرچه دانشمندان اسلام بدن انسان را به ندرت تشریح می‌کردند، اما تشریح حیوانات و اندام‌های جداگانه بدن انسان مانند چشم رایج بود (۱۲). با این حال، Abdel-Halim (۲۰۰۳) معتقد بودند که انجام تشریح نه در دین اسلام و نه در جهان اسلام منعی نداشته است. این نویسندگان معتقد بودند دانش آناتومی توسط مسلمانان به منظور تعمیق درک حکمت و دانایی خداوند است. ابوالولید بن رشد (آوروئس، ۱۱۲۶–۱۱۹۸ م)، فیلسوف و پزشک مسلمان، حتی اظهار داشت که «هرکس تشریح کند ایمانش به خدا افزایش می‌یابد». آناتومی چنان با الهیات آمیخته بود که امام فخرالدین رازی (۱۱۴۹–

۱۲۰۹ م)، متکلم و فیلسوف نامدار ایرانی، بخش قابل‌توجهی از رساله کلامی خود را به توصیف بدن انسان اختصاص داد. همچنین عدم آگاهی از بدن انسان ملاک بی‌سوادی بود (۱۳). Batirel (۱۹۹۹) معتقد بود که در دوران اسلامی، دانش آناتومی از طریق تشریح حیوانات، ارزیابی اجساد انسان، مشاهدات استخوان‌هایی که به طور تصادفی پیدا شده بودند و در طول جراحی بر روی بیماران به این درجه از پیشرفت رسید (۱۴).

ترجمه متون عربی (حدود ۱۲۵۰-۱۰۰۰)

دانشمندان ایرانی از قرن هشتم تا قرن سیزدهم میلادی به عنوان پیشروان علم بوده‌اند. این دانشمندان علاوه بر فعالیت‌های شخصی، اکثریت اسناد مهم یونانی را نیز ترجمه کرده‌اند. یکی از کارهای مهم دانشمندان عرب پس از این دوره ترجمه متون عربی به زبان لاتین بوده است. به عنوان مثال دو توصیف در رابطه با تشریح خوک در شهر سالونو در جنوب ایتالیا به دست آماده است که مربوط به حدود ۱۱۰۰ میلادی می‌باشد. یکی از معروف‌ترین این مترجمین Biophan of Antiusch می باشند که در سال ۱۱۲۷ یک مقاله فارسی مربوط به علی بن عباسی مجوسی اهوازی (متوفی به سال ۱۹۲ میلادی را که حاوی مطالب بسیار مهمی در زمینه آناتومی بوده به لاتین ترجمه نموده است (۱).

بزرگترین مترجم آثار عربی جرارد کرمون[1] می‌باشد که حدود ۹۲ اثر از خود بر جای گذاشته است. تعدادی از این آثار ارزش فلسفی دارد ترجمه کتاب قانون بوعلی‌سینا که اثر ارزشمند و بسیار مهم وی می‌باشد در قرون وسطی به عنوان مهمترین کتاب مرجع مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در این کتاب مطالب آناتومیک جالبی مورد بررسی قرار گرفته که بیانگر اطلاعات دقیق این دانشمند از علم آناتومی است. ترجمه آثار رازی (متوفی به سال ۹۳۴) نیز از کارهای جرارد بوده است. آثار این سه دانشمند اسلامی (علی بن عباس مجوسی اهوازی، بوعلی و رازی مهمترین کتب پزشکی قبل از سال ۱۵۰۰ میلادی بوده که در تمام جهان مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در قرون سیزدهم و چهاردهم میلادی تعدادی از آثار جالیوس و بقراط به زبان عربی ترجمه شده‌اند (۱).

عباسیان (۷۵۰–۱۲۵۶ میلادی)

تمدن اسلامی نفوذ جهانی خود را در شهر بغداد آغاز کرد که توسط کالیف المنصور در سال ۷۶۲ پس از میلاد ساخته شد و پایتخت خلافت عباسی با اختیار قانونی بر تمام سرزمین‌های اسلامی اعلام شد (۱۵). بغداد پایتخت خلافت عباسی شد و حاکم آن یعنی کالیف المنصور از رئیس آکادمی جندی شاپور (جرجیس بن جبریل بن بختیشوع پزشک مسیحی) دعوت کرد تا به بغداد بیاید و اولین بیمارستان این شهر را بر اساس الگوی ایرانی جندی شاپور راه‌اندازی کند (۷, ۱۵). اگرچه بختیشوع سرانجام به جندی‌شاپور بازگشت، اما پسرش جبرئیل در آنجا ماند و یک پزشک برجسته شد. در این دوره توجه زیادی به علم و ترجمه ادبیات یونانی و غیریونانی معطوف شد تا این اطلاعات در سرتاسر سرزمین‌های اسلامی مانند ایران گسترش یابد. مترجمان فارسی از جمله ابوریحان بیرونی (۹۷۳–۱۰۴۸) مجموعه وسیعی از گنجینه‌های علمی را به زبان عربی ایجاد کردند. در سال ۸۳۰ پس از میلاد، بیت الحکمه توسط المامون (خلیفه عباسی)، تأسیس شد تا به ترجمه کتب علمی و فلسفی امپراتوری بیزانس بپردازد. پنجاه و هفت مترجم برای ترجمه متون علمی از زبانهای مختلف به کار گرفته شدند. استراتژی عباسیان در تشویق ترجمه به منجر به عصر طلایی اسلامی شد (۱۵).

1 Gerard Of Cremon

ابو زکریا یوحنا بن ماسویه، مسوعه (۷۷۷-۸۵۷ م.)

ابن‌ماسویه بزرگ که در غرب به نام‌های ماسویا، مسوئه ماژور، مسوعه بزرگ یا ژان مسوه معروف است، ایرانی و از اطبا جندی شاپور بود. ابن‌ماسویه جندی شاپور را به مقصد بغداد ترک کرد و نزد جبرئیل بن بختیشوع به تحصیل پرداخت. مدتی بعد او پزشک و آناتومیست حاذقی شد و به ریاست بیمارستانی در بغداد منصوب شد. ابن‌ماسویه میمون‌ها را برای مطالعات آناتومیک و تدریس خود به دلیل شباهت آنها به انسان تشریح کرد (گفته شده است که وی میمونی داشته که عروق آن بسیار مشخص بوده و از آن برای تشریح مراقبت می‌کرده و در نهایت از تشریح آن کتابی در زمینه‌ی کالبدشناسی نوشته شد) و خلیفه المعتصم (هشتمین خلیفه عباسی) از فعالیت وی حمایت کرد (۱۶). گزارش شده است که ابن‌ماسویه یک پسر معلول داشت که مایل بود او را کالبدشکافی کند تا علت بیماری وی را کشف کند تا پزشکان بتوانند درمانی برای بیماران مشابه پیدا کنند (۱۰). از کارهای مهم یوحنا ترجمه‌ی کتب طبی یونانی و تالیف کتبی در زمینه‌ی تشریح می‌باشد، ابن‌ماسویه یکی از مجریان اولیه خانه حکمت بود. چندین رساله آناتومی و طبی به وی نسبت داده شده است که مهمترین آنها کتاب الکنکش لمشاجر الکبیر[1] (کتاب درسی مشاوره پزشکی) مشتمل بر ۸۰ بخش و دغال العین[2] است (اختلالات چشم) بود که هر دو به زبان عربی نوشته شده است. ابن‌ماسویه در بخش‌های ۲۳ تا ۲۶ کتاب الکنکش، فلج عصب صورتی را به شیوایی توصیف کرد و بین اشکال قابل درمان و غیرقابل درمان آن تمایز قائل شد (۱۰). او مطالعات گسترده‌ای در مورد جنین‌شناسی داشت و اولین رساله در مورد رژیم غذایی تحت عنوان الحواس الاغذیه را نوشت (۱۷).

این دانشمند دارای دو کتاب در زمینه تشریح است: یکی کتاب التشریح و دیگری ترکیب خلق الانسان و اجزائه و عدد اعضاء و مفاصله و عظامهو عروقه و معرفت اسباب الاوجاع. شاگرد او حنین بن اسحاق (یوهانیتس، ۸۰۹–۸۷۳ م.) تحصیلات چشم‌پزشکی خود را در روم، اسکندریه و ایران ادامه داد و کتاب الاشر مقلات فی العین[3] (ده رساله در چشم) را نوشت. اولین تصویر آناتومیک دقیق از چشم در این کتاب به تصویر کشیده شد. حنین همچنین نوشته‌های آناتومیک جالینوس را ترجمه کرد (۲).

علی بن سهل ربن طبری (۸۰۷–۸۷۰ م)

طبری، یکی دیگر از پزشکان بزرگ قرن نهم میلادی، کتاب فردوس الحکمت[4] (بهشت حکمت) را نوشت که حاوی اطلاعات زیادی از متون یونانی، سوری، فارسی و هندی در مورد آناتومی بود (۶). فردوس الحکمت به زبان عربی در هفت بخش نوشته شد و به سریانی ترجمه شد. بخش دوم این کتاب بیشتر به جنین‌شناسی، بخش‌های مغز و اعصاب، قلب، عروق، کبد و معده و نحوه انجام حرکات ارادی و غیرارادی می‌پردازد (۱۸).

ابوبکر محمد بن زکریای رازی، رازی (۸۶۵–۹۲۵م)

رازی در سال ۸۶۵ پس از میلاد در شهر ری (شهر جنوبی تهران فعلی) به دنیا آمد. او نزد شاگرد طبری درس خواند. او با افتخار اظهار داشت: «من هرگز در مورد چیزها ننوشتم مگر اینکه ابتدا خودم آنها را بررسی کرده باشم» (۱۹). دو کتاب

1 *Kitab al-Kankash le-Mashajer al-Kabir*
2 *Daghal al-Ain*
3 *Al-Ashr Maqalat fi al-Ayn*
4 *Firdous al-Hikmat*

مهم رازی در پزشکی کتاب المنصوری[1] (لیبر المنصوری) و کتاب الحاوی[2] (لیبر قاره‌ها به معنای کتاب یا دایره المعارف جامع) بوده است. اثر کوچکتر او رساله‌ای در مورد آبله و سرخک بود که قرن‌ها شاهکار پزشکی به شمار می‌رفت. بخش آناتومی کتاب المنصوری دارای فصول مختلف از جمله اندام‌های ساده– استخوآنها، اعصاب، عضلات، رگ‌ها و شریآنها و (۲) اندام‌های مرکب– چشم، بینی، قلب و روده‌ها بود. این نوشته‌ها بعدها توسط جوینی و جرجانی مورد استفاده قرار گرفت. رازی اولین کسی بود که از نوروآناتومی برای توجیه ضایعات سیستم عصبی و ارتباط آنها با علائم بالینی استفاده کرد. او معتقد بود اعصاب دارای عملکردهای حرکتی و حسی هستند. هفت عصب جمجمه از اعصاب بینایی تا اعصاب هیپوگلوسال و ۳۱ عصب نخاعی را گزارش کرد (۲۰). رازی اولین کسی بود که عصب حنجره‌ای راجعه را به عنوان یک عصب مختلط حسی و حرکتی توصیف کرد (۱۹).

رازی از پیشگامان نوروآناتومی کاربردی، از رویکرد تشخیص افتراقی برای ارزیابی بیماران خود استفاده کرد، رویکردی که همچنان در پزشکی مدرن مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۱). وی خاطر نشان کرد که بیماری‌های مختلف ممکن است علائم و نشانه‌های مشابهی داشته باشند. او از موسیقی برای تسریع شفا (موسیقی درمانی) استفاده کرد(۲۱). او تراکئوستومی و جراحی پلاستیک صورت را در رساله *Liber Continens* خود شرح داد (۱۲). ۲۷ آگوست، روز تولد رازی، اکنون به عنوان روز داروساز در ایران نام‌گذاری شده است. رازی اگرچه پیرو تفکر جالینوسی بود، اما بسیاری از آموزه‌های جالینوس را رد کرد. برای مثال، رازی مخالف بود که مغز، نخاع و بطن‌های مغزی به صورت جفت تشکیل شده‌اند. جالب اینجاست که رازی زمانی که شاگردانش را آزمایش می‌کرد، با سوالاتی در مورد آناتومی شروع می‌کرد. اگر دانش‌آموزان به درستی پاسخ نمی‌دادند، حتی اگر قبلاً معاینات بالینی خود را گذرانده بودند، اخراج می‌کرد، زیرا او احساس می‌کرد که شکست در این موضوع باعث می‌شود که جایگاه آنها را به عنوان یک پزشک خدشه‌دار کند (۱۰).

ابوبکر ربیع بن احمد جوینی بخاری (?-۹۸۳)

جوینی (یا اخوایینی) معروف به ابوحکیم اهل بخارای (ایران قدیم) بود. او زیر نظر شاگرد رازی تحصیل کرد و یک کتاب جامع پزشکی به نام هدایت المتعلمین فی‌الطب[3] (رهنمود برای علمای پزشکی، ~۹۷۵ میلادی) به فارسی نوشت و این اولین کتاب پزشکی به زبان فارسی بود، جوینی عمدتاً از اصطلاحات آناتومیک فارسی و به ندرت از ترجمه‌های عربی استفاده می‌کرد (۲, ۲۲). بحث‌های فوق‌العاده در مورد چشم و سیستم عصبی، رویکرد مبتنی بر علائم، این کتاب را به یک شاهکار آناتومی و پزشکی در زمان خود تبدیل کرد. با این حال، این کتاب کمتر مورد توجه حاکمان آن زمان قرار گرفت. جوینی در «هدایت» می‌نویسد: «جایی که این شاخه‌ها [شریآنهای کاروتید داخلی] به مغز می‌رسند، ساختار عجیبی به وجود می‌آید، (شبکه شریانی[4]) که خونرسانی تمام مغز را تأمین می‌کند». چنین توصیفی از حلقه شریانی (که اکنون به آن حلقه ویلیس[5] می‌گوئیم) در ادبیات یونان آن زمان یافت نمی‌شود. جوینی همچنین به عصب‌دهی قلبی توسط همان عصب جمجمه‌ای اشاره کرد که عصب حنجره راجعه را تأمین می‌کند و دستگاه گوارش را نیز عصب‌دهی می‌کند (۲۳). برخی معتقدند که جوینی خودش کالبدشکافی بدن انسان را انجام داده است (۱۹). اگرچه شباهت‌هاییی بین کتاب لیبر المنصوری رازی و کتاب هدایت جوینی یافت می‌شود، اما این دومی شامل جزئیات متفاوتی در مورد آناتومی اندام ها و عملکرد آنها است (۲۳).

1 *Kitab al-Mansuri*
2 *Kitab al-Hawi*
3 *Hidayat al-Mutaallimin fi al-Tibb*
4 Rete arteriosus
5 circle of Willis

علی بن عباس المجوسی، حلی عباس (۹۳۰-۹۹٤ م.)

علی بن عباس مجوسی در اهواز کنونی به دنیا آمد (۲۴). مجوسی اکنون به عنوان یکی از بزرگترین پزشکان خلافت شرقی شناخته می‌شود (۲۴). او یک دایره‌المعارف پزشکی به نام «کتاب سلطنتی[1]» (کتاب الملکی) و را در سال ۹۶۵ پس از میلاد نوشت و به عدو الدوله تقدیم کرد. کتاب المالکی از کتاب الحاوی رازی مختصرتر است، اما از کتاب قانون ابن‌سینا عملی‌تر است (۹). کتاب المالکی که به زبان عربی نوشته شده است به ۲۰ گفتار تقسیم شده است. این کتاب توسط کنستانتین آفریقایی و استفان انطاکیه ترجمه شد و به عنوان کتاب درسی جراحی در مدارس سراسر اروپا مورد استفاده قرار گرفت (۱۸). مجوسی در کتاب المالکی مفهوم سیستم مویرگی و انقباضات رحمی در هنگام زایمان را شرح داده است (۱۲). متن کتاب المالکی به طور جداگانه توسط مسیحیان ترجمه شد و به عنوان منبع اصلی علم حتی در مرکز علمی سالرنو[2] (این شهر در قرن ۱۶ میلادی یکی از بزرگ‌ترین مراکز آموزشی، فرهنگی و هنری لردهای فئودال جنوب ایتالیا بود) قلمداد می‌شد. در سال ۱۹۲۱، آرتورو کاستیگلیونی[3] اظهار داشت که کتاب المالکی نشان‌دهنده اولین تلاش برای تجدید هنر پزشکی در قرون وسطی است (۲). مجوسی چندین تکنیک جراحی جدید از جمله روش‌هایی را برای برداشتن تومورهای ستون فقرات و بیماری گواتر معرفی کرد (۲۴). او یکی از اولین کسانی بود که وجود یک گذرگاه بین بطن راست و چپ قلب را که به اشتباه توسط جالینوس و ابن‌سینا بیان شده بود، رد کرد (۱۴). این یافته وی به مفهوم گردش خون ریوی در قرن سیزدهم کمک کرد. مجوسی نوشته است که شریان‌های ریوی از دو لایه تشکیل شده‌اند: یک لایه داخلی از الیاف مورب و یک لایه بیرونی از الیاف طولی که امکان اتساع و انقباض این عروق را فراهم می‌کند (۱۴, ۲۵).

ابوعلی الحسین بن عبدالله بن سینا، ابن‌سینا (۹۸۰-۱۰۳۷ م.)

ابن‌سینا که با نام‌های حکیم بوعلی، ابوعلی، پور سینا، شیخ علی نیز شناخته می‌شود و نام لاتین وی Avicenna است در سال ۹۸۰ میلادی متولد شد. وی نه تنها یک پزشک حاذق، بلکه فیلسوف، ریاضیدان، ستاره‌شناس، سیاستمدار و فرماندار برجسته‌ای بود(۲۵). کمک‌های او به آناتومی به عنوان یک پزشک، معلم و محقق مهم‌ترین حلقه ارتباطی بین کلودیوس جالینوس (۱۲۰-۲۰۰) و آندریاس وسالیوس (۱۵۱۴-۱۵۶۴ پس از میلاد) است، اگرچه این موضوع بحث برانگیز است که آیا ابن‌سینا مستقیماً تشریح انسان را انجام داده است یا نه، بیشتر توصیفات او از ساختارهای بدن برای زمان او بدیع بود. برخی از مراجع معتقدند که ابن‌سینا تشریح انسان را مخفیانه انجام داده است (۱۰). وی به عنوان نویسنده کتاب قانون فی‌الطب (قانون الطب، ۱۰۲۰م) در ابتدای هر فصل آناتومی را با رویکرد سیستمی معرفی کرده است و سپس در مورد بیماری‌های آن سیستم بحث می‌کند. این رویکرد، که توسط ابن‌سینا پیشگام شد، الگوی آناتومی بالینی مدرن است. وی اظهار داشت: دانشجویان باید اصول کلی پزشکی را بیاموزند، بیماری‌هایی را که اندام‌های مختلف را تحت تأثیر قرار می‌دهند تجزیه و تحلیل کنند و برای انجام این کار، ابتدا باید آناتومی این اندام‌ها را مطالعه کنند (۲۶).

ابن‌سینا در روستای افشانه نزدیک بخارا در ایران باستان (ازبکستان امروزی) به دنیا آمد. اگرچه زبان مادری او فارسی بود، اما خود زبان عربی، که زبان رسمی سرزمین‌های اسلامی در آن زمان بود، آموخت (۲۷). ابن‌سینا در سن ۱۰ سالگی به احکام اسلامی و علوم مختلف مسلط شد و به تحصیل فلسفه و پزشکی ادامه داد و در ۱۷ سالگی نوح بن منصور پادشاه

1 *Liber Totius Medicinae or Liber Regius*
2 Salerno
3 Arturo Castiglioni

بخارا را از بیماری ناشناخته‌ای که سایر پزشکان موفق به درمان آن نشده بودند، نجات داد. بوعلی پس از خدمت به عنوان کتابدار و سپس پزشک دربار، بخارا را به مقصد جرجان (شهر گرگان کنونی)، شهر ری، همدان و اصفهان ترک کرد و در آنجا کتاب شاهکار پزشکی خود یعنی کتاب قانون را در سال ۱۰۲۰ نوشت (۲۷). این کتاب به پنج قسمت تقسیم شده بود که قسمت اول آناتومی اندام‌های ساده را توضیح می‌داد. قانون طب توسط جرارد کرمون[1] (اهل شهر کرمونا واقع در ایالت لومباردی ایتالیا) در قرن دوازدهم به لاتین ترجمه شد (۲۶). تا اواخر سال ۱۶۵۰ این کتاب رفرنس اصلی پزشکی در دانشکده‌های پزشکی دنیای غرب بود (۲۷). ابن‌سینا همیشه توصیه می‌کرد که پزشکان و جراحان دانش خود را بر اساس مشاهده دقیق بدن انسان قرار دهند. او مشاهده کرد که آئورت در منشا خود شامل سه دریچه است که در حین انقباض قلب و خروج خون باز می‌شود و در هنگام شل شدن قلب بسته می‌شود و از بازگشت خون به بطن جلوگیری می‌کند. این گزارشات شش قرن قبل از تصاویر ارائه شده از گردش خون توسط ویلیام هاروی[2] بود. ابن‌سینا گزارش کرد که حرکات عضلانی احتمالاً به دلیل اعصابی است که به آنها می‌رسند و درک درد از عضلات نیز ممکن است به دلیل این اعصاب باشد (چیزی که امروزه آن را پیوستگاه عصبی–عضلانی[3] می‌شناسیم). علاوه بر این، او مشاهده کرد که کبد، طحال و کلیه فاقد عصب مشخص هستند اما توسط رشته‌های عصبی شاخه شاخه محصور شده‌اند. توصیف دقیق شش عضله خارج چشمی و عصب سه قلو نیز در کتاب قانون دیده می‌شود. ابن‌سینا بر خلاف تفسیرهای قبلی، اعصاب و تاندون‌ها را به عنوان ساختارهای آناتومیکی متفاوت گزارش کرد (۲۸). مطالعه او روی چشم پیشرفت‌های عمده‌ای را در مورد آناتومی و مراقبت از این اندام ایجاد کرد (۶). او همچنین اولین پزشکی بود که عمل ترمیم تاندون را انجام داد و به دیگران آموزش داد (۲۸). او اظهار داشت که اگر یک مجرای دفعی بدن مسدود شود، غده مجاور آن متعاقباً متورم می‌شود (۱۰). او مهره‌ها و قسمت‌های آن را به تفصیل شرح داد (۲۶). او همچنین توضیحات آناتومیکی درستی در مورد مخچه و هسته دمی (کودیت[4]) ارائه کرد (۲۹). ابن‌سینا در سال ۱۰۳۷ در سن ۵۸ سالگی درگذشت و در همدان به خاک سپرده شد و ۲۳ آگوست (معادل روز تولد ابن‌سینا) هر ساله در ایران به عنوان روز پزشک گرامی داشته می‌شود. جالب اینجاست که یک دهانه در کره ماه به افتخار او نامگذاری شده است (۲).

زین العابدین سید اسماعیل بن الحسین بن محمد بن احمد الجرجانی، حکیم جرجانی (۱۰۴۲–۱۱۳۷ م.)

اسماعیل جرجانی در سال ۱۰۴۲ میلادی در جرجان واقع در شمال شرق ایران به دنیا آمد. استعداد او در دوران عبدالرحمن بن علی بن ابی صادق، شاگرد سابق ابن‌سینا و پزشک بانفوذ سلسله خوارزمی در نیشابور شکوفا شد (۹, ۳۰). سپس جرجانی برای ادامه کار به عنوان پزشک دربار به شهرستان خوارزم رفت. کتاب جامع پزشکی او، ذخیره خوارزمشاهی[5] (گنجینه خوارزمشاه، ۱۱۱۲ م)، قدیمی‌ترین دایره‌المعارف پزشکی است که به زبان فارسی نوشته شده است که بعدها به زبانهای دیگر ترجمه شد (۳۰). این دایره‌المعارف از ده کتاب تشکیل شده است که کتاب اول شامل توضیحات آناتومیک گسترده‌ای است که تقریباً تمام دانش ساختارهای بدن انسان در زمان خود را شامل می‌شود (۳۰, ۳۱). جرجانی از برخی

1 Gerard of Cremona
2 William Harvey
3 Neuromuscular junction (NMJ)
4 caudate nucleus
5 *Zakhireyei Khwarazmshahi*

جزئیات ارائه شده توسط جالینوس و ابن‌سینا انتقاد کرد (۳۲). جرجانی در مورد آناتومی عصب بینایی، برخلاف ابن‌سینا، با جالینوس موافق بود که این عصب به جای چشم طرف مقابل، به سمت قشر همان طرف می‌رود (البته امروزه می‌دانیم که ترکیبی از هر دو نظریه صحیح است چون رشته‌های داخل عصب بینایی شامل دو میدان شبکیه‌ای است که بخش تمپورال[1] آن به کورتکس همان سمت و بخش نازال[2] آن به کورتکس سمت مقابل می‌روند). جرجانی در کتاب پنجم به ظرافت سه محفظه مایع بدن را شرح داده است: داخل عروقی، بینابینی و محفظه سوم درون مواد بافتی[3]. او همچنین اولین کسی بود که به ارتباط بین گواتر و اگزوفتالمی اشاره کرد. کتاب الاغراض الطبیه و خوفیه علایی دو خلاصه از این دایره‌المعارف پزشکی هستند که توسط خود جرجانی برای استفاده به عنوان کتابچه راهنما یا راهنما توسط دانشجویان پزشکی ایجاد شده است (۳۰). زبدهٔ الطب (استاد طب) نوشته جرجانی نیز رساله‌ای در آناتومی و طب بوده است. جرجانی بعداً به شهر مرو، پایتخت سلطان سنجر بن ملکشاه سلجوقی نقل مکان کرد و در آنجا درگذشت.

۴- از حمله مغول به ایران تا مبانی آناتومی مدرن

پس از حمله مغول (۱۲۲۰ میلادی) و فتح بغداد (۱۲۵۸ م) که منجر به پایان خلافت عباسی شد، سه مرکز قدرت در خاورمیانه پدید آمد: ایران، ترکیه و مصر. ایران توسط حاکمان مغولی به نام ایلخانان اداره می‌شد (۳۳). سلسله ایلخانی سه پایتختداشت: تبریز و مراغه (هر دو در آذربایجان، شمال غربی ایران کنونی) و بغداد. ایلخانیان رویکرد سیاسی و اجتماعی جدیدی به وجود آوردند که باعث شکوفایی هنرها و علوم شد. Elgood معتقد بود که این تغییر، ظهور اولین متن آناتومی مصور رنگی را در ایران تسهیل کرد، که قبلاً به دلیل محدودیت‌های مذهبی، فرصتی برای انتشار نداشت (۹). علاوه بر این، مبادلات تجاری و علمی ایران و چین، که از طریق جاده ابریشم در این دوران افزایش یافت. متأسفانه طالع‌بینی و جادو برخی از دستاوردهای آناتومی را حاشیه برده بود (۲۳).

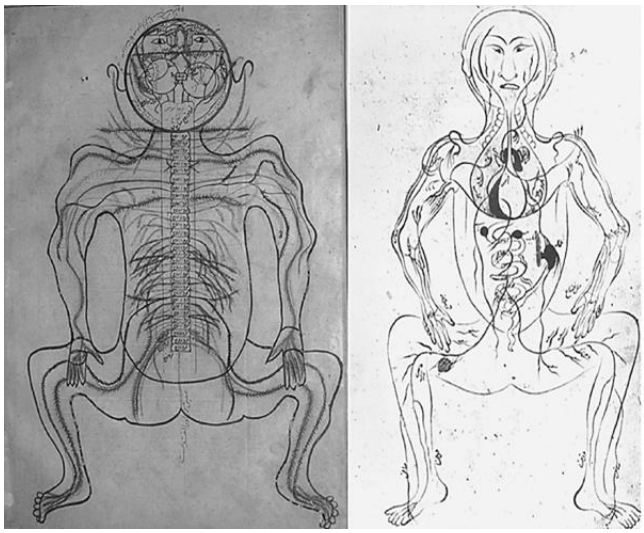
نصیرالدین طوسی (۱۲۰۱-۱۲۷٤)، تنوع انسان و تکامل انسان

جعفر محمد بن محمد بن الحسن طوسی متولد شهر طوس از توابع استان خراسان که با نام‌های محقق طوسی، خواجه طوسی و خواجه نصیرالدین طوسی نیز شناخته می‌شود، صدها سال قبل از داروین اظهار داشت که ارگانیسم‌هایی که می‌توانند سریع‌تر ویژگی‌های جدید به دست آورند نسبت به سایر موجودات برتری پیدا می‌کنند. طوسی به عنوان یک نظریه پرداز بزرگ زمان خود، ایده‌های اولیه در مورد تکامل انسان و تنوع ژنتیکی را مطرح کرده بود. او ابتدا به فراگیری مفاهیم دینی پرداخت و در حالی که تحت تأثیر عمویش بود، برای فراگیری منطق، فیزیک، ریاضیات و فلسفه به شهر نیشابور مهاجرت کرد. دوران جوانی او همزمان با حمله مغول به سرزمین‌های اسلامی (حدود ۱۲۲۰ میلادی) بود که اکنون به عنوان یکی از ویرانگرترین حوادث تاریخ ایران به شمار می‌رود. در دوران چنگیزخان مغول، هزاران انسان بی‌گناه کشته و کتابخانه‌ها سوزانده شدند. بعدها، در اواسط قرن سیزدهم، طوسی به دلیل فعالیت‌های علمی خود وزیر دربار هولاکو خان، نوه چنگیزخان شد. طوسی دارای ۶۴ رساله در زمینه نجوم، جبر، حساب، مثلثات، پزشکی، فلسفه، منطق، اخلاق و کلام بود و در سال ۱۲۷۴ در کاظمین (شهری در عراق کنونی) درگذشت (۱۲).

1 temporal retinal fibers
2 nasal retinal fibers
3intracorporeal

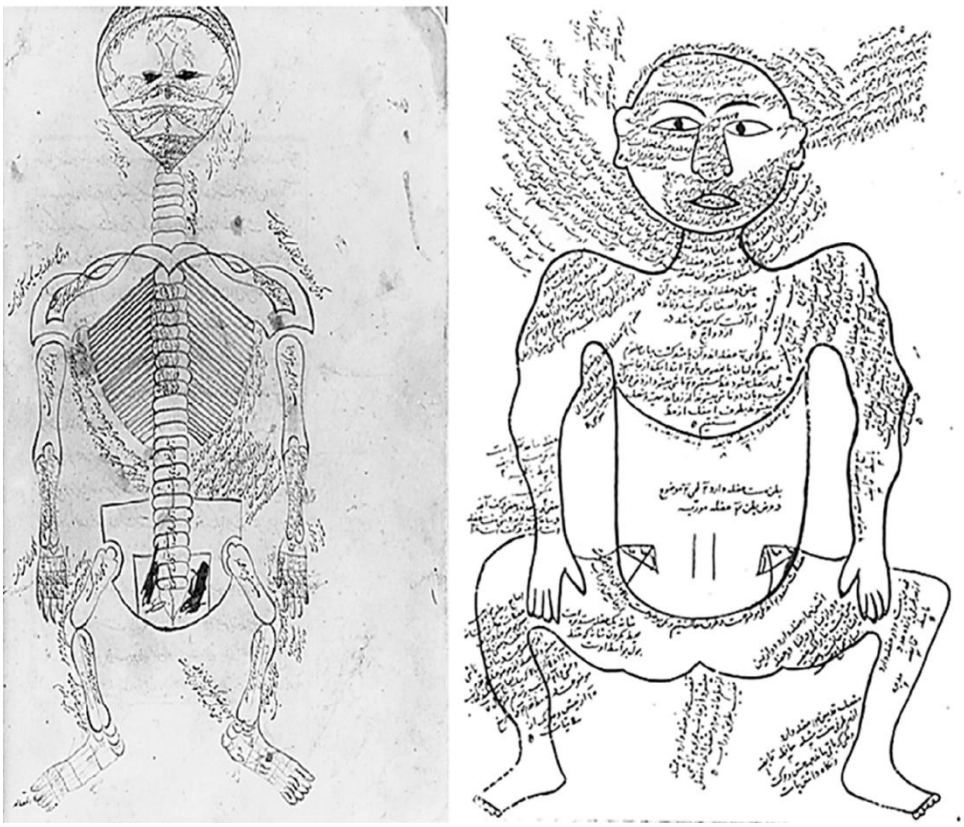
منصور بن محمد بن احمد بن یوسف بن الیاس، ابن الیاس (حدود ۱۳۸۰-۱۴۲۲ م.)

معروف‌ترین کتاب ابن‌الیاس کتاب آناتومی مصور رنگی به نام تشریح منصوری[1] است که در قرن چهاردهم پس از میلاد گردآوری شد (شکل‌های ۲-۱ و ۳-۱). این کتاب فارسی به پیر محمد بن عمر بن تیمور، حاکم استان فارس تقدیم شده است (۹). این کتاب شامل هفت بخش شامل: یک مقدمه، پنج فصل اصلی و یک ضمیمه در مورد تشکیل جنین و اعضای بدن بود. پنج فصل اصلی این کتاب به طور سیستماتیک استخوآنها، اعصاب، عضلات، رگ‌ها و شریآنهای بدن انسان را توصیف می‌کرد. در مورد منشا این تصاویر اختلاف نظر وجود دارد. برخی از نسخه‌های این کتاب شامل یک یا دو تصویر اضافی است که یکی زن حامله را نشان می‌دهد که جنین در حالت بریچ در داخل رحم خوابیده است و دیگری بدن زن را نشان می‌دهد (۹). علاوه بر این، تصاویر لاتین قبلی شامل چهره‌های زنان باردار نمی‌شد (۲۳). منصور فصل‌های مربوط به اندام‌ها را با توجه به نقش حیاتی آنها سازماندهی کرده بود، طوری که سیستم قلبی-عروقی فصل اول کتاب و سیستم تناسلی فصل آخر کتاب بود. ویژگی منحصر به فرد آناتومی منصور که به ندرت در نوشته‌های پزشکی پیشین یافت می‌شود، توصیف دقیق آن در مورد جنین‌شناسی انسان است. او معتقد بود که کمترین سن بارداری که ممکن است جنین بتواند زنده بماند ۶ ماهگی است. او این ادعای بقراط را رد کرد که مغز اولین قسمت بدن است که در جنین تشکیل می‌شود. او با ابن‌سینا موافق بود که مهمترین عضو بدن قلب است که منبع گرمای طبیعی و نیروهای حیاتی است (۲۳). گهگاه در این کتاب از توصیفات شاعرانه ساختارهای بدن استفاده شده است. برخی از مراجع بر این باورند که کالبدشناسی منصور نمونه‌ای از کالبدشکافی جالینوسی به سبک سنت نبوی است تا از طریق ارجاعات گسترده به قرآن و احادیث بر نگرش عموم مردم تأثیر بگذارد (۳۴). تشریح منصور حداقل برای دو قرن در ایران رایج بود.



شکل ۲-۱. برداشت ابن‌الیاس از سیستم عصبی که در کتاب تشریح منصوری نقاشی شده است.

1 *Tashrih-i Mansuri*



شکل ۳-۱. برداشت ابن‌الیاس از سیستم اسکلتی-عضلانی و نام‌گذاری آنها که در کتاب تشریح منصوری آمده است.

دوره صفوی (۱۵۰۱–۱۷۲۲ م) و آشتی سنت‌های نبوی و جالینوسی

یک و نیم قرن پس از ایلخانیان، سلسله صفویه با تصرف تبریز آغاز کرد (۷).

فقهای اسلامی، طب نبوی و سنت جالینوسی

محمدباقر مجلسی (۱۶۲۸–۱۶۹۸) در اصفهان بر شاه سلطان حسین نفوذ بسیار زیاد داشت و در کتابی با عنوان «درباره آنچه الحکمه و اطباء در تشریح بدن و اجزای آن می‌گویند» در مورد هفت ناحیه شامل اندام‌های شنوایی، گردن و نخاع، سیستم توراکس–شکم، اندام‌های تناسلی و تعداد استخوآنها بحث کرد. جالب اینجاست که تاندون‌ها، رباط‌ها، غشاء و غضروف به عنوان اندام‌های ساده اضافی همانند کتاب تشریح منصور ذکر شده‌اند. توصیفات آناتومیکی در کتاب بحارالانوار با توصیفات یونانی و متون اسلامی ابن‌سینا و منصور در مورد ساختارهای مختلف بدن مطابقت دارد. مجلسی مهم‌ترین اعضای بدن را مغز، قلب، کبد و اعضای زایش (یا تولید مثل) عنوان کرد. او نوشته است که قلب دارای حرارت ذاتی است و استاد مطلق اعضا است.

فقهای دوران اسلامی پیشین به طور مستقیم به موضوع تشریح انسان نپرداخته‌اند. شاید اولین فقیهی که به طور

خاص در مورد تشریح و جواز آن نوشت، علامه احمد بن ابن عبدالمنعم الدمنهوری بود که در سال ۱۷۷۸ میلادی درگذشت. او در فقه، پزشکی، نجوم و نقشه‌برداری نوشته‌های متعددی دارد. رساله او در تشریح، القول السریح فی علم التشریح (کلمات صریح در تشریح) زمینه را برای آینده دانشکده‌های پزشکی مدرن و کلاس‌های آناتومی در بسیاری از کشورهای اسلامی فراهم کرد. اصطلاح المشریحون (به معنای کالبدشکافی) در ادبیات پزشکی فارسی–عربی به کرّات به کار رفته است(۱۳, ۳۲).

آناتومی در قرن ۲۰ و ۲۱

نهضت نوسازی منجر به انقلاب مشروطه ۱۹۰۶ شد و پس از آن دانشجویان ایرانی برای تحصیل پزشکی به اروپا اعزام شدند. دارالفنون در سال ۱۹۱۷ به «خانه مرکزی تربیت معلم» تغییر نام داد و به مدارس ابتدایی و دبیرستآنهای عالی تقسیم شد. در همین زمان ایده تأسیس مرکز جامع آموزشی مطرح شد و قانون تأسیس دانشگاه تهران در ۲۹ اردیبهشت ۱۳۳۳ به تصویب مجلس شورای ملی رسید. علی فلاتی اولین دوره آناتومی بالینی را در سال ۱۹۳۴ در دانشگاه تهران تدریس کرد. همچنین در سال ۱۹۳۴، امیر اعلم، جراح و متخصص تشریح که از دانشگاه لیون فارغ‌التحصیل شده بود، به عنوان مدیر و استاد گروه تازه تاسیس آناتومی۹ جلد کتاب تدوین کرد که اکنون به عنوان اولین کتاب درسی آناتومی ایران معاصر به شمار می‌رود. پروفسور مصطفی حبیبی به تدریس بافت‌شناسی و جنین‌شناسی پرداخت و بعداً دوره آناتومی بالینی را در دانشکده پزشکی تهران تأسیس کرد، اما با تلاش استاد جمال‌الدین مستقیمی بود که اتاق‌های کالبدشکافی کلاسیک در دانشگاه تهران و سایر دانشگاه‌های سراسر کشور ایجاد شد (۳۵). تعطیلی دانشگاه‌ها پس از پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷ منجر به تحول و پیشرفت فعالیت‌های دانشگاهی تحت نظر شورای عالی انقلاب فرهنگی شد (۶).

جمال‌الدین مستقیمی (۱۹۱٤–۲۰۰۵)

جمال‌الدین در سال ۱۹۱۴ در قصردشت شیراز به دنیا آمد. وی برای تحصیل در رشته پزشکی وارد دانشگاه تهران شد و در سال ۱۹۳۸ با اولین گروه از دانشجویان پزشکی فارغ التحصیل شد. او زیر نظر جراح آمریکایی به نام دکتر بلر در رشته تشریح و جراحی تحصیل کرد. دانشگاه تهران. جمال‌الدین به همراه دکتر بلر اولین اتاق تشریح دانشگاهی را در دانشگاه تهران تأسیس کرد. جمال‌الدین با توصیه دکتر امیر اعلم در سال ۱۳۴۰ به مشهد مهاجرت کرد و دانشکده پزشکی و دومین سالن تشریح دانشگاهی ایران را در این شهر شمال شرقی تأسیس کرد. او چندین ساختار آناتومیکی مانند یک لایه عمیق از رباط دلتوئید (مچ پا) و دو دسته عصبی از رابط قدامی[1] مغز را کشف کرد که هر کدام به طور مستقل به کپسول داخلی یا لوب فرونتال حرکت می‌کنند. از جمال‌الدین به‌خاطر ۶۵ سال تشریح، تحقیقات تشریحی و تأسیس سالن‌های تشریح کلاسیک در بسیاری از دانشکده‌های پزشکی ایران به‌عنوان پدر علم آناتومی نوین در ایران یاد می‌شود.

سعید کاظمی آشتیانی (۱۳٤۱–۱۳۸٤)

دکتر آشتیانی در سال ۱۳۴۱ در تهران متولد شد. وی در رشته فیزیوتراپی و سپس آناتومی در دانشگاه علوم پزشکی ایران

1 anterior commissure (AC)

تحصیل کرد و در سال ۱۳۷۷ در رشته آناتومی و جنین‌شناسی از دانشگاه تربیت مدرس فارغ‌التحصیل شد. دکتر آشتیانی پژوهشگاه رویان را برای توسعه تکنولوژی‌های حفظ رویان و تحقیقات سلول‌های بنیادی تاسیس کرد. جایزه تحقیقاتی بین‌المللی رویان به افتخار وی هر ساله به محققینی که در زمینه زیست‌پزشکی تولیدمثل و جنین‌شناسی فعالیت دارند، اعطا می‌شود. این دانشمند ایرانی در ۴۳ سالگی در تهران درگذشت.

استادان تاثیرگذار در پیشرفت علوم تشریح در قرن حاضر

دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر میرعباس عبدالوهابی، دکتر امیرنظام الدین غفاری، دکتر اسداله اعتضاد مظفر، دکتر عنایت‌اله روحانیان، دکتر محمدصادق رجحان، دکتر یوسف محمدی، دکتر محمدعلی نراقی، دکتر حسین حکمت، دکتر سیدحسین کوثریان، دکتر غلامرضا حسن‌زاده، دکتر محمدحسین نوری موگهی، دکتر پریچهر پاسبخش.

دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی

دکتر حسین حکمت، دکتر رضا فراهانی، دکتر علی فروحی، دکتر ابوالفضل ابراهیمی، دکتر یوسف صادقی، دکتر محسن نوروزیان، دکتر فاطمه فدایی

دانشگاه علوم پزشکی ایران

دکتر محمدتقی جغتایی، دکتر مهدی مهدی‌زاده، دکتر مرتضی کروجی، دکتر سید بهنام‌الدین جامعی، دکتر محمود ایوبیان

دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران

دکتر سیمین فاضلی پور، دکتر شبنم موثقی

دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

دکتر رحمت‌اله برجیان، دکتر ابراهیم اسفندیاری

دانشگاه علوم پزشکی شیراز

دکتر سید فخرالدین مصباح، دکتر صغری بهمن پور، دکتر طاهره‌طلایی، دکتر الهام علی‌آبادی، خانم دکتر فرزانه دهقانی، دکتر زهرا وجدانی

دانشگاه علوم پزشکی مشهد:

دکتر جمال‌الدین مستقیمی، دکتر بنی احمد، دکتر محبوبه آروند، دکتر علیرضا ابراهیم‌زاده، دکتر علیرضا فاضل

دانشگاه علوم پزشکی کرمان

دکتر محمدعلی امامی میبدی، دکتر سیدحسن افتخار واقفی، دکتر سید نورالدین نعمت‌الهی

دانشگاه علوم پزشکی بیرجند

دکتر محمد افشار، دکتر محمدمهدی حسن زاده طاهری

دانشگاه علوم پزشکی تبریز

دکتر مسعود پورفرهاد، دکتر جعفر سلیمانی راد، دکتر حمید طایفی، دکتر احمد علی قنبری

دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

دکتر رستم قربانی

دکتر مظفر خزاعی

دانشگاه علوم پزشکی همدان

دکتر ایرج امیری، دکتر زهره علیزاده

دانشگاه علوم پزشکی یاسوج

دکتر رضا محمودی

دانشگاه علوم پزشکی بابل

دکتر غلامعلی جورسرایی، دکتر نبی‌اله سلطان پور، دکتر محسن پورقاسم

دانشگاه علوم پزشکی گیلان

دکتر روح‌اله گازر، دکتر ملک منصور انصار، دکتر محمدهادی بهادری، دکتر ابراهیم نصیری

دانشگاه علوم پزشکی مازندران

دکتر عباسعلی کریم‌پور، دکتر امیر اسماعیل نژاد مقدم، دکتر نوراله رضایی

دانشگاه علوم پزشکی اراک

دکتر پروین بیات

دانشگاه علوم پزشکی اهواز
دکتر زاهد صفی خانی، دکتر فاطمه جوادنیا، دکتر محمود اوراضی‌زاده

دانشگاه علوم پزشکی زنجان
دکتر ایرج جعفری انارکولی

دانشگاه علوم پزشکی زاهدان
دکتر هوشنگ رفیق‌دوست

دانشگاه علوم پزشکی کاشان
دکتر محمدعلی اطلسی

دانشگاه علوم پزشکی یزد
دکتر مرتضی انوری، دکتر حسین نهنگی

در بسیاری از دانشگاه‌های کشور امروزه افراد اثرگذار فراوانی دیده می‌شوند که در فرصت‌های دیگری از آنها یاد خواهد شد.

خلاقیت، نوآوری و فناوری

بازسازی تاریخچه خلاقیت و نوآوری بشریت بسیار چالش برانگیز است. پاسخ به سوالاتی چون اولین فردی که یک وسیله را اختراع کرده چه کسی بوده؟ یا چه زمانی بوده است؟ سخت است ولی ناممکن نیست. درحالیکه پاسخ به اینکه چگونه این نوآوری انجام شده است؛ سخت است، مهم‌ترین و سخت‌ترین سوالی که باید پاسخ داده شود. اینست که "چرا" بشریت به سمت نوآوری و خلاقیت حرکت کرده است. نژاد انسان از دیرباز ظرفیت و توانایی تغییر عناصر و عوامل محیط خود را متناسب با نیازش داشته است و این رفتارهای خلاقانه به نحوی یکی از ویژگی‌هایی است که ما را از سایر مخلوقات متمایز می‌سازد. علت این توانایی و تفاوت ما با سایر موجودات را می‌توان در عوامل زیستی، شناختی و محیطی جست‌وجو کرد. یکی از دلایلی که برای توانایی خلاقیت انسان بیان می‌شود توانایی عجیب ذهن در جمع‌آوری و ذخیره داده‌های کیفی است. حجم بالایی از این داده‌ها برای فرد ارزشی ندارد ولی بدون در نظر گرفتن این ارزش اطلاعات در ذهن انبار می‌شوند، درحالیکه از این توانایی جمع‌آوری و ذخیره‌سازی در تعاملات روزمره با سایر افراد استفاده می‌شود که همین استفاده مداوم از این توانایی باعث پیشرفت و گسترش خلاقیت و نوآوری شده است. این دلیل درکنار سایر عللی که به کمک باستان‌شناسان و متخصصین باید بررسی شود باعث شد تا خلاقیت و نوآوری بخش جدایی ناپذیر زندگی انسان در طول تاریخ شود (۳۶, ۳۷). خلاقیت، نوآوری و فناوری مفاهیمی بسیار نزدیک و درهم تنیده هستند که بررسی هرکدام بدون توجه به دو مورد دیگر امکان‌پذیر نیست، درحالی‌که تفاوت‌های بنیادینی با یکدیگر دارند. بنابراین بهتر است تا پیش از ادامه بحث این کتاب به بررسی تعریف علمی و انواع خلاقیت، نوآوری و فناوریپرداخته شود تا ضمن ایجاد یک دیدگاه

مشترک بتوان به صورت علمی و عملی در مورد استفاده و اثر هرکدام از آنها در آموزش و یادگیری علوم تشریح صحبت نمود. خلاقیت به معنی تولید ایده‌های جدید و منحصر به فرد است، درحالی‌که نوآوری به معنی اجرای ایده‌ها به منظور ایجاد ارزش، یا در راستای اهداف کاربردی می‌باشد. فرد از خلاقیت در تمام نوآوری‌های خود استفاده خواهد کرد، خلاقیت می‌تواند به عنوان ابزاری برای ایجاد راه‌حل برای مشکل موجود و یا وسیله‌ای برای تغییر بیان و چهارچوب آن مشکل باشد (۳۸). پروسه خلق ارزش‌های جدید، فرآیندی دینامیک و چندجانبه است و افزایش تعاملات انسانی نقش مهمی را در تکامل هوش انسانی و خلاقیت دارد. چهارچوب مشخصی برای خلاقیت وجود ندارد، ولی مراحلی وجود دارد که می‌تواند به این فرآیند کمک کند. این مراحل عبارتند از:

۱- **آماده‌سازی:** آماده‌سازی پایه‌ای‌ترین گام مورد نیاز خلاقیت است. این گام به معنای فرآیند آماده‌سازی ذهن خود برای تفکر خلاق است. این گام با تعریف دقیق مساله و جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با آن آغاز می‌شود و با مطالعه و پژوهش در زمینه تخصصی آن مشکل پیش می‌رود. لازم است، زمان کافی جهت درگیر شدن با موضوع، حیطه و متخصصین امر به منظور جمع‌آوری دانش و تجربه بیشتر اختصاص داده شود.

۲- خارج از چهارچوب فکر کنید: در این مرحله باید فراتر از منطقه امن فکر کرد تا راه حل‌ها و پاسخ‌ها مساله محور به دست آید.

۳- خلاقیت، جادوگری نیست: خلاقیت به مفهوم توانایی تولید، بازنگری، تغییر و یا تجمیع بین ایده‌های جدید و ایده‌های موجود است. آسان‌ترین راه برای دستیابی به ایده ای جدید، تجمیع ایده، اجزا و عناصری است که درحال حاضر نیست در دسترس عموم است.

٤- پرورش: در این مرحله تمامی کارها، عناصر و مطالبی که در جهت دستیابی به هدف و پاسخ مشکل است، جمع شده و با بررسی داده‌ها و پروژه موجود ایده‌های بالقوه خلق می گردد.

۵- شفاف‌سازی: در این مرحله ایده‌های به دست آمده از گام قبل باید شفاف شوند. در این مرحله فرآیند خلاقیت به ایده ای ختم می‌شود که دانش لازم برای اجرا آن وجود دارد.

٦- تایید: این گام به منظور ارزیابی دقت و کاربردی بودن ایده است. در این گام بررسی می‌شود که ایده آیا پتانسیل رفع مشکل را دارد یا نه. در این مرحله ایده می‌تواند مردود شود، تایید گردد، یا با تغییرات جزئی و کلی تغییر یابد. در صورتی که ایده مردود گردید تمامی مراحل باید از اول انجام شوند.

۷- تفکر انتقادی: تفکر انتقادی این توانایی را به افراد می‌دهد تا توانایی خود را در ارزیابی ایده‌ها بررسی کنند. تفکر انتقادی مزایای بسیاری را همراه خود دارد، از جمله آنها می‌توان کمک به الگویابی ایده‌های کاربردی و ایجاد امکان کشف و شهود حیطه‌های مختلف برای افراد اشاره کرد (۳۹, ۴۰).

پس از آشنایی با مفهوم و مراحل خلاقیت، لازم است به انواع تقسیم بندی‌ها و مفاهیم نوآوری اشاره گردد. یکی از ویژگی‌های نوآوری واگرایی است. از اولین لحظاتی که مفهوم تفکر طراحی مطرح شد، فعالان حیطه نوآوری در مورد اهمیت تفکر و فرآیندهای واگرا صحبت کرده‌اند. برای متخصصین و سازمآنها این امری معمول است که دچار دیدگاه

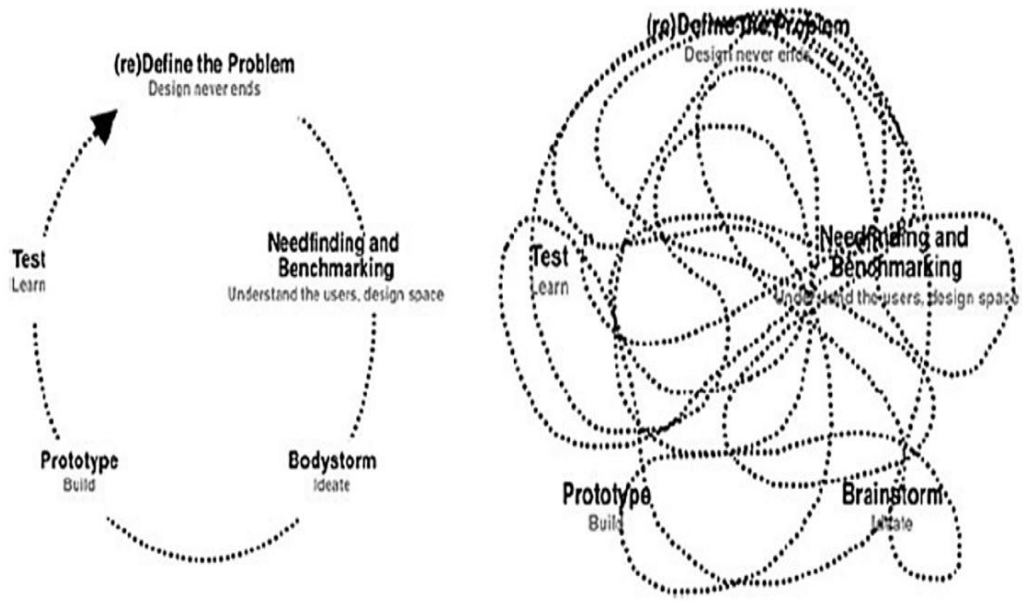
تونلی[1] شوند، موقعیت‌هارا از یک دیدگاه ببیند و از ابزارهای علمی یا ذهنی یکسانی برای حل آنها استفاده کنند. نوآوری به دنبال به چالش کشیدن وضعیت موجود است و از دیدگاه معمول و رایج فاصله دارد. واگرایی فرد را قادر می‌سازد تا مساله را برای یافتن رویکردها یا پاسخ‌هایی که قبلاً در نظر نمی‌گرفته است، بررسی کند. این یک تمرین و فرآیند ذهنی است که می‌تواند در شرایط مختلف زندگی، چه شخصی و چه حرفه ای به کار گرفته شود و فرد را ملزم کند یک گام به عقب بردارد و به تصویرسازی کلی پرداخته و مفروضاتش را زیر سوال ببرد (۴۱). ویژگی دیگر نوآوری کنجکاوی است. افراد کنجکاو مسیرهای مختلفی را برای یافتن پاسخ بررسی می‌کنند و به ایده‌های جدید می‌رسند. نوآوری بیشتر شبیه یک کنجکاوی بچگانه است که فرد را قادر می‌سازد تا به جهان و مشکلاتش با اشتیاق برای یافتن پاسخ و توسعه بنگرد. در این مسیر، کنجکاوی و میل ذاتی به یادگیری، اکتشافات خارق‌العاده‌ای را رقم می‌زند. وقتی از سوال کردن دست برداشته شود و همه چیز همانطور که هست پذیرفته شود، فرصت یافتن فرصت‌های جدید از دست می رود. کنجکاوی در نوآوری به معنای انتخاب گم شدن در یک شهر جدید و سرگردانی در خیابانهای ناشناخته و پنهانی است که ممکن است به صورت ناگهانی یک مکان دیدنی و زیبا را بدون نقشه‌ای برای کاوش پیدا شود. از سایر ویژگی‌های نوآوری به می‌توان به کار تیمی چند رشته‌ای اشاره کرد. برای یافتن راه‌حل‌های نوآورانه یک تیم متنوع و همه کاره بهترین است. ترکیب افرادی با سابقه، دیدگاه‌ها و تخصص‌های متفاوت بحث‌های جامع‌تری را ایجاد کرده و به جلوگیری از دید تونلی کمک می‌کند. فعالان حیطه تفکر طراحی دریافته‌اند که گرچه این افراد متفاوت فکر می‌کنند اما ویژگی که همه آنها را باهم متحد می‌سازد هوش احساسی آنها به معنی همدلی با مردم و رشته‌هایی فراتر از حیطه خود است. بهتر است با بسیاری از ایده‌ها کار شود تا اینکه فقط با یک ایده جلو رفت. همچنین کارتیمی چند رشته‌ای فرصتی را فراهم می‌کند که مدیریت یک گام به عقب برداشته و اجازه می‌دهد تا ایده‌های مختلف بیان و بررسی شوند و در مجدداً تمرکز گروه را افزایش دهد (۴۲) ویژگی دیگر نوآوری تاب‌آوری است. نکته کلیدی در این ویژگی تکرار، آزمایش، تکرار، آزمایش، تکرار و آزمایش است. آزمایش ممکن است منجر به شکست شود، اما نباید به دیدگاه یک شکست همه جانبه به آن نگاه شود بلکه باید به عنوان فرصت در نظر گرفته شود. تاب‌آوری برای ادامه ایده‌پردازی، آزمایش و شکست کلید نوآوری است. تکرار مستلزم آزمایش میدانی مستمر بر روی نمونه و ایده‌های اولیه روی جامعه مخاطب است تا مشخص شود آیا راه‌حل واقعاً در رسیدگی به مشکل موجود موثر است یا خیر. در خلال این آزمایش ممکن متوجه شد که راه‌حل پیشنهادی لازم است تغییر داده شود یا بهینه‌سازی گردد و یا حتی مخاطب راه‌حل بهتری پیش‌روی فرد قرار دهد. تاب‌آوری در مرحله آزمایش ذاتاً مستلزم خوش‌بینی است – فرد امتحان می‌کند، شکست می‌خورد، از این شکست درس می‌گیرد و ادامه می‌دهد. این تفکر و مهارتی است که مبتکران را خلاق و کنجکاو می‌کند. شکستی وجود ندارد، فقط یادگیری است (۴۱). در میان ویژگی‌های نوآوری که در بالا بحث شد، هیچ کدام نیاز به فناوری نداشت. نوآوری فرآیند و دیدگاهی انسان محور است. این فرآیند نیازمند آزمایش، تکرار، دیدگاه‌های متنوع و اشتیاق به یادگیری در حین شکست است. راه‌حل‌های نوآورانه می‌توانند منجر به فناوری‌های جدید شوند، ولی نوآوری معادل فناوری نیست. فناوری به معنای اعمال دانش علمی به منظور دستیابی به اهداف کاربردی خصوصاً در صنعت می‌باشد. نوآوری می‌تواند غیرقابل لمس باشد درحالی‌که فناوری باید محسوس باشد. افراد می‌توانند روند نوآوری را در زندگی روزانه خود وارد کنند (۴۲) فناوری می‌تواند به منظور اعمال نوآوری استفاده شود، همچنان می‌تواند به فرد کمک کند تا آزمایش و تکرار را به سرعت بالاتر و کارآیی بیشتری انجام دهد ولی به خودی خود نمی‌تواند

1 Tunnel Vision

منجر به خلق نوآوری شود. با توجه به نوع مشکل، نوآوری لزوماً نیازمند پیچیدگی یا فناوری‌های های-تک[1] نیست و می-تواند صرفاً به یک پاسخ ساده منجر شود که قبلاً به آن فکر نشده بود و می‌تواند به سادگی در جهت منفعت و پیشرفت جامعه مخاطب استفاده شود. در ادامه اشاره کوتاهی به بحث تفکر طراحی می گردد.

تفکر طراحی

همه عاشق نوآوری هستند، "ایده‌ای که کاربردی است". متاسفانه نوآوری یک نتیجه است نه فرآیندی برای دستیابی به هدف. چگونه افراد احتمال دستیابی به نوآوری موفق را پس از پژوهش و توسعه افزایش می‌دهند؟ تفکر طراحی، ارزش و فاکتورهای فناوری را که در شکل‌گیری مساله و پاسخ نقش دارند، ادغام می‌کند. تفکر طراحی تمرکز بر روی مصرف کننده نهایی را با همکاری بین‌رشته‌ای و استفاده از آخرین دانش روز به منظور دستیابی به سرویس و محصول نوآوری حفظ می‌کند. تفکر طراحی محیطی شناور را به منظور ارتقاء یادگیری برمبنای ساخت و آزمایش نمونه‌های مختلف ایجاد می‌کند(۷). تفکر طراحی معمولاً به صورت مراحل مشخص تکرارشونده به تصویر کشیده می‌شود (شکل ۴-۱). در سمت چپ حالت استاندارد این موضوع را مشاهده می‌کنید در حالی‌که در سمت راست حالت نزدیک به دنیای واقعی به تصویر کشیده شده است. درحالی‌که مراحل بسیار ساده می‌باشند، توانایی اکتسابی فرد در انتخاب مسیر صحیح برای گام بعدی بسیار حائز اهمیت است که نیازمند تمرین و یادگیری است. تفکر طراحی تماماً مرتبط با خلق و استفاده از رفتارها و ارزش هاست در حالی‌که سایر مدل‌ها بر خلق براساس دانش تاکید دارند (۴۳). در حالت ساده‌تر می‌توان تفکر طراحی را عبور از وضعیت فعلی به حالت مطلوب توصیف کرد. مبحث تفکر طراحی مبحثی گسترده است که بی‌شک امکان بیان تمام آن در این مقدمه امکان پذیر نیست ولی آشنایی با مفاهیم و تعریف آن لازم است.



شکل ۴-۱. مراحل مشخص تکرارشونده در تفکر طراحی (43).

1 High tech

یادگیری آناتومی

سخنرانی‌های آموزشی روش استاندارد و رایج‌ترین روش آموزش سنتی و تمرین یادگیری بوده است. سخنرانی‌های آموزشی کاملاً وابسته به استاد آموزش‌دهنده بوده که حجم زیادی از اطلاعات را با کمترین مشارکت دانشجویان آموزش می‌دهد و معمولاً در یک کلاس درس استاد–محور انجام می‌شود و دانش، محتوا و مشارکت دانشجویان را متمرکز می‌کند. علی‌رغم ترجیح اکثر افراد به استفاده از روش سنتی آموزش جهت سادگی ارائه برای کلاس‌های شلوغ، استفاده از این روش منجر به قرارگیری دانشجویان در معرض مقادیر زیادی از اطلاعات می‌شود که حفظ، به خاطر سپردن و تفسیر آن را دشوار می‌کند (شکل۵–۱) (۴۴). یادگیری فرآیندی فعال است که در آن استاد و دانشجویان باید به طور متقابل تلاش کنند تا این فرآیند اشتراک‌گذاری دانش لذت‌بخش باشد و برای درک آسان‌تر شود (۴۵). برای یادگیری مؤثر، آموزش باید رویکردهای توسعه تحلیلی را برای یک مشکل تسهیل کند و به حوزه‌های حیاتی بپردازد. دانشجویان باید بتوانند از دانش و مهارت‌های به‌دست آمده در کلاس برای برآوردن اهداف حرفه‌ای خود استفاده کنند و در عین حال مجهز به سبک‌های مختلف یادگیری باشند و فرصت بازخورد و بحث در مورد فرآیند یادگیری خود را داشته باشند و در نتیجه تأثیرات یادگیری دانشجویان را افزایش دهند (۴۶). به عنوان یک موضوع اصلی در آموزش پزشکی، آناتومی یک دوره مورد نیاز برای همه دانشجویان پزشکی، کارکنان پزشکی و مدیران بهداشت است و یادگیری آن نیازمند صرف ساعاتی طولانی در آموزش پزشکی رسمی می‌باشد (۴۷, ۴۸).

شکل ۵–۱. آموزش آناتومی ماکروسکوپیک ناحیه تنه به روش سنتی روی جسد
(آرشیو شخصی پروفسور غلامرضا حسن‌زاده- دانشگاه علوم پزشکی تهران).

آناتومی ماکروسکوپیک[1] معمولاً به آناتومی سیستماتیک، توپوگرافی و مقطعی طبقه‌بندی می‌شود. زیرشاخه‌های دیگر آناتومی شامل آناتومی جراحی، آناتومی حرکت، آناتومی سطحی و آناتومی بالینی می‌باشد. به جز دانشجویان پزشکی بالینی، کارکنان پزشکی و مدیران بهداشتی, دانشجویانی که در رشته‌های بالینی تحصیل می‌کنند باید تسلط کافی بر آناتومی سیستمیک و آناتومی توپوگرافی داشته باشند. همچنین دانشجویان مرتبط با رشته‌های تصویربرداری پزشکی نیز باید دانش آناتومی مقطعی را بدست آورند (۴۹). بهترین راه برای یادگیری چنین دانشی، کالبدشکافی و مشاهده نمونه‌های اجساد است. با این حال، مشکلات موجود در رابطه با اهدای کالبد منجر به کاهش منابع آموزشی و کاهش اشتیاق به آموزش و مشکل در یادگیری آناتومی شده است. در این میان، ظهور و توسعه رشته‌های جدید باعث کاهش ساعات مطالعه آناتومی شده است (۵۰). مجموعه‌ای از عوامل تأثیر زیادی بر یادگیری آناتومی داشته است که به نوبه خود تأثیر مستقیمی بر تأثیر تشخیص و درمان بالینی دارد. در سال‌های اخیر، شیوع کوید-۱۹[2] منجر به کاهش نمونه‌های اجساد و در نتیجه کاهش فرصت‌های آموزش حضوری، کالبدشکافی میدانی و مشاهده شده است و مطالعه آناتومی را مختل کرده است (۵۱). در نتیجه، برخی از اساتید آناتومی به کاوش سیستم‌های آموزشی کمکی تحت شرایط جدید ادامه می‌دهند و روش تدریس آناتومی را برای بهبود اثر آموزشی به روز می‌کنند (۵۲, ۵۳). با منابع غنی جسد و زمان کافی، آموزش و یادگیری دانش آناتومی اغلب بر اساس کالبدشکافی میدانی و مشاهده نمونه‌های تشریح شده است (۵۴). با این حال، با توجه به کاهش جسد و نمونه‌های تشریحی، مردم شروع به جایگزینی نمونه‌های واقعی بدن انسان با نمونه‌های مصنوعی و نمونه‌های پلاستینه کرده‌اند (۵۵).

با پیشرفت‌های فناوری‌های کامپیوتری، سیستم‌های آموزشی کمکی آناتومی مبتنی بر رایانه ظهور کرده‌اند که می‌توانند ساختار مورفولوژیکی بدن انسان را شبیه‌سازی کنند. از فناوری‌های مربوطه، از جمله واقعیت مجازی[3] و واقعیت افزوده[4]، برای بازسازی سناریوهای آموزش آناتومی، شبیه‌سازی نحوه تشریح، بازتولید مجازی ساختار مورفولوژیکی بدن انسان، و ادغام دانش مربوط به آناتومی برای ساخت سیستم‌های آموزش آناتومی مجازی استفاده می‌شود (۵۵, ۵۶). استفاده از چنین سیستم-هایی تا حد زیادی کمبود منابع آموزشی را کاهش داده و تأثیر مطالعات آناتومی را بهبود بخشیده است. با این وجود، محدود به کمبود منابع داده و نارسایی فناوری‌ها، این سیستم‌ها هنوز از نظر اعتبار مدل‌های تشریحی مجازی، کامل بودن سیستم‌های آموزشی، و تعامل و عملکرد سیستم‌ها ناکافی هستند (۵۷). پیشرفت روز افزون علم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، بر تمام جنبه-های زندگی و از جمله فرآیند آموزش تاثیر بسزایی گذاشته است (۵۸). وسایل کمک آموزشی به عنوان بخشی از تکنولوژی‌های نوین آموزشی محسوب می‌شوند و به هر نوع وسیله‌ای که باعث افزایش کیفیت تدریس شود، ابزار اطلاق می‌شود (۵۸, ۵۹). وسایل کمک آموزشی نقش زیادی در ایجاد انگیزه و علاقه دانشجو و سهولت در یادگیری بازی می‌کنند و پیشرفت‌های زیادی در تکنولوژی ساخت آنها در دهه‌های اخیر صورت گرفته است. آناتومی به دو دلیل درس سختی برای دانشجویان است: یکی اینکه در ترم اول که دانشجو تازه از دبیرستان وارد دانشگاه می‌شود، به دانشجویان ارائه می‌شود و دانشجو مدیریت فردی قوی را در این زمان ندارد. چون در دبیرستان نظام آموزشی دانش‌آموز را می‌چرخاند در حالی‌که در دانشگاه مدیریت فردی لازم است که هنوز به این درجه از توانمندی نرسیده است (۶۰). دوم اینکه آناتومی "ذاتاً" درس سختی است و اصلاحات فارسی زیادی ندارد و اغلب اصطلاحات عربی یا انگلیسی است، بنابراین نیاز به یادگیری ترمینولوژی و زبان پزشکی دارد (۶۰). تحقیقات

1 gross anatomy
2 COVID-19
3 virtual reality
4 augmented reality

نشان می‌دهد که استفاده از وسایل و تکنولوژی‌های آموزشی به خصوص در تدریس دروسی که ارائه آنها از نظر دانشجویان سخت و خسته‌کننده است تدریس را مطلوبتر و جذاب‌تر می‌کند (۶۱). بنابراین، استفاده از رویکردی برای آموزش و یادگیری که به بهترین وجه نیازهای خاص دانشجویان را برآورده می‌کند، ضروری می‌شود. به همین دلیل، سیستم‌های آموزشی مدرن باید راهبردهای آموزشی و یادگیری جایگزین‌های متعددی را در بر گیرند که به خوبی تأیید شده و برای یک محیط کلاسی معمولی در دانشکده‌های پزشکی قابل اجرا هستند.

فصل دوم
بهترین شواهد و مبانی آموزش

مؤلفین و گردآورندگان
دکتر محسن نوروزیان
استاد علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دکتر حجت‌الله عباس‌زاده
استاد علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

آذر افشار
دانشجو دکتری تخصصی علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

فخرالدین آقاجان‌پور
دانشجو دکتری تخصصی علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

رضا سلطانی
دانشجو دکتری تخصصی علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

مقدمه

خانواده‌ای را در نظر بگیرید که قصد دارند برای باغچه خانه خود یک درخت بخرند. آنها می‌خواهند درخت زیبا باشد در حالی که رشد سریعی داشته و در مقابل آفت‌ها هم مقاوم باشد. تنوع درختان بسیار است و این خانواده تجربه کافی برای شناخت انواع این درختان ندارند. از این رو آنها تصمیم گرفتند به کتابخانه رفته و کتاب‌های مرتبط با این موضوع را مطالعه کنند. آنها همچنین مجلات باغبانی که کارآزمایی‌هایی بر روی انواع درختان منتشر کرده بودند را نیز بررسی کردند. در نهایت با دانش به دست آمده از این شواهد درخت ایده‌آلی انتخاب و خریداری کردند. پس از کاشت درخت، متاسفانه درخت نتوانست رشد مناسبی داشته باشد و پس از مدتی خشک شد. اما چرا؟ با تمام این بررسی‌ها مشکل از کجا بود؟ این خانواده توصیه‌های متخصصین را بررسی کرده بودند. اما اهمیت انتخاب درختی را که مناسب خاک باغچه‌شان باشد، تغییرات دمایی و یخبندان احتمالی که در آن منطقه می‌افتد را تحمل کند و برای کاشت و نگهداری نیاز به تخصص خاصی نداشته باشد را درک نکرده بودند. حقیقت در مورد انتخاب درخت به آن سادگی که در اولین نگاه از کتاب‌ها و مجلات به نظر می‌رسید، نبود. به همین ترتیب، در مورد آموزش پزشکی نیز اگرچه در نگاه اجمالی در ابتدا ساده به نظر می‌رسد اما حقیقت اینگونه نیست. انواع روش‌ها و رویکردهای آموزشی در بستر فرهنگ‌ها، جوامع، رشته‌ها، جغرافیا و اقتصادهای گوناگون منجر به نتایج مختلف و خروجی‌های با کیفیت متغییر خواهد شد. بنابراین همانطور که Oscar Wilde[1] می‌گوید: "حقیقت، به ندرت خالص است و هرگز ساده نیست"(۶۲).

اندک موضوعاتی وجود دارند که همانند آموزش اختلاف نظرهای فراوان داشته باشند. در آموزش همواره چالش‌هایی بر سر چگونگی و محتوای تدریس وجود دارد و همین امر عامل تغییرات متعدد در برنامه درسی و آموزشی است. در سال

1 Oscar Fingal O'F flahertie Wills Wilde(1854-1900)

شکل ۱-۲. آموزش مبتنی بر بهترین شواهد در بازه‌ای از ۱۰۰٪ مبتنی بر نظر تا ۱۰۰٪ مبتنی بر شواهد می‌تواند متغیر باشد.

Van der Vleuten، ۱۹۹۵ در مورد یک پارادوکس در آموزش چنین گفت: **"**به نظر می‌رسد که نگرش تحصیلی افراد با بحث در مورد مسائل آموزشی تغییر می‌کند. ارزیابی انتقادی و بررسی علمی ناگهان با تجربیات و باورهای شخصی و گاه ارزش‌ها و عقاید سنتی جایگزین می‌شود**"**. در حال حاضر یک گسستگی بین محققان حوزه آموزش و کسانی که از این تحقیقات استفاده می‌کنند، وجود دارد. به سبب این چالش‌ها تاکید فزاینده‌ای بر رویکرد بهترین شواهد آموزش وجود دارد. البته شناسایی و ارزیابی شواهد آسان نیست. از سوی دیگر، مانند انتخاب درخت توسط خانواده، مدرس باید بر اساس محیط و مخاطبین نتیجه‌گیری شواهد را مورد پرسش قرار دهد و نهایتاً برای استفاده از آن تصمیم‌گیری کند.

بهترین شواهد آموزش پزشکی[1]

اولین بار در سال ۱۹۹۸ ایده شکل‌گیری بهترین شواهد آموزش پزشکی در کنفرانس انجمن آموزش پزشکی در اروپا[2] شکل گرفت. این رویکرد به صورت اجرای روش‌های تدریس توسط مدرسین، اساتید و نهادها بر اساس بهترین شواهد موجود تعریف می‌شود. با توجه به تعریف می‌توان دریافت که آموزش در این دیدگاه به دو شکل مبتنی بر شواهد[3] و مبتنی بر نظر[4] که در قطب مقابل هم قرار دارند تقسیم می‌شود (شکل ۱-۲). در آموزش مبتنی بر نظر، شواهد ارزشمند برای استفاده در آموزش یا وجود ندارد یا اگر وجود دارد، شواهد موجود مطلوب نیست. بنابراین آموزش در طیفی بین آموزش کاملا **"** مبتنی بر شواهد، و آموزش مبتنی بر نظر قرار می گیرد (۶۳).

Hart و Harden بر اساس رویکردهای پزشکی مبتنی بر شواهد، پنج مرحله را در جمع‌آوری و استفاده از بهترین شواهد در آموزش پزشکی توصیه کرده‌اند:

۱. طرح سئوال
۲. تدوین استراتژی جستجو
۳. ارزیابی شواهد
۴. اجرای تغییر
۵. ارزیابی تغییر

برای طرح سئوال، ابتدا باید عبارت جستجو به‌طور کامل تعریف شود. در آموزش پزشکی برای این تعریف سه مولفه مشارکت‌کنندگان، جنبه‌های آموزشی و پیامدها باید مدنظر قرار گیرند. به عنوان مثال در آموزش پزشکی این سئوال مطرح می‌شود: **"** آیا جلسات ژورنال کلاب در تصمیم‌گیری بر اساس شواهد تاثیرگذار است؟**"** برای این سئوال مولفه‌ها به صورت جدول ۱ تعریف می‌شوند (۶۴، ۶۵).

1 Best Evidence of Medical Education (BEME)
2 Association for Medical Education in Europe (AMEE)
3 Evidence-base education
4 Opinion-base education

جدول ۱-۲. مؤلفه‌های ژورنال کلاب.

مولفه‌های سوال	
مشارکت‌کنندگان	تحصیلات تکمیلی، کارشناسی، سطوح بالینی
جنبه‌های آموزشی	آیا ژورنال کلاب یک مداخله آموزشی موثر برای حمایت از تصمیم‌گیری است؟
پیامدها	آیا ژورنال کلاب سبب تغییر در واکنش یادگیرندگان، نگرش‌ها، مهارت‌ها، رفتارها و یا نتایج بیماران تاثیرگذار است؟

در مرحله بعد برای تدوین استراتژی جستجو باید کلمات کلیدی، معیارهای ورود و خروج و پایگاه داده مربوطه تعیین گردد. برای جستجو در بهترین شواهد آموزش پزشکی چند چالش وجود دارد:

۱. آموزش پزشکی هنوز گنجینه اطلاعاتی کامل خود را ندارد. Medline به عنوان یکی از پایگاه‌های داده بزرگ نیز محتوای آموزشی خود را هنوز بطور کامل و قابل اعتماد معرفی نمی‌کند. پایگاه‌های داده بیشتر شامل مطالب مرتبط با زیست‌پزشکی بوده و از این رو آموزش پزشکی در این پایگاه‌ها مهجور مانده است.

۲. از سوی دیگر مقالات مرتبط با آموزش پزشکی در مجلات مختلف چاپ شده و محوریت یکسان ندارند (۶۶، ۶۷).

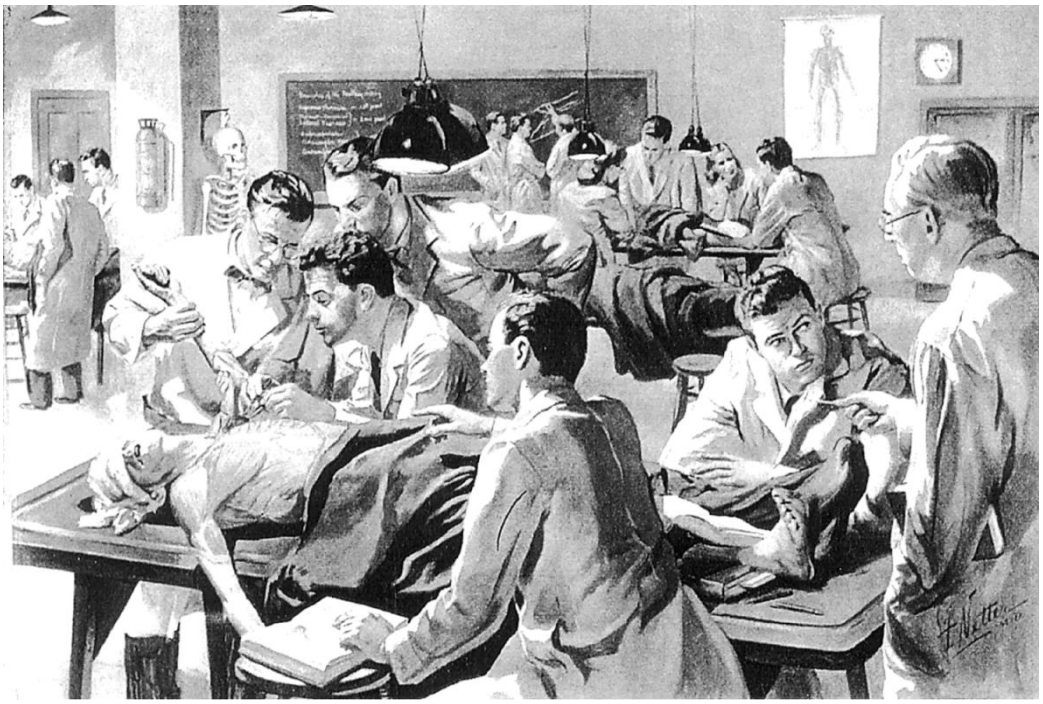
پس از یافتن شواهد، لازم است شواهد به دست آمده ارزیابی شود. یکی از معیارهای مطمئن در این راستا ارزیابی کیفیت QUESTS[1] است که توسط هاردن[2] تنظیم شده است. این معیار شامل ارزیابی ۵ مولفه کیفیت، سودمندی، گستردگی، استحکام، هدف و موقعیت می‌باشد. کیفیت به نوع شاهد، روش جمع‌آوری داده و دقت مطالعه اشاره دارد. سودمندی به میزان تطابق روش ذکر شده با هدف مورد نظر ارتباط دارد، گستردگی به وسعت مطالعه، استحکام به وضوح و عدم وجود ابهام در نتایج، هدف به میزان تشابه اهداف محقق و موقعیت به تشابه زمینه یا محیط، اشاره دارد. در نهایت پس از اجرای مداخلات آموزشی یافت‌شده بر اساس بهترین شواهد باید میزان شکست یا موفقیت را در آنها ارزیابی کرد. در صورتی که مراحل فوق به خوبی و با دقت سپری شده باشند، ارزیابی به دست آمده خود به عنوان یک شاهد ارزشمند قابل انتشار خواهد بود (۶۸).

آموزش آناتومی کلاسیک

از زمانی که سنگ بنای دانش آناتومی بنا نهاده شد تا دوران قرون وسطی، اساسی‌ترین روش در آموزش این علم، تشریح جسد و بیان شفاهی مشاهدات عینی بوده است. عصر پزشکی مبتنی بر علم[3] در سال ۱۵۴۲ با انتشار اطلاعات حاصل از تشریح جسد توسط وسالیوس آغاز شد. رویکرد او مراحل اولیه روش علمی را پایه‌گذاری کرد: جمع‌آوری داده‌ها با مشاهده مستقیم، توجیه موقت داده‌ها (فرضیه) و آزمون‌های بیشتر در جهت راستی‌آزمایی فرضیه. وسالیوس به نوعی با قراردادن کالبد انسان متوفی در هسته تحقیقات خود، قانون بیمار محور بقراط[4] را تایید کرد (۶۹). ویلیام هاروی پس از آن سبب تغییر در روش وسالیوس با آزمایش بر روی مدل‌های غیرانسانی شد (۷۰). داده‌های حاصل از تشریح جسد در موارد ذیل

1 Quality, Utility, Extent, Strength, Target, Setting = QUESTS
2 Harden
3 Science-based medicine
4 Patient-centered Hippocratic canon

موثر است: ۱. فهرست و طبقه‌بندی اجزای بدن، ۲. شکل‌گیری واژگانی برای توصیف بدن با دقت بالا، ۳. نقشه‌برداری از اندام‌های بدن (آناتومی توپوگرافی) برای ایجاد یک طرح سطحی (آناتومی سطحی) و استفاده آن در «تشخیص و معاینه فیزیکی». با گذشت زمان تصاویر آموزشی که از این مشاهدات شکل گرفته بودند به عنصر آموزشی دیگری تبدیل شد. مولاژهای طبیعی و مصنوعی تحولی در آموزش ایجاد کردند و بدین شکل آموزش کلاسیک آناتومی به صورت سخنرانی با محوریت جسد و مولاژ تحقق یافت (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲. نقاشی از یک کلاس آناتومی در نیویورک توسط Frank H. Netter (۱۹۶۷).

در قرن هجدهم، مورگانی از روش تشریح برای ارتباط علائم بالینی با آسیب‌شناسی استفاده کرد. بدین ترتیب او تشریح جسد را به عنوان ابزاری در راستای دستیابی به تشخیص دقیق‌تر می‌دانست. پس از وی از این روش در بیمارستان شاریته [1] نیز با استفاده از ابزارها و روش‌های تشخیصی پیچیده‌تر انجام می‌شد. بدین شکل اطلاعات زیادی از طریق بیوپسی اجساد به دست آمده که در تشخیص و بالین کاربرد زیادی داشت. بر همین اساس Flexner اصطلاحاتی را در آموزش پزشکی در ایالات متحده و کانادا در دهه ۱۹۸۰ رقم زد که بر اساس آن اساس روش علمی در دو بخش علوم پایه و بالین یکی بود (۷۱). با این حال در سال‌های بعد انتقادات زیادی به آن وارد شد؛ از جمله، فروکاست‌گرایی فیزیکی-شیمیایی [2] و نقاط ابهام زیاد آن در آموزش مبتنی بر رشته (۷۲, ۷۳). در این نوع آموزش فراگیر می‌بایست جزئیات زیادی را

1 Charite Hospital
2 physico-chemical reductionism

بدون درک و فهم ارتباطات آنها به خاطر بسپارند؛ در نتیجه، یادگیری به صورت عمیق اتفاق نمی‌افتد. همین امر می‌تواند سبب گردد آموزش آناتومی به صورت یک مساله تشریفاتی درآید و از رسالت اصلی فرآیند آموزش باز ماند. در عصر حاضر با پیشرفت تکنولوژی، ظهور ابزارهای جدید و نیاز مبرم به تغییر اساسی در روند آموزشی جهت رفع خلاء بین آموزش آناتومی و استفاده آن در بالین، این مهم تغییر شگرفی نسبت به گذشته پیدا کرده است. استفاده از اطلس‌های دیجیتال و اینترنتی، برنامه‌های ۳بعدی و انواعی از سبک‌های آموزشی نوین از جمله عناصر نوظهور در فرآیند آموزش هستند. در بسیاری از دانشگاه‌ها، اساتید آناتومی از ارائه دانش کلاسیک و به دنبال آن کاربرد بالینی جهت تدریس آناتومی استفاده می‌کنند. این شیوه با نتایجی چون نارضایتی، از دست دادن علاقه و انگیزه، عملکرد ضعیف دانشجویان در ارزیابی‌ها و عدم کارایی و کاربرد در محیط بالین همراه است. این فرآیند یک چرخه معیوب ایجاد کرده است که در نهایت منجر به گزارش-های فزاینده درباره خطاهای ناگوار بالینی (به‌خصوص در حوزه جراحی) که ناشی از عدم وجود دانش آناتومی کافی می-باشد، شده است. بنابراین نقدهای زیادی از جمله موارد ذیل بر آموزش آناتومی کلاسیک وارد آمد: ۱. برنامه درسی پر ازدحام، ۲. تاکید زیاد بر حفظ کردن در طول یادگیری، ۳. عدم تمرین کافی برای تحلیل و تفکر انتقادی و ترکیب مفاهیم، ۴. آموزش غیرفعال و مدرس محور با استفاده از سخنرانی، ۵. عدم توانایی در کاربرد دانش تئوری، ۶. عدم آمادگی برای تحقیقات مستقل در دانش آموختگان، ۷. عدم تاکید بر ارتباط با بیماران و ۸.عدم آگاهی و رعایت اصول اخلاقی و انسانی در دانش آموختگان. این دلایل پایه‌گذار تحول در برنامه درسی پزشکی در دهه‌های اخیر شد (۷۴). در دنیای امروز، در بسیاری از دانشگاه‌ها نیز آناتومی بر مبنای بهترین شواهد به صورت موازی با روش کلاسیک ایجاد شده است که سبب افزایش محتوای تدریس می‌گردد. این در حالی است که ساعات و اساتید متخصص اختصاص داده‌شده به آناتومی در برنامه آموزش پزشکی در حال کاهش است. متوسط زمان اختصاص داده شده به آناتومی بین سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۹۹۱ از ۱۹۷ به ۱۸۲ ساعت و بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۷ تا ۱۶۵ ساعت تقلیل یافته است (۷۵, ۷۶). این عدم تعادل بر خروجی نهایی برنامه‌های آموزشی آناتومی می‌تواند تاثیر منفی داشته باشد، تا جایی‌که ممکن است ایمنی و عملکرد بالینی به مخاطره افتد. پیامدهای عدم داشتن دانش کافی آناتومی با افزایش هفت برابری ادعاهای مرتبط با خطاهای تشریحی بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰، خود را نشان می‌دهد. "جهل آناتومی[1]"منجر به افزایش مدوام قصور جراحی شده است. بحث آموزش آناتومی مدرسین را بین سنت‌گرایان که طرفدار کالبدشکافی جسد هستند و نوگرایان که طرفدار روش‌های آموزشی جدید هستند، دوقطبی کرده است. بنابراین؛ وظیفه آناتومیست‌هاست که تعادل مناسبی بین دانش کلاسیک و آموزش مبتنی بر بهترین شواهد ایجاد کنند تا شیوه انتقال مفاهیم، و کیفیت آن در آموزش آناتومی اصلاح شده و آناتومی را همچنان به‌عنوان یک پایه اساسی در برنامه درسی پزشکی مدرن حفظ کنند.

رویکردهای آموزشی همگام با عصر جدید

سبک‌های مختلف یادگیری همگام با تکامل منابع آموزشی موجود پیشرفت کرده‌است. همانطور که ذکر شد برای قرن‌ها، مدرسین مجبور بودند سبک یادگیری خود را با منابع موجود تطبیق دهند (۷۷). در قرن گذشته، منابع عمدتاً شامل سخنرانی، جزوه‌ها، کتب، فیلم‌ها، یادداشت‌های شخصی و کتابخانه‌های فیزیکی بود. در قرن جدید انفجار اطلاعات و توسعه فناوری سبب در دسترس قرار گرفتن طیف وسیعی از منابع آموزشی فراتر از منابع سنتی شد. آموزش دیجیتال،

1 Ignorance of Anatomy

ضبط سخنرانی، انیمیشن‌ها، کتاب‌ها و مجلات الکترونیکی، پایگاه‌های جستجوگر اینترنتی، کتابخانه دیجیتال، برنامه‌های مجازی و شمار دیگری از این قبیل به عنوان منابع آموزشی نوین در اختیار نسل جدید قرار گرفت. با توجه به این مجموعه گسترده نیاز به تکامل شیوه‌های آموزشی جهت افزایش تطابق آموزش با تفاوت‌های ذاتی در نسل جدید بیشتر احساس می‌شود. منابع یادگیری گسترده فرصت بیشتری را برای درگیر کردن مستقیم آموزندگان بصری و حرکتی ارائه می‌دهد. با این حال برای تسهیل یادگیری باید رویکرد متعادلی در ارائه محتوا اتخاذ گردد تا از حذف آموزش سنتی که سبب محدود شدن آموزندگان شنیداری و نوشتاری می‌شود، جلوگیری کرد. رویکردهای آموزشی باید به شیوه‌ای انتخاب شوند که الگوهای یادگیری متعدد و متنوعی را در خود جای دهد تا همه نوع آموزنده را در خود جای دهد (۷۸, ۷۹). اصلاحات آموزشی تلاشی برای شناسایی روش‌های یادگیری بالینی موثر و کسب دانش بهینه است. شواهد کنونی نشان می‌دهند که دانشجویان با توجه به پیشینه و شخصیت خود سبک‌های یادگیری متنوعی دارند؛ بنابراین اصول این اصلاحات باید جامع باشد. اصلاحات آموزش پزشکی بر چهار اصل تاکید دارد: ۱. استاندارد کردن نتایج یادگیری در عین فردی کردن فرآیند یادگیری، ۲. ادغام دانش پایه با تجربیات بالینی، ۳. ایجاد پایه‌های پژوهش و آموزش مبتنی بر شواهد و ۴. شکل‌گیری هویت حرفه‌ای و اخلاقی در دانشجویان. این اصول نشان می‌دهد اساتید آناتومی با سه هدف اصلی مواجه هستند: اولین هدف درک و تجسم ساختارهای بدن با استفاده از تکنیک‌های مختلف است. دومین هدف افزایش مهارت استدلال بالینی دانشجویان است. و هدف سوم ترویج و آموزش اخلاق حرفه‌ای و رفتار انسانی است (۸۰, ۸۱).

در برنامه‌های آموزشی نوین باید با تکیه بر نقاط قوت آموزش کلاسیک و تلاش برای برطرف کردن نقاط ضعف آن، اهداف آموزشی سه‌گانه فوق را پیش برد. در همین راستا در کنار روش سخنرانی، استفاده از اسلایدهای آموزشی، مولاژ و جسد رویکردهای آموزشی دیگری پیشنهاد می‌شود که در ذیل به شماری از آنها با تکیه بر شواهد موجود، اشاره شده است.

یادگیری مبتنی بر گروه

یادگیری مبتنی بر گروه[1] (TBL)، یک استراتژی آموزشی مبتنی بر گروه‌های کوچک بوده که فرصت‌هایی را برای دانشجویان فراهم می‌کند تا دانش مفهومی را از طریق دنباله‌ای از فعالیت‌های گروهی فرا بگیرند (۸۲). TBL توسط پروفسور Larry Michaelsen برای بهبود اثربخشی یادگیری در دهه ۱۹۷۰ طراحی شد (۸۳). در این روش یادگیرنده نقش محوری را داشته و مربی نقش راهنما را ایفا می‌کند. بدین صورت که کلاس‌های بزرگ به گروه‌های کوچک‌تر که حداکثر تنوع در دانش و تجربه را داشته اما یکنواختی نسبی بین گروه‌های مختلف را دارند تقسیم می‌شوند و مطالب درسی قبل از کلاس مطالعه می‌شود. در ادامه با شرکت در آزمون‌های انفرادی و گروهی و نهایتاً بر سر رسیدن به پاسخ مناسب، مسئله مورد نظر تجزیه و تحلیل می‌شود (۸۴). علم تشریح یک درس اساسی و دشوار برای دانشجویان پزشکی بوده و برای بهبود کیفیت آموزش آن، محققین روش‌هایی از جمله TBL را توصیه می‌کنند. تا به امروز، این رویکرد آموزشی در بسیاری از دانشگاه‌های علوم پزشکی جهان، در تدریس شاخه‌های مختلف علوم تشریح از جمله آناتومی ماکروسکوپیک، جنین‌شناسی و بافت‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته و تجربه‌های متفاوتی در این زمینه بدست آمده است و در اغلب موارد دانشجویان عملکرد بهتری را در این روش آموزشی نسبت به روش‌های سنتی نشان داده‌اند (۸۵).

از جمله مزایای این روش می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

1 Team Based Learning

۱. دانش بعد از اجرای TBL بهتر حفظ می‌شود.
۲. مشارکت در تیم‌ها می‌تواند دانشجویان را به کار گروهی در آینده سوق دهد.
۳. شرکت در بحث‌های تیمی می‌تواند در بهبود عملکرد فردی نقش بسزایی داشته باشد.
۴. انگیزه دانشجویان برای یادگیری در این روش بیشتر می‌باشد.

با تمام فوایدی که این روش می‌تواند به همراه داشته باشد اما چالش‌هایی نیز در رابطه با آن مطرح است که می‌توان به چند مورد اساسی از جمله: حضور ضعیف و غیرفعال دانشجویان در گروه‌های یادگیری، آمادگی متغیر دانشجویان، تمایل محدود به کار گروهی و همچنین عدم مطالعه دانشجویان قبل از حضور در کلاس اشاره کرد (۸۶, ۸۷).

مطالعات کاربردی از جمله عوامل مهم در هر رویکرد آموزشی است که سبب می‌شود تا دانشجویان انگیزه و همکاری‌های لازم برای انجام هر کاری را داشته باشند، اما تفهیم این مطالعات کاربردی در رشته آناتومی نیازمند تکنولوژی‌هایی است که می‌تواند در کنار سایر روش‌های سنتی لذت یادگیری را برای هر دانشجویی پر رنگ‌تر کند. تجهیز اساتید و دانشجویان به ابزارهای فناوری دیجیتال می‌تواند جایگزین مناسبی برای کلاس‌های سنتی بوده و دانشجویان را قادر سازد تا از فناوری‌ها بطور انتقادی و خلاقانه استفاده کنند. علاوه بر این چالش‌های موجود در زندگی اجتماعی، متخصصان را مجبور می‌کند تا طیفی از مهارت‌های مشارکتی، بین رشته‌ای و فناوری را بکار گیرند.

فناوری VR، به عنوان ابزاری امیدوار کننده و موثر در انتقال دانش علوم تشریح بوده و نسبت به سایر فناوری‌های دیجیتال و آموزش سنتی مقرون به صرفه و موثر می‌باشد. در واقع استفاده از VR در قالب مهارت‌های فنی مجازی، آزمایشگاه مجازی و آموزش از راه دور مجازی می‌تواند جهشی بزرگ بعد از آموزش چند رسانه‌ای، رایانه و اینترنت باشد (۸۸). آموزش علوم تشریح بصورت تعاملی و مبتنی بر گروه‌های کوچک در بهبود یادگیری دانشجویان نقش تعیین‌کننده‌ای داشته و فناوری VRمی‌تواند ابزار مکمل و جذابی در این گروه‌های تعاملی بوده و دید ۳ بعدی بهتری از آناتومی بدن انسان به نمایش بگذارد. اما با این وجود، مشاهدات مختلف نشان می‌دهد که این فناوری چندان در بهبود عملکرد تحصیلی دانشجویان موثر نیست (۸۹).

اخیراً اشتیاق فزاینده‌ای نسبت به کاربرد و استفاده هوش مصنوعی در آموزش پزشکی وجود داشته و استفاده از این تکنولوژی در آموزش پزشکی، روند تدریس را بهبود بخشیده و مشارکت دانشجویان را در فرآیند یادگیری افزایش می‌دهد (۹۰). در چند دهه اخیر، با افزایش تعداد دانشکده‌ها و دانشجویان پزشکی و کاهش تعداد جسد برای تشریح، شکاف عمیقی بین زنجیره عرضه و تقاضا به وجود آمده و تصور می‌شود که کاربرد هوش مصنوعی در علوم تشریحی، می‌تواند بار سنگین کار فشرده بخش‌های آناتومی را در سطح جهانی تا حد زیادی کاهش دهد. اما باید خاطر نشان کرد که با تمام محدودیت‌های موجود، کالبدشکافی جسد هنوز به عنوان پایه اصلی آناتومی و در نتیجه آموزش پزشکی می‌باشد. استفاده از برنامه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با تکیه بر گروه‌های یادگیری کوچک می‌توانند تصاویر آناتومیک و تمرین‌های خودآموزی را در قالب آزمون‌های تعاملی تولید کنند و انگیزه یادگیری را در این گروه‌ها دو چندان کند (۹۱). اما با این وجود، مطالعات بیشتری برای درک این فناوری در رویکردهای مبتنی بر گروه‌های کوچک نیاز می‌باشد.

یادگیری مبتنی بر گروه کوچک

در طی چهار دهه گذشته، آموزش و یادگیری با گروه‌های کوچک[1] به جایگاه قابل توجهی در آموزش پزشکی دست یافته است و به عنوان رویکردی برای تشویق دانشجویان و افزایش روند یادگیری عمیق مورد استقبال قرار گرفته است. یادگیری گروهی کوچک به عنوان فرآیندی از یادگیری تعریف می‌شود که زمانی اتفاق می‌افتد که دانشجویان در گروه‌های ۸-۱۰ نفری با هم کار کنند. جلسات آموزشی و یادگیریِ گروهی کوچک باعث افزایش علاقه دانشجو، ارتقاء دانش، افزایش انتقال مفاهیم به موضوعات جدید، مهارت‌های انتقادی دانشجویان، توانایی کار گروهی، یادگیری خودراهبری، مهارت‌های ارتباطی دانشجو با استاد می‌شود. استفاده از این روش فرصتی برای بیان افکار و برانگیختن دیدگاه ها فراهم می‌کند. بحث گروهی کوچک فضایی را برای دانشجویان فراهم می‌کند تا بر یادگیری خود نظارت داشته باشند و در نتیجه تجربه خودراهبری[2] و مستقل شدن را به دست آورند (۹۲). مهم‌ترین ویژگی‌های تدریس در گروه‌های کوچک شامل مشارکت فعال فراگیران در کل چرخه یادگیری، جهت‌گیری مشخص مسیر آموزش و یادگیری جهت رسیدن به با اهداف و مقاصد مشخص در زمان معین و دستیابی یادگیری عمیق است. از جمله مزایای تدریس در گروه‌های کوچک می‌توان به مواردی از جمله یادگیری فعال و خودراهبرانه، تشویق تفکر و کنترل فعالیت‌های یادگیری و گسترش مهارت‌های خود تنظیمی که منجر به یادگیری دائمی می‌شود، اشاره کرد. همچنین آموزش با این رویکرد موجب خودانگیختگی[3]، تحریک بررسی مسائل و به دانشجو اجازه می‌دهد تا تفکر[4]، فرضیه[5]، یادگیری عمیق[6] و فعالیت‌های مرتبه بالاتر مانند تجزیه و تحلیل[7] خود را آزمایش کند. این سبک یادگیری در بزرگسالان، موجب پذیرش مسئولیت شخصی توسط آنها می‌شود. از سوی دیگر مهارت‌های قابل انتقال مانند رهبری، کار تیمی، سازماندهی، حل مسئله و مهارت‌های مدیریت زمان را ارتقا می‌دهد. با توجه به نتایج یادگیری مورد انتظار، طیف وسیعی از روش‌های تدریس گروه‌های کوچک وجود دارد. این روش ها در دانشکده‌های مختلف پزشکی با توجه به برنامه درسی، منابع و محیط دانشگاهی آنها اتخاذ می‌شود. روش‌های مهم گروه کوچک که در دانشکده‌های پزشکی رایج است عبارتند از: آموزش[8]، سمینار، یادگیری مبتنی حل مسئله و آموزش بالینی در بخش. طراحی جلسات آموزشی گروهی کوچک باید بر اساس اصول اصلی از جمله معرفی موضوع، نقش راهنما و دانشجویان گروه باشد (۹۳).

دانش علوم تشریحی یکی از اساسی‌ترین کلیدهای موفقیت در تشخیص و درمان در بسیاری از حوزه‌های پزشکی و به خصوص در رادیولوژی و تخصص‌های جراحی است. آناتومی یک موضوع زنده و پویا است، نه مجموعه مطالبی که قبلاً آموخته شده و در ادامه کاربردی ندارد و باید فراموش شود. بنابراین حفظ محتوای آناتومی مستلزم بکارگیری عملی و مداوم آن است. فعالیت گروهی یکی از ویژگی‌های ذاتی اتاق تشریح سنتی[9] است (۹۴). مزایای مطالعه جسد عبارتند از یادگیری کار گروهی، یادگیری خودآموز[10] و مواجهه با جسد انسان قبل از حضور در بالین. در طول مطالعه آناتومی، اکثر دانشجویان پزشکی با مطالبی بیش از آنچه که قبلاً در چنین بازه زمانی کوتاهی سروکار داشته اند، مواجه می‌شوند که

1 Small group teaching and learning
2 Self-directed
3 Self-motivation
4 Thinking
5 hypothesis
6 Deep learning
7 Reasoning and analysis
8 Tutorial
9 Traditional dissection room
10 Self-instruction

موجب نگرانی دانشجویان جهت عبور از این دوره می‌شود. تشریح جسد در قالب گروه‌های کوچک با هدایت استاد موجب کاهش استرس و فراهم کردن یادگیری عمیق شده که به زودی فراموش نمی‌شود. تدریس در دوره آناتومی پزشکی با رویکرد آموزش گروهی کوچک در سالن تشریح با حضور راهنما مسلط امکان‌پذیر است. در ابتدای کار، راهنما باید مسیر پیش رو را برای دانشجویان ترسیم کند برای مثال، هدف آموزشی دوره برای حل مسائل و درک مفاهیم چگونه است. دانشجویان، روش یادگیری گروه‌های کوچک را به روش کاملاً خودگردان در آناتومی ترجیح می‌دهند، زیرا مواد مطالعه با دقت انتخاب شده و اهداف مطالعه به وضوح توسط راهنما نشان داده می‌شوند. عملکرد گروه باید توسط راهنما با احتیاط نظارت شود. استاد باید در بین گروه‌ها گردش کند و به چالش‌های پیش‌آمده پاسخ دهد (شکل ۳-۲). در آموزش آناتومی مبتنی با رویکرد گروه کوچک سه مرحله شامل جلسات تشریح[1]، جلسات بحث[2] و جلسات حل مسئله[3] برای رسیدن به اهداف آموزشی وجود دارد. استفاده از سالن تشریح بزرگ امکان برگزاری هرچه بهتر آموزش آناتومی با این روش را فراهم می‌کند. مزیت فضای سالن تشریح بزرگ این است که آموزش گروه‌های کوچک می‌تواند برای کل کلاس پزشکی در یک فضای واحد قابل اجرا باشد و لازم نیست چندین اتاق رزرو شود (۹۵).

شکل ۲-۳. آموزش عملی آناتومی در قالب گروه‌های کوچک.

آموزش آناتومی در قالب گروه‌های کوچک را می‌توان با فیلم‌های رادیوگرافی و مدل‌های پلاستیکی ۳بعدی[4] که به عنوان مواد آموزشی تکمیلی استفاده می‌شود، انجام داد. همچنین در این رویکرد با ارائه فیلم‌های آموزشی امکان استفاده از

1 Dissection sessions
2 Discussion sessions
3 Problem solving sessions
4 3D plastic models

این مواد آموزشی برای دانشجویان در زمآنهای خارج از کلاس فراهم می‌شود (۹۶). طبق مطالعه انجام شده توسط Davis و همکاران، ۹۹ درصد از دانشجویان احساس می‌کردند که تدریس آناتومی در قالب گروه‌های کوچک با اجساد و با حضور راهنما موجب افزایش یادگیری آنها در مقایسه با روش‌های سنتی مانند سخنرانی‌های آموزشی می‌شود. استفاده از این رویکرد به خصوص در آموزش نواحی پیچیده آناتومیک اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. چرا که امکان یادگیری در گروه‌های کوچک که امکان بحث و تبادل نظر وجود دارد، بیشتر خواهد بود و گره‌های ذهنی دانشجویان در طی بحث باز می‌شود. برای آموزش نواحی پیچیده بدن انسان، به عنوان مثال پرینه، کالبدشکافی سنتی جسد، ممکن است کافی نباشد. برای چنین موضوعاتی تهیه فیلم تشریح که نه تنها مراحل تشریح، بلکه مقاطع ساژیتال[1] و کرونال[2] را نیز نشان می‌دهد و ارائه آن به دانشجویان پزشکی موجب افزایش یادگیری آنها می‌شود. همچنین به طور همزمان یک مدل ۳ بعدی نیز می‌تواند به دانشجویان نشان داده شود. این موارد کمک آموزشی به ساده شدن موضوع کمک می‌کنند. این نوع وسایل کمکی سمعی و بصری مکمل روش‌های سنتی تدریس هستند. ابزارهای آموزشی دیجیتال آناتومی با ترکیبی از تشریح جسد، تصاویر ۲بعدی و نمایش مدل ۳بعدی به درک بیشتر از مناطق پیچیده آناتومیک منجر می‌شود (۹۷). ظهور فناوری‌های نوین و گسترش فضای مجازی فرصتی را فراهم کرده تا بتوان آموزش حضوری و مجازی را ادغام کرد. همچنین در شرایطی همچون پاندمی‌ها که امکان حضور دانشجویان در کلاس فراهم نیست، اهمیت این فناوری‌ها بیش از پیش مشخص می‌شود. جهت بهره‌برداری هرچه بیشتر از رویکرد آموزش آناتومی مبتنی بر گروه‌های کوچک می‌توان از روش ترکیبی این رویکرد با تکنولوژی و بسترهای برخط استفاده نمود. آموزش به این روش سبب دسترسی بیشتر دانشجویان پزشکی به مطالب و فیلم‌های آموزشی مربوط به تشریح جسد و درک ارتباط ساختارهای آناتومیک با یکدیگر می‌شود. هرچند که اثرگذاری این روش به ویدیوهای آموزشی، تعداد جلسات و نحوه ارزیابی دانشجویان بستگی دارد (۹۸). آموزش آناتومی مبتنی بر گروه‌های کوچک اغلب در دانشکده‌های پزشکی حرفه ای استفاده می‌شود و دارای مزایایی مانند تعاملات مثبت بین دانشجویان با پیشینه فرهنگی مختلف، تبادل اطلاعات، پیشرفت تحصیلی، کسب دانش جدید و مهارت، استعداد و توانایی برای حل مشکلات بالینی، انگیزه برای یادگیری و اعتماد به نفس است. نکته مهم این است که اگر اصول اجرای صحیح این رویکرد به درستی اجرا نشود، ممکن است برخی از مزایای آن از بین برود. از محدودیت‌های مهم در این روش بالا بودن تعداد دانشجویان پزشکی، کاهش ساعات آموزش آناتومی و کمبود اعضای هیات علمی آگاه به روش‌های نوین آموزشی است. بنابراین مراکز آموزش پزشکی با برنامه‌ریزی درست و دقیق و ایجاد بسترهای لازم، زمینه آموزش آناتومی در قالب گروه‌های کوچک که موجب یادگیری هرچه بیشتر آنها می‌شود را فراهم کنند.

یادگیری مبتنی بر حل مسئله

یادگیری مبتنی بر حل مسئله (PBL)[3]، یک روش دانشجو محور است که برای اولین بار در سال ۱۹۶۹ توسط پروفسور Howard Barrows در دانشگاه McMaster کانادا پایه‌گذاری شد (۹۹). در سال ۱۹۸۳ دکتر Henk Schmidt از این روش برای استفاده در آموزش پزشکی برای برطرف نمودن دشواری دانش پزشکی درحال رشد و همسو کردن روش‌های تدریس با عملکرد بالینی حمایت کرد و PBL در طی یک بازه زمانی تبدیل به یکی از الگوهای اصلی آموزش پزشکی در

1 Sagittall
2 coronal
3 Problem-based learning

غرب تبدیل شد (۱۰۰). هدف از ارائه این رویکرد آموزشی محور قرار دادن دانشجویان و فاصله گرفتن از روش‌های سنتی تدریس که به صورت سخنرانی توسط استاد ارائه می‌شد، بود. امروزه این رویکرد آموزشی در بسیاری از دانشگاه‌های دنیا و رشته‌های علوم پزشکی همچون پزشکی، دندانپزشکی و پرستاری در حال اجرا است. این روش مبتنی بر پرسش و حل مسئله است که دانشجویان را تشویق می‌کند تا به طور فعال مشکلات بالینی را بررسی و دانش لازم برای حل آنها را به کار گیرند. هدف این روش بهبود کیفیت نتایج آموزشی از طریق یادگیری مشارکتی[1]، یکپارچه، خودگردان[2] و جامع است (۱۰۱). یکی از اصول مهم و اساسی PBL در ابتدا "یادگیری مشکل[3]" است که دانشجویان سعی می‌کنند مسئله را تجزیه و تحلیل کرده و در نهایت راه حل مناسب را ارائه کنند. به طور کلی این روش در گروه‌های کوچک قابل انجام بوده و استاد نقش تسهیل‌گر، مشاور و راهنما را داشته که منابع مورد نیاز را معرفی کرده، سوالات مربوطه را طرح کرده و در نهایت موضوع مورد بحث را جمع‌بندی و تکمیل می‌کند. بنابراین می‌توان انتظار داشت در PBL بجای انتقال اطلاعات به صورت منفعلانه به دانشجویان پزشکی، این فرصت فراهم می‌شود که دانشجویان به صورت فعالانه و خودراهبر درگیر حل مسائل شده و پایه ای قوی از یادگیری در آنها شکل بگیرد (۱۰۲). علوم تشریح به عنوان یکی از سنگ بناهای دانش پزشکی در طی سالیان طولانی از روش‌های نوین آموزشی کمتر بهره برده و استفاده از روش‌های سنتی همچنان جایگاه برتری نسبت به سایر رویکردها دارد. استفاده از روش‌های جدید مانند PBL کمک می‌کند که تشریح و اهمیت آن در بالین بیش از پیش نمایان شده و در نهایت سبب افزایش انگیزه یادگیری در دانشجویان شود (۱۰۳). در طی دهه‌های اخیر مطالعات زیادی اثربخشی این روش آموزشی را در بهبود فرآیند یادگیری آناتومی دانشجویان پزشکی، پرستاری، فیزیوتراپی و سایر رشته‌های علوم پزشکی ارزیابی کرده‌اند. شواهد موجود نشان می‌دهند که رویکردها نسبت به استفاده از PBL و نتایج حاصل از آن در آموزش تشریح متناقض است. برخی از شواهد حاکی از بهبود انتقال مفاهیم آناتومیک با این روش و برخی دیگر نشان از نادیده گرفتن اصول علم تشریح و عدم پوشش مناسب آناتومی، بافت‌شناسی و جنین‌شناسی و عدم رضایتمندی دانشجویان و درک ضعیف آنها به دلایل مختلف است. دانشگاه‌های مختلفی در سراسر جهان اثرات مثبت استفاده از PBL در آموزش دروس علوم تشریح را بررسی کرده‌اند. بر اساس شواهد استفاده از PBL نسبت به روش‌های گذشته سبب افزایش علاقه‌مندی دانشجویان علوم پزشکی به یادگیری آناتومی، افزایش اعتماد به نفس، افزایش قدرت تجزیه و تحلیل مشکلات بالینی، افزایش مهارت‌های حل مسئله، افزایش ارتباط بین مباحث تئوری و عملی و افزایش ارتباط دانشجویان با یکدیگر و با استاد می‌شود. از سوی دیگر دانشجویان بجای حفظ مطالب، هسته اصلی مسائل مطرح شده را درک می‌کنند که ماندگاری طولانی‌تری در ذهن دارد (۱۰۴). با وجود این اثرات مثبت از چالش‌های این روش نباید غافل بود. در کوریکولوم این روش، آناتومی یک رویکرد سیستمی[4] دارد که در آن سیستم‌های مختلف بدن مورد مطالعه قرار می‌گیرند در حالی‌که مطالعه آناتومی سیستمیک دشوارتر از روش آناتومی ناحیه‌ای[5] است. این محدودیت‌ها سبب شده تا دانشجویان و اساتید با چالش‌های جدی در آموزش با این رویکرد مواجه شوند. می‌توان چالش‌هایی از جمله عدم پذیرش این رویکرد توسط دانشجویان، عدم آمادگی قبل از ورود به کلاس، منفعل بودن و عدم همراهی در بحث‌های گروهی، محدودیت زمانی برای جستجوی اطلاعات، اضطراب ناشی از عدم آگاهی نقش و مسئولیت خود در روش PBL، نحوه

1 cooperative learning
2 Self-directed
3 Problem learning
4 Systemic anatomy
5 Regional anatomy

ارزشیابی در آینده، تغییر نقش استاد از آموزش مستقیم به تسهیل‌گر و راهنما، تخصیص متفاوت در نظارت و راهنمایی دانشجویان توسط استاد به دلیل تفاوت در توانایی‌های پایه دانشجویان، اشاره کرد. نقش استاد در این رویکرد آموزشی بسیار مهم و حیاتی است. چراکه باید به صورت مداوم دانشجویان را تشویق به مطالعه کنند و انگیزه آنها را برای یادگیری موثر حفظ نمایند (۱۰۵).

علاوه بر استفاده از این روش در آموزش آناتومی، تدریس بافت‌شناسی و جنین‌شناسی با این رویکرد نیز دارای نتایج متناقض است. به طوری‌که برخی از مطالعات نشان می‌دهند که PBL در یادگیری بافت‌شناسی و جنین‌شناسی موثرتر از روش‌های سنتی بوده و برخی دیگر پیشنهاد می‌کنند که این رویکرد کارایی چندانی ندارد. از جمله می‌توان به مطالعه‌ای اشاره کرد که در طی آن تدریس بافت‌شناسی سیستم تنفسی و سیستم تناسلی دانشجویان پزشکی به روش PBL مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله حاکی از بازخورد مثبت دانشجویان بود. به طوریکه یادگیری بافت‌شناسی با این روش را مفیدتر و لذت‌بخش‌تر دانسته و با کاربردهای واقعی بافت‌شناسی در دانش پزشکی آشنایی بیشتری پیدا کردند. همچنین انگیزه آنها نسبت به جستجو و انجام فعالیت‌ها فراتر از کلاس قابل‌توجه بود. اما بر اساس نتایج مطالعه‌ای دیگر استفاده از رویکرد PBL نمی‌تواند در انتقال مفاهیم بافت‌شناسی و جنین‌شناسی از طریق مسئله بالینی اثربخشی بالایی داشته باشد (۱۰۶, ۱۰۷).

در سال‌های اخیر جهت رفع برخی از محدودیت‌های این روش و افزایش مقبولیت این رویکرد آموزشی در بین دانشجویان علوم پزشکی، مطالعات استفاده از PBL به همراه سایر رویکردها از جمله روش‌های سنتی مانند یادگیری مبتنی بر سخنرانی[1] و روش‌های جدید همچون ادگیری مبتنی بر تیم[2] و کلاس درس معکوس (FC)[3] را پیشنهاد می‌کنند. در روش‌های ترکیبی، جنبه‌های مثبت تدریس PBL با سایر رویکردها ترکیب می‌شوند و امکان بهربرداری از نقاط قوت رویکردها در کنار هم فراهم می‌شود. استفاده از رویکرد PBL به تنهایی نمی‌تواند نیاز علمی دانشجویان برطرف سازد. به عنوان مثال در استفاده از این رویکرد به تعداد بالای استاد با مهارت‌های شناختی و علمی کافی نیاز است که دسترسی به آن نیز محدود است. از سوی دیگر باتوجه به فرهنگ هر کشوری استفاده از این رویکرد بدلیل تعارض با سنت‌ها و ارزش-ها، ممکن است مقاومت‌هایی ی را در پی داشته باشد (۱۰۸). استفاده از رویکرد سخنرانی به عنوان مکمل به همراه PBL می‌تواند نیاز به استاد و مدت زمان صرف شده را کاهش دهد، دانشجویان بار روانی کمتری را تحمل کنند و انتقال دانش به صورت سیستماتیک صورت گیرد. بنابراین ترکیب دو رویکرد می‌تواند در کنارهم اثرات مثبت بیشتری برای یادگیری دانشجویان داشته باشد و در عین حال محدودیت‌ها و کاستی‌های آموزشی نیز برطرف شود. به عنوان مثال می‌توان به مطالعه‌ای که در دانشگاه فلوریدای آمریکا برای یادگیری آناتومی ناحیه لگن زنان، به عنوان یک ناحیه پیچیده، با رویکرد PBL، تصاویر بالینی و جسد مورد بررسی قرار گرفت، اشاره نمود. مشاهدات این مطالعه نشان می‌دهد با ترکیب رویکردهای جدید و سنتی سطح یادگیری دانشجویان افزایش یافته و توانایی بیشتری برای بخاطر سپردن عناصر و بکارگیری آنها در آینده و در بالین خواهند داشت (۱۰۹).

استفاده از دستگاه‌های اینترنتی (موبایل، لپ تاپ، تلفن‌های هوشمند، تبلت ها، کتاب‌های الکترونیکی و...) در سال‌های اخیر به طور فزاینده‌ای توسط دانشجویان در طول دوره‌های آموزشی PBL مورد استفاده قرار گرفته است که از دلایل آن

1 Lecture-based learning
2 Team-based learning
3 Flipped classroom

می‌توان به کاهش هزینه آنها و در دسترس بودن گسترده اتصال Wi-Fi در هر زمان و هر مکان در دانشگاهها اشاره کرد. بنابراین ظهور اینترنت و تکنولوژی در آموزش پزشکی تحول گسترده‌ای را رقم زده است (۱۱۰). در آموزش آناتومی به روش سنتی و PBL امکان نمایش ۳بعدی [1] ساختار بدن انسان وجود ندارد در نتیجه توانایی تفکر ۳بعدی در در دانشجویان پرورش نمی‌یابد. ظهور فناوری جدید مانند VR و به کارگیری در آموزش آناتومی، از طریق نرم‌افزار شبیه‌ساز مجازی برای ایجاد مدل دیجیتالی آناتومی انسان به صورت ۳بعدی، نمایش ساختار فضایی اندام‌های انسان برای دانشجویان، افزایش مواجه در یادگیری، و افزایش تعامل بین اساتید، دانشجویان با یکدیگر و محیط می‌شود. VR به دانشجویان کمک می‌کند تا دانش آناتومی آموخته‌شده در موقعیت‌های مجازی را به بالین در واقعیت منتقل کنند، که نه تنها تسلط بر دانش پایه دانشجویان را ارتقا می‌دهد، بلکه توانایی آنها را نیز بهبود می‌بخشد (۱۱۱). با توجه به پیشرفت در حوزه رویکردهای آموزشی و استفاده از رویکردهای فناورانه در حوزه آموزش پزشکی، ترکیب این روش‌ها با رویکردهای گذشته گریزناپذیر به نظر می‌رسد.

یادگیری مبتنی برکلاس درس معکوس

یادگیری مبتنی بر کلاس درس معکوس یک مدل یادگیری ترکیبی [2] محسوب می‌شود چرا که ترکیبی از آموزش آنلاین و حضوری است. این مدل رویکردی مبتنی بر یادگیری بخش‌های ساده و نظری یک موضوع در زمان خارج از کلاس با کمک فناوری‌های آموزشی و انجام مطالعات دقیق‌تر در کلاس درس است (۱۱۲). مدل FC را می‌توان معکوس کردن فرآیند تدریس سنتی نامید زیرا در حالی که درک سنتی این است که معلم در کلاس درس سخنرانی می‌کند و سپس تکلیف می‌دهد، مدل FC سخنرانی‌ها را خارج از کلاس دنبال می‌کند. رویکرد FC به طور فزاینده‌ای در آموزش پزشکی در سال‌های اخیر به کار گرفته شده است. دانشجویان پزشکی عموماً از فعالیت‌های آماده‌سازی قبل از کلاس (مخصوصاً زمانی که با ابزارهای آنلاین و قابل دسترس کار می‌کنند) و همچنین برای فعالیت‌های تعاملی و جذاب کلاس‌های گروهی کوچک ابراز رضایت کرده‌اند. در این بین برخی از دانشجویان نگرانی‌هایی را در ارتباط با این رویکرد ابراز کرده‌اند به طوریکه آمادگی کمتر از حد مطلوب دانشجو و عدم راهنمایی صحیح در طول جلسات ممکن است مزایای دانشجو محور بودن این روش را محدود کند. به هر عنوان بر اساس شواهد مهارت‌های یادگیری خودراهبرانه توسط دانشجویان پزشکی با این رویکرد افزایش می‌یابد و این دانشجویان عموماً از کاربردهای FC در آموزش پزشکی در ابراز رضایت کرده اند و عموماً این روش را به آموزش مبتنی بر سخنرانی ترجیح می‌دهند (۱۱۳). پاندمی کوید-۱۹ و پیامدهای آموزشی ناشی از آن، یادگیری ترکیبی را به عنوان یکی از کلیدی‌ترین رویکردهای آموزش پزشکی مطرح کرده است. به همین دلیل در چند سال گذشته آموزش آناتومی، به عنوان یکی از زمینه‌های مهم دانش پزشکی، با رویکرد FC محبوبیت زیادی در دانشگاه‌های سراسر جهان به خود اختصاص داده است. از سوی دیگر کاهش ساعت آناتومی در آموزش پزشکی، به‌دلیل عدم پوشش کافی مطالب دشوار آناتومیک بیش از پیش به محبوبیت استفاده از رویکرد FC افزوده است. بنابراین یادگیری ترکیبی با رویکرد FC یک استراتژی بالقوه برای استفاده مؤثر از زمان حضوری برای یادگیری آناتومی انسان بوده و فرصتی برای تعمیق بخشیدن به محتوا است. سطح یادگیری مباحث آناتومیک به‌دلیل خشک بودن و اصطلاحات پیچیده، موجب خستگی دانشجویان در کلاس حضوری و عدم همراهی آنها با اساتید می‌شود (۱۱۴). در آموزش آناتومی با رویکرد FC، مطالب درسی آناتومی از طریق سخنرانی‌های ضبط

1 3D
2 Blended learning

شده، فیلم‌های آموزشی، انیمیشن‌ها، یادداشت‌ها و پادکست‌ها در زمان خارج از کلاس به دانشجویان ارائه می‌شود تا دشواری درک مطالب کاهش یابد. این رویکرد همچنین به اساتید انعطاف بیشتری می‌دهد تا زمان کلاس را برای تمرکز بر تعامل مفهومی از طریق فعالیت‌های یادگیری فعال[1]، کار مشترک و جلسات بحث اختصاص دهند. این روش، نیازهای یادگیری دانشجویان را در مرکز قرار می‌دهد. دانشجویان پزشکی این فرصت را دارند تا در مورد ایده‌های خود بحث کنند، سؤال بپرسند و تصورات نادرست خود را اصلاح کنند. بنابراین در رویکرد FC فرصتی فراهم می‌شود تا دانشجویان تفکر انتقادی نسبت به مباحث آناتومیک و ارتباط آنها با موارد بالینی پیدا کنند. این استراتژی در تضاد با روش‌های سخنرانی سنتی است که در آن دانشجویان در تلاش برای جذب اطلاعات منتقل شده توسط اساتید، منفعلانه عقب می‌نشینند و در عمل نقش محوری در یادگیری از آنها سلب شده است (۱۱۵).

بر اساس مطالعات ارائه مطالب درسی قبل از برگزاری کلاس حضوری در یادگیری آناتومی دانشجویان پزشکی موثر بوده است. به طوریکه این رویکرد به عنوان ابزاری سودمند و عامل انگیزشی برای یادگیری، درک و حفظ آناتومی به صورت مفهومی و واقعی عمل می‌کند. هرچند این رویکرد در سایر دانشجویان علوم پزشکی مانند فیزیوتراپی و گفتاردرمانی کمتر استفاده شده است. مطالعات زیادی آموزش بخش‌های مختلف آناتومی از طریق رویکرد FC را مورد بررسی قرار دادند. شواهد این مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از روش FC در مقایسه با روش‌های سنتی موجب افزایش اعتماد به نفس، ماندگاری مطالب و رضایتمندی دانشجویان می‌شود. در برخی از این مطالعات با ارائه ویدیوهای آموزشی قبل از کلاس به دانشجویان و استفاده از استراتژی یادگیری فعال در کلاس، توانایی تجزیه و تحلیل مباحث پیچیده آناتومیک و همکاری بین دانشجویان برای ارتباط دانش پایه و بالین افزایش یافت. از سوی دیگر در برخی از پژوهش‌های انجام شده در بررسی اثربخشی FC علاوه بر ویدیوهای‌های آموزشی از اطلس‌های ۳بعدی تشریح نیز استفاده شد که می‌توانند به عنوان مفیدترین منابع برای پیش مطالعه باشند (۱۱۶).

استفاده از فناوری در آموزش آناتومی به رویکرد FC نیز با مقبولیت زیادی در جوامع دانشگاهی مواجه شده است. در واقع ترکیب این روش با رویکردهای جدید می‌تواند در افزایش کارایی روش FC موثر باشد. بر اساس شواهد استفاده از یادگیری مبتنی بر بازی (گیمیفیکیشن)[2] به صورت ترکیبی با FC برای آموزش آناتومی دانشجویان پزشکی موجب افزایش خودکارآمدی[3]، انگیزه و ابتکار عمل[4] در دانشجویان می‌شود. همچنین ترکیب رویکرد FC با یادگیری مبتنی بر وب[5] علاقه دانشجویان پزشکی به یادگیری آناتومی را افزایش داده و توانایی تفکر آنها نیز بهبود می‌بخشد. در نتیجه یادگیری آناتومی آسانتر خواهد بود (۱۱۷). علاوه بر آناتومی، مطالعاتی از رویکرد FC جهت تدریس بافت‌شناسی استفاده کردند و نتایج حاصله را با رویکردهای مبتنی بر سخنرانی و سنتی مقایسه کردند. شواهد این پژوهش‌ها نشان می‌دهد در دانشجویان تحت تدریس با مدل FC، نمرات آزمون نهایی به طور قابل توجهی بالاتر بوده و از سوی دیگر دانشجویان از سطح آمادگی مطلوبی برخوردار بودند و فعالانه در فرآیندهای یادگیری کلاس شرکت کردند. همچنین اساتید فرصت بیشتری برای هدایت بحث‌های چالشی به جای تکرار مباحث آموزشی داشتند. به علاوه در طی رویکرد FC برای آموزش بافت‌شناسی از میکروسکوپ مجازی[6] نیز استفاده شد که یادگیری و توانایی تجزیه و تحلیل اسلایدهای بافت‌شناسی را افزایش

1 Active learning activities
2 Gamification
3 Self-efficacy
4 Initiative
5 Web-based learning
6 Virtual microscopy

داد (شکل ۴-۲) (۱۱۸). بازی‌های آموزشی نیز از جمله رویکردهای یادگیری می‌باشند که به دلیل فضای رقابتی بالا بین دانشجویان از استقبال زیادی برخوردارند. در سال‌های اخیر استفاده از بازی‌ها برای اهداف آموزشی مورد توجه روزافزون اساتید پزشکی قرار گرفته است. شواهد زیادی وجود دارد که استفاده از بازی‌ها در محیط‌های آموزشی ممکن است به دانشجویان در حفظ دانش کمک کند. بازی‌ها از برنامه‌های مسابقه تلویزیونی برای افزایش مشارکت در گروه‌های بزرگ اقتباس شده‌اند و بازی‌های کارتی و تخته‌ای متعددی برای آموزش موضوعات خاص در برنامه‌های پزشکی و پیراپزشکی وجود دارند. ماهیت تعاملی بازی‌ها، دانشجویان را بیشتر درگیر کرده و آنها را به تفکر در مورد کاری که انجام می‌دهند هدایت می‌کنند (۱۱۹). VR و AR در حوزه‌های مختلفی نیز اخبار، مسافرت، ورزش و تبلیغات کاربرد دارد که در آن تجربیات هیجان‌انگیزی خلق می‌شود. شواهد مختلفی نشان می‌دهد که آموزش آناتومی با اتکا بر بازی‌های طراحی شده توسط VR و AR می‌تواند سبب افزایش تعامل و انگیزه در گروه‌های مختلف آموزشی شده و بنابراین یک مزیت مهم در آموزش علم تشریح می‌باشد (۱۱۹, ۱۲۰).

شکل ۴-۲. آموزش بافت‌شناسی با استفاده از میکروسکوپ مجازی در رویکرد FC.

در آموزش جنین‌شناسی به دانشجویان پزشکی نیز از رویکرد FC استفاده شده است. به دلیل پیچیده بودن مباحث جنین‌شناسی، فرآیند یادگیری آن در کلاس بدون آمادگی برای دانشجویان دشوار است. به همین دلیل اکثر دانشجویان علاقه خود را نسبت به این واحد درسی از دست می‌دهند. بنابراین مواجه شدن با مطالب تکوین و تکامل از طریق ویدیو و انیمیشن قبل از حضور در کلاس سبب کاهش استرس دانشجویان نسبت به یادگیری جنین‌شناسی می‌شود. شواهد نشان می‌دهند که مدل FC به تنهایی و در ترکیب با تکنولوژی‌هایی همچون پرینت ۳بعدی[1] و VR به طور قابل‌توجهی می‌تواند درک دانشجویان از روند تکامل جنین را افزایش دهد و سبب بهبود نمرات آزمون نهایی آنها شود (۱۲۱).

با وجود اثرات مثبت استفاده از رویکرد FC در آموزش علوم تشریح، این روش با چالش‌هایی نیز مواجه است. چالش‌های مطرح شده در سه سطح دانشجویان، اساتید و فراهم بودن تکنولوژی قابل بررسی است. در ارتباط با دانشجویان یکی از اشکالات اساسی مدل FC این است که آنها نمی‌توانند بلافاصله سوالات درسی را مطرح کنند. اشکال دیگر فقدان انگیزه است. زیرا برای موثر بودن یادگیری دانشجویان باید درگیر شوند بنابراین می‌توان انتظار داشت که اجرای درست

1 3D printing

رویکرد FC به انگیزه و توانایی دانشجویان برای انجام وظایف در خارج از محیط آکادمیک بستگی دارد. همچنین در تحقیقات مربوط به ارزیابی روش FC اساتید دانشگاه به موانعی مانند زمان طولانی برای آماده‌سازی، سازماندهی و عدم پشتیبانی فناوری اشاره کردند که اجرای این روش را با چالش مواجه می‌کند. بر این اساس، مراکز آموزشی باید حمایت لازم برای دستیابی به بهترین نتایج یادگیری در دانشجویان با روش FC را فراهم کنند (۱۲۲).

بر اساس شواهد موجود استفاده از رویکرد FC در تدریس آناتومی، بافت‌شناسی و جنین‌شناسی، موجب افزایش علاقه‌مندی دانشجویان پزشکی به یادگیری مباحث و شرکت در چالش‌ها و بحث‌های طراحی شده توسط استاد در طی حضور در کلاس درس می‌شود. بنابراین می‌توان انتظار داشت این روش سبب رشد تفکر انتقادی[1] در دانشجویان می‌شود. آموزش علوم تشریح با این رویکرد به دانشجویان پزشکی این توانایی را می‌دهد تا بتوانند ارتباط بیشتری بین مباحث آناتومیک و بالین در آینده برقرار کنند. اجرای صحیح این مدل آموزشی منوط به فراهم بودن تکنولوژی‌های به روز و حضور اساتید آگاه به علم روز که قابلیت شناختی بالاتری نسبت به سایر افراد دارند.

یادگیری مبتنی بر مورد

یادگیری مبتنی بر مورد[2] (CBL)، یک روش شناخته شده در آموزش علوم پزشکی، است که رویکرد و هدف آن آماده‌سازی دانشجویان برای بالین، از طریق استفاده از موارد بالینی معتبر می‌باشد. CBL با PBL متفاوت است. به طور خاص، CBL ساختارمندتر از PBL است و شامل یک روش تحقیق هدایت شده با نتایج یادگیری تعریف شده است. در این روش به فراگیران یک مورد بالینی ارائه می‌شود و به آنها زمان داده می‌شود تا به آن رسیدگی کنند (۱۲۳). حضور راهنما در کنار دانشجویان امکان هدایت دانشجویان و تمرکز آنها بر اهداف یادگیری را تسهیل می‌کند. در این روش این فرصت برای دانشجویان پزشکی فراهم می‌شود تا با تفکر عمیق در ارتباط با موارد بالینی مطرح شده در طی دوران تحصیل، برای مستقل شدن در بالین آمادگی بیشتری پیدا کنند. بنابراین می‌توان انتظار داشت که آموزش پزشکی مبتنی بر موارد بالینی سبب یادگیری فعال، درک و به کارگیری مفاهیم آموخته شده، تشخیص درست، افزایش مهارت‌های گوش دادن و کار گروهی در بین دانشجویان پزشکی شود. استفاده از این روش آموزشی در علوم پایه سبب می‌شود تا دانشجویان مفاهیم پایه را به صورت ادغام شده با بالین یاد بخاطر بسپارند که سبب افزایش جذابیت مطالب و انگیزه دانشجویان و کاهش خستگی آنها می‌شود. در این صورت دانشجویان با آمادگی ذهنی و توانایی تصمیم‌گیری بهتری بر بالین بیماران حاضر می‌شوند. بنابراین می‌توان عنوان کرد که CBL به آموزش علوم پایه در الگوی دقیق تر با عملکرد بالینی کمک می‌کند، که نه تنها به معنای ادغام علوم پایه با یکدیگر بلکه همچنین با دوره بالینی است (۱۲۳).

آناتومی به عنوان یکی از مهم‌ترین پایه‌های دانش پزشکی است که اساس دوره‌های بالینی در برنامه درسی پزشکی عمومی و جراحی می‌باشد. برای جالب و مفید بودن مباحث آناتومیک از نظر بالینی، چندین روش نوآورانه یاددهی–یادگیری مانند CBL معرفی شده است. در این رویکرد دانشجویان علاوه بر درک مفاهیم پایه دانش آناتومی از کاربرد آنها در بالین آگاهی بیشتری پیدا می‌کنند. همچنین چالش‌های یادگیری این علم پایه برای دانشجویان پزشکی با این روش کاهش یافته و به افزایش جذابیت آن کمک می‌کند. امروزه بسیاری از دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی پزشکی به این نتیجه رسیده‌اند که استفاده از روش‌های آموزشی گذشته سبب کاهش علاقه و رضایتمندی دانشجویان پزشکی نسبت

1 Critical thinking
2 Case-based learning

آناتومی شده است، چرا که روش‌های پیشین دانشجو محور نبودند. بکارگیری رویکردهای نوین همچون CBL در آناتومی، منجر به ارتباط هرچه بیشتر آن با بالین شده و افزایش موفقیت در جراحی و کاهش خطای پزشکی را می‌تواند تضمین کند (۱۲۴). از روش CBL در آموزش آناتومی به صورت آنلاین و معمولاً گروه‌های کوچک و یا بزرگ (۳۰ نفره) می‌توان بهره برد. مطالعات مختلفی اثربخشی این رویکرد را در بین دانشجویان پزشکی، رزیدنت‌های ارتوپدی و جراحی، دانشجویان پرستاری و توانبخشی مورد بررسی قرار دادند. شواهد حاکی از افزایش تسلط دانشجویان به دانش آناتومی و افزایش انگیزه آنها جهت یادگیری بود. همچنین دانشجویان اظهار داشتند که یادگیری با رویکرد CBL، سبب استفاده موثر از آناتومی در فعالیت‌های بالینی، افزایش قدرت تجزیه و تحلیل و بهبود عملکرد بالینی آنها می‌شود. با وجود این نتایج مثبتی درصدی از دانشجویان تفاوتی بین این روش و سایر روش‌ها برای یادگیری آناتومی احساس نکردند (۱۲۵).

علاوه بر آناتومی، از رویکرد CBL در آموزش بافت‌شناسی و جنین‌شناسی نیز استفاده شده است، هرچند که مطالعات محدودی در این زمینه وجود دارد. شواهد نشان می‌دهد استفاده از اسلایدهای پاتولوژیک در آموزش بافت‌شناسی در کنار استفاده از اسلایدهای نرمال علاقه‌مندی دانشجویان به یادگیری بافت‌شناسی و ترکیب این دانش پایه با بالین برای تشخیص اختلالات پاتولوژیک را نسبت به روش‌های سنتی تدریس افزایش می‌دهد. همچنین آموزش جنین‌شناسی با این رویکرد موجب افزایش تفکر انتقادی توانایی حل مسئله در دانشجویان پزشکی می‌شود. از سوی دیگر دانشجو می‌تواند ارتباط بین روند تکوین و اختلالات تکاملی آناتومیک در نوزادان و کودکان را به طور موثرتری درک کند (۱۰۷).

با وجود نتایج مثبت استفاده از رویکرد CBL در آموزش علوم تشریح، این روش با محدودیت‌هایی نیز مواجه است. برای مثال طرح یک مورد بالینی می‌تواند فقط جنبه خاصی از موضوع را پوشش دهد و در نتیجه اطلاعات دانشجویان در مورد مسائل دیگر کمتر می‌شود. همچنین در این روش اساتید باید به دانش بالین آشنا باشند تا بتوانند ارتباط بین مطالب پایه آناتومیک را با بالین برقرار کنند و دانشجویان پزشکی را به درستی راهنمایی کرده و احتمال خطای آنها را کاهش دهند (۱۲۶).

شواهد مطالعات حاکی از آن است که کارایی CBL در آموزش آناتومی منجر به یادگیری عمیق این دانش پایه و ایجاد ارتباط موثر آن با محتوای بالینی شود. بنابراین می‌توان انتظار داشت CBL یک فرآیند تکمیلی برای سخنرانی، تشریح جسد و یادگیری آنلاین در آموزش آناتومی است.

یادگیری شخصی سازی شده[1] (PL)

در کلاس‌های امروزی، دانشجویانی وجود دارند که سطح علمی متفاوتی داشته و تنوع زیادی در زبان و فرهنگ آنها دیده می‌شود. تفاوت‌هایی که سبب می‌شود تا نگاه ویژه‌ای به این افراد در زمینه‌های مختلف شده و این عامل، مشکلات زیادی را برای اساتید ایجاد می‌کند. در نتیجه وقتی اساتید به استفاده از روش‌های یکسان برای آموزش و یادگیری ادامه دهند، استعداد دانشجویان نمی‌تواند به خوبی شکوفا شود (۱۲۷). PL از اواسط دهه ۱۹۷۰ به عنوان یک مدل آموزشی در حال توسعه مطرح شد که هدف آن پاسخگویی به نیازهای فراگیران در سطوح مختلف بود. در این رویکرد آموزشی، یک محیط یادگیری شخصی‌سازی شده موفق فضای بیشتری را برای خلاقیت، همکاری، ارتباطات، ایجاد محتوا، یادگیری چندوجهی و حل مسئله ارائه می‌دهد (شکل ۵-۲). دانشجویان می‌توانند مهارت‌ها و دانش گسترده‌ای را که خارج از برنامه درسی

1 Personalized Learning

اصلی بوده را فراگرفته و به آنها دسترسی پیدا کنند. در PL باید نوع ابزارها، حجم محتوا، توالی فرآیندها، روش‌های ارزشیابی و... با توجه به ویژگی‌های شخصیتی دانشجویان و پتانسیل رشد آنها اتخاذ شود (۱۲۸). در این رویکرد آموزشی پنج عامل اثرگذار وجود دارد که شامل موارد ذیل است:

۱. نقش استاد به عنوان مربی و مشاور
۲. تشخیص ویژگی‌های یادگیری دانشجویان مختلف
۳. فرهنگ دانشگاهی
۴. محیط یادگیری تعاملی
۵. برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر

آموزش آناتومی انسان با استفاده از تصاویر ۲بعدی همیشه پیچیده بوده و نوآوری‌های پیشرفته سرنخی برای روشن شدن تمام ساختارهای ۳بعدی انسان می‌باشد (۱۲۹). استفاده از سیستم‌های VR برنامه کاربردی برای کاوش و مشاهده مطالب درسی مفید بوده و می‌تواند به اساتید اجازه دهد تا روند یادگیری را کنترل و هدایت کنند. VR ابزاری مهم در خودآموزی آناتومی و جنین‌شناسی بوده و استاد را به تسهیل کننده یادگیری تبدیل می‌کند (۱۳۰). در PL افراد مطابق با مهارت‌های روزانه خود مجهز می‌شوند. با اینکه این امر مستلزم نظم و انضباط زیادی بوده اما مزایای ثابت شده‌ای از جمله توسعه مهارت‌های حل مسئله، فرآیند یادگیری بدون استرس و تجربه یادگیری عمیق را دارد (۱۳۰). اساتید تصورات متفاوتی از یادگیری دارند و بر این باورند که برخی از فناوری‌ها سازگاری لازم با رویکردهای آموزشی را نداشته و به خوبی تعریف نشده‌اند. بطور مثال آموزش مبتنی بر بازی‌ها به دلیل تعامل با محیط، و واقعی بودن در مقابل تصاویر یا ویدیوهای آموزشی تاثیر گذارتر می‌باشد.

شکل ۵-۲. نمونه‌ای از یادگیری شخصی‌سازی شده در درس نوروآناتومی.

در خودآموزی، محوریت یادگیری بر عهده فرد بوده و اساتید نقش راهنما را دارند. این رویکرد آموزشی سبب می‌شود تا مسئولیت‌پذیری، توانایی‌هایی فردی و یادگیری مادام‌العمر در فرد تقویت شود. توسعه فناوری VR می‌تواند یادگیری مادام-العمر را ترویج کرده و از این طریق به اهداف یادگیری خاص دست پیدا کند. استفاده از فناوری VR در یادگیری شخصی

به دانشجویان این فرصت را می‌دهد تا از این برنامه به صورت فردی استفاده کنند در حالی که اساتید آن را به صورت گروهی ترجیح می‌دهند. این مزیت سبب می‌شود تا دانشجویان استقلال و مرکزیت در یادگیری داشته باشند (۱۳۰). AR از جمله فناوری‌هایی است که کاربرد آن در دستگاه‌های تلفن همراه و ثابت دیده می‌شود. فناوری AR می‌تواند اشیاء مجازی را به صورت فضایی به واقعیت مرتبط کنند و فرصت‌های بیشتری برای یادگیری تعاملی در حوزه پزشکی ارائه دهد (۱۳۱). این فناوری سودمندی خود را در افزایش انگیزه دانشجویان در فرآیند یادگیری نشان داده است. اما با این وجود، سیستم یادگیری به طور کلی محتوا را با نیازهای فردی یادگیرنده سازگار نمی‌کند و این مسئله یک چالش مهم در یادگیری شخصی به شمار می‌رود. شخصی‌سازی برای ارتقای یک محیط یادگیری چندوجهی نیز زمینه‌ای در حال رشد بوده که دانشجویان را در مرکز توسعه یادگیری قرار می‌دهد. در دانشکده‌های پزشکی امروزی، دانشجویان باید عملکرد و ساختار فضایی آناتومی انسان را درک کنند و از طرفی در تفسیر ویژگی‌های فضایی و فیزیکی آناتومی از طریق مشاهده تصاویر، نمودارها یا عکس‌های ۲بعدی با مشکل مواجه هستند (۱۳۲). شخصی‌سازی با کمک سیستم‌های فناوری به اساتید این امکان را می‌دهد تا پارامترهای شخصی‌سازی را انتخاب کرده و استراتژی‌های مختلف را با توجه به نوع دوره‌ها تعریف کنند. در آموزش علوم تشریح، برخی از سیستم‌های AR از یک نمایشگر نصب شده روی سر برای تجسم عناصر مختلف استفاده می‌کنند. سیستم‌های HMD[1] از فانتوم‌های مختلف برای تجسم آناتومی انسان استفاده می‌کنند. بطور مثال برای بررسی آناتومی شکم، این سیستم به دانشجویان اجازه می‌دهد تا شکم فانتوم را باز کنند و اندام‌های مختلف را مستقیماً روی فانتوم نمایش دهند. امکان حرکت آزادانه و چرخش نیز از مزیت‌های اصلی این سیستم‌ها است. با تمام مزیت‌های HMD دارای مشکلاتی است: برای مثال آنها شکننده هستند، در هنگام استفاده نیاز به پشتیبانی فنی دارند، بزرگ و سنگین هستند، از این‌رو، برای آموزش آناتومی مناسب نیستند (۱۳۳).

یادگیری مبتنی بر وب

یادگیری مبتنی بر وب[2] (WBL) شامل محتوای دوره آنلاین بوده و اغلب یادگیری آنلاین یا آموزش الکترونیکی (E-learning)[3] نامیده می‌شود. در این رویکرد آموزشی، دوره‌های WBL از طریق ایمیل، ویدئو کنفرانس، و سخنرانی‌های زنده (ویدیو استریم) برگزار می‌شود. دوره‌های WBL ممکن است مطالب دوره چاپی را ارائه داده و امکان دسترسی به حجم وسیعی از اطلاعات درسی مبتنی بر وب را از طریق لینک‌های مختلف در اختیار کاربران قرار دهد (۱۳۴). امروزه آموزش علوم تشریح با تکیه بر سخنرانی‌ها و مطالعه بدن انسان با روش‌های سنتی نیز نیازمند منابع آموزشی جدید از جمله مدل‌های آناتومیکی، اجساد پلاستینه، یادگیری به کمک رایانه، VR و سایر رویکردهای مکمل بوده تا درک بهتری از این علم در اختیار دانشجویان قرار گیرد. با توجه به افزایش پذیرش دانشجویان در سال‌های اخیر، آموزش پزشکی با مشکلاتی مواجه بوده و برای حل این مشکلات حتی استفاده از رویکردهای آموزش مبتنی بر گروه‌های یادگیری کوچک موثر نبوده است. همچنین محدودیت زمانی استفاده از مولاژها و حضور در سالن‌های آناتومی و آزمایشگاه‌های بافت‌شناسی و تعداد اندک عضو هئیت علمی نیز از چالش‌های دیگر آموزش پزشکی است (۱۳۵). آموزش‌های کامپیوتری مبتنی بر وب مکملی در کنار تشریح جسد بوده و شواهد نیز بهبود عملکرد دانشجویان را در امتحانات پایان سال نشان می‌دهد. این رویکرد آموزشی در کنار فناوری VR، عناصر ۳بعدی را در یک فیلم

1 Head-mounted display
2 Web Based Learning
3 electronic learning

ضبط می‌کند و آن را به صورت تعاملی به کاربران ارائه می‌دهد. به عنوان مثال، وب سایت "استخوآنهای جمجمه[1]" یک ابزار یادگیری تعاملی برای آناتومی جمجمه انسان بر اساس فیلم‌های Quick Time VR (QTVR) است. اگر چه ترکیبی از کالبدشکافی و برنامه‌های کامپیوتری، بهبود عملکرد دانشجویان را نشان می‌دهد، اما با این وجود، تهیه چنین موادی نسبتاً پرهزینه و وقت‌گیر بوده و معمولاً به مهارت‌های خاصی نیاز دارد (۱۳۵). محیط یادگیری مجازی[2](VLE) یک بسته نرم‌افزاری همه جانبه در آموزش و از نوع WBL بوده که معمولاً عملکردهای مانند اتاق‌های گفتگو و ارزیابی آنلاین را ترکیب می‌کنند. این محیط‌ها شکلی از مطالعه خودگردان و تعاملی بوده که در زمان و مکانهای مختلف انجام شده، اما بر محتوا و مهارت‌های یکسان تمرکز دارند. VLE مانند هر محیط یادگیری دیگری اطلاعات را بین فراگیران توزیع می‌کنند، مشارکت دانشجویان را افزایش می‌دهند و یک رویکرد سازنده از یادگیری، مقرون به صرفه بودن و دسترسی راحت‌تر را به ویژه برای دانشجویان دارای معلولیت فراهم می‌کنند. همچنین، این فناوری‌ها دانشجویان را متعهدتر به مطالعه، افزایش عملکرد یادگیری و مهارت‌های شناختی می‌کنند. علیرغم تمام این مزایا، دانشجویان از تعامل کمتر و صرف زمان بیشتر در دوره‌های یادگیری مجازی شکایت دارند (۱۳۶) (شکل ۶-۲). WBL با استفاده از رایانه، تبلت و تلفن‌های همراه متصل به اینترنت به راحتی قابل دسترسی می‌باشد (وب سایت‌هایی مانند https://anatomy3datlas.com/ و https://www.visiblebody.com/). دانشجویان با پلتفرم‌های مختلف تلفن همراه و مشخصات می‌توانند از طریق تلفن یا تبلت یا رایانه شخصی خود به برنامه وب دسترسی داشته باشند. با استفاده از این فناوری در محتوای وب کمک به یادگیری آناتومی با دید ۳بعدی بهبود می‌یابد. البته علاوه بر تصاویر ۳بعدی، AR عناصر چند رسانه‌ای دیگر مانند صدا، انیمیشن، متن و ویدئو را نیز نمایش می‌دهد. با اشیاء آناتومیک ۳بعدی در محیط زنده، دانشجویان می‌تواند شکل آناتومیک بدن را به شکل واقعی‌تری تجسم کنند (۱۳۷).

شکل ۶-۲. تصاویر ۳ بعدی از قلب و مغز مبتی بر وب (به وبسایت https://www.visiblebody.com/ مراجعه کنید).

Second Life یک پلتفرم آنلاین ۳بعدی ابتکاری و کارآمد برای یادگیری اصول آناتومی رادیولوژیک بوده که می‌تواند برای آموزش دانشجویان پزشکی مفید باشد. یادگیری مبتنی بر بازی رادیولوژی در دنیای مجازی Second Life، از طریق رقابت فردی و داوطلبانه، توسط کاربران امکان‌پذیر بوده و به خوبی ارزیابی می‌شود. این یک ابزار موثر و قابل قبول برای آموزش آناتومی و لندمارک‌های رادیولوژیکی به دانشجویان پزشکی است که از طریق یادگیری مبتنی بر بازی تاثیر

1 The Bones of the Skull
2 Virtual Learning Environment

مثبتی بر سطح دانش فراگیران دارد. علاوه بر این، مشاهدات مختلف نشان می‌دهد که این فناوری مبتنی بر بازی، برداشت‌های مثبت ارزشمندی در مورد سازماندهی پروژه و محتوای آموزشی بازی در در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌دهد (۱۳۸) (شکل ۷-۲).

شکل ۷-۲. تصاویر مربوط به آناتومی رادیولوژیک در محیط Second Life با رویکرد مبتنی بر بازی.

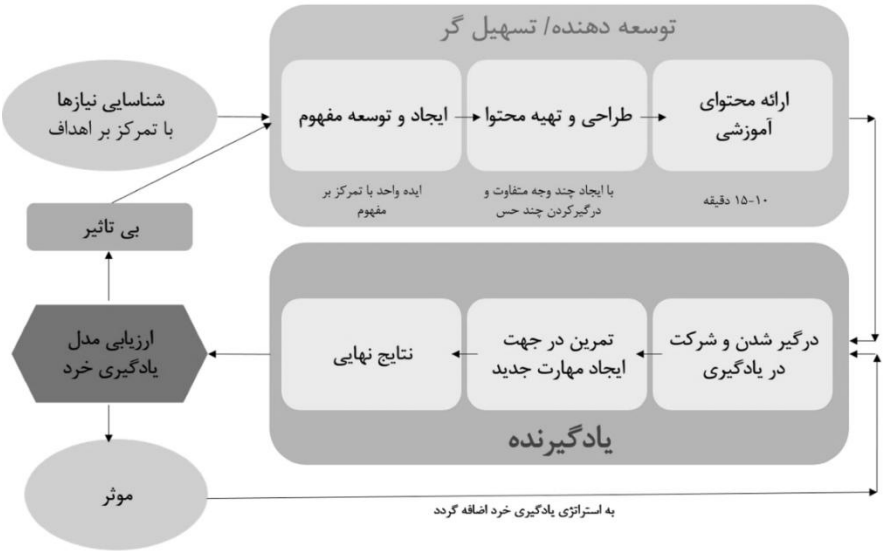
یادگیری خرد[1]

این مدل آموزشی یکی از آموزش‌های نوآورانه است که اقتباسی از مدل ADDIE[2] در نظر گرفته می‌شود (۱۳۹). یادگیری خرد یک استراتژی آموزشی است که در آن موضوعات پیچیده و گسترده با هدف آموزش و تقویت یادگیری به واحدهای مطالعاتی کوتاه و مستقل تقسیم می‌شود. از مزایای اصلی این آموزش جنبه غیرهمزمانی است که به دانشجو این امکان را می‌دهد که مکان، روش و زمان دسترسی به اطلاعات را خود کنترل کند (۱۴۰). از مشخصه‌های تعریف‌کننده این روش اندازه محتوا است که سبب می‌شود یادگیری در عرض چند دقیقه یا چندثانیه محقق شود. مطالب را می‌توان در قالب‌های مختلفی مانند متن، تصویر، ویدئو، پادکست، انیمیشن و غیره ارائه کرد (۱۴۱). این روش با اضافه کردن سرگرمی به آموزش، از خستگی ناشی از آموزش‌های یکنواخت می‌کاهد. از سوی دیگر، این روش نیاز به حضور فیزیکی مدرس و دانشجو را کم کرده و امکان یادگیری در محیط‌های غیررسمی را فراهم می‌کند. در جهان امروز، همانطور که میزان اطلاعاتی که فراگیران با آن مواجه می‌شوند افزایش یافته است، یادگیری خرد می‌تواند به تجزیه مطالب به واحدهای کوچک‌تر کمک کند که بتوان آنها را آسانتر پردازش کرد. سپس یادگیری بر ایجاد ارتباط بین واحدهای کوچک متمرکز می‌شود که پایه و اساسی برای تفکر انتقادی و استدلال بالینی در نظر گرفته می‌شود. این امر به‌خصوص در آموزش

1 Microlearning

۲ یک مدل آموزشی که اولین بار در نیروهای مسلح آمریکا مورد استفاده قرار گرفت و نام آن مخفف پنج مرحله اصلی آن می‌باشد (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation)

پزشکی که دانش پایه آن دائما در حال تغییر و افزایش است، اهمیت دارد (۱۴۲, ۱۴۳). این روش به اشکال متفاوت مانند استفاده از پادکست، ویدئوهای جراحی، نرم‌افزارهای مرتبط با تجربیات پرستاری، آموزش بهداشت دهان و دندان و آناتومی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۴۴, ۱۴۵). نتایج این استراتژی نشان داده است که یادگیری خرد با افزایش یادگیری دانشجویان از طریق تکرارهای مکرر، افزایش انگیزه پیشرفت و جذابیت یادگیری شده‌است. همچنین با توجه به سرعت قابل کنترل ارائه اطلاعات، آنها توانایی بهتری در به خاطر سپردن مطالب نشان دادند. از سوی دیگر یادگیری خرد سبب بهبود عملکرد و تجزیه و تحلیل مسائل بالینی و نهایتاً افزایش ایمنی در مرحله بالینی شد. همچنین در این روش با ساختن ساختارهای مکرر در حافظه سبب ایجاد یک حافظه بلندمدت از موارد یادگیری می‌شود (۱۳۹, ۱۴۶) (شکل ۸-۲).



شکل ۸-۲. مدل اجرایی یادگیری خرد.

یکی از مهم‌ترین عناصر در این روش دستگاه تلفن هوشمند است که امروزه در سراسر جهان میلیاردها کاربر دارد. این وسیله یک بستر مناسب و مساعد برای یادگیری خرد با استفاده از رسانه‌های اجتماعی، پادکست و غیره ارائه می‌کند. پادکست‌های کوتاه و یا ویدئوهای کوتاهی که به دنبال سخنرانی در کلاس به دانشجویان ارائه می‌شود می‌تواند اثر قابل توجهی در درک مطالب و یادگیری آنها ایفا کند. از سوی دیگر باید توجه داشت که نسل جدید پیوند ناگسستنی با دنیای مجازی و بستر وب دارند، از همین رو استفاده از استراتژی یادگیری خرد در این بستر به افزایش انگیزه و ارتباط آنها با مطالب درسی می‌انجامد (۱۴۷). در عین مزایای این روش، معایبی نیز برای آن در نظر گرفته می‌شود. برای استفاده از این روش مدرسین باید با برنامه وب ۲- آشنایی داشته باشند. از این رو برای مدرسین با سابقه تدریس طولانی، سن بالا و دیدگاه سنتی استفاده از این روش سخت و زمان‌بر خواهد بود. اگر این روش تنها برای مرور مطالب به کار برده شود، دانشجویان ممکن است از آن صرف نظر کرده و تنها مطالب سخنرانی را استفاده کنند. این نوع یادگیری می‌تواند بر یادگیری مشارکتی و تعاملات دانشجویان اثر گذاشته و آن را کاهش دهد (۱۴۰, ۱۴۸).

فصل سوم

جایگاه و نقش فناوری‌های هوشمند در آموزش علوم تشریح

مؤلفین و گردآورندگان

دکتر زهره خوش گفتار

استادیار آموزش پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

آمنه علی کرمی

دانشجو دکترای تخصصی آناتومی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

بابک ابراهیمی

دانشجو دکترای تخصصی آناتومی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

مقدمه

با حرکت روزافزون به سمت دیجیتالی شدن آموزش پزشکی، یکی از سوالات اساسی این است که آیا آموزش آناتومی نیز باید به این جرگه بپیوندد؟ و آیا آناتومی دیجیتال می‌تواند جایگزین موثری برای روش‌های سنتی آموزش آناتومی‌باشد؟ پژوهشگران معتقدند حتی اگر ارزش آموزش‌های سنتی آناتومی غیرقابل جایگزینی باشد، استفاده از فناوری‌های دیجیتال می‌تواند یادگیری آناتومی را تا حد زیادی تسهیل کند (۱۴۹). دانشجویان نسل جدید دیگر برش ۲بعدی برای مشاهده یک تصویر آناتومیکی را کافی نمی‌دانند چرا که با پیشرفت فناوری‌های هوشمند مجموعه‌ای از ابزارهای دیجیتال برای یادگیری آناتومی را در اختیار دارند که برای طیف گسترده‌ای از رشته‌های تخصصی مانند ارتوپدی، قلب و عروق، جراحی-های مغز و اعصاب تولید شده اند و شواهد نشان دهنده اثربخشی و مقرون به صرفه بودن این مجموعه ابزارها بوده است. متخصصان آناتومی بهترین راه برای آموزش و یادگیری آناتومی را از طریق کالبدشکافی جسد می‌دانند، اما به دلیل محدودیت منابع و دسترسی به اجساد در بسیاری از دانشکده‌های پزشکی، رویکردهای نوین، جایگزین رویکردهای سنتی شده است. هر چند آناتومی بیش از ۲۰۰۰ سال سابقه دارد (۱۵۰) اما در چند دهه اخیر تغییری آشکار به سمت آموزش مبتنی بر ابزار دیجیتال یا ترکیبی (ابزارهای دیجیتال به اضافه جسد) شکل گرفته که به دلیل توسعه سریع فناوری‌های هوشمند و همگرایی رشته‌هایی مانند تصویربرداری پزشکی با آناتومی غیرقابل اجتناب بوده است، با این حال، آموزش آناتومی دیجیتال نیازمند طراحی مجدد برنامه درسی است و نباید آن را فقط در پیشرفت‌های تکنولوژیکی خلاصه کرد. تعدادی از دانشگاه‌های برجسته در سراسر جهان مانند هاروارد[۱]، استنفورد[۲]، کالیفرنیا[۳]، ادینبرگ[۴]، زوریخ[۵]، ملبورن[۶] و توکیو[۷] از سیمولاتورهای VR، سیستم‌های هوشمند آموزشی، نمایشگرهای تعاملی و پلتفرم‌های آنلاین در آموزش آناتومی استفاده

1 Harvard University
2 Stanford University
3 University of California
4 University of Edinburgh
5 University of Zurich
6 University of Melbourne
7 University of Tokyo

می‌کنند و به نظر می‌رسد به زودی اکوسیستم غالب در آزمایشگاه‌های آناتومی، استفاده از بدن‌های دیجیتال خواهد بود(۱۵۱). همانطور که آناتومی دیجیتال به طور روز افزون توسعه می‌یابد فرصت‌های جدیدی را برای نسل‌های آینده متخصصان آناتومی ایجاد خواهد کرد و این متخصصان باید برای آشنایی و کاربرد این فناوری‌ها در حیطه‌های آموزشی و پژوهشی تلاش کنند. تشریح مجازی، تولید محتواهای آموزشی آنلاین، کاربرد اپلیکیشن‌های موبایل، ارزیابی مبتنی بر شبیه‌سازی، استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین[1] در آموزش آناتومی، تنها برخی از مواردی است که باید در لیست صلاحیت‌های متخصصان آناتومی قرار گیرد (۱۵۲). استفاده از چنین فناوری‌های آموزشی پیشرفته قبل از پاندمی کرونا یک "گزینه" بود، اما کرونا به طور قابل توجهی وضعیت را تغییر داد. آنچه قبلاً یک «گزینه» بود، اکنون یک «اجبار» است. در این فصل از کتاب به جایگاه و نقش فناوری‌های هوشمند در آموزش علوم تشریح پرداخته شده است.

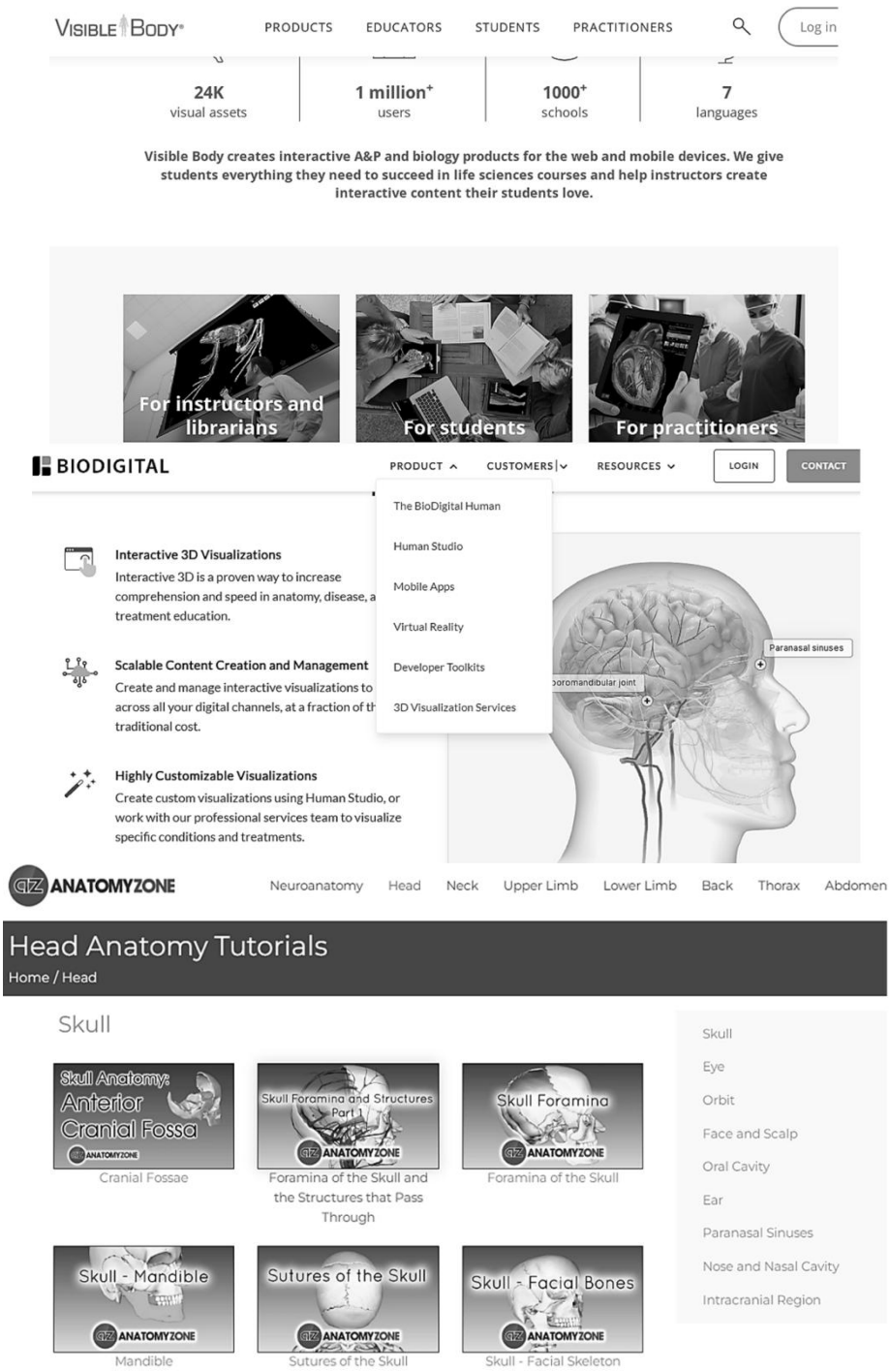
نقش فناوری وب-۲ در آموزش آناتومی

امروزه، دنیایی غنی از اطلاعات مبتنی بر وب به شکل سیستم‌های یادگیری خودکار در دسترس هستند که می‌توان از آنها به عنوان منبعی برای یادگیری خود محور استفاده کرد. فناوری وب-۲ برای ایجاد اطلس‌های آناتومی آنلاین و تصویرسازی‌های تعاملی اجزاء بدن، به عنوان یک ابزار مفید برای یادگیری و مرور جزئیات آناتومی مورد استقبال پزشکان و دانشجویان قرار گرفته است. این فناوری می‌تواند حجم زیادی از اطلاعات واقعی را به صورت سازماندهی شده در قالب-های دیجیتالی ارائه دهد، امکان انتشار گسترده تصویرسازی‌های آناتومی و دسترسی اساتید و دانشجویان در سراسر جهان به آنها را فراهم می‌کند و نقش محوری در فرآیند یاددهی-یادگیری آناتومی در دوران مدرن را ایفا می‌کند (۱۵۳). کلاس‌های مبتنی بر سخنرانی‌های تعاملی از طریق پلتفرم‌های شکل گرفته بر روی وب-۲ مانند: گوگل میت، زوم، اسکایپ و اسکای‌روم با موفقیت‌هایی همراه شدند.

پلتفرم آنلاین مانند Visible Body، Bio Digital، Anatomy Zone و Ken Hub از طریق شبیه‌سازی ۳بعدی، ویدئوهای آموزشی، طراحی سئوالات آنلاین، برچسب‌گذاری لایه‌های مختلف بدن و سایر روش‌های تعاملی در درک عمیق آناتومی به دانشجویان کمک کند (۱۵۴-۱۵۷) (شکل ۱-۳).

میز تشریح مجازی (VDT)[2] یک ابزار آموزشی هوشمند مبتنی بر فناوری وب-۲ است که از مدل‌های ۳بعدی و تعامل کاربر برای آموزش آناتومی استفاده می‌کند. استفاده از VDT در دانشکده‌های پزشکی به یک روند رایج تبدیل شده است. دانشجویان می‌توانند با استفاده از آن، همانند جلسات تشریح واقعی، لایه لایه جلو رفته و با کنار زدن ساختارها به صورت مجازی روی یک صفحه لمسی تشریح را انجام دهند. این سیستم‌ها می‌توانند به فراگیران کمک کنند تا آناتومی بدن انسان را به طور موثرتر و تعاملی‌تر یاد بگیرند. بزرگنمایی و وضوح تصویر بهتر در نمای ۳بعدی، قابلیت چرخش و بزرگنمایی اندام‌های بدن و مشاهده آنها از زوایای و سطوح مختلف، قابلیت تنظیم و شروع مجدد تشریح برای درک بهتر، انجام انواع تمرینات و آزمون‌ها به دفعات متعدد بدون قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی مضر، عدم استنشاق بوی بد در محیط آموزشی و احساس ناراحتی از جمله مواردی است که استفاده از VDT را برای دانشجویان جذاب می‌کند (شکل ۲-۳). VDT با استفاده از فناوری شبیه‌سازی، تصویری واقع‌گرایانه از جزئیات آناتومیکی ۳بعدی یک جسد مجازی ارائه می‌دهد. برخلاف اجساد واقعی، دانشجویان می‌توانند به‌صورت متوالی و مکرر مراحل تشریح را انجام دهند و در صورت

1 machine learning
2 Virtual dissection table



شکل ۱-۳. پلتفرم‌های رایج آنلاین برای یادگیری علوم تشریح.

اشتباه، به عقب بازگردند. از دیگر مزایای تشریح مجازی، دسترسی آسان و همیشگی به جسد مجازی برای تمرین و یادگیری، امکان تشریح مکرر بدون آسیب رساندن به جسد واقعی و دسترسی به طیف وسیعی از موارد تشریحی از جمله اندام‌های سالم و بیمار (که می‌تواند از سرورهای دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی مانند MRI و CT اضافه شوند) می‌باشد (۱۵۸). با این حال، VDT نمی‌تواند جایگزین تجربه تشریح جسد و مشاهده ساختارهای واقعی بدن انسان شود. بنابراین همچنان شکاف کیفی ناشی از این امر نه تنها به دلیل از دست دادن تجربه لمسی پابرجاست، بلکه باعث کاهش کار تیمی، همدلی و ارتباطات انسان می‌شود. بنابراین ترکیب VDT با سایر روش‌های سنتی و نوین آموزشی می‌تواند تجربه‌ای فراگیر و مؤثر را برای دانشجویان آناتومی رقم بزند (۵۱, ۱۵۹).

شکل ۲-۳. تجربه بررسی آناتومی سیستم اسکلتی با VDT.

نقش فناوری لایو استریم ویدئو در آموزش آناتومی

آموزش مبتنی بر ویدیو و توسعه بسته‌های ویدیویی از دیر باز به‌عنوان یک جزء ضروری در آموزش پزشکی مطرح شده است زیرا امکان مناسبی برای متمرکز کردن توجه دانشجویان بر روی جزئیات خاص را فراهم می‌کنند؛ صدا و تصویر را به یکدیگر پیوند می‌دهد و تجربه ای چندحسی را برای یادگیرنده فراهم کند. با پیشرفت فناوری و استفاده از فناوری استریم، دانشجویان می‌توانند از ویدیوهای آموزشی تولید شده بلادرنگ استفاده کنند. استریم روشی برای دیدن ویدیو یا گوش دادن به محتوای صوتی بدون بارگیری و دانلود (دانلود واقعی) یک فایل چند رسآنهای است. برای لایو استریم کردن یا همان برقراری ارتباط زنده با کاربران پلتفرم‌های مختلفی وجود دارد؛ پلتفرم‌هایی مانند یوتیوب[1]، لینکدین[2] و آپارات، سرویس‌های نشر ویدیو زنده را ارائه می‌دهند و اساتید می‌توانند به راحتی و تنها با استفاده از گوشی همراه، تبلت یا

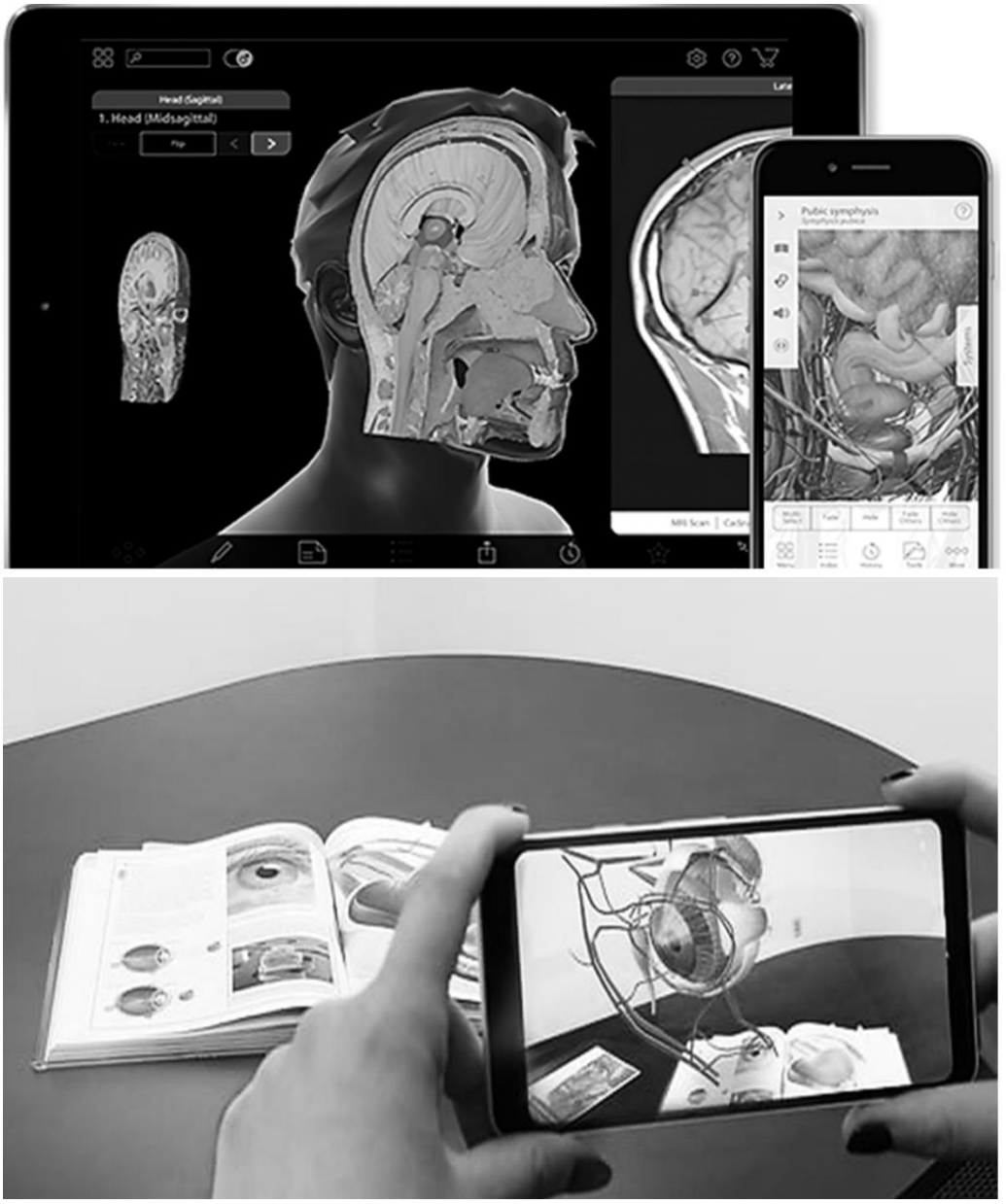
1 YouTube
2 Linked in

کامپیوتر خود، ویدئوهای آموزشی آناتومی را استریم و برای دسترسی دانشجویان در این پلتفرم‌ها بارگذاری کنند و از دانشجویان بخواهند به توصیف و تحلیل محتوای ویدئو بپردازند. پردازش همزمان اطلاعات شنیداری و دیداری می‌تواند به میزان قابل‌توجهی کیفیت یادگیری را افزایش دهد. بنابراین، ویدئو می‌تواند برای یادگیری مهارت‌های پیچیده مورد توجه قرار گیرد، زیرا یادگیرندگان را در معرض رویدادهایی قرار می‌دهد که نمی‌توان به راحتی به آنها دسترسی داشت. همچنین لایو استریم ویدئو، تجربه بصری واقع‌گرایانه ای از آناتومی را ارائه می‌دهد که به سهولت در لحظه نیاز، برای انجام جراحی قابل دسترسی است (۱۶۰). از سوی دیگر علیرغم اینکه استریم بسیار رایج شده است به عوامل مختلفی مانند سرعت اینترنت و پهنای باند وابسته هستند؛ همچنین باید سرعت پردازنده و حافظه کافی برای پخش ویدئو وجود داشته باشد. این موضوع برای تلفن‌ها، تبلت‌ها و رایانه‌های امروزی مشکلی ندارد، اما رایانه‌های شخصی قدیمی ممکن است در پخش ویدیوی استریم مشکل داشته باشند. با این حال، زمان لازم برای ضبط ویدیوهای با کیفیت و نیز مسایل اخلاقی مرتبط با ضبط زنده باید مد نظر قرار گیرد (۱۶۱).

نقش تلفن هوشمند[1] در آموزش آناتومی

فناوری‌های به کارگرفته شده در تلفن‌های هوشمند، فرصتی ارزشمند برای دستیابی به اهداف آموزشی را فراهم کرده است (۱۶۲). یافته‌های اخیر نشان می‌دهد که دانشجویانی که از گوشی‌های هوشمند برای یادگیری آناتومی استفاده می‌کنند، نسبت به دانشجویانی که منابع چاپی را ترجیح می‌دهند، در دستیابی به اهداف یادگیری موفق‌تر هستند. نتایج بعضی تحقیقات موید آن است که آموزش از طریق تلفن هوشمند بر یادگیری و مهارت‌های بالینی فراگیران موثر بوده، فراگیران از آن ابراز رضایت می کنند. تلفن هوشمند این امکان را برای برنامه‌ریزان آموزشی و فراگیران فراهم نموده تا خلاصه یا محتوی تفصیلی درون دانشگاهی و نیز دستورالعمل‌های آزمایشگاهی و بالینی را در ترکیب با تصویر، انیمیشن‌ها و کلیپ‌های آموزشی به شیوه‌ای تعاملی و در قالب کتاب‌های همراه تهیه نماید و به عنوان منابع کمک آموزشی در اختیار دانشجویان قرار دهند. هشت ویژگی شامل محتوای علمی جامع، زیباشناختی بصری، کیفیت بالای شنیداری، کاربر محور بودن، قابلیت دسترسی، محتوای تعاملی، پشتیبانی و خودارزیابی باید برای نرم‌افزارهای تلفن‌های هوشمند در آموزش آناتومی لحاظ شوند (۱۶۳) (شکل ۳-۳). این وسیله آموزشی به علت قابلیت‌هایی نظیر امکانات صوتی و تصویری نیاز به آموزش حضوری را کاهش داده و تجربه یادگیری ۲۴ ساعته را فراهم می‌کنند، دقت تشخیص را افزایش می‌دهد و در زمان صرفه‌جویی می‌کند. مقالات بررسی شده در یک مرور سیستماتیک نشان داده‌اند که تکنیک‌های یادگیری سیار[2] برای آموزش آناتومی در کلاس درس، آزمایشگاه و خارج از کلاس درس موفقیت را افزایش می‌دهد و انگیزه بیشتری نسبت به روش‌های یادگیری سنتی ایجاد می‌کند. بازخورد مثبت دانشجویان پزشکی از آموزش آناتومی با اپلیکیشن موبایل، نمره بالای دانشجویانی که با استفاده از برنامه‌های موبایل آموزش دیده بودند نسبت به دانشجویانی که با روش سنتی آموزش دیده بودند و بازخورد منفی دانشجویان به دلیل عدم دسترسی به اینترنت خارج از مدرسه و گران بودن دانلود برنامه‌های نرم‌افزاری نیز از جمله مواردی است که در مطالعات به آنها اشاره شده است (۱۶۴). با وجود تمامی مزایای ذکر شده، برخی معتقدند استفاده از تلفن‌های همراه برای یادگیری می‌تواند منجر به حواس‌پرتی شود و اینکه اندازه کوچک صفحه ممکن است مشکلی در نمایش کل اطلاعات مورد نیاز در یک زمان ایجاد کند (۱۶۵).

1 Smart Phone
2 mobile learning



شکل ۳-۳. نقش گوشی‌های هوشمند در آموزش آناتومی.

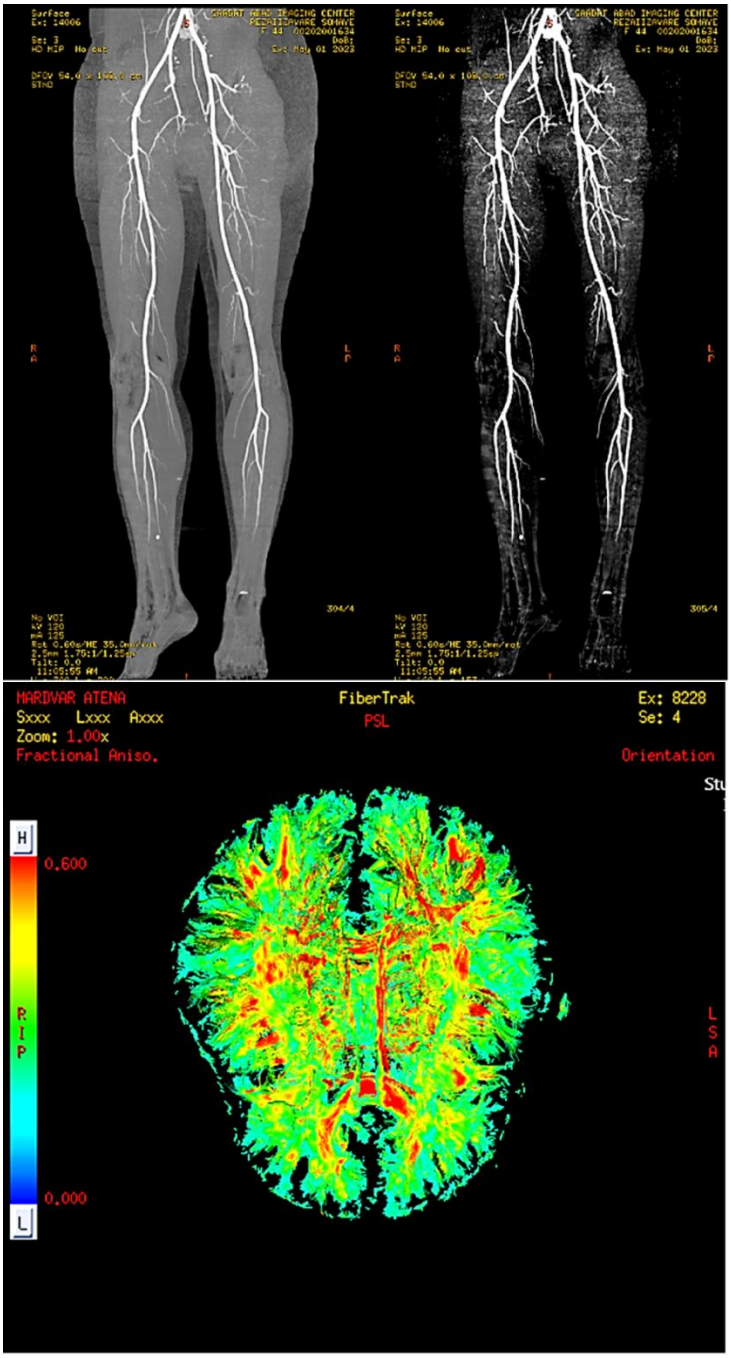
مصورسازی[1] در آموزش آناتومی

تصاویر ازجمله پرکاربردترین رسانه‌های آموزشی هستند. تصویرسازی، بیان‌کردن یا نشان‌دادن مفهوم، رویداد یا داستانی در

1 Visualization

قالب تصویر است که گاهی اوقات برای تکمیل انتقال درست مفاهیم ذهن، متن یا نوشته‌ای اضافه می‌شود. در اواخر قرن نوزدهم، تصاویر به بخش جدایی‌ناپذیر از فرآیند آموزش آناتومی تبدیل شدند. با این حال، آماده‌سازی تصاویر آناتومی هنوز به عنوان یک حرفه مستقل توسعه نیافته بود. فرانک هنری نتر[1]، متولد ۱۹۰۶، جراح و نقاش آمریکایی مشهور حوزه علوم پزشکی بود. او از دوران کودکی آرزوی هنرمند شدن را در سر داشت و در طول تحصیل پزشکی خود هم‌زمان به فعالیت هنری آزاد نیز می‌پرداخت. در ابتدای کار، Netter هنر پزشکی را برای کمک به درآمد خود به‌عنوان پزشک انجام می‌داد. اما به زودی نقاشی در حوزه پزشکی را به عنوان حرفه‌ای تمام‌وقت پذیرفت و با شرکت‌های دارویی همکاری را آغاز کرد. ویژگی اصلی تصاویر Netter، تحقیقات دقیق و موشکافانه در مورد تصاویر بدن انسان بود. فلسفه‌ای که از دانش گسترده و عمیق پزشکی او نشأت می‌گرفت. او معتقد بود که حتی زیباترین تصویر پزشکی، اگر نکته‌ای پزشکی را روشن نکند، ارزش چندانی ندارد. تصاویر Netter در میان معاصرانش بسیار محبوب بود و این محبوبیت در سال ۱۹۴۸ به انتشار اولین مجموعه جامع آثار او با عنوان «مجموعه تصاویر پزشکی» به صورت تک‌جلدی منجر شد. موفقیت این مجموعه آنقدر چشمگیر بود که در طی چند دهه آینده، به یک مجموعه سیزده جلدی حاوی بیش از ۴۰۰۰ تصویر پزشکی گسترش یافت که توسط Netter در طول دوران درخشان کاری‌اش خلق شده بود. در سال ۱۹۸۹، «اطلس آناتومی انسان Netter» با گردآوری از تصاویر قبلی او منتشر شد و به سرعت به پرکاربردترین اطلس آناتومی در دانشکده‌های پزشکی آمریکا تبدیل شد و اکنون به ۱۶ زبان منتشر می‌شود. تصویرگران مدرن به طور معمول از تصاویر اطلس Netter به عنوان مرجع برای خلق آثار هنری آناتومیک ۲بعدی و ۳بعدی با کمک پیشرفت‌های نرم‌افزاری استفاده می‌کنند. تا پایان قرن نوزدهم، تصویرسازی آناتومی تنها به تکیه بر طرح‌ها و نمودارهای دست‌ساز متکی بود. این تصاویر اغلب ناقص و غیردقیق بودند و نمایانگر جزئیات کامل از آناتومی بدن انسان نبودند. در قرن بیستم، استفاده از تصاویر در حوزه آناتومی به طور قابل‌توجهی افزایش یافت و با ظهور تصویربرداری پزشکی و عکاسی پزشکی در قرن بیستم، تصویرسازی آناتومی وارد عصر جدیدی شد. آناتومی رادیولوژیکی جایی است که دانش آناتومی در بالین ادغام می‌شود و چندین روش غیرتهاجمی زمینه را برای تجسم ساختارهای درونی بدن فراهم کردند. متداول‌ترین روش‌های تصویربرداری که برای آموزش آناتومی استفاده می‌شوند عبارتند از رادیوگرافی[2]، توموگرافی کامپیوتری (CT- scan)[3] و تصویربرداری تشدید مغناطیسی[4] (MRI) (شکل ۴-۳). هر تکنیک دارای مزایای خاص خود است و روش ترجیحی آموزش به ساختارهایی که می‌خواهیم بررسی کنیم بستگی دارد (۱۶۶). پیشرفت‌های بیشتر در فناوری‌های تصویربرداری پزشکی و کامپیوتری منجر به ایجاد تصاویر آناتومیکی حتی دقیق‌تر و واقع‌گرایانه‌تر خواهد شد.

1 Frank Henry Netter
2 Radiography
3 computed tomography
4 magnetic resonance imaging



شکل ۴-۳. نقش تکنیک‌های تصویربرداری پزشکی در یادگیری آناتومی. A) تصاویر ۳بعدی CT اسکن از عروق اندام تحتانی با کمک الگوریتم‌های بازسازی تصویر. B) تصویر ترکتوگرافی از الیاف عصبی مغز با کمک نرم‌افزار پردازش تصویر BrainSuite در دستگاه MRI با میدان ۱.۵ تسلا.

شبیه‌سازی [1] در آموزش آناتومی

از آنجایی که تعیین محل دقیق آناتومیکی یک ضایعه برای تشخیص، افتراق و درمان بسیار مهم است، تسلط بر دانش آناتومی برای جراحان و هر متخصصی که یک روش تهاجمی را روی بیمار انجام می‌دهد، ضروری است. شبیه‌سازی رایانه‌ای یکی از فناوری‌های پیشرفته برای آموزش آناتومی در عصر دیجیتال است که از رایج‌ترین آنها می‌توان به VR، AR و واقعیت ترکیبی (MR) اشاره کرد:

VR از مدل‌سازی و شبیه‌سازی رایانه‌ای استفاده می‌کند و به دانشجویان این امکان را می‌دهد تا اشیاء شبیه‌سازی شده را در یک فضای ۳بعدی مصنوعی ببینند، تشریح کنند و با آنها تعامل داشته باشند. VR معمولاً با استفاده از هدست یا عینک‌های هوشمند، یک محیط شبیه‌سازی شده ایجاد می‌کند تا دانشجویان را در یک تجربه کاملاً دیجیتالی و تعاملی غرق کند. با مسدود کردن دنیای فیزیکی و تحریک حواس، VR به دانشجویان این امکان را می‌دهد تا احساس کنند که به‌صورت فیزیکی در یک محیط شبیه‌سازی شده حضور دارند و می‌توانند دنیای مجازی را به شیوه‌ای فراگیر و جذاب کاوش کرده و با آن تعامل برقرار کنند (۱۶۷).

AR، اشیاء مجازی مانند مدل‌های آناتومیکی را روی دید کاربر از دنیای واقعی قرار می‌دهد. مدل ها را می‌توان از طریق دستگاه‌هایی مانند دسکتاپ، موبایل و هدست با پروژکتورهای استریوسکوپی به نمایش گذاشت. برخلاف VR که محیطی کاملاً مصنوعی ایجاد می‌کند، AR از محیط واقعی موجود استفاده می‌کند و اطلاعات جدید را پوشش می‌دهد و در نتیجه یک دید ترکیبی ارائه می‌دهد (۱۶۸).

واقعیت ترکیبی [2] یک فناوری انقلابی است که به‌طور یکپارچه دنیای مجازی و واقعی را در هم می‌آمیزد و تجربه‌ای فراگیر و پویا ایجاد می‌کند و به دانشجویان اجازه می‌دهد با اشیاء و اطلاعات مجازی درگیر شده و در عین حال، ارتباط خود را با دنیای فیزیکی حفظ کنند. فناوری MR با توانایی منحصر به فرد خود در ادغام قلمروهای دیجیتال و فیزیکی، فرصت‌های هیجان‌انگیزی را در صنعت آموزش ارائه کرده و روش یادگیری، بازی و تجربه ما را متحول کرده است. MR، VRو AR را ترکیب می‌کند تا تجربه ای یکپارچه ایجاد کند که در آن اشیاء مجازی می‌توانند در محیط فیزیکی و واقعی ظاهر شوند. این فناوری را می‌توان برای شبیه‌سازی‌های واقعی و سناریوهای آموزشی استفاده کرد. برای مثال، دانشجویان پزشکی می‌توانند با تجسم اندام‌ها و ابزارهای مجازی که بر روی یک مانکن (فانتوم) یا یک بیمار واقعی قرار گرفته‌اند، عمل جراحی را انجام دهند. این فناوری، در چندین مرحله تکامل یافته است که به مرور زمان، هر کدام پیشرفت‌هایی را به ارمغان آورده است: نسل اول بر تعامل و تجسم اولیه متمرکز بود و از هدست‌هایی با قابلیت ردیابی محدود استفاده می‌کرد. نسل دوم سیستم‌های ردیابی پیچیده‌تری را معرفی کرد که امکان نقشه‌برداری دقیق از محیط فیزیکی و تعامل دقیق‌تر با اشیاء مجازی را فراهم کرد. نسل سوم یا فاز فعلی شامل هدست‌ها، حسگرها و کنترل‌کننده‌های پیشرفته‌ای است که تجارب بسیار فراگیر را ارائه می‌کنند و به حرکات کاربر پاسخ می‌دهند. مزایای استفاده از MR عبارتند از بهبود تجربیات کاربر از طریق تعاملات همه‌جانبه، ادغام عناصر مجازی و دنیای واقعی برای یک تجربه یکپارچه، بهبود آموزش از طریق شبیه‌سازی‌های واقع‌بینانه و امکانات گسترده برای خلاقیت و نوآوری؛ همچنین از جمله چالش‌های استفاده از MR می‌توان به هزینه بالا و دسترسی سخت به سخت‌افزار و نرم‌افزار پیشرفته MR، محدودیت‌های فنی در ردیابی دقت و واقع‌گرایی محتوا و همچنین پذیرش آن در بازارهای جهانی اشاره کرد (۱۶۹, ۱۷۰).

1 Simulation
2 Mixed Reality

پرینت ۳بعدی یک روش مدرن، لذت بخش و موثر است که در آن یک مدل کامپیوتری ۳بعدی به یک جسم فیزیکی تبدیل می‌شود. مدل‌های دیجیتال پرینت ۳بعدی می‌توانند از مواد مختلفی مانند نایلون، پلی وینیل الکل، اسید پلی استیک، اکریلونیتریل بوتادین استایرن، چوب، فلز و فیلامنت‌های الیاف کربن ساخته شوند. برخی از دانشجویان اعلام کردند که مدل‌های چاپ شده ۳بعدی نسبت به مدل‌های پلاستیکی معمولی انعطاف پذیرتر و بادوام تر هستند. با افزایش دسترسی و کاهش هزینه‌های پرینت ۳بعدی، انتظار می‌رود که این فناوری در تدریس آناتومی بیشتر مورد استفاده قرار گیرد. هر چند اگر دانشجویان فقط به مدل‌های چاپ شده ۳بعدی دسترسی داشته باشند، ممکن است منجر به عدم درک اندازه واقعی و ارتباط با سایر اجزای آناتومیکی شود (۱۷۱).

نقش بازی‌های دیجیتال[1] در آموزش آناتومی

گیمیفیکیشن به معنای استفاده از عناصر مرتبط با طراحی بازی و یا استفاده از بازی‌های دیجیتال در زمینه‌های تحصیلی و آموزش پزشکی می‌باشد. به بیان ساده یک روش آموزشی است که به فراگیران اجازه می‌دهد تا قسمت‌های مختلف بازی را با هدف یادگیری دنبال کنند (۱۷۲). در این روش با ایجاد زمینه مناسب برای مشارکت بیشتر فراگیران در امر آموزش، فرصتی برای سرگرمی در حین یادگیری ایجاد می‌شود. بازی‌ها در ۴ گروه شبیه‌سازی، محیط مجازی، مشارکتی و محیط واقعی تقسیم‌بندی می‌شوند. در حالی که برخی یادگیری مبتنی بر بازی در بخش بازی‌های دیجیتال را جزئی از روش‌های AR می‌دانند اما در واقع پلتفرمی است که روش‌های آموزشی مانند FC و یادگیری خودمحور[2] را در خود می‌گنجاند. بازی‌های دیجیتالی مانند کاماگوتچی[3] و پوکمونز[4] چنین اهدافی را دنبال می‌کنند. در دهه اخیر نیز اپلیکیشن‌های آموزشی جدیدی برای اجرای گیمیفیکیشن توسعه یافته‌اند که از میان آنها می‌توان به کاهوت[5]، کلسکرافت[6]، پارتنر[7] و پدلت[8] اشاره کرد. در روش‌های مختلف بازی می‌توان با استفاده ترکیبی از عکس‌ها و انیمیشن‌ها و صداها و ویدئوها؛ تنوع بیشتری ایجاد کرد و باعث مشارکت بیشتر دانشجویان در کلاس شد که بالطبع انگیزه و علاقه دانشجویان برای شرکت در بحث و آموزش بیشتر خواهد شد (۱۷۳). در هر بازی می‌توان دانشجویان را با دادن جوایز تشویق نمود. عواملی مانند تغییر انتظارات دانشجویان و محدودیت زمان منجر به ارتباط گرفتن بازی و ورود آن به حیطه آموزش گردید. چرا که پزشکان و اساتید پر مشغله تمایل دارند در مدت زمان کوتاه‌تری مطالب کاربردی و مفید را به دانشجویان پزشکی منتقل کنند. یادگیری مبتنی بر بازی فرد را از واقعیت جدا می‌کند، بنابراین حتی اگر شرکت کنندگان برای موضوعی مطالعه نداشته باشند در آزمون رد نمی‌شوند. این عاملی است که فرد را تشویق می‌کند که ریسک کند و به سمت جلو حرکت کند. به طور کلی از روش یادگیری مبتنی بر بازی با هدف افزایش یادگیری و پیشرفت تحصیلی دانشجویان استفاده می‌شود (۱۷۴). شواهد نشان داده‌اند به کارگیری رویکردهای مبتنی بر بازی در آموزش پزشکی و رشته‌هایی مانند رادیولوژی، جراحی و پزشکی داخلی موثر است. با توجه به اینکه بازی‌های دیجیتال به هماهنگی چشم، دست و توانایی

1 Digital games
2 SDL: Self- directed learning
3 Tamagotchi
4 Pokemons
5 Kahoot
6 Class craft
7 Partner
8 Pad let

شناختی بصری-فضایی[1] نیاز دارند، ثابت شده است که در توسعه مهارت‌های جراحی، به‌ویژه لاپاراسکوپی مفید هستند وبسیاری از اهداف آموزشی با روش یادگیری مبتنی بر بازی و ایجاد نوآوری در آن قابل دستیابی هستند (۱۷۵-۱۷۷). آموزش مبتنی بر بازی روشی است که یکنواختی برنامه آموزشی را از بین می‌برد در نتیجه می‌توان آن را به عنوان یک استراتژی آموزشی در نظر گرفت و در برنامه درسی گنجاند. در بحث آموزش آناتومی در رابطه با روش‌های تدریس ایده‌آل اختلاف نظرهایی وجود دارد و انتقاداتی بر شیوه‌های تدریس آناتومی کنونی وارد است در همین راستا، نتایج مطالعات نشان دادند که رویکردهای آموزشی ترکیبی در تدریس آناتومی مناسب هستند. هرچند تحقیقات مربوط به یادگیری آناتومی با روش گیمیفیکیشن محدود است، با این توصیفات نقش مثبت گیمیفیکیشن در آموزش آناتومی را نباید نادیده گرفت و در ترکیب با روش‌هایی مانند سمینار، سخنرانی، تدریس بالینی و یادگیری الکترونیکی از آن بهره برد (۱۷۸)، البته مخالفان آموزش مبتنی بر بازی ادعا کردند که بازی که اجباری باشد اصلاً بازی نیست زیرا در نهایت از دانشجویان انتظار می‌رود امتحانات را با موفقیت پشت سر بگذارند. بنابراین بایستی توجه نمود که نمی‌توان "نتیجه" را بازی‌سازی کرد، و فقط بایستی "فرآیند" را بازی‌سازی کرد. در طول مسیر، برخی از رفتارها از جمله انگیزه خودآموزی تغییر می‌کند با این حال، باید به خاطر داشت که آموزش مبتنی بر بازی هرگز نباید به گونه‌ای انجام شود که روند یادگیری را مختل کند. در واقع، ما می‌دانیم که تعامل همیشه معادل یادگیری واقعی نیست. مطمئناً اگر دانشجویان در طول کلاس سرگرمی بسیار خوبی را تجربه کنند اما در امتحانات مردود شوند فاجعه‌بار خواهد بود! در نتیجه باید تعادلی بین خودانگیختگی دانشجویان و فشار اساتید بر آنها وجود داشته باشد. در ارتباط با آموزش آناتومی، دانشجویان پزشکی اغلب از اساتید خود احساس ترس دارند. علاوه بر این، موضوع مملو از جزئیاتی است که باعث می‌شود دانشجویان در زمان ارزیابی احساس ناکافی بودن و استرس داشته باشند. مشاهدات نشان می‌دهد که بسیاری از دانشجویان در طول سال‌های پیش بالینی خود در این درس مردود می‌شدند و این در حالی است که آموزش مبتنی بر بازی می‌تواند با کاهش استرس، منجر به یادگیری و تثبیت مؤثر دروس شود و این امکان را برای دانشجویان فراهم آورد که یادگیری خود را مطابق با اهدافشان مدیریت کنند (۱۷۹). با تمام فواید و الزامات گفته شده هنوز مطالعات کافی در چگونگی به کارگیری بازی در آموزش علوم پزشکی انجام نشده است. بسیاری از معلمان بنا به دلائلی مانند فقدان دیدگاه حرفه‌ای، عدم اعتماد به نفس و ترس از شکست با پذیرش این روش مخالفت می‌کنند. همچنین در برخی کلاس‌ها به خصوص در کلاس‌های پر جمعیت پزشکی و برای درس‌های پرمحتوایی مثل آناتومی از این روش حتی در حد پژوهش نیز به ندرت استفاده شده است. شاید به همین دلیل اساتید از پذیرش این روش به عنوان یک روش آموزشی دوری می‌کنند. از محدودیت‌های این روش می‌توان به کنترل جمعیت زیاد دانشجویان اشاره کرد. در این روش برای مدیریت کلاس، ضمن گوشزد کردن مقررات بازی به دانشجویان در ابتدای بازی بایستی از اعمال محدودیت‌های شدید کنترلی اجتناب شود تا کلاس بانشاط و در عین حال مؤثری داشته باشیم. بازی‌ها باید بر اساس اصول گیمیفیکیشن طراحی شوند، همه حالات موردنظر پیش‌بینی شده باشند و به تابلوهای امتیازی به عنوان جزئی از مهمترین محرک مشارکت دانشجویان توجه شود (۱۸۰, ۱۸۱).

فناوری رایانش ابری (کلاود)[2] در آموزش آناتومی

استفاده از فناوری کلاود و راهکارهای مبتنی بر آن، به حوزه‌ای غیرقابل اجتناب تبدیل شده و به سبد فناوری‌های آموزشی

1 Visual-spatial abilities
2 Cloud Technology

بسیاری از دانشگاه ها اضافه شده است. فناوری کلاود در حال حاضر برای ذخیره و به اشتراک گذاری کتاب‌های درسی دیجیتال، درس‌ها، فیلم‌ها و تکالیف طراحی شده است و امکان گفتگوی زنده را فراهم می‌آورد. فناوری کلاود می‌تواند راه‌حل‌هایی برای مشکلات سیستم آموزشی ارائه دهد به عنوان مثال استفاده از سیستم‌های کلاود می‌توان هزینه‌ها را کاهش داد، زیرا سرورها و مواد آموزشی با سایر دانشکده‌ها یا دانشگاه‌ها به اشتراک گذاشته می‌شوند کاربران اصلی یک ابر آموزشی دانشجویان، اساتید، کارکنان اداری، واحد امتحانی، واحد پذیرش و سایر واحدهای دخیل در نظام‌های آموزشی هستند که می‌توانند ورود جداگانه برای انجام کار مربوطه داشته باشند. اساتید می‌توانند آموزش‌ها، تکالیف و آزمون‌های کلاس خود را در سرور ابری که دانشجویان به آن دسترسی دارند، بارگذاری کنند. دانشجویان می‌توانند در هر جا که هستند به محتواها دسترسی داشته و از آنها برای آماده‌سازی و مرور درس‌ها استفاده کنند (۱۸۲). این فناوری دانشگاه‌ها را قادر می‌سازد تا از رویکرد آموزشی FC در فضای ابری را بهره‌مند گردد. در این تکنیک، دانشجویان قبل از کلاس در یک سخنرانی شرکت می‌کنند و در طول کلاس در مورد موضوع بحث می‌کنند همچنین کار گروهی و فعالیت‌های تحلیلی را می‌توان در محیط کلاس انجام داد. FC روشی است که به سرعت به عنوان یک رویکرد آموزشی جدید در بین برنامه‌های درسی علوم سلامت شناخته شد و پیشنهاد می‌شود بصورت یادگیری ترکیبی در کنار دیگر روش‌های آموزشی با هدف به حداکثر رساندن کارایی اساتید، افزایش مشارکت فراگیران و بهبود میزان ماندگاری مطالب آموزشی استفاده شود (۱۸۳).

فناوری بلاک‌چین[1] در آموزش آناتومی

بلاک‌چین در معنای لغوی به زنجیره‌ای از بلوک‌ها گفته می‌شود، ولی در واقع بلاک‌چین یک مفهوم است، یک معماری جدید از پایگاه داده‌ها که در آن مجموعه‌ای از داده‌های الکترونیکی رمز نگاری شده، داخل یک سری بلوک که زنجیره‌وار به یکدیگر متصل هستند، قرار می‌گیرند. این بلوک‌ها ظرفیت محدودی دارند و مقدار معینی اطلاعات را می‌توانند ذخیره کنند. هنگامی که ظرفیت یک بلوک تکمیل شد و آن بلوک پر شد، به بلوک پر شده قبلی اضافه می‌شود و به این ترتیب زنجیره‌ای از بلوک‌های حاوی اطلاعات رمزنگاری شده تولید می‌شود. در واقع اصلی‌ترین وجوه تفاوت فناوری بلاک-چین با سایر پایگاه‌های داده در ساختار ذخیره اطلاعات و میزان بالای امنیت اطلاعات در آن است. در حال حاضر فناوری بلاک‌چین یک حوزه در حال رشد و مورد علاقه بسیاری از موسسات و دانشگاه‌ها در سراسر جهان است که به دنبال پیدا کردن فرصت‌هایی برای پیاده سازی فناوری‌های نوظهور هستند (۱۸۴). بلاک‌چین قابلیت کاربرد در همه ی علوم به خصوص علوم تشریح را دارد، اما ممکن است چند سال طول بکشد تا این فناوری در حوزه آموزش پزشکی به بلوغ کافی برسد و تا آن زمان دانشگاه‌ها باید دانش سازمانی خود را در مورد استقرار بلاک چین توسعه دهند (۱۸۵). استفاده از فناوری بلاک‌چین در آموزش عالی در سال ۲۰۱۴ آغاز شد، زمانی که دانشگاه نیکوزیا، قبرس شروع به استفاده از این فناوری به صورت رسمی برای ذخیره و تأیید مدارک خود کرد. همچنین اولین دانشگاهی بود که امکان پرداخت هزینه تحصیل را با ارز دیجیتال بیت کوین عملیاتی کرد. از سال ۲۰۱۷، این دانشگاه تمام گواهی‌های فارغ التحصیلان خود در مقاطع مختلف لیسانس، کارشناسی ارشد و دکتری را در بستر بلاک‌چین منتشر کرده است. در سال ۲۰۱۶، آموزش جهانی سونی یک پلتفرم بلاک‌چین برای ذخیره، محافظت و تبادل اطلاعات مربوط به عملکرد و پیشرفت دانشجویان ایجاد کرد. این شرکت بلاک‌چین را به عنوان فناوری اصلی معرفی می‌کند که می‌تواند چشم‌انداز آموزشی را در آینده تحت تاثیر قرار دهد.

1 Block chain

موسسه فناوری ماساچوست نیز پلتفرم مبتنی بر بلاک‌چین خود را در سال ۲۰۱۷ توسعه داد. این نرم‌افزار صدور مدارک دیجیتال و گواهینامه‌های حرفه‌ای را آسان‌تر می‌کند بلاک‌چین امید موسسات آموزش عالی در آینده است زیرا مدیریت داده‌های اختصاصی را فراهم می‌کند و از آنجایی که توسعه‌دهندگان بلاک‌چین قول اعتماد و ماهیت تغییرناپذیر سوابق تراکنش‌های خود را می‌دهد، اعتبار دانشجویان، اساتید و مؤسسه‌ها به‌طور دائم در یک ساختار یکنواخت در بلاک‌چین ذخیره می‌شوند و آخرین نسخه تراکنش‌ها برای همه ذینفعان، نهادهای قانونی، آژانس‌های اعتباربخشی و غیره قابل دسترسی است. مدارک دانشجویی مربوط به دوره‌ها، پروژه‌ها، نمرات و غیره، به شیوه قانونی و در یک نمای یکپارچه به اشتراک گذاشته می‌شوند. این همچنین امکان انتقال دانشجویان از موسسه به موسسه دیگر را در سطح جهانی فراهم می‌کند (۱۸۶).

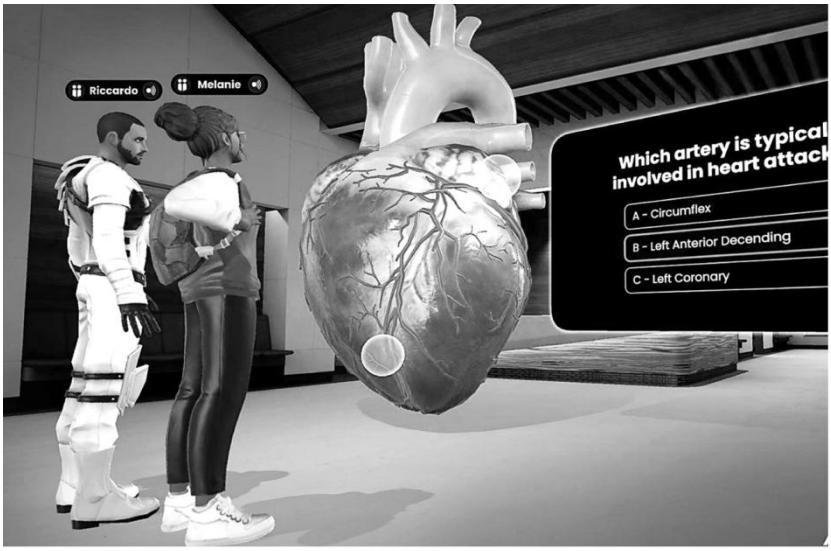
فناوری متاورس[1] در آموزش آناتومی

فناوری متاورس دنیایی فراتر از دنیای کنونی را معرفی می‌کند؛ یک جهان آنلاین و ۳بعدی، که از چندین فضای مجازی تشکیل شده است. فناوری‌هایی ی مانند بلاکچین، VR، AR، اینترنت اشیاء (IoT)[2]، هوش مصنوعی و شبکه‌ای گسترده از داده‌ها در متاورس وجود دارند که لحظه به لحظه پردازش و استفاده می‌شوند. اگر چه جهان ساخته شده در متاورس هنوز به طور کامل وجود ندارد اما دانشجویان و اساتید می‌توانند از طریق هدفون‌ها و عینک‌های مخصوص به این دنیای موازی غیرواقعی دسترسی پیدا کنند و در بدن‌های دیجیتالی که آواتار[3] نامیده می‌شوند با هم ارتباط برقرار کنند. متاورس می‌تواند همزمان تعداد زیادی از دانشجویان را در خود جای دهد که درون یک فضای مجازی خلق شده از سیستم قلبی-عروقی، سیستم تنفسی، سیستم ادراری و سایر ارگانهای انسانی در یک اتاق جابه جا می‌شوند (۱۸۷). در یکی از بزرگترین تلاش‌ها تا کنون، ۱۰ کالج و دانشگاه ایالات متحده با شرکت فناوری متا و پلتفرم Engage مربوط به شرکت ایرلندی[4] همکاری کرده‌اند تا نسخه‌های دیجیتالی سه‌بعدی دانشگاه‌های خود را ایجاد کنند که به عنوان شهر متاورس (metaversity) شناخته می‌شود و در آن دانشجویان با پوشیدن هدست‌های VR به صورت فراگیر در یادگیری درگیر خواهند شد (شکل ۵-۳).

فناوری هوش مصنوعی در آموزش آناتومی

هوش مصنوعی[5] یک فناوری است که با ایجاد درک و الگوریتم‌های کامپیوتری قادر است وظایف انسانی را انجام دهد. فناوری هوش مصنوعی جدیدترین افزوده به مجموعه‌ی در حال گسترش برنامه‌های فناوری است که به منظور حمایت از مطالعه و یادگیری آناتومی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه این فناوری می‌تواند نحوه زندگی و تعامل مردم را تغییر دهد، از جنبه‌های مختلف هم نگران‌کننده و هم امیدوارکننده به نظر می‌آید. فناوری‌هایی مانند کتاب‌های درسی آنلاین، منابع ویدئویی دیجیتال و سایر برنامه‌های کاربردی دیجیتال، آموزش سنتی آناتومی را تحت تاثیر قرار داده‌اند، اما تا کنون

1 Metaverse
2 Internet of Things
3 Avatar
4 https://engagevr.io/
5 AI: Artificial intelligence



شکل ۵-۳. آموزش آناتومی در محیط متاورس. دانشجویان در یادگیری آناتومی قلب فعال هستند.

هیچکدام جایگزین هوش مصنوعی نشده‌اند. هوش مصنوعی بدلیل مزایایی چون توانایی انطباق، تجزیه و تحلیل "هوشمند"، توانایی بهبود برنامه، شبیه‌سازی‌های فوری و حتی پتانسیل تدریس خصوصی بصورت هوشمند، مورد استقبال اساتید حوزه‌های مختلف قرار گرفته است. از مزایای استفاده از هوش مصنوعی می‌توان به دسترسی سریع به اطلاعات تشریحی، کمک به درک بهتر مفاهیم دشوار، بهتر نشان دادن تفاوت‌های آناتومیک بین اشخاص[1] اشاره کرد. همچنین تصاویر تهیه شده از نواحی آناتومیک که اصولاً درک آنها برای دانشجویان دشوار است (به عنوان مثال حفره تریگوپالاتین، گوش میانی و پرینه)، توسط هوش مصنوعی بهتر انجام می‌گیرد که منجر به بهبود روند تدریس و افزایش میزان یادگیری دانشجویان می‌شود. استفاده از هوش مصنوعی و ادغام این روش در برنامه‌های علوم پایه می‌تواند به تقویت مهارت‌های عملی دانشجویان در بالین کمک کند (۱۸۸). از سوی دیگر گفته شده است هوش مصنوعی در حین حمایت از دانشجویان و اساتید آناتومی ممکن است به طور کلی جایگزین اساتید و اهداکنندگان کالبد انسانی در سالن تشریح شود که مسلماً تأثیر منفی بر عوامل مثبت ناشی از تجربه سالن تشریح از جمله اصول اخلاق زیستی، مهارت‌های غیرفنی و مستقل از رشته و تعاملات انسانی خواهد داشت نگرانی‌ها و سئوالات مطرح در حیطه هوش مصنوعی در آموزش آناتومی شامل نحوه دسترسی به هوش مصنوعی ، عملکرد یا عملکرد آن چگونه ارزیابی می‌شود؟ چگونه بر افزایش یادگیری آناتومی تأثیر می-گذارد؟ اگر کاداور یا بدن انسان با یک پلت فرم هوش مصنوعی جایگزین شود، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ اگر استاد با یک پلت فرم هوش مصنوعی جایگزین شود، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ پیامدهای اخلاقی استفاده از این تکنولوژی جدید به چه صورت خواهد بود؟ و مواردی از این دست است که باید به آنها پرداخته شود (۱۸۹). امروزه هوش مصنوعی از فناوری هاپتیک[2] نیز پشتیبانی می‌کند. هاپتیک علم استفاده از حس لامسه برای تعامل با برنامه‌های توسعه یافته کامپیوتری است. هنگامی که کاربر اشیا مجازی را لمس می‌کند، شبیه‌سازی به گونه ای رخ می‌دهد که انگار آنها را در دنیای حقیقی لمس

1 Variation
2 Haptic Technology

نموده است. سیستم‌های هاپتیک با ایجاد حس حضور در محیط، قید حضور فیزیکی در محیط را برای انجام عمل از میان برداشته‌اند. ربات‌های انسان‌نما با بهره‌گیری از هوش مصنوعی در حال حاضر جایگزین بسیاری از کارکنان شده‌اند. بنابراین، به عنوان یک دانشجو و استاد آناتومی این سوال به ذهن خطور می‌کند که گستره فعالیت چنین رباتی در آموزش آناتومی چقدر است؟ با تحقیقات آینده دانشجویان آناتومی و سایر رشته‌های مرتبط می‌توان بسیاری از مزیت‌ها، فرصت‌ها، چالش‌ها و تهدیدهای به کارگیری فناوری‌های هوشمند در آموزش آناتومی که در این فصل به آنها اشاره شد را بیشتر و بهتر شناخت و بهره‌برداری بهینه را برنامه‌ریزی کرد.

فصل چهارم
تجارب جهانی استفاده از فناوری‌های نوین در یادگیری علوم تشریحی

مؤلفین و گردآورندگان
دکتر محمدتقی جغتایی
استاد نوروآناتومی و علوم اعصاب، دانشگاه علوم پزشکی ایران
دکتر ایوب رستم‌زاده
استادیار آناتومی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین
علیرضا کهن
دانشجو دکترای حرفه‌ای دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران

مقدمه

ریشه‌های یادگیری آناتومی را می‌توان در مصر باستان و پاپیروس‌هایی که قلب و سایر اندام‌های داخلی را توصیف می‌کردند، ردیابی کرد. اجساد نه تنها ابزارهای آموزشی آناتومی ماکروسکوپیک هستند، بلکه تشریح جسد[1] برای آموزش شایستگی‌های حرفه‌ای انسان‌گرا، فراتر از دانش آناتومی، از جمله کار گروهی، تعامل با بیمار، و درک اخلاق پزشکی بسیار مهم است. دانش کامل آناتومی ماکروسکوپیک برای تمرین بالینی مورد نیاز است و مقدمه آموزش جراحی و اجرای صحیح روش‌های جراحی است. علاوه بر این، دید و احساس ۳بعدی از اجزای بدن انسان در آموزش آناتومی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یادگیری آناتومی یک هنر است. قرن‌ها کنجکاوی، فداکاری و خلاقیت اساتید و دانشمندان پیشین این امکان را فراهم کرد تا از طریق تشریح و واکاوی ساختارها و ارگانهای بدن، اصول پزشکی امروز را ریل‌گذاری کنند. تصاویر تشریحی برای یادگیری پزشکی اساسی هستند. در گذشته با تشریح حیوانات به دست می‌آمدند، با توجه به اینکه بازرسی و تشریح جسد انسان غیرقانونی بود. بنیانگذار آناتومی مدرن، آندریاس وسالیوس، شروع به کشیدن تصاویر بر اساس مشاهدات و کالبد شکافی مستقیم اجساد انسان در قرن شانزدهم کرد و کالبد شکافی را به بخش اساسی از کلاس درس خود تبدیل کرد. این آناتومیست در اطلاعاتی که قبلاً توسط جالینوس[2] در مورد آناتومی و عملکرد بدن انسان توضیح داده شده بود، اشتباهاتی یافت. اگرچه لئوناردو داوینچی[3] قبل از آندریاس وسالیوس اجساد انسان را تشریح کرده بود، اما یافته‌های او فاش نشد زیرا آن زمان غیرقانونی بود (۱۹۰).

1 cadaveric dissection
2 Aelius Galenus
3 Leonardo da Vinci

گذاری بر نقاط عطف تحول آناتومی در ایران/جهان و نقش تکنولوژی‌های نوین در تدریس و یادگیری

مطالعه آناتومی انسان را می‌توان در طول تاریخ غنی ایران یافت. برای هزاران سال، توصیف‌های مورفولوژیکی مشتق‌شده از این بخش از جهان به شکل‌گیری پایگاه دانش آناتومیک کنونی ما کمک کرده است. بطور کلی، تاریخ ایران به پنج دوره تقسیم می‌شود: ۱) دوره عیلامیان، مادها، ایرانیان اولیه و بابلی‌ها (ابتدا تا قرن ۶ قبل از میلاد)، ۲) پس از تأسیس امپراتوری ایران (قرن ششم قبل از میلاد تا قرن هفتم پس از میلاد)، ۳) ورود اسلام به ایران (قرن هفتم تا سیزدهم میلادی)، ۴) از حمله مغول به ایران تا دوره قاجار (قرن ۱۳ تا ۱۸ پس از میلاد) و ۵) ایران مدرن (قرن ۱۸ میلادی به بعد). شواهد نشان می‌دهد که کالبدشکافی انسان در دوره اول امری عادی بوده است، که منجر به انجام عمل جراحی منظم در قرون منتهی به تأسیس امپراتوری ایران شد. اولین دانشگاه و بیمارستان جهان در شهر جندی شاپور، در قرن سوم پس از میلاد ساخته شد. دانش یونانی و سریانی بر عصر دوم تأثیر گذاشت. با فتح ایران توسط اسلام (۶۳۷–۶۵۱ میلادی)، نهضت بزرگی رخ داد که به عصر طلایی اسلامی انجامید. از آناتومیست‌های تأثیرگذار این دوره می‌توان به ابن ماسویه[1] (857–777 میلادی) نویسنده کتاب‌های ده رساله در مورد چشم[2] و درسنامه مشاوره پزشکی[3]، طبری[4] (–838 870 میلادی) نویسنده کتاب بهشت حکمت[5]، زکریای رازی[6] (925–865 میلادی)، ابن‌سینا[7] (۹۸۰ تا ۱۰۳۷ میلادی) و حکیم جرجانی[8] (1137–1042 میلادی) اشاره کرد که همه آنها اهل ایران بودند (۲). رازی اولین کسی بود که از توجیه نوروآناتومی اختلالات سیستم عصبی را معرفی کرد. وی عملکرد حرکتی و حسی را به اعصاب نسبت می‌داد و در عین حال هفت عصب زوج مغزی و ۳۱ عصب نخاعی را مشخص کرد. رازی از موسیقی در درمان استفاده کرد و تراکئوستومی و جراحی پلاستیک صورت را در کتاب الحاوی شرح داد (۱۹۱). زکریای رازی که کتاب‌هایش عمدتاً بر اساس آثار بقراط، جالینوس و اوریباسیوس استوار بود، یکی از اولین کسانی بود که تردیدهای خود را در مورد برخی از نتایج جالینوس در کتاب شک در مورد جالینوس بیان کرد. اولین نمایش بطن‌های مغزی به صورت چهار دایره کوچک توسط رازی بود (۲, ۱۹۲, ۱۹۳). ابن‌سینا به‌عنوان نویسنده کتاب القانون فی‌الطب (قانون پزشکی در سال ۱۰۲۰ میلادی)، آناتومی سیستمیک را معرفی کرد و سپس در مورد بیماری‌های هر سیستم بحث کرد. رویکرد آناتومی سیستمیک ابن‌سینا الگوی آناتومی بالینی مدرن بود. وی تصریح کرد: دانشجویان باید اصول کلی پزشکی را بیاموزند، بیماری‌هایی را که اندام‌های مختلف را درگیر می‌کنند تجزیه و تحلیل کنند و برای این کار ابتدا باید آناتومی را مطالعه کنند (۲, ۱۹۱). تفسیر ابن‌سینا از دکترین سلولی/نظریه بطنی (به ارتباط بین بطن‌های مغز با عملکرد ذهنی اشاره داشت)، دیدگاه ارسطویی (که گفته بود سه بطن در قلب وجود دارد) را زیر سئوال برد (۱۹۴). توصیف تشریحی–فیزیولوژیکی سیستم گردش خون در قاعده جمجمه (حلقه ویلیس)، گردش خون ریوی و عروق کرونری توسط ابن‌سینا (۹۸۰ تا ۱۰۳۷ پس از میلاد) و ابن النفیس (۱۲۱۰ تا ۱۲۸۸ پس از میلاد) پیش از «اکتشافات» اروپایی‌ها انجام شده بود اما به آن توجهی نشد (۱۹۵, ۱۹۶).

1 Abu Zakariya Yuhanna ibn Masawaih
2 Ten Treatises on the Eye
3 Textbook of Medical Consultation
4 Ali ibn Sahl Rabban al-Tabari
5 Paradise of Wisdom
6 Abubakr Muhammad Ibn Zakaria Razi, Rhazes
7 Abu Ali al-Hussain ibn Abdallah ibn Sina, Avicenna
8 Seyed Esmail ibn al-Hussain ibn Mohammad ibn Ahmad al-Jorjani, Hakim Jorjani

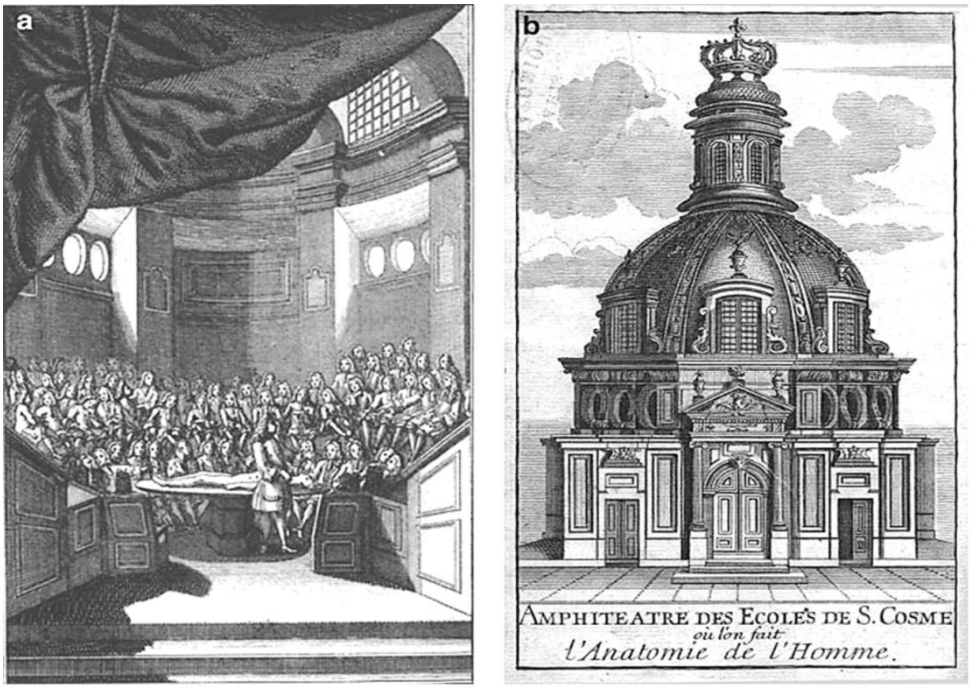
در دوره چهارم، اولین متن تشریحی مصور رنگی (توسط منصور بن الیاس شیرازی (۱۳۸۰تا ۱۴۲۲ میلادی) پزشک ایرانی قرن چهاردهم) تدوین شد. شواهد و متون تاریخی نشان می‌دهد که منصور شیرازی اولین کتاب تشریحی مصور رنگی به نام تشریح منصور[1] را نوشته است که بخش قابل توجهی از کتاب به سیستم عصبی مرکزی و محیطی اختصاص یافته است و از اینرو وی را می‌توان یکی از پیشگامان نوروآناتومی در تاریخ برشمرد (۱۹۷). سبک‌های تشریحی چینی و هندی مورد استقبال قرار گرفتند. در قرن نوزدهم، ایران از طریق اصلاحات میرزا تقی خان امیرکبیر وارد دوره جدیدی از ارتباط دانشگاهی با غرب شد. امیرکبیر در سال ۱۸۵۱ دارالفنون را تأسیس کرد که توسط یک تحصیل‌کرده انگلیسی به نام میرزا رضا مهندس طراحی شد. جان داوود خان، فرستاده امیرکبیر، به وین (اتریش) فرستاده شد تا اساتیدی را برای تدریس به ایران بیاورد. دارالفنون به عنوان مدرسه پلی تکنیک خدمت می‌کرد و جوانان ایرانی را در رشته‌های پزشکی، مهندسی، علوم نظامی و زمین شناسی آموزش می‌داد. تا سال ۱۸۹۱، دانشکده به ۱۶ مربی فارسی و ۲۶ مربی اروپایی گسترش یافت. نهضت نوسازی منجر به انقلاب مشروطه ۱۹۰۶ شد و پس از آن دانشجویان ایرانی برای تحصیل پزشکی به اروپا اعزام شدند. دارالفنون در سال ۱۹۱۷ به «خانه مرکزی تربیت معلم[2]» تغییر نام داد و به دانشکده‌های معلمان ابتدایی و عالی[3] تقسیم شد. در همین زمان ایده تأسیس مرکز جامع آموزشی مطرح شد و قانون تأسیس دانشگاه تهران در ۲۹ اردیبهشت ۱۳۳۳ به تصویب مجلس شورای ملی رسید. علی فلاتی[4] اولین دوره آناتومی بالینی را در سال ۱۹۳۴ در دانشگاه تهران تدریس کرد. همچنین در سال ۱۹۳۴ امیر اعلم[5]، جراح و متخصص آناتومی به عنوان مدیر و استاد گروه آناتومی دانشگاه تهران انتخاب شد. امیر اعلم کتاب درسی را در ۹ جلد تدوین کرد که اولین کتاب درسی آناتومی در ایران معاصر به شمار می‌رود. پروفسور مصطفی حبیبی به تدریس بافت‌شناسی و جنین‌شناسی پرداخت و بعداً دوره آناتومی بالینی را در دانشکده پزشکی تهران تأسیس کرد. اما با تلاش استاد جمال الدین مستقیمی بود که اتاق‌های کالبدشکافی کلاسیک در دانشگاه تهران و سایر دانشگاه‌های سراسر کشور ایجاد شد (۲). استاد جمال‌الدین مستقیمی با توصیه دکتر امیر اعلم در سال ۱۳۴۰ به مشهد مهاجرت کرد و دانشکده پزشکی و دومین سالن تشریح دانشگاهی ایران را در این شهر تأسیس کرد. او حدود ۳۰ سال در آنجا ماند و به تدریس آناتومی پرداخت تا اینکه در سال ۱۹۷۳ به عنوان استاد آناتومی و جراحی بازنشسته شد. او چندین ساختار آناتومیکی مانند یک لایه عمیق از رباط دلتوئید (مچ پا) و دو دسته عصبی از رابط قدامی مغز را کشف کرد. در آن سوی دنیا در دوره رنسانس تحولات زیادی در اروپا رخ داد. سوزان استندرینگ، عصب شناس معروف، نویسنده کتاب رفرنس بین‌المللی آناتومی گری و استاد بازنشسته نوروبیولوژی کالج کینگز لندن که رئیس انجمن جهانی آناتومی در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ بود، در مقاله خود چنین می‌گوید: یکی از نقاط عطف بزرگ برای آناتومیست‌ها اولین کالبدشکافی عمومی روی یک زن اعدام شده توسط موندینو–دو–لوزی از بولونا[6] (معروف به موندینوس) در سال ۱۳۱۵ میلادی بود. موندینوس آناتومیست و استاد جراحی ایتالیایی در شهر بولونیا بود و کتاب Anatomia Corporis Humani وی اولین کتابی بود که به طور کامل به آناتومی اختصاص داشت. این کتاب پس از آن بارها تجدید چاپ شد و به طور گسترده در سراسر اروپا منتشر شد تا اینکه نسخه نهایی آن در سال ۱۵۸۰ در ونیز منتشر شد. موندینوس اصطلاحات لاتین و عربی را به کار می‌برد و خواندن کتاب دشوار بود چرا که متن آن به شدت بر آناتومی

1 Mansur’s Anatomy
2 Central Teacher Training House
3 Elementary and Higher Teachers’ Colleges
4 Ali Falati
5 Amir Aalam
6 Mondino de Luzzi of Bologna

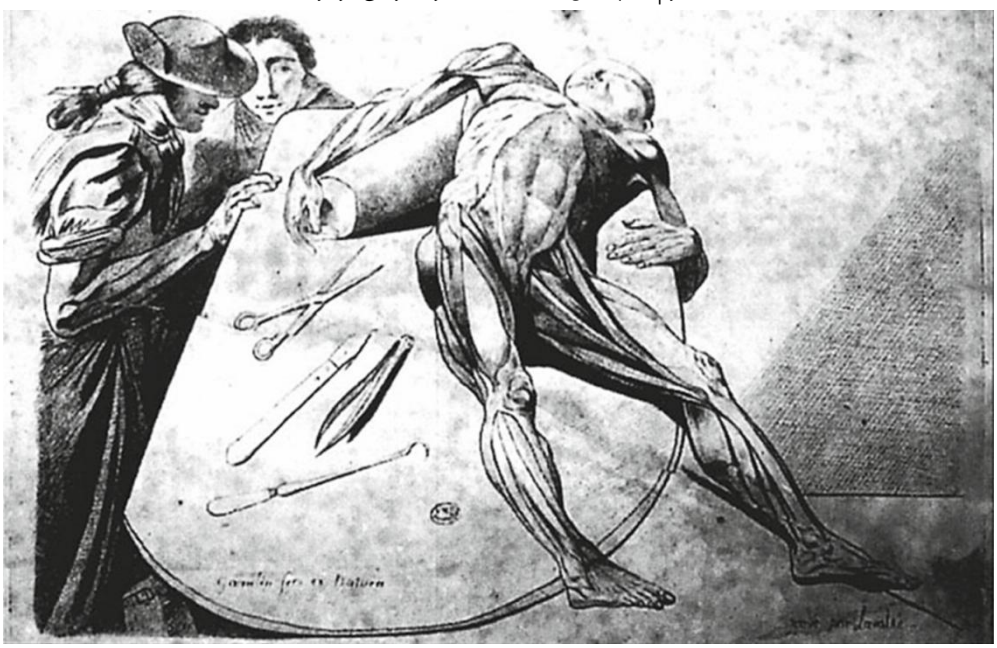
جالینوس و ابن‌سینا و دیگر منابع باستانی متکی بود (۲, ۱۹۸, ۱۹۹). آندریاس وسالیوس، «پدر آناتومی مدرن» و مشهورترین کتاب او De Humani Corporis Fabrica است که در سال ۱۵۴۳ منتشر شد. وسالیوس اولین کسی نبود که از کالبدشکافی جسد به جای خواندن متون یا تماشای کالبد شکافی دیگران دفاع می‌کرد: آناتومیست‌های پیش از وسالیوس به طور مشابه دانشجویان خود را تشویق می‌کردند، اگرچه بیشتر آنها به ضرورت به آناتومی حیوانات اشاره می‌کردند، در حالی که وسالیوس به این موضوع توجه داشت که چه چیزی می‌تواند انجام شود که مبتنی بر شواهد باشد. او در مورد شبکه شگفت انگیز[1] با جالینوس مخالف بود. این شبکه‌ای از شاخه‌های کوچک شریان کاروتید داخلی در قاعده مغز در ماهیان یافت می‌شود، اما در انسان یافت نمی‌شود. حامیان جالینوس به طور قابل‌توجهی از ادعاهای مطرح شده در کتاب فابریکا[2] خشمگین شدند و به وسالیوس تاختند که چرا به نظریات جالینوس وفادار نیست. یاکوبوس سیلویوس، معلم قدیمی وسالیوس در پاریس، او را محکوم کرد که نقشه بدن انسان به وضوح در سال‌های پس از جالینوس تغییر کرده است (۱۹۹). آمبروز پاره[3] که در سال ۱۵۵۰ تا ۱۵۹۰ جراح پادشاهان فرانسه بود وی را پدر جراحی مدرن می‌دانند. پاره اولین کسی بود که از آناتومی به عنوان پایه‌ای برای برنامه‌ریزی عمل جراحی استفاده کرد (۲۰۰). در دوران رنسانس، این الگو به وجود آمد که جراحی به شدت بر درک اولیه آناتومی متکی است. سالن‌های آناتومی در نزدیکی دانشکده جراحی شهرهای مختلف ساخته شدند (شکل ۱-۴): پادوآ (۱۵۹۴)، لیدن (۱۵۹۷)، بولونا (۱۶۳۷)، استراسبورگ (۱۶۷۰)، آکادمی جراحی پاریس (۱۶۹۴) یا دانشکده پزشکی در پاریس که توسط وینسلو (۱۷۴۵) ساخته شد (۲۰۱). در دوران رنسانس، پزشکی بالینی عمدتاً یک پزشکی مبتنی بر «مزاج[4]» بود که دقیقاً از دیدگاه‌های بقراط پیروی می‌کرد. جالب اینجاست که در همان زمان، آناتومی علمی به طرز خارق العاده‌ای پیشرفت کرد: ویلیام هاروی[5] گردش خون را در سال ۱۶۲۸ توصیف کرد، و نیکلاس استنون[6] ساختار مغز را در سال ۱۶۶۵ توصیف کرد. قرن هفدهم و هجدهم عصر طلایی علم آناتومی در نظر گرفته می‌شود. آنقدر «طلایی» که وظیفه نقاشان مشهور آن زمان به تصویر کشیدن علم آناتومی. مشهورترین آنها درس آناتومی دکتر تولپ[7] است که توسط رامبراند[8] در سال ۱۶۳۲ نقاشی شده است (شکل ۲-۴).

آناتومی به واسطه نوآوری‌های آلبرشت فون هالر[9] (۱۷۰۸ تا ۱۷۷۷) حوزه خود را به فیزیولوژی گسترش می‌دهد. او یک اصطلاحنامه آناتومیک ایجاد کرد. تشریح کردن باعث تخریب بافت‌ها و ساختارهای اطراف می‌شود، در نتیجه نتایج منحصر به فرد اما فاسد شدنی و غیرقابل تکرار ایجاد می‌کند که در نهایت در مدت زمان نسبتاً کوتاهی پوسیده یا تجزیه می‌شود. بنابراین، آناتومیست‌های رنسانس تکنیک‌ها و راه‌حل‌هایی را برای حفظ ساختارهای مورفولوژیکی آشکار شده در طول تشریح ابداع کردند. مدل‌های موم در طول قرن هجدهم محبوب شدند، زیرا ساختارهای آناتومیک را در این ماده پلیمری حفظ می‌کردند. این اولین رویکرد برای فیکس کردن در آناتومی و به عبارتی اولین مدل آناتومیکی ۳بعدی بود. این قالب‌های مومی که امروزه در موزه‌ها و مجموعه‌های آکادمیک وجود دارند، شاهکارهای مشهوری هستند، اما بسیار شکننده و اغلب منحصربه‌فرد هستند (شکل ۳-۴). یکی دیگر از تکنیک‌های حفاظت، برش‌های مقطعی یا برش‌هایی بود

1 Rete mirabile
2 Fabrica
3 Ambroise Paré
4 humor
5 William Harvey
6 Nicolas Stenon
7 Tulp
8 Rembrandt
9 Albrecht von Haller’s



شکل ۱-۴. a) تشریح بدن توسط دیونیس در آمفی تئاتر جراحی در سنت کوم در پاریس (۱۷۰۷). b) نمایی از سالن آناتومی سنت کوم در پاریس که در آن کنگره جراحی برگزار شد (۱۷۵۰).



شکل ۲-۴. آناتومی هنری در قرن هجدهم: یک جراح و یک هنرمند فرآیند تشریح را انجام می‌دهند. چاپ توسط ژاک گاملین (۱۷۷۹). در این قرن، دیدگاه هنری آناتومی رایج است و نه موضوع پزشکی و بالینی آن.

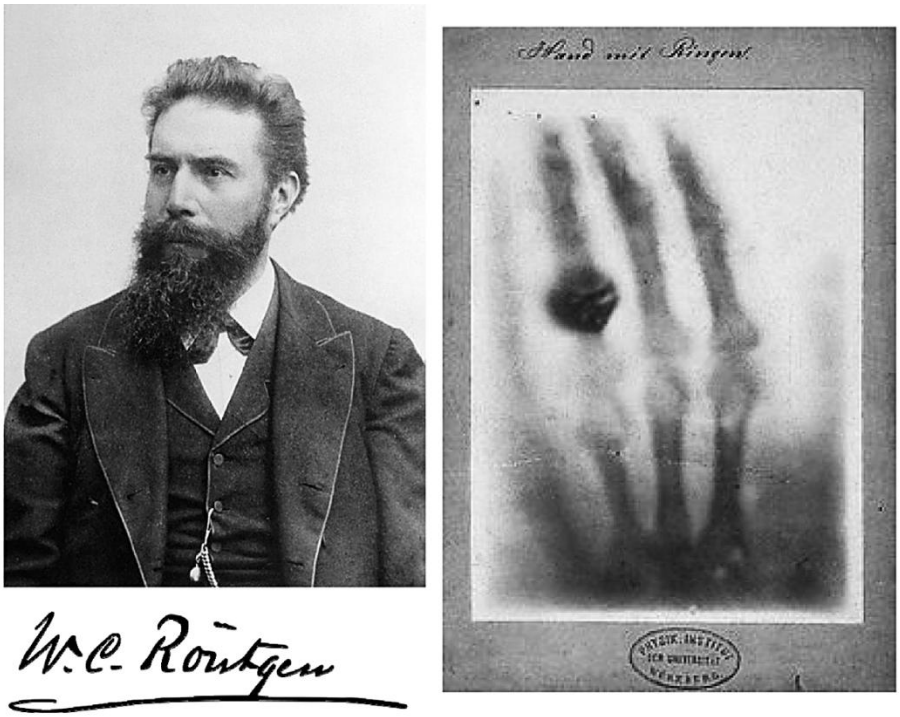
که ساختارهای آناتومیکی را در بصورت in situ حفظ می‌کرد. به دلیل محدودیت‌های فنی، اولین برش‌ها از مغز توسط فلیکس ویک دازیر[1] فرانسوی در سال ۱۷۸۶ و با استفاده از روش فیکس در الکل ساخته شد (شکل ۴-۴). در پایان قرن هجدهم، یک مفهوم رادیکالی جدید در آناتومی ظاهر شد که بر اساس آن "بیماری‌ها پیامد مستقیم آسیب‌شناسی ارگآنها هستند و ناشی از "مزاج" ناپایدار نبودند". جیوانی باتیستا مورگانی[2] (۱۶۸۲ تا ۱۷۷۱) از دانشگاه پادوآ اولین کسی بود که ارتباط بین علائم بالینی و یافته‌های اُتوپسی را نشان داد. مورگانی که به عنوان بنیانگذار پاتولوژی شناخته می‌شود. به لطف پیشرفت فنی در میکروسکوپ، رودولف ویرچو[3] (۱۹۰۲-۱۸۲۱) آسیب‌شناسی میکروسکوپی را پایه‌گذاری کرد، در حالی که چارلز رابین[4] در سال ۱۸۷۴ بافت‌شناسی را توسعه داد. نیکلاس پیروگوف[5] از سن پترزبورگ در سال ۱۸۵۳ تکنیک جدیدی را برای مطالعه آناتومی انسان با استفاده از برش‌های ماکروسکوپیک معرفی کرد. این بخش‌ها توپوگرافی اندام را حفظ کردند زیرا هر برش با انجماد نمونه‌های برش‌خورده و غوطه‌ور کردن آنها در الکل ساخته می‌شد. چنین برش‌های ماکروسکوپی ابزار آموزشی قدرتمندی برای یادگیری آناتومی در آن زمان بودند. مهمترین محدودیت این روش تشریح، ماهیت مخرب روش برش زدن بود که فقط بر روی اجساد امکان‌پذیر بود (۱۹۴, ۱۹۹, ۲۰۱, ۲۰۲).

شکل ۳-۴. مدل واقعی سر و صورت فیکس شده Gaetano Guilio Zumbo در سال 1696 (اکنون در موزه مونپلیه[6] است).

1 Félix Vicqd'Azyr
2 Giovanni Batista Morgagni
3 Rudolf Virchow
4 Charles Robin
5 Nicolas Pirogoff
6 Montpellier

شکل ۴-۴. برش عرضی مغز انسان: مواد خاکستری و سفید به وضوح قابل مشاهده هستند. همچنین ماده خاکستری قشر و هسته‌های خاکستری قاعده‌ای قابل شناسایی هستند (موزه سابق آناتومی Delmas Orfila-Rouvière).

در پایان قرن نوزدهم، با توسعه دستگاه اشعه ایکس در دسامبر ۱۸۹۵ توسط ویلهلم رونتگن برای اولین بار در تاریخ این امکان به وجود آمد که استخوآنهای انسان زنده بدون تشریح بدن نمایش داده شود (شکل ۵-۴). از اینرو امکان ثبت تصاویر از درون بدن فراهم گردید و این مسیر توسط بسیاری از فناوری‌های تصویربرداری دیگر دنبال شد. همراه با تزریق ماده حاجب، آناتومی رادیولوژیکی پزشکان را قادر ساخت تا اندام‌ها و مجاری توخالی را مشاهده و بررسی کنند. این رویکردهای جدید، از جمله تکنیک یوروگرافی داخل وریدی را در سال ۱۹۲۳ به وجود آورد. عوامل کنتراست اکنون می‌توانند کل سیستم عروق بدن را با نام‌های آنژیوگرافی، آرتریوگرافی، فلبوگرافی و لنفوگرافی به تصویر بکشند. این روش‌های in vivo می‌توانند شکل اندام‌های پاتولوژیک را بدون باز کردن بدن آشکار کنند. این زمینه‌های آناتومی «مجازی» در حال ظهور برای مؤثر بودن، نیازمند فهم دقیق آناتومی «استاندارد» با واریاسیون‌های طبیعی هستند.



شکل ۵-۴. رونتگن اولین عکس رادیوگرافیک تاریخ را از دست چپ همسرش آنا برتا[1] در تاریخ ۲۲ نوامبر ۱۸۹۵ ثبت کرد.

در ادامه دو انقلاب بزرگ در فناوری برای به تصویر کشیدن آناتومی در قرن بیستم رخ می‌دهد: CT اسکن که توسط گادفری هانسفیلد (۱۹۷۰) اختراع شد و تکنیک MRI که توسط پیتر هانسفیلد[2] و پاول لاتربور[3] در سال ۱۹۷۵ اختراع شد. هر دو فناوری امکان تجسم آناتومی را از طریق برش‌های متعدد یا با بازسازی ساختارهای آناتومیک به صورت ۳بعدی فراهم می‌کنند. از طریق این رویکردها بود که تشریح جسد به دوران مجازی پا گذاشت. جالب توجه اینکه تصاویر ۳بعدی CT و MRI به نقاشان و طراحان اطلس‌های آناتومی کمک کردند که برش‌های مقطعی دقیقتری را برای اهداف آموزشی بکشند. از آن زمان پیشرفت در گرافیک کامپیوتری و تصویربرداری پزشکی منجر به خلق آناتومی دیجیتال به عنوان یک زیرشاخه ضروری از آناتومی شد که بدن انسان را در قالبی بر بستر کامپیوتری ارائه می‌کند. یکی از اهداف اصلی آناتومی دیجیتال درک بیشتر از ساختار فضایی بدن و اندام‌های داخلی است. VR وAR برای این امر بسیار ارزشمند هستند. با استفاده از VR، افراد می‌توانند خود را در یک نمایش گرافیکی از بدن غوطه‌ور کنند، در حالی که با AR آناتومی مجازی می‌تواند منعکس‌کننده بدن واقعی باشد. درست همانطور که دستگاه‌های اشعه ایکس و اسکنرهای CT حیطه آموزشی-درمانی در قرن بیستم را تغییر دادند، به همان اندازه آنالیز تصاویر پزشکی انقلابی در پزشکی قرن بیست و یکم ایجاد خواهند کرد و ابزارهای قدرتمند جدیدی را به وجود می‌آورد که برای کمک به تشخیص بالینی و مدل‌سازی، شبیه‌سازی و

1 Anna Bertha
2 Peter Mansfield
3 Paul Lauterbur

راهنمایی بهتر درمان بیمار طراحی شده اند. پزشکان می‌توانند جراحی هدایت شده با تصویر را از طریق برش‌های کوچک در بدن انجام دهند و از ابزارهای AR و VR برای کمک به اپروچ عمل جراحی استفاده کنند. فناوری‌های دیجیتال آموزش آناتومی را از طریق بهبود ماندگاری یادگیری با ابزارهای جدید مانند VDT تغییر می‌دهند. یک نمونه برجسته از آناتومی دیجیتال پروژه انسان قابل مشاهده[1] (VHP) بود که توسط کتابخانه ملی پزشکی ایالات متحده در پایان قرن بیستم رونمایی شد. VHP تصاویر دیجیتالی با وضوح بالا از بخش‌های آناتومیکی یک بدن انجماد شده را به‌طور رایگان در اینترنت در دسترس قرار داد، همراه با مجموعه‌ای از تصاویر پزشکی حجمی که قبل از برش به دست آمده بودند. این تصاویر توسط مهندسین کامپیوتر در سراسر جهان برای ایجاد نمایش بیشتر اندام‌ها با دقت بالا استفاده می‌شود. اطلس-های دیجیتالی مبتنی بر VHP امکان حرکت در بدن انسان را به صورت ۳بعدی فراهم کرده اند و ثابت کرده اند که به عنوان یک ابزار آموزشی بسیار ارزشمند هستند. در سال‌های اخیر، به لطف رشد چشمگیر رایانه‌ها، پردازنده‌های گرافیکی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، یک انقلاب واقعی در فناوری رخ داد که می‌توان به آن رنسانس VR و AR گفت. بطور ناگهانی، تعداد بی‌شماری از فناوری‌های تعاملی ملموس، دارای قدرت فضایی، قابلیت استریوسکوپی و متحرک ظاهر شدند که توانستند تصاویر و ساختارهای آناتومیک را از قفسه‌ها و سالن‌ها به گوشی‌ها و کامپیوترها منتقل کنند. این یک فرصت طلایی برای آناتومی دیجیتال است که بتوان پارادایم‌ها و رویکردهای تعاملی جالب تر و هیجان انگیزتر برای یادگیری آناتومی طراحی کرد. در مقایسه با رابط‌های WIMP معمولی، VR و AR، قابلیت حرکت بیشتر و کنترل دقیقتر دوربین (مانند سر، دست‌ها، بازوها، پاها، تمام بدن) را ممکن می‌کنند. از اواخر دهه ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۰۰، پارادایم ویندوز، نمادها، منوها، و اشاره‌گر (WIMP[2]) غالب شد. چنین پارادایم تعاملی فاقد ورودی فضایی مستقیم است، درجه آزادی کار با ماوس و حرکت محدودی را ارائه می‌کند، تقسیم‌بندی آن پیکسل به پیکسل است و کاربران را مجبور می‌کند تصویر ذهنی ۳بعدی را از مجموعه‌ای از برش‌های ۲بعدی بسازند، تنها یک کاربر می‌تواند با سیستم کار کند. به عنوان مثال، پروژه انسان مرئی کره ای[3] ۸ سال طول کشید تا با استفاده از رابط‌های WIMP و ورودی ماوس بخش‌بندی شود (۲۰۳). تشریح جسد ابزاری برای مطالعه جزئیات ساختاری بدن و منبع آموزشی برای توصیف ارگانهای آناتومیک است. با این حال، تشریح جسد برای اهداف آموزشی و درسی با موانع اخلاقی مواجه است (۲۰۴). همچنین، پس از تشریح جسد، نتایج غیرقابل برگشت می‌شوند زیرا عناصر و ساختارهای بازشده در مسیر تشریح ارگان هدف آسیب می‌بینند. علاوه بر این، کمبود جهانی جسد در دانشکده‌های پزشکی برای آموزش دانشجویان و جراحان وجود دارد. به دلیل مشکلات مربوط به استفاده از جسد، بسیاری از برنامه‌های درسی در آناتومی تغییری را به سمت استفاده بیشتر از روش‌های جایگزین آموزش شامل پلاستینه و تصویربرداری مبتنی بر کامپیوتر ارائه کرده‌اند (۱۵۹, ۲۰۵). در مگاپروژه‌هایی مانند پروژه انسان مرئی (راه‌اندازی در سال ۱۹۹۸)(۲۰۶)، انسان مرئی کره‌ای (راه‌اندازی در سال ۲۰۰۵) (۲۰۷)، و انسان مرئی چینی (راه‌اندازی در سال ۲۰۰۳)(۲۰۸) کرایوتومی[4] سریالی از اجساد انجام شد و تصاویر مقطعی حاصل شده با استفاده از تکنیک‌های تجسم و بخش‌بندی[5] پیشرفته به مدل‌های ۳بعدی تبدیل شدند. گردآوری این تصاویر ۳بعدی یک آرشیو ضروری برای آموزش علوم پزشکی ایجاد کرد. این پروژه‌ها که در ابتدا بر اهداف آموزشی متمرکز بودند، در ادامه برای اهداف جدید شامل جراحی

1 Visible Human Project
2 Windows, Icons, Menus, and Pointer
3 Visible Korean Human
4 Cryotomy
5 visualization and segmentation techniques

مجازی، آندوسکوپی مجازی، برنامه‌ریزی جراحی (جراحی با هدایت تصویر[1]) و شبیه‌سازی پراتیک گسترش یافتند. تصاویر پزشکی حاوی اطلاعات زیادی هستند. تصویر تشریحی یک اندام، یا حتی کل بدن، می‌تواند بصورت میلیون‌ها وکسل و هزاران گیگابایت حافظه ذخیره شود. ماهیت[2]، تعداد[3] و وضوح[4] تصاویر پزشکی با پیشرفت و توسعه مداوم تکنیک‌ها و آبشن‌های تصویربرداری همچنان در حال رشد است. در علوم پزشکی از پنج روش تصویربرداری شامل: سی تی اسکن (CT)، تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)، اکوگرافی (سونوگرافی)، و توموگرافی انتشار پوزیترون (PET) یا اسکن گاما سینتی گرافی (SPECT) استفاده می‌شود. به غیر از سینتی گرافی، تصاویر تولید شده توسط دیگر روش‌ها حجمی هستند: آنها جزئیات را در هر نقطه از ارگانیسم در مقیاس کوچک به نام وکسل (عناصر حجمی) نشان می‌دهند.

روش سنتی آموزش و یادگیری آناتومی شامل کلاس‌های دانشگاهی است که توسط استاد برگزار می‌شود. علاوه بر این، دانشجویان محتوای علمی و یادگیری را در اتاق‌های تشریح با استفاده از مولاژهای آناتومیک، مشاهده جسد، استفاده از اطلس‌های کاغذی ۲بعدی یا تصاویر با قابلیت چرخش جهت‌دار در گوشی‌های هوشمند تجربه می‌کنند و از این طریق ساختارها و عناصر را شناسایی و متمایز می‌کنند. هنگامی که دانشجویان مقطع کارشناسی یا دکترای حرفه‌ای وارد دانشگاه می‌شوند، با تعدادی از چالش‌ها در رابطه با سبک مطالعه و قواعد یادگیری در آموزش عالی مواجه می‌شوند. این مشکلات در یادگیری و آموزش آناتومی به مراتب بیشتر از واحدهای درسی دیگر دوره علوم پایه است. چالش‌های یادگیری که احتمالاً در طول آموزش آناتومی به وجود می‌آیند شامل ناآشنا بودن اصطلاحات آناتومیک و حجم زیاد آنها، روابط فضایی ۳بعدی پیچیده ارگانها، تکنیک‌های تشریح عملی و شناسایی ساختارهای متفاوت بدن (اما یکدست) روی جسد به دلیل استفاده از ماده فیکساتیو هموژن کننده است. مدل‌های چاپ شده ۳بعدی با موفقیت در آموزش آناتومی گنجانده شده اند و به دانشجویان اجازه می‌دهد مدل‌ها را به خانه ببرند. طرفداران استفاده از مدل‌های ۳بعدی در مقابل نمونه‌های آناتومیکی پلاستینه مزایای کلیدی را از جمله فقدان مقررات قانونی، در دسترس بودن و ادغام در آموزش چندوجهی برای بهبود نتایج آموزشی ذکر کرده‌اند (۲۰۹, ۲۱۰). از آنجایی که هیچ محدودیت قانونی برای حمل و نقل و استفاده از این مدلها وجود ندارد، این امر ارزیابی‌ها را در انواع بیمارستانها، دانشگاه‌ها یا محیط خانه تسهیل می‌کند که در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ راهگشا بود. علاوه بر این، مدل‌های ۳بعدی پایایی[5] ارزیابی را بهبود می‌بخشد زیرا همه دانشجویان با مدل یکسان ارزیابی می‌شوند (۲۱۱). دانشجویان باید شایستگی‌هایی را به دست آورند که به آنها امکان می‌دهد خودشان یاد بگیرند و برای رویارویی با دنیای پیچیده و به سرعت در حال تغییر مجهز شوند. فناوری می‌تواند برای کمک به فراگیران برای مقابله با نیازهای فعلی و آینده جامعه مفید باشد. در عصر دیجیتال کنونی پیشرفت و توسعه تکنولوژی‌های نوین بسیار چشمگیر بوده است. این پیشرفت بخصوص در چند سال اخیر منجر به ارتباط همگرا بین علوم مختلف شده است که در این راستا علوم پزشکی نیز بی نصیب نمانده است. از آنجایی که قلب تپنده علم پزشکی از اساس علم تشریح بوده است، به نظر می‌رسد که ایجاد تحول در نحوه آموزش و سبک تدریس این علم منجر به تحول در حیطه‌های بالینی مرتبط خواهد شد که می‌توان گفت تقریباً تمام رشته‌های تخصصی پزشکی را شامل خواهد شد. در گذشته علم آناتومی با تشریح جسد، طراحی مولاژهای پلاستیکی، پلی استری و... و تولید لام‌های بافت‌شناسی شروع شد و نهایتاً تا همین چند دهه اخیر به

1 image-guided surgery (IGS)
2 nature
3 number
4 resolution
5 reliability

نرم‌افزارهای ۳بعدی مبتنی بر وب و آپ‌های گوشی‌های هوشمند ختم شد که صرفاً حیطه آناتومی ماکروسکوپیک و را پوشش می‌دادند، اما در چند سال اخیر با پیشرفت فناوری بلاک‌چین و یادگیری ماشین مانند VR و AR، روش‌ها و فناوری‌های تصویربرداری عصبی، پرینتر ۳بعدی، ابزارهای اولتراسونیک و.. منجر به تحولات عظیمی در توانایی تدریس و یاددهی آناتومی در سطح عملکردی حتی در نمایش حوادث سلولی تکامل جنین یا انتقال نوروترانسمیتری و مدارهای عصبی شد. به دنبال آن حیطه‌های مختلف آناتومی مانند آناتومی سطحی، رادیولوژیک و مقطعی، آنتروپولوژیک و اندوسکوپیک، جنین‌شناسی سیستمیک و سلولی گسترش یافت. تغییرات و تحولاتی که در دنیای تکنولوژی آموزشی رخ می‌دهد، مستقیماً روی سیستم‌های یاددهی و یادگیری تاثیرگذار است. اینکه استفاده از تکنولوژی در آموزش تا چه میزان اهمیت دارد و اینکه چگونه اساتید، دانشجویان و واحدهای مجری آموزش با این فناوری همگام شوند، یک نگرانی بزرگ در علوم پزشکی است. اگرچه استراتژی، سناریو و روش‌های یادگیری نباید برای همه یکسان باشد، اما تا همین چند وقت پیش سیستم‌های آموزش سنتی بستر و شرایط پیاده‌سازی چنین قابلیتی برای یادگیری سفارشی را نداشتند. با وجود ابزارهای تکنولوژیکی و رابط‌های مدرن، اکنون می‌توان بر اساس نیاز، سطح علمی فراگیران و دانشجویان، نوع واحد درسی، دوره‌های آموزشی را با تنوع و کیفیت بالایی طراحی کرد. ما در اینجا در مورد کاربرد فناوری‌های نوین که در آموزش و یادگیری واحدهای درسی علوم تشریح (آناتومی ماکروسکوپیک، نوروآناتومی، جنین‌شناسی، بافت‌شناسی، سلول-های بنیادی و مهندسی بافت) استفاده شده است، بحث خواهیم کرد. در این راستا مهمترین فناوری‌ها شامل: VR و AR، پرینت ۳بعدی، هوش مصنوعی، هولوگرام و بلاک‌چین است.

تا سال ۲۰۰۰، اکثر دانشکده‌ها (حدود ۸۰٪ تا ۱۰۰٪ در گزارش‌های منتشر شده) از رادیولوژی در آموزش آناتومی پیش‌بالینی استفاده می‌کردند. برخی از موسسات تنها بر اساس درخواست دانشجو از تصویربرداری برای تدریس استفاده می‌کنند، در حالی که سایر دانشگاه‌ها اساتید را ملزم می‌کنند که برای آموزش آناتومی از رادیولوژی کمک بگیرند (۲۱۲). مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۶ گزارش داد در ۸۰ درصد برنامه‌های ایالات متحده و کانادا تکنیک‌های رادیولوژی در تدریس واحدهای آناتومی دیده می‌شود، اما تنها ۵ درصد از زمان تدریس را شامل می‌شود (۲۱۳). نظرسنجی‌های جدیدتر گزارش کردند ۱۰۰ درصد دانشکده‌های پزشکی در استرالیا و نیوزلند رادیولوژی را در دوره‌های آناتومی خود درگیر می‌کنند (۲۱۴).

تجارب جهانی نقش پرینتر ۳بعدی در یادگیری علوم تشریح

برای قرن‌ها، کالبد شکافی جسد مهمترین سنگ بنای آموزش آناتومی بوده است. سپس تدریس با کمک سخنرانی، اطلس و سکشن‌های پلاستینه و همچنین تصاویر فوتوگرافی دیجیتال مرسوم شد. اخیراً یک ساختار آموزشی جدید بوجود آمده است که در آن اجساد مصنوعی[1] از طریق پرینت ۳بعدی مجموعه داده‌های رادیولوژیکی بیمار ساخته می‌شوند. از برخی جهات، آناتومی پرینت ۳بعدی نسبت به روش‌های آموزشی قدیمی‌تر برتری دارد، زیرا قطعات ارزان و دارای قابلیت تنظیم مقیاس هستند، می‌توانند کل بازه سنی را پوشش دهند، می‌توان آنها را هم جدا کرد و هم دوباره سرهم کرد و فایل‌های داده را می‌توان در هر نقطه از جهان و در تعداد زیاد چاپ کرد (۲۱۵). پیشنهاد شده است که استفاده از مدل‌های فیزیکی و تصاویر ۳بعدی دیجیتال ارزش بیشتری دارد، هم موقعیت فضایی اشیاء ۳بعدی و تصاویر ۲بعدی از تجسم شناختی پشتیبانی می‌کند، و اینکه پیوندهای قوی بین یادگیری آناتومی و درک بصری–فضایی وجود دارد (۲۱۶). پرینت ۳بعدی

1 artificial cadavers

شامل تبدیل مدل‌های دیجیتال ۳بعدی به مدل‌های فیزیکی، از طریق فرآیند ساخت لایه به لایه است. می‌توان از مواد مختلفی از جمله آکریلونیتریل بوتادین استایرن[1]، پلی لاکتیک اسید[2]، پلی وینیل[3]، پلی اتیلن[4]، چوب، فلز و رشته‌های فیبر کربن استفاده کرد (۲۱۷). آموزش آناتومی به طور مداوم موضوع بحث برانگیز بوده است، به ویژه در زمینه استفاده از مواد جسد در آموزش حرفه‌ای پزشکی و مرتبط با آن. با توجه به نوسازی برنامه درسی پزشکی و پیشرفت‌های تکنولوژیکی، آموزش آناتومی فراتر از تشریح جسد خالص تکامل یافته است. تکنیک‌های پلاستینه، مدل‌سازی ۳بعدی و فناوری‌های پرینت ۳بعدی به تدریج اهمیت پیدا کرده اند. نظرسنجی‌های معتبر و پایای محدودی برای ارزیابی درک دانشجویان از این ابزارهای جدید آموزش آناتومی وجود دارد. کاهش آموزش مبتنی بر تشریح در برنامه‌های آموزشی حرفه‌ای سلامت پزشکی و مرتبط تا حدی به دلیل ملاحظات مربوط به حفظ برنامه‌های وصیت، دسترسی به اجساد انسانی و نگرانی‌های مربوط به ملاحظات بهداشتی و ایمنی برای دانشجویان و کارکنانی است که در معرض مایعات فیکس جسد قرار دارند. پرینت‌های ۳بعدی به‌عنوان یکی از پیشرفت‌های مهم فناوری مدرن مطرح است و به طور گسترده در علوم بهداشتی استفاده می‌شود (۲۱۸). جنبه نرم‌افزاری و طراحی این مدل‌های ۳بعدی بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از طریق CT یا MRI است (۲۱۹) که می‌تواند تصاویر رنگی و دقیقی را تولید کند (۲۲۰). آموزش آناتومی یکی از شاخه‌های علمی است که تمایل بسیاری به استفاده از فناوری دارد (۲۱۹). مطالعه Fasel و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که پرینت‌های ۳بعدی یک همبستگی کیفی و کمی بسیار خوب با وضعیت آناتومیک ارگآنها در Invivo دارند، بنابراین می‌تواند به عنوان بخشی از برنامه درسی آناتومی در مقطع کارشناسی گنجانده شود (۲۲۱).

Garas و همکاران (۲۰۱۸) در دانشگاه کرتین[5] استرالیا برای ارزیابی امکان سنجی این تکنولوژی به عنوان یک ابزار آموزشی آناتومی، آنها یک مطالعه مقدماتی بر روی دانشجویان کارشناسی انجام دادند. مطالعه آنها شامل یک پیش-آزمون[6]، برگزاری آزمون (آزمون آناتومیک) و بررسی پس-آزمون[7] بود. در طول پیش‌آزمون، به همه شرکت‌کنندگان (هم بدون تجربه قبلی و هم گروه‌های با تجربه) معرفی مختصری در مورد ایمنی آزمایشگاه و روش مطالعه دادند. سپس شرکت‌کنندگان در معرض نمونه‌های ۳بعدی و ساختارهای پین شده جسد تازه و سکشن‌های پلاستینه‌شده قلب، شانه و ران قرار گرفتند. سپس یک نظرسنجی پس-آزمون شامل پنج سوال به شرکت کنندگان ارائه شد. در مجموع، ۲۳ شرکت کننده آزمون تشریحی و نظرسنجی پس-آزمون را تکمیل کردند. تعداد بیشتری از شرکت‌کنندگان (۸۵٪) به پاسخ‌های مناسب برای مدل‌های ۳بعدی در مقایسه با احشای جسد تازه و پلاستینه‌شده دست یافتند، ۷۴ درصد از دانشجویان مدل‌های ۳بعدی را به‌عنوان قابل استفاده‌ترین ابزار برای شناسایی ساختارهای سنجاق‌شده انتخاب کردند و ۴۵ درصد مدل‌های ۳بعدی را به عنوان ترجیح خود انتخاب کردند. اگرچه حجم نمونه مطالعه آنها کم بود اما میزان یادگیری آناتومی فراگیران تائیدکننده امکان‌سنجی مدل‌های پرینت ۳بعدی به‌عنوان یک استراتژی ارزشمند در یادگیری آناتومی است (۲۲۲).

در مطالعه Kong و همکاران (۲۰۱۶) جسد تازه یک مرد ۵۸ ساله را پس از پرفیوژن با آکریلونیتریل بوتادین استایرن

1 acrylonitrile butadiene styrene
2 polylactic acid
3 polyvinyl alcohol
4 polyethylene
5 Curtin University
6 pre-test
7 post-test

مخلوط با ۵ درصد اکسید سرب و فرمالین فیکس کردند. سپس ۱۴۸ تصویر مقطعی از کبد وی توسط دستگاه CT اسکن ۶۴-اسلایس (فیلیپس، هلند) با اندازه ۰/۵ میلی‌متر بدست آمد. پس از بازسازی ۳بعدی، سه نوع مدل کامپیوتری ۳بعدی ساختارهای کبدی به عنوان مدل‌های بخش‌های کبدی بدون پارانشیم (نوع ۱) و با پارانشیم شفاف (نوع ۲) و مجاری کبدی با پارتیشن‌های سگمنتال (نوع ۳) طراحی و پرینت ۳بعدی شدند. سپس شش کارشناس به عنوان داور برای ارزیابی سه نوع مدل بخش کبدی (چهار استاد از گروه آناتومی و دو مشاور از بخش جراحی کبد و مجاری صفراوی، بیمارستان Nanfang، دانشگاه پزشکی جنوبی، چین) انتخاب شدند. پرسشنامه‌ای برای ارزیابی سه نوع مدل کبد به عنوان یک ابزار کمک آموزشی آناتومی براساس مقیاس لیکرت[1] طراحی شد (۱ = کاملاً مخالفم؛ ۲ = مخالف؛ ۳ = نه موافقم نه مخالف؛ ۴ = موافق؛ و ۵ = کاملاً. موافق) که مدل را از نظر تطابق با آناتومی واقعی بدن (واقع گرایی وضعیت آناتومیکی)، کیفیت، رنگ، لمس و رضایت کلی (ارتباط برقرار کردن با مدل) از مدل ارزشیابی می‌کرد. سپس یک کارآزمایی تصادفی‌سازی و کنترل‌شده برای ارزیابی اثرات آموزشی این مدل‌های پرینت ۳بعدی در مقایسه با اطلس آناتومی روتین[2] (TAA) طراحی شد. این کارآزمایی از دو آزمون با فاصله آموزشی ۵ روزه تشکیل شده بود تا مشخص شود که دانشجویان پزشکی تا چه اندازه دانش بخش‌های کبدی را که با وسایل کمک آموزشی مختلف آموخته بودند، فرا خواهند گرفت. این مرحله با منحنی فراموشی ابینگهاوس[3] سازگار است. ۹۲ دانشجوی سال اول پزشکی که آموزش جلسات کلاسی مربوط به کبد و مجاری صفراوی را تکمیل کرده بودند به عنوان شرکت کننده انتخاب شدند. در ابتدا، یکی از مدرسان مروری کوتاه بر دانش آناتومی بخش‌های کبدی به آنها ارائه کرد. سپس، آنها به طور تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند که از سه گروه خواسته شد به ترتیب، سه نوع مدل پرینت ۳بعدی بخش‌های کبدی را مشاهده کنند، در حالی که از یک گروه خواسته شد تنها اطلس آناتومی روتین را مطالعه کند. بلافاصله پس از مطالعه ۱ ساعته، از همه شرکت کنندگان خواسته شد تا در یک مسابقه کلاسی در مورد دانش بخش‌های کبدی شرکت کنند. پنج روز بعد، از آنها خواسته شد تا بدون مرور مطالب درسی، آزمون دیگری در مورد دانش بخش‌های کبدی انجام دهند. برای دو آزمون، دو آزمون کتبی ۱۵ سئوالی متفاوت از آناتومی کبد طراحی شد. همان مدرسان قبلی تمام برگه‌ها را تصحیح و نمره دادند. بر اساس ارزیابی متخصصین، مدل تیپ ۳ نسبت به مدل‌های نوع ۱ و ۲ طراحی آناتومیکی دقیقتری داشت. مدل‌های تیپ ۲ و ۳ از نظر لامسه بهتر از مدل نوع ۱ بودند. مدل نوع ۳ از نظر رضایت کلی (ارتباط برقرار کردن با مدل) بهتر از مدل نوع ۱ بودند. آزمون اول نشان داد که مدل نوع ۱ بهتر از مدل نوع ۲ و اطلس است، در حالی که مدل نوع ۳ نسبت به نوع ۲ و اطلس در اثرات آموزشی بهتر بود. آزمون دوم نشان داد که مدل نوع ۱ بهتر از اطلس بود، در حالی که مدل نوع ۳ در مقایسه با مدل نوع ۲ و اطلس اثرات آموزشی بهتری داشت. نمره گروهی که از اطلس استفاده کرده بودند بین دو آزمون کاهش قابل توجهی داشت. آنها گزارش کردند مدل‌های پرینت ۳بعدی می‌توانند کیفیت واقعی یک نمونه فیزیکی را داشته باشند و در یادگیری آناتومی و ماندگاری مطالب آموخته شده مفید باشند (۲۲۳).

Hammerton و همکاران (۲۰۲۲) در انگلیس از مدل‌های چاپی ۳بعدی قلب برای دانشجویان سال اول پزشکی در دانشکده پزشکی دانشگاه کالج لندن[4] (UCLMS) در یک آزمون عینی بالینی و عملی (OCaPE)، قالبی شبیه به آزمون

1 Likert scale
2 traditional anatomical atlas
3 Ebbinghaus Forgetting Curve
4 University College London

بالینی OSCE، استفاده کردند. آنها مدل‌های قلب چاپ‌شده ۳بعدی را از پایگاه داده فایل‌های استریولیتوگرافی[1] (STL) به کمک پایگاه داده حاصل از تصاویر CT و MRI تولید کردند. این مدل با پشتیبانی آزمایشگاه آناتومی و دانشکده معماری بارتلت و با مشورت دو عضو هیئت علمی آناتومی طراحی شد. این مدل در آموزش گروهی کوچک آناتومی قلب برای دانشجویان سال اول پزشکی ادغام شد. از همین مدل در ارزیابی تکوینی[2] گروهی به سبک viva برای همه دانشجویان سال اول استفاده شد. اساتید آناتومی و آموزش پزشکی هر دو طرح ارزیابی را بررسی کردند و قالبی را تنظیم کردند که دانشجویان را ملزم می‌کرد مستقیماً با مدل تعامل داشته باشند تا ویژگی‌های آناتومیکی قلب را برچسب‌گذاری کنند و به سؤالات مرتبط پاسخ دهند. پس از آن، به هر دانشجو یک مدل داده شد تا برای مرور به خانه ببرند. شرکت کنندگان در مطالعه بر اساس گروه سال تحصیلی پزشکی خود شناسایی شدند. کل گروه با استفاده از مدل ۳بعدی آموزش داده شد و همان ارزیابی تکوینی را انجام داد که شامل مدل ۳بعدی می‌شد. دو هفته پس از ارزیابی، پس از یک سخنرانی، از کل گروه سال خواسته شد تا به طور داوطلبانه یک پرسشنامه آنلاین را تکمیل کنند. شش هفته بعد، پرسشنامه‌هایی برای همه اساتید درگیر در آموزش ارسال شد. پرسشنامه مطابق راهنمای دنسکامب[3]، هم توسط اساتید (براساس معیارهای اوتاوا) و هم دانشجویان طراحی شد. نتایج آنها نشان داد که ۸۹ درصد دانشجویان و ۹۱ درصد اساتید ارزیابی را قابل قبول دانستند. داده‌های کمی و کیفی نشان می‌دهند که استفاده از مدل‌های ۳بعدی در ارزیابی تکوینی به طور کلی برای دانشجویان و اساتید UCLMS قابل قبول است. هر دو گروه دانشجویان و اساتید مزایای دسترسی، سازگاری و هم ارزی[4] را تشخیص دادند. در گروه‌های کانونی، اساتید بر روی هم‌ترازی تمرکز کردند و مدل ۳بعدی را در همسویی فعالیت‌های آموزشی و استراتژی‌های ارزیابی سازنده می‌دانند. در مقابل، دانشجویان اظهار کردند که این مدل یک ابزار بازبینی مفید در کنار تشریح جسد است و برخی گفتند این مدل انگیزه برای یادگیری را افزایش می‌دهد (۲۲۴).

مطالعه Ben Awadh و همکاران (۲۰۲۲) در انگلستان نشان داد براساس آنالیز پاسخ‌های ۵ نقطه‌ای لیکرت دانشجویان جدید پزشکی (تعداد ۳۱۹ نفر)، افزایش قابل توجهی در توانایی تفسیر آناتومی مقطعی قفسه سینه در مقایسه با توانایی در تفسیر تصاویر شکم وجود داشت. در مطالعه آنها سؤالات تحقیق به شرح زیر بود: ۱) دانشجویان تازه‌کار پزشکی کدام حوزه‌های یادگیری آناتومی را چالش‌برانگیزترین می‌دانند، ۲) عملکرد تفسیر آناتومی مقطعی دانشجویان پزشکی تازه-کار[5] تا چه اندازه تحت تأثیر استفاده آنها از یک فعالیت یادگیری ۳بعدی چندوجهی جدید است در مقایسه با رویکردی که شامل تصاویر ۲بعدی است، ۳) تا چه اندازه توانایی چرخش ذهنی[6] دانشجویان تازه کار پزشکی بر عملکرد آنها در هنگام تفسیر آناتومی مقطعی پایه از طریق استفاده از فعالیت‌های چندوجهی و ۲بعدی تأثیر می‌گذارد و ۴) دانشجویان مبتدی چگونه درک می‌کنند که عناصر یک مداخله ۳بعدی چندوجهی ممکن است بر یادگیری آنها تأثیر بگذارد؟ دوره کارشناسی پنج ساله M.B.B.S. پزشکی (لیسانس پزشکی و جراحی) در دانشگاه نیوکاسل، در قالب یکپارچه مبتنی بر مورد[7] ارائه می‌شود. در مطالعه آنها ورودی ۲۰۱۷ شامل ۲۸۷ دانشجو بود که برای ورودی ۲۰۱۸ به ۳۳۵ نفر افزایش یافت. تدریس در دو سال اول پیش بالینی این برنامه، با عنوان "ضرورت‌های عملی پزشکی[8]" به عنوان ۲۵ واحد مجزا ارائه می‌شود که هر

1 STereoLithography
2 formative assessment
3 Denscombe's Guide
4 accessibility, consistency, and equivalence
5 novice medical students
6 mental rotation
7 integrated case-based format
8 Essentials of Medical Practice

کدام یک تا چهار هفته طول می‌کشد، که توسط یک واحد مقدماتی سه هفته‌ای در سال اول و یک واحد سه هفته‌ای "گذر به یادگیری مبتنی بر بالین[1]" در پایان سال دوم استوار است. آناتومی فقط در مرحله ضرورت‌های عملی پزشکی ارائه می‌شود و در چندین مورد مرتبط در طول سال اول و دوم تعبیه شده است. در سال تحصیلی ۲۰۱۸، نمونه‌هایی از ادغام آناتومی شامل سال اول مورد ۱ (بیماری قلبی شامل آناتومی قفسه سینه و قلب و عروق) و مورد ۲ (بیماری کلیه شامل آناتومی شکم و کلیه) بود. قبل از تأثیر همه‌گیری COVID-19 بر آموزش تشریحی، قسمت ضرورت‌های عملی پزشکی در راهنماهای آنلاین و فیزیکی آماده‌سازی مبتنی بر سخنرانی، و در کلاس‌های عملی ارائه می‌شد. جلسات آزمایشگاه آناتومی در جلسات ۱ تا ۱.۵ ساعته ارائه شد و هشت بار در هر گروه تکرار شد تا گروه‌های تقریباً ۴۰ نفری در هر جلسه را در خود جای دهد که سپس به پنج زیر گروه تقسیم شدند. بنابراین، هر زیرگروه متشکل از حدود هشت دانشجو بود و توسط یک نمایش‌دهنده آموزش‌دیده بالینی در یک محیط جداگانه انجام می‌شد. یافته‌ها نشان داد که تفسیر ویژگی‌های آناتومیکی در تصاویر مقطعی به‌ویژه برای دانشجویان تازه‌کار پزشکی چالش برانگیز است. ترکیب رویکردهای یادگیری چندوجهی در یک کلاس آناتومی قلبی–عروقی مبتنی بر پروسکشن[2] در این مطالعه نشان داد که یادگیری و تجربه دانشجو از آناتومی مقطعی قفسه سینه را افزایش می‌دهد. این یافته ممکن است به دلیل ترکیب انواع منابع ۲بعدی و ۳بعدی مناسب باشد که می‌تواند مشاهده و تجسم آناتومی را از منظرهای متعدد تسهیل کند. مشخص شد که عملکرد دانشجو مستقل از توانایی چرخش ذهنی است، بنابراین چنین فعالیت‌هایی ممکن است برای جمعیت‌های مختلف دانشجویان با مهارت‌های فضایی متنوع مفید باشد (۲۲۵).

Mogali و همکاران (۲۰۲۲) در یک مطالعه متقاطع تصادفی‌سازی و کنترل‌شده[3] در سنگاپور اثربخشی مدلهای ۳بعدی ساده (قلبی) و پیچیده (گردن) در مقایسه با سکشن‌های پلاستینه به همراه یک سخنرانی مقدماتی را بر میزان یادگیری ارزیابی کردند. این مطالعه در دو مرحله انجام شد که در آن شرکت‌کنندگان در مرحله اول به‌طور تصادفی به گروه‌های مدل ۳بعدی (n = 31) و پلاستینه قلبی (n = 32) تقسیم شدند، در حالی که همان گروه‌ها در مرحله دوم برای یادگیری آناتومی گردن سوئیچ شدند. پیش–آزمون، فعالیت‌های حین آموزش و پس–آزمون برای هر مرحله انجام شد. مقیاس چارچوب میلر[4] برای ارزیابی پیامدهای شناختی استفاده شد. بهبود قابل توجهی در دانش پایه دانشجویان با ۲۹.۷٪ و ۳۱.۳٪ برای مرحله اول، ۳۱.۷٪ و ۳۱.۳٪ برای مدل‌های پلاستینه و 3DP در مرحله دوم وجود داشت. نمرات پس–آزمون فازهای قلبی و گردن تفاوت معناداری نداشتند. علاوه بر این، هیچ تفاوتی هنگام مقایسه حیطه‌های شناختی برای هر دو مورد مشاهده نشد. این نتایج نشان می‌دهد که سخنرانی مقدماتی به همراه حالت‌های پلاستینه یا 3DP برای یادگیری آناتومی قلب و گردن موثر است (۲۲۶).

مطالعه Lim و همکاران (۲۰۱۶) که به صورت کارآزمایی کنترل شده تصادفی دوسوکور بر روی ۵۲ دانشجوی پزشکی انجام شد نشان داد استفاده از مدل پرینت ۳بعدی برای آموزش آناتومی قلب به طور قابل توجهی نمرات پس–آزمون دانشجویان را در مقایسه با آموزش بواسطه جسد بهبود می‌بخشد و پیشنهاد کردند استفاده و ارزیابی مداوم از این تکنولوژی به عنوان مکمل برنامه‌های درسی آناتومی انجام شود (۲۲۷). به نظر می‌رسد اثربخشی آموزشی پرینت ۳بعدی زمانی که نواحی پیچیده تشریحی را بازتولید می‌کند، روش کارآمد و مناسبی است و دانشجویان در ابتدای ترم و هنگام

1 Transition to Clinically-Based Learning
2 prosection-based cardiovascular anatomy
3 randomized-controlled crossover
4 Miller's framework

گذراندن واحدهای آناتومی می‌توانند به آسانی از آنها استفاده کنند.

مطالعه Backhouse و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر مدل چاپی ۳بعدی اربیت بـر درک و یـادگیری ۶۹ دانشـجوی بینایی‌سنجی دانشگاه Deakin (استرالیا) پرداختند. اسکن ۳بعدی از جمجمه با اسکنر نوری HP 3D Pro S3 (Hewlett-Packard Inc., Palo Alto, CA) انجام شد و با نرم‌افزار DAVID Laserscanner Pro Edition بازسـازی شـد. دوره لیسانس علوم بینایی/کارشناسی ارشد بینایی سنجی یک دوره ۳.۵ ساله است که در ۱۰دوره سـه‌ماهـه تـدریس مـی‌شـود. دانشجویان ابتدا یک واحد مقدماتی ۱۱ هفته‌ای در مورد سلول‌ها و ژن‌ها در سه ماهه اول سال اول، قبـل از شـروع واحـد تخصصی آناتومی چشم شامل ساختار و ضمائم حفره چشم، لایه‌ها و ساختارهای داخل چشـم، عضـلات خـارج چشـمی را می‌گذرانند و در سه ماهه دوم سال اول ساختارهای عروقی–عصبی چشم به آنها تدریس مـی‌شـود. ایـن واحـد درسـی در دانشگاه Deakin با استفاده از رویکرد FC شامل یک سخنرانی ۱ ساعته و ۲ ساعت آموزش الکترونیکی آنلایـن بصـورت هفتگی و در ادامه یک کلاس حضوری ۲ ساعته ارائه می‌شود که در پایـان هفتـه سـطح یـادگیری فعـال بـا مـدل‌سـازی پلاستینه، ترسیم نقاشی آناتومیک و ارائه کیس‌های مربوط به اربیت به بررسی نتایج یادگیری در طی هفتـه مـی‌پرداختنـد. سخنرانی‌ها و رویکرد FC توسط شش کلاس عملی ۲ ساعته به کمک تشریح پروسکشـن چشـم، مولاژهـای آناتومیـک، اسلایدهای بافت‌شناسی و تکنیک‌های اپتومتریک (مانند معاینه لامپ اسلیت، توموگرافی انسجام نـوری و بررسـی میـدان بینایی) پشتیبانی می‌شدند. برای ارزیابی از پرسشنامه فردی، مقیاس لیکرت و آزمون چند گزینه‌ای در اواسط هر سه ماهه و امتحان چند گزینه‌ای در پایان سال استفاده شد. پرسشنامه برای سنجش درک دانشجویان از چگونگی کمک مدل ۳بعـدی اربیت به یادگیری و نظرات در مورد انواع منابع یادگیری که برای یادگیری آناتومی اربیت ترجیح می‌دهند، بـود. تقریبـاً ۱۵ دقیقه در پایان فعالیت آموزشی برنامه ریزی شده برای تکمیل پرسشنامه به دانشجویان اختصاص داده شد. نتایج نشان داد مدل ۳بعدی اربیت به خوبی توسط دانشجویان مورد استقبال قرار گرفت و ایـن مـدل ۳بعـدی را بـه عنـوان منبعـی بـرای یادگیری آناتومی استخوان اربیت در مقایسه با منابع یادگیری سنتی ترجیح دادند و معتقد بودند که این مدل به آنها کمـک می‌کند تا روابط فضایی استخوآنها را بهتر درک و تجسم کنند و اعتماد به نفس آنها را برای به کارگیری این دانش افزایش می‌دهد. به طور کلی، شرکت کنندگان دوست داشتند که مدل را با همدیگر به کمک پرینتر بسازند، بتواننـد آن را لمـس و احساس کنند، همچنین آنها هر زمان که دوست داشتند به آن دسترسی داشتند. فناوری پرینت ۳بعدی این پتانسـیل را دارد که منابع یادگیری مؤثری را ایجاد کند که نه تنها کم‌هزینه است بلکه به آسانی در دسترس دانشجویان اسـت و مـی‌توانـد برای هر فردی شخصی‌سازی‌شده شود (۲۲۸). جنین‌شناسی که یکی از دروس بسیار کلیدی علوم تشریح است و برای فهم بسیاری از مباحث بالینی موردنیاز است. تدریس و آموزش این واحد درسی با چالش‌هـای متعـددی مواجهـه اسـت چراکـه تکامل و رشد جنین یک فرآیند پیوسته و دینامیک است. دانش رشد جنینی برای درک روابط توپوگرافی پیچیده اندام‌هـا در بدن انسان و درک ناهنجاری‌های مادرزادی بسیار مهم است. متأسفانه، دانشجویان علوم پزشکی باید با کتاب‌هـای درسـی که از طرح‌واره‌های ایستا و ۲بعدی استفاده کنند تا مورفوژنز پیچیده ۳بعدی بدن انسان در حال رشد را درک کنند و در این زمینه پژوهش‌های کاربردی و کارآزمایی با فناوری‌های نوین انجام نشده است (۲۲۹).

تجارب جهانی نقش VR، VDT و AR در یادگیری علوم تشریح

پیشرفت فناوری‌های مدرن به مدرسان و اساتید این امکان را داده است که از دستگاه‌ها و ابزارهـای دیجیتـال مختلـف در برنامه‌های درسی خود به طور فزاینده‌ای استفاده کنند. دانشجویان آناتومی امروزی اکنون می‌توانند به تلفن‌های هوشمند و

تبلت‌هایی با قدرت پردازش سریع‌تر و حافظه بزرگ‌تر دسترسی داشته باشند. این به آنها اجازه می‌دهد تا به کتاب‌های درسی آناتومی دیجیتال، فیلم‌های تشریحی، برنامه‌های کاربردی تشریح مجازی و مجموعه داده‌های تصویربرداری پزشکی دسترسی داشته باشند (۲۳۰). بسیاری از این فناوری‌ها اکنون در مطالعه روزانه دانشجویان در همه جا حضور دارند. روش‌های اصلی که اکنون به آزمایشگاه‌های آناتومی مدرن راه پیدا کرده‌اند شامل VR، AR و MR هستند. اجرای اینها به عنوان ابزار آموزشی می‌تواند تعامل را تقویت کند و تجربه و پتانسیل یادگیری را افزایش دهد (۲۳۱). برای آناتومیست-های با تجربه که اعتماد کمتری به فناوری دارند، ایده استفاده از هدست‌های VR یا دستگاه‌های AR می‌تواند بسیار دلهره‌آور به نظر برسد. یک برنامه درسی مدرن آناتومی مانند هر برنامه دیگری مستلزم اصلاح مداوم محتوا و ابزارهای مورد استفاده در آموزش است (۲۳۲). این بازنگری مجدد برنامه درسی به دلیل حجم زیاد واحدهای درسی و کاهش مدت دوره علوم پایه در یک برنامه پزشکی مدرن پیچیده است و باید با تحولات آینده و تغییرات تکنولوژیکی علوم پزشکی همراه باشد (۲۳۳). بنابراین، به نظر می‌رسد چالش فعلی عدم استفاده بیشتر و کارآمدتر از فناوری‌های دیجیتال در برنامه‌های درسی آناتومی است. یک اشتباه رایج این است که آناتومی ۳بعدی جایگزین روش‌های سنتی آموزش آناتومی مانند کلاس‌های عملی مبتنی بر تشریح جسد می‌شود. اما واقعیت اینطور نیست و تحقیقات اولیه در مورد استفاده از فناوری‌های ۳بعدی در برنامه‌های درسی آناتومی نشان می‌دهد که این فناوری به عنوان روش تکمیلی می‌تواند همراه با روش‌های سنتی آموزش آناتومی در فهم محتوای درسی و افزایش ماندگاری و تثبیت حافظه نقش ایفا کند (۲۳۱, ۲۳۴). در مقوله یادگیری با تکنیک‌های VR و AR شش عامل تعیین کننده شامل: بار شناختی[1]، بیماری سایبری[2] (ناشی از کار زیاد با وسایل الکترونیکی و شبکه‌های اجتماعی)، تعامل[3]، درک و توانایی فهم دانشجو[4]، دید عمقی[5] (محاسبه عمق اطلاعات از نماهایی است که به طور همزمان از نقاط مختلف فضا به دست می‌آید و از طریق دید دوچشمی حاصل می-شود.) و درک فضایی[6] نقش دارند. به طور کلی بار شناختی به سه دسته تقسیم می‌شود: بار شناختی ذاتی[7] (درونی)، بار شناختی بیرونی[8] و بار شناختی ادغامی (آلمانی)[9]. بار شناختی درونی توسط عناصری در اطلاعات محتوا تحمیل می‌شود و ارتباط نزدیکی با پیچیدگی موضوع دارد. بار شناختی بیرونی توسط مواد آموزشی با طراحی ضعیف ایجاد می‌شود که در ایجاد مدارها و منطق مغزی کمک نمی‌کند. بار ادغامی بخشی از حافظه است که به یکپارچه‌سازی اطلاعات جدید و ایجاد و اصلاح الگوریتم و منطق فکری ختم می‌شود یا به عبارتی نحوه پردازش اطلاعات جدید در حافظه بلند مدت[10] است (۲۳۵).

پذیرش AR یا VR لزوماً به معنای قطع آموزش مبتنی بر جسد نیست، مگر اینکه این نقطه پایانی برای دلایل قانونی–فرهنگی، مالی یا اجرایی باشد. استاد باید استفاده از VR یا AR را از منظر آموزشی به همان شیوه‌ای ببیند که شما می‌توانید هر روش تدریس جدیدی را در برنامه‌های درسی موجود خود پیاده‌سازی کنید. این فناوری‌ها در موقعیت‌های مختلف مزایای خود را دارند، اما در صورت استفاده نادرست، می‌توانند به همان اندازه مخرب باشند. آناتومی

1 Cognitive load
2 Cybersickness
3 Interactivity
4 Student perceptions
5 Stereopsis
6 spatial understanding
7 intrinsic
8 extraneous
9 intergated or germane
10 long-term memory

در ذات خود یک موضوع بصری است، و بنابراین، استفاده از ابزارها و روش‌های تکمیلی تجسم می‌تواند یادگیری عمیق را افزایش دهد. در VR، حواس بینایی، شنوایی و لمسی کاربر به طور کامل در یک محیط مصنوعی غوطه ور می‌شوند چرا که این روش دارای وضوح بالا، نمایشگرهای نصب شده روی سر، هدفون‌های استریو و سیستم‌های ردیابی حرکت است که ویژگی‌های دنیای واقعی را تقلید می‌کند (۲۳۶). این فناوری یک تجربه یادگیری فردی را حتی در یک آزمایشگاه یا محیط آموزشی شلوغ یا پر سر و صدا ممکن می‌کند. هزینه این دستگاه‌ها اگرچه در چند سال گذشته به میزان قابل توجهی کاهش یافته است، همچنان یکی از عوامل محدود کننده برای بسیاری از افراد و دانشگاه‌های بالقوه جهت استفاده است. قیمت یک هدست VR که می‌تواند برنامه‌های آناتومی را اجرا کند و تصاویر با کیفیت بالا تولید کند، بسته به مدل انتخابی، می‌تواند بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ دلار باشد. دستگاه‌هایی که تلفن کاربر را در خود جای داده‌اند مانند Gear VR حدود ۱۳۰ دلار قیمت دارند اما فقط با گوشی‌های سامسونگ کار می‌کنند. یکی از نقاط قوت VR به عنوان یک ابزار آموزشی این است که به یادگیرنده اجازه می‌دهد تا آناتومی بدن را به روش‌هایی که با روش‌های سنتی امکان‌پذیر نیست، تجسم، هدایت و کاوش کند (۲۳۱). کاربران می‌توانند از لایه‌های بدن عبور کرده و وارد ساختارها شوند و از داخل ساختارهای آناتومیکی مانند قلب یا لگن دیدی منحصر به فرد داشته باشند. ماهیت اکثر برنامه‌های کاربردی آناتومی VR این است که آنها وابسته به کاربر هستند. سپس این سؤال مطرح می‌شود که وقتی دانشجو هدست یا عینک به چشم دارد، استاد چه کاری می‌تواند انجام دهد؟ اکثر سیستم‌ها به یک مانیتور اضافی اجازه می‌دهند تا دیدگاه کاربران را نیز نمایش دهد، و این به استاد و احتمالاً دیگر دانشجویان اجازه می‌دهد تا درباره ساختارهای آناتومیکی که مشاهده می‌شوند نظر بدهند و بحث کنند. هیجان و شور حین ناویگیشن در بدن انسان در VR و AR، همانند برنامه‌های کاربردی توصیف شده توسط Kuehn (۲۰۱۸) است (۲۳۷). با این حال، در حالی که این دستگاه‌ها در حال حاضر به طور گسترده در دسترس هستند، اما همچنان بکارگیری آنها در آموزش پزشکی توسط دانشگاه ها، موسسات بالینی، بیمارستآنها و مراکز بهداشتی زیاد نیست (۲۳۱). با این حال، تصمیم گیری در مورد اینکه کدام دستگاه در یک برنامه آموزشی آناتومی گنجانده شود، چالش برانگیز است و به موضوع درس یا مقطع تحصیلی و نوع محتوای درسی وابسته است. روش VR، به بهترین وجه برای تجسم جنبه‌های احشایی بدن مناسب است و به دانشجویان اجازه می‌دهد تا مفهوم و درک مناسبی درباره روابط آناتومیک و موقعیت فضایی ارگانها به دست آورند. برای مثال، بررسی آناتومی شکم با VR به دانشجویان این امکان را می‌دهد که مناطق پیچیده‌ای مانند سوراخ اپی‌پلوئیک[1] و ورودی کیسه کوچک[2] را به صورت ۳بعدی از هر زاویه‌ای قبل از تشریح آن بر روی جسد یا مشاهده آن بر روی یک مدل پرینت ۳بعدی مشاهده کنند. تاکنون، شرکت‌های بزرگی که اجازه دسترسی به VR را می‌دهند، Oculus Rift، HTC Vive و Sony PlayStation VR هستند که Oculus و HTC برای استفاده آموزشی کلاس درس کاربرد بیشتری دارند. HTC Vive یا Oculus Rift به یک کامپیوتر با کیفیت خوب نیاز دارند تا آنها را با کارت گرافیکی که قادر به نمایش مدل‌ها با فریم‌های بالا در ثانیه باشد، اجرا کند. عینک‌های هوشمند فناوری پیشرفته‌ای هستند که محتوای دیجیتال را مستقیماً در میدان دید شما پخش می‌کنند. شما به جای اینکه به یک صفحه نمایش نگاه کنید، از طریق آنها نگاه می‌کنید – دستان خود را برای تعامل با اشیاء AR در محیط آزاد می‌کنید. هدست ۳۴۹۹ دلاری ویژن پرو

1 epiploic foramen
2 lesser sac

جدول ۱-۴. دستگاه‌های سخت افزاری اصلی مورد استفاده برای VR و AR و مزایای آنها در تجسم ساختارهای آناتومیکی.

نوع روش/تکنیک	دستگاه‌های واقعیت AR و MR	دستگاه‌های VR
مدل دستگاه‌های تجاری	Any smartphone or tablet (AR) Microsoft HoloLens2 (MR) Magic leap one (AR) Xreal Air 2 Ultra Meta Quest 3 (MR) Vision Pro and Rokid	Oculus Rift Oculus Quest HTC Vive/Vive Pro Samsung Gear Sony PlayStation VR Google Cardboard
مزایا	برای آناتومی سطحی یا تشریح مجازی اندام‌ها بصورت لایه به لایه مناسب است.	برای تجسم ساختارهای آناتومیکی احشایی و ناویگیشن در ساختارهای عمیق تر برای به دست آوردن درک روابط آناتومیکی مناسب است.

اپل[1] یک عینک سبک وزن ایده‌آل برای استفاده روزمره است. در همین حال، تولیدکنندگان نمایشگر مانند TCL و Xreal قبلاً عینک‌های هوشمند AR مقرون به صرفه ایجاد کرده‌اند که قیمتی حدود ۵۰۰ دلار دارند (۲۳۸, ۲۳۹). برای آناتومی سطحی یا مطالعه اندام‌های مجزا، AR به کاربر این امکان را می‌دهد که بتوانند یک منطقه را اسکن کنند و اغلب با استفاده از نشانگرهای تعاملی در صفحه، آن ساختار را برجسته کند و در مورد آن توضیحات تکمیلی یادداشت کند (جدول ۱-۴).

مطالعه Henssen و همکارن (۲۰۱۹) در دانشگاه Radboud (هلند) به بررسی اثر GreyMapp-AR و مقاطع مغز[2] بر نمرات آزمون، بار شناختی و انگیزه ۳۱ دانشجوی سال اول پزشکی و زیست-پزشکی در درس نوروآناتومی پرداختند. مطالعه آنها از نوع دوبازویی چند مرحله‌ای با نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای[3] بود. تصاویر نرم‌افزار GreyMapp با دستگاه MRI زیمنس (ورژن Magnetom Terra، آلمان) با قدرت ۷ تسلا از مغز یک زن اهداکننده ۸۳ ساله به دست آمد. تمام ساختارهای نوروآناتومیک با ابزار پردازش تصویر ITK-SNAP تقسیم‌بندی[4] و حجم‌های ۳بعدی با این نرم‌افزار ایجاد شد. قبل از گروه بندی، یک پیش-آزمون (سوالات تطبیق گسترده، سوالات دو گزینه‌ای و یک آزمون آناتومی مقطعی با سوالات نوروآناتومی) و یک آزمون چرخش ذهنی (MRT) برای اندازه گیری توانایی فضایی از دانشجویان گرفته شد. پیش-آزمون و پس-آزمون برای سنجش دانش آناتومی مورد استفاده قرار گرفت. بَعد از انجام پیش-آزمون، به شرکت کنندگان یک آموزش مقدماتی کوتاه در مورد کار با برنامه AR به نام CarMapp مشابه GreyMapp-AR داده شد. پس از آموزش کامل، همه شرکت کنندگان قادر به کار با CarMapp به صورت فردی یا در گروه‌های کوچک بودند. متعاقباً، شرکت کنندگان یک استراحت ۴۰ دقیقه‌ای داشتند که طی آن محققان فرم‌های MRT را تصحیح کردند. دانشجویان بر اساس جنسیت و نمره MRT در دو گروه بصورت طبقه‌ای راندومایز[5] شدند. شرکت کنندگان به دو گروه شامل ۱) گروه GreyMapp-AR و ۲) گروه کنترل که با مقاطع کار می‌کردند، تقسیم شدند. سپس دو بخش عملی شامل ۱) توصیف کلی مغز و ۲) ساختارهای زیر قشری برای بررسی در نظر گرفته شد. اولین بخش برای همه شرکت‌کنندگان کاملاً یکسان

1 Vision Pro headset
2 Brain cross-sections
3 two-arm, multi-staged design with stratified random sampling
4 segmented
5 stratified randomization

بود و یک نمای کلی از آناتومی مغز انسان ارائه شد. در بخش دوم، شرکت‌کنندگان ساختارهای زیر قشری مغز را با استفاده از GreyMapp-AR یا با استفاده از نقاشی‌های مقطعی مغز مطالعه کردند. سپس شرکت کنندگان به سئوالات پس-آزمون پاسخ دادند و یک پرسشنامه انگیزه آموزشی (IMMS[1]) را تکمیل کردند. در نهایت، یک مصاحبه گروهی متمرکز برای ارزیابی ادراک شرکت کنندگان براساس مقیاس لیکرت انجام شد. سوالاتی که در طول مصاحبه گروهی متمرکز پرسیده شد شامل موارد زیر بود: ۱-آزمایش را چگونه تجربه کردید؟، ۲-چه بخشی از این آزمایش بیشتر آموزشی بود و چرا؟، ۳-نظر شما در مورد استفاده از فناوری‌ها در آموزش آناتومی مدرن چیست؟ و ۴- چه مزایا یا معایبی هنگام کار با GreyMapp-AR یا مقاطع وجود داشت؟. پس از گذشت هشت هفته شرکت کنندگان برای شرکت در مصاحبه گروهی متمرکز مجدد دعوت شدند. تفاوت معنی‌داری بین نمرات پیش-آزمون GreyMapp-AR و گروه کنترل یافت نشد. اگرچه هر دو گروه از شرکت کنندگان بهبود قابل‌توجهی در نمرات پس-آزمون در مقایسه با نمرات پیش-آزمون نشان دادند، اما نمرات پس-آزمون دانشجویانی که با مقاطع کار می‌کردند (۱۶ نفر) نسبت به دانشجویانی که با AR کار می‌کردند (۱۵ نفر) به طور قابل توجهی بیشتر بود. علاوه بر این، دانشجویان گروه کنترل، بار شناختی بالاتری نسبت به گروه AR تجربه کردند اما تفاوت معناداری در نمرات انگیزشی مشاهده نشد (۲۴۰).

در دانشگاه مک مستر McMaster برنامه‌ای به نام برنامه تحقیق، نوآوری و نظریه آموزش مک‌مستر (MERIT[2]) وجود دارد که به عوامل موثر در یادگیری آناتومی در محیط VR می پردازد. Hasan و همکاران (۲۰۲۲) بررسی کردند آیا سناریوهای بالینی بر پایه VR می‌تواند به بهبود یادگیری آناتومی کمک کند. با با فرض اینکه آموزش آناتومی از طریق رسانه‌های دیجیتال منجر به پیشرفت‌های عمده در واقع گرایی[3]، قابل حمل بودن[4]، مقیاس پذیری[5] و رضایت کاربر[6] می‌شود. شرکت‌کنندگانی که هیچ دانش قبلی از آناتومی لگن نداشتند، به‌طور تصادفی در یکی از سه گروه شامل: ۱- روش مبتنی بر VR، ۲- روش تعاملی مبتنی بر رایانه (تصاویر ۲بعدی) و ۳- مدل‌های پرینت ۳بعدی قرار گرفتند. قبل از مرحله یادگیری، شرکت‌کنندگان تست چرخش ذهنی (MRT) و همچنین تست‌های Titmus Fly و Titmus Circles را برای ارزیابی توانایی تجسم فضایی[7] و دید استریوسکوپی[8] به ترتیب تکمیل کردند. آنها سپس یک ارزیابی پیش-آزمون را تکمیل کردند که در آن از آنها خواسته بود ساختارهای آناتومیکی برچسب‌گذاری شده بر روی یک مدل پرینت ۳بعدی را شناسایی کنند. سپس به شرکت‌کنندگان ۱۰ دقیقه فرصت داده شد تا آناتومی لگن را با استفاده از یکی از ۳ روش در گروه مربوطه یاد بگیرند و به خاطر بسپارند. در نهایت، شرکت کنندگان یک پرسشنامه شاخص بار وظیفه شبیه‌سازی[9] (SIM-TLX) را برای ارزیابی بار شناختی تکمیل کردند. نتایج نشان داد سناریوی بالینی VR می‌تواند بار شناختی را افزایش دهد و عواملی که می‌توانند یادگیری را مختل کنند، کاهش دهد و توانایی تجسم فضایی و ظرفیت دید استریوسکوپی را افزایش دهد (۲۴۱).

در حالی که ارائه یکپارچه آناتومی و رادیولوژی می‌تواند از آموزش آناتومیک در مقطع لیسانس و پزشکی عمومی

1 Instructional Measure of Motivation Survey
2 McMaster Education Research, Innovation, and Theory (MERIT) Program
3 realism
4 portability
5 scalability
6 user satisfaction
7 spatial visualization ability
8 stereoscopic vision
9 Simulation Task Load Index

پشتیبانی کند، تفسیر روابط فضایی پیچیده ۳بعدی در تصاویر مقطعی و رادیولوژیکی احتمالاً برای تازه کارها سخت است. با توجه به ارزش استراتژی‌های پیشرفته و چندوجهی[1]، به نظر می‌رسد که یادگیری دیجیتالی و فیزیکی همزمان می‌تواند درک دانشجو از آناتومی مقطعی را افزایش دهد. منابع اختصاصی برای تجسم آناتومی ۳بعدی، از جمله تخت‌های مجازی سکترا[2] (Linköping، سوئد) و آناتوماژ[3] (امریکا) در دسترس هستند (۱۸۱). ترکیب رویکردهای پرینت ۳بعدی می‌تواند مزایای آموزشی را برای خود-یادگیری خارج از سالن آناتومی فراهم کند. در صورتی که مدل‌های چاپی ۳بعدی با دقت و جزئیات کافی تولید شود، هزینه‌های مربوطه به خرید دوره‌ای انواع مولاژهای آناتومی کاهش خواهد یافت. آموزش مبتنی بر جسد نشان دهنده نقطه عطفی در مطالعه آناتومی است و به عنوان ابزار آموزشی اصلی قادر به ارائه یک تجربه یادگیری واقعی و مشارکتی برای صدها سال باقی مانده است. با این حال، افزایش تعداد دانشجویان پزشکی و کاهش اهداکنندگان منجر به جستجوی رویکردهای آموزشی نوآورانه شد. روش‌های تدریس جایگزین شامل آناتومی زنده یا سطح، به عنوان مثال، استفاده از نقاشی بدن، مدل‌های تشریحی پلاستیکی، تصویربرداری پزشکی، و آموزش الکترونیکی است که طیف وسیعی از ابزارها، مانند اطلس‌ها و آموزش‌های مبتنی بر رایانه را در بر می‌گیرد. بیشتر این استراتژی‌های آموزشی جدید مبتنی بر فناوری هستند. یکی از فناوری‌ها VR است، یعنی استفاده از مدل‌سازی و شبیه‌سازی رایانه‌ای که فرد را قادر می‌سازد تا با یک محیط بصری ۳بعدی یا سایر محیط‌های حسی تعامل داشته باشد. در چند دهه گذشته، VR به دانشجویان اجازه می‌داد تا اشیاء شبیه‌سازی‌شده را که در فضای ۳بعدی مصنوعی تجسم می‌کنند، تشریح کنند و با آنها تعامل داشته باشند: میزهای آناتومیک دیجیتال پلت‌فرم‌های تشریح ۲بعدی در اندازه واقعی با صفحه نمایش چندلمسی هستند که می‌توانند برای فهم و درک آناتومی استفاده شوند. تکنولوژی دیگر AR است. فناوری AR دنیای واقعی را با اشیاء تولید شده توسط رایانه ترکیب می‌کند که به نظر می‌رسد در همان فضای دنیای واقعی همزیستی دارند. صحنه مجازی تولید شده توسط رایانه برای تقویت درک حسی کاربر از دنیایی که می‌بیند یا با آن در تعامل است طراحی شده است. برخلاف VR که یک محیط کاملاً مصنوعی ایجاد می‌کند، AR از محیط واقعی موجود استفاده می‌کند و اطلاعات جدید را روی آن قرار می‌دهد، بنابراین یک نمای ترکیبی شناختی-ساختاری[4] ارائه می‌کند (شکل ۶-۴). در سال‌های اخیر، AR به عنوان یک ابزار کمکی در بسیاری از بخش‌های مراقبت‌های بهداشتی، از جمله جراحی مغز و اعصاب، ارتوپدی و جراحی فک و صورت پیشنهاد استفاده شده است. برنامه‌های AR در موقعیت‌ها و مراحل مختلف آموزش پزشکی به‌عنوان ابزارهای آموزشی آناتومیکی، ابزار مطالعه کمک درسی، شبیه‌سازهای آموزش تصویر و شبیه‌سازهای تعاملی مهارت‌های بالینی کاربرد دارند (۲۴۲).

آناتوماژ توسط یک شرکت در ایالات متحده آمریکا با همکاری بخش آناتومی دانشکده پزشکی دانشگاه استنفورد طراحی شد. در این سیستم مجموعه‌ای از عکس‌های چند بعدی از قسمت‌های مختلف بدن انسان گنجانده شده است که با استفاده از نرم‌افزارهای بازسازی، عکس‌ها به گونه‌ای بازسازی می‌شوند که تمام بدن را نشان دهند. دانشجو می‌تواند بدن بازسازی‌شده را تشریح کند و لایه‌های سطحی را حذف کند تا لایه‌ها و اندام‌های عمقی را به تصویر بکشد. امکان تغییر جنسیت در آناتوماژ وجود دارد. آناتوماژ دارای امکانات تصویربرداری رادیولوژیکی (CT/MRI) برای پشتیبانی از ادغام آناتومی و رادیولوژی در برنامه‌های درسی است. آناتوماژ اخیراً در دوره‌های جراحی فک و صورت و جراحی عمومی مورد

1 multimodal strategies
2 Sectra
3 Anatomage
4 structural-congnitive

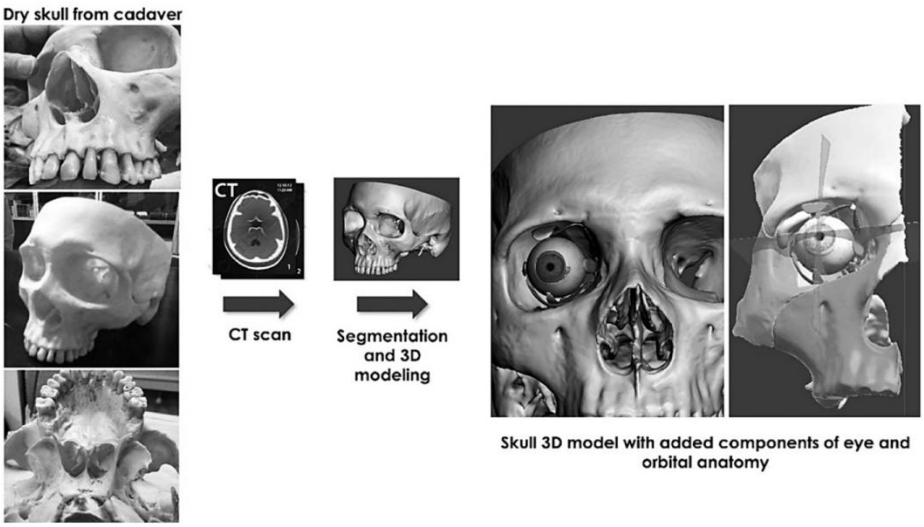
استفاده قرار گرفته است. یکی از مزیت‌های مهم آناتوماژ این است که می‌توان چندین بار از آن استفاده مجدد کرد و در مقایسه با تشریح سنتی جسد نیازی به تایید اخلاقی ندارد (۲۴۳).

مطالعه Bork و همکاران (۲۰۱۹) اثربخشی سیستم AR آینه جادویی[1] در مقایسه با آناتوماژ در آموزش ترکیبی آناتومی و رادیولوژی بررسی شد. در دانشگاه لودویگ-ماکسیمیلیان[2] (آلمان)، آموزش آناتومی ماکروسکوپیک به دو بخش ۱-نظری شامل آموزش محتوا به دانشجویان بصورت سخنرانی‌های سنتی (۹۰ ساعت) و ۲- عملی تشریح جسد (۷۲ ساعت) تقسیم می‌شود. تعداد کل ۷۴۹ دانشجوی سال اول پزشکی که واحد آناتومی ماکروسکوپیک را داشتند در مطالعه شرکت کردند. بخش تشریح در ۵ حیطه شامل: ۱) قفسه سینه و گردن، ۲) قسمت اول سیستم اسکلتی عضلانی، ۳) سر و صورت، ۴) قسمت دوم سیستم اسکلتی عضلانی و ۵) حفره شکم و لگن ارائه شد. شرکت کنندگان به سه گروه شامل: ۱- یادگیری خودگردان با استفاده از آناتوماژ، ۲-آینه جادویی و ۳- اطلس‌های رادیولوژی تقسیم شدند. پیش-آزمون و پس-آزمون با سؤالات چند گزینه‌ای بهبود قابل‌توجهی را در نمرات بین دو آزمون برای گروه آینه جادویی و گروه اطلس‌های رادیولوژی نشان داد، در حالی که هیچ تفاوت معنی‌داری در نمرات آزمون گروه آناتوماژ با دیگر گروه‌ها ثبت نشد. نتایج نشان می‌دهد سیستم آینه جادویی بر درک و یادگیری نسبت به آناتوماژ و اطلس‌های رادیولوژی موثرتر است. ۷۹/۱۷ درصد دانشجویان آینه جادویی و آناتوماژ را ابزارهای عالی برای افزایش درک ۳بعدی آناتومی توپوگرافی گزارش کردند. مشخص شد که هر دو سیستم در رابطه با سئوالاتی مانند: ۱-«روش بهتری برای یادگیری تصاویر پنج ناحیه آناتومیک نسبت به کتاب‌های درسی ارائه می‌دهند»، ۲-«درک موقعیت نسبی اندام‌ها را در بدن بهبود می‌بخشند» و ۳-«درک فضایی من را افزایش می‌دهند» کاربردی بوده اند. همچنین این دو سیستم به دانشجویان این امکان را می‌دادند که به اهدافی مانند: ۱-«به سرعت کل یک حجم ۳بعدی را کاوش کنیم»، ۲-«به ساختارهای خاصی بسیار سریع‌تر از اطلس‌های رادیولوژی بپریم» و ۳-«به راحتی مسیر رگ‌ها را ردیابی کنیم» دست یابند (۲۴۴). در تکنولوژی آئینه جادویی قرار دادن اطلاعات مجازی مستلزم ردیابی دقیق ژست و پوزیشن کاربران است. این امر توسط الگوریتم‌های ردیابی اسکلت که توسط پلتفرم کینِکت (Kinect One، مایکروسافت) ارائه می‌شود و موقعیت ۳بعدی ۲۵ مفصل را در زمان واقعی ارائه می‌کند، به دست می‌آید. از ژست‌های بصری می‌توان برای تغییر حالت تصویر، جابه‌جایی بین سطوح مختلف بخش (آگزیال، کرونال و ساژیتال) و اصلاح پنجره‌ها در مورد تصاویر CT (مانند پنجره‌های شکم، ریه یا پنجره استخوانی) استفاده کرد. مهم‌تر از همه، این سیستم به کاربران اجازه می‌دهد تا با بالا و پایین کردن دست خود، کل حجم تصویر پزشکی را در عرض چند ثانیه بررسی کنند (۲۴۵).

Cercenelli و همکاران (۲۰۲۲) در دانشگاه Bologna ایتالیا از یک ابزار نوآورانه آموزش آناتومی بر اساس ترکیبی از فناوری AR و پرینت ۳بعدی به نام AEducaAR (مخفف آموزش آناتومیک با واقعیت افزوده[3]) برای آموزش ۶۲ دانشجوی سال دوم پزشکی دانشکده بین المللی پزشکی و جراحی استفاده کردند (شکل ۷-۴). دانشجویان به دو گروه تقسیم شدند: یادگیری مبتنی بر AEducaAR ("گروه AEducaAR") و یادگیری استاندارد با استفاده از اطلس آناتومی انسان ("گروه کنترل"). هر دو گروه یک آزمون عینی و یک پرسشنامه ناشناس را تکمیل کردند. در آزمون عینی، نتایج تفاوت معناداری بین دو روش یادگیری نشان نداد. درعوض، در پرسشنامه، دانشجویان علاقه زیادی به ابزار جدید نشان

1 AR Magic Mirror
2 Ludwig-Maximilians University
3 Anatomical Education with Augmented Reality

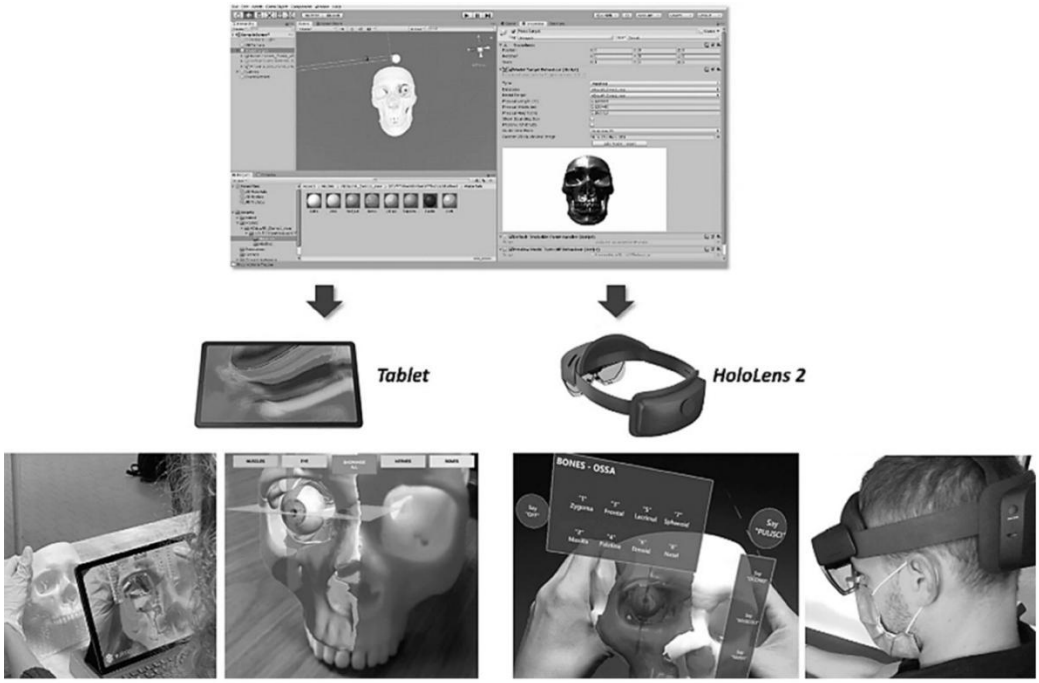
دادند و پتانسیل آموزشی آن را تایید کردند. بنابراین، ابزار ارائه‌شده AEducaAR، پس از اجرا، ممکن است به افزایش انگیزه دانشجویان برای یادگیری، افزایش حفظ و پایداری حافظه بلندمدت و درک ۳بعدی ساختارهای تشریحی کمک کند. علاوه بر این، این ابزار جدید ممکن است به دانشجویان پزشکی کمک کند تا به دستگاه‌ها و فناوری‌های نوآورانه پزشکی که در آینده شغلی مفید هستند، نزدیک شوند. نتایج این نظرسنجی به وضوح تأیید می‌کند که دانشجویان از AEducaAR به عنوان یک تجربه لذت بخش قدردانی می‌کنند (۸۲٪ موافق یا کاملاً موافق) و آن را به همکاران خود توصیه می‌کنند (۷۹٪ موافق یا کاملاً موافق). علاوه بر این، ۹۳٪ از دانشجویان این فناوری را برای اطمینان بیشتر با دستگاه‌های پزشکی جدید مفید تشخیص دادند. در واقع، مطالعات انجام‌شده در سال‌های اخیر ارتباط مثبتی بین تجربه بازی‌های ویدیویی و شبیه‌سازهای مهارت‌های رباتیک نشان داده‌اند، بنابراین استفاده از فناوری‌های دیجیتال جدید برای اهداف آموزشی پیامدهای مهمی برای تکامل آموزش جراحی رباتیک دارد (۲۴۶).



شکل ۶-۴. مدل مجازی بازسازی شده جمجمه حاصل از CT اسکن جسد و آناتومی چشم و استخوآنهای صورت که بصورت دیجیتال اضافه شده است.

مطالعه Mahrous و همکاران (۲۰۲۱) در امریکا ادراکات دانشجویان در مورد یادگیری آناتومی دندان را با استفاده از دندآنهای استخراج شده طبیعی، مدل‌های پرینت ۳بعدی[1]، مدل‌های مجازی ۳بعدی[2] و فناوری AR مورد ارزیابی قرار دادند. ۸۰ دانشجوی سال اول دندانپزشکی که در دوره آناتومی دندان ثبت نام کرده بودند، چهار ایستگاه را مشاهده می‌کردند. این ایستگاه‌ها شامل چهار نسخه از دندان مولار اول مندیبل بود: ۱-یک دندان طبیعی کشیده شده، ۲-یک مدل پرینت ۳بعدی، ۳-یک مدل مجازی ۳بعدی، و ۴-یک مدل نمایش داده شده در دستگاه AR. پس از بررسی تمام ایستگاه ها، از دانشجویان خواسته شد تا یک نظرسنجی الکترونیکی را تکمیل کنند. تجزیه و تحلیل دو متغیره برای تعیین اینکه آیا

1 3D printed models
2 3D virtual models



شکل ۷-۴. شمایی از اپلیکیشن AEducaAR برای استفاده در تبلت‌ها یا عینک‌های هوشمند HoloLens 2 که در مطالعه Cercenelli استفاده شده است.

ادراک دانشجویان با ویژگی‌های جمعیت شناختی و تجربه آنها از مدل‌سازی ۳بعدی و بازی‌های ویدیویی ارتباط دارد یا خیر، انجام شد. هفتاد دانشجو نظرسنجی را تکمیل کردند (نرخ پاسخگویی ۸۷.۵٪). دانشجویان دندآنهای طبیعی را به‌عنوان بالاترین ارزش آموزشی، دندان پرینت ۳بعدی را در دسترس‌ترین و اپلیکیشن AR را جالب‌ترین روش آموزشی گزارش کردند. دانشجویانی که بازی‌های ویدیویی کم یا اصلاً بازی نمی‌کردند، بیشتر احتمال داشت AR را به عنوان ارزش آموزشی بالا ارزیابی کنند (۴۸.۸٪ در مقابل ۱۰.۳٪)، در حالی که دانشجویانی که تجربه مدل‌سازی ۳بعدی کمی داشتند، به احتمال بیشتری به دسترسی بالا به مدل ۳بعدی امتیاز می‌دادند (۷۸.۱٪ در مقابل ۴۸.۳٪). هیچ ارتباط آماری معنی داری بین ادراک و ویژگی‌های جمعیت شناختی دانشجویان مشاهده نشد (۲۴۷). در میان مطالعات اتفاق نظر وجود دارد که فناوری ۳بعدی و مجازی گزینه‌های در دسترس و مقرون به صرفه را برای ارائه آموزش آناتومی، بدون به خطر انداختن کیفیت فرصت‌های یادگیری برای دانشجویان، نشان می‌دهند. علاوه بر این، مطالعات نشان می‌دهد که چگونه می‌توان این فناوری را برای یادگیری شخصی‌سازی کرد، که می‌تواند مکمل مؤثری برای یادگیری خودگردان باشد و روش‌های سنتی را در کلاس درس تکمیل کند. علی‌رغم پتانسیل واضح این فناوری‌ها برای ارتقای آموزش، چالش‌هایی همچنان وجود دارد، زیرا این فناوری‌های نوآورانه در مراحل ابتدایی خود هستند و عدم اطمینان بهترین راه تجاری‌سازی و ادغام آنها در برنامه درسی فعلی را احاطه کرده است (۲۴۸).

مطالعه Chen و همکاران (۲۰۲۰) با هدف مقایسه نتایج فرآیند آموزش با استفاده از فناوری VR با نتایج حاصل از روش‌های سنتی آموزش انجام شد. این تحقیق با مشارکت ۷۳ دانشجوی پزشکی در سه گروه مختلف (۲۵ نفر در گروه

VR، ۲۵ نفر در گروه جسد، و ۲۳ نفر در گروه اطلس) انجام شد. فرآیند آموزش شامل یک سخنرانی مقدماتی و استفاده از مدل‌های آموزشی بود. همه دانشجویان پس از اتمام دوره آموزشی، آزمون‌های قبل و بعد از مداخله را انجام دادند که شامل یک آزمون تئوری و یک آزمون عملی بود. نتایج نشان داد که تمامی شرکت‌کنندگان در سه گروه پس از مداخله، به طور قابل توجهی نمرات کل بالاتری نسبت به آزمون قبل از مداخله کسب کردند. اما نمرات پس-آزمون در گروه VR نسبت به سایر گروه‌ها تفاوت معناداری نداشت. همچنین، شرکت‌کنندگان در گروه‌های VR و جسد، نسبت به گروه اطلس، بازخورد مثبت‌تری درباره مدل‌های یادگیری خود گزارش کردند. به نظر می‌رسد استفاده از منابع یادگیری مانند VR به میزان مشابهی با استفاده از تشریح جسد و اطلس‌های شماتیک در آموزش ساختارهای آناتومیک کارآمد باشد و به دانشجویان در درک ساختارهای پیچیده‌تر آناتومی کمک کند (۲۴۹).

Bogomolova و همکاران (2020) در یک مطالعه کارآزمایی تصادفی‌سازی و کنترل‌شده به بررسی اثرات فناوری AR استریوسکوپی (با کمک HoloLens) بر یادگیری آناتومی ساق پا دانشجویان پزشکی در دانشگاه Leiden (هلند) پرداختند. هدف دیگر این مطالعه ارزیابی تأثیر توانایی‌های بصری-فضایی بر یادگیری و نحوه تغییر آنها در دانشجویان بود. در این تحقیق، شرکت‌کنندگان شامل دانشجویان سال اول و دوم کارشناسی پزشکی و علوم زیست پزشکی در دو مرکز پزشکی LUMC و EMC بودند. تحقیق قبل از دوره‌های آناتومی مرتبط با سیستم اسکلتی-عضلانی انجام شد و از دانش محدود آناتومی اندام تحتانی در بین شرکت‌کنندگان اطمینان حاصل شد. افرادی که پیش‌تر در این دوره شرکت کرده بودند، از مطالعه حذف شدند. برای جلوگیری از تأثیر دانش پیشین در طول مداخله و نتایج پس-آزمون، دانش پایه ارزیابی نشد. شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی به یکی از سه گروه ۱-مدل AR استریوسکوپی، ۲-گروه تصاویر کامپیوتری ویندوز و ۳-گروه اطلس آناتومی ۲بعدی تخصیص یافتند. در این مطالعه محققان نتوانسته بودند برای گروه‌های مختلف کورسازی[1] را اعمال کنند. در این تحقیق، دانش آناتومی شرکت‌کنندگان از طریق یک آزمون دانش ۳۰ سوالی ارزیابی شد و مهارت‌های واقعی، عملکردی و فضایی دانشجویان را در زمینه‌های مختلف آناتومی ارزیابی کرد. اعتبارسنجی محتوا توسط دو متخصص آناتومی و جراحی پلاستیک ارزیابی شد و سطح همسانی درونی محاسبه شده ۰.۷۸ بود. همچنین، تجربه یادگیری شرکت‌کنندگان از طریق یک پرسشنامه استاندارد شده ارزیابی شد. این ارزیابی شامل زمان مطالعه، مفهوم درک شده از سوالات آزمون، دانش به دست آمده، قابلیت استفاده از مواد مطالعه و رضایت از آنها مطابق مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای بود. نتایج نشان داد که نمرات کلی پس-آزمون در گروه AR استریوسکوپی (۴۷.۸٪) مشابه گروه تصاویر کامپیوتری ویندوز (۳۸.۵٪) و گروه اطلس آناتومی ۲بعدی (۵۰.۹٪) بود. همچنین، در بررسی‌های فردی داخل گروهی دانشجویان گروه AR استریوسکوپی که توانایی‌های بصری-فضایی پایین‌تر داشتند (براساس نمرات MRT)، نمرات بالاتری در مقایسه با گروه تصاویر کامپیوتری ویندوز کسب کردند. در نتیجه، استفاده از فناوری تجسم AR استریوسکوپی در آموزش آناتومی می‌تواند نتایج موثرتری را برای دانشجویان با توانایی‌های بصری-فضایی پایین به دنبال داشته باشد. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت توجه به نیازهای فردی و تعامل استعداد-درمان در طراحی برنامه‌های آموزشی با استفاده از فناوری ۳بعدی استریوسکوپی می‌باشد (۲۵۰).

مطالعه Wang و همکاران (2023) به ارزیابی تأثیر ادغام استراتژی‌های یادگیری مشارکتی در یک برنامه درسی آناتومی مبتنی بر VR پرداختند. در این مطالعه عملکرد دو گروه از دانشجویان سال اول پرستاری مورد آنالیز قرار گرفت.

1 Blinding

یک گروه با روش‌های یادگیری سنتی آناتومی تدریس شدند و گروه دیگر توسط رویکرد VR تدریس شدند. نتایج نشان دادند که گروه یادگیری مشارکتی مبتنی بر VR نمرات بهتری را نسبت به همتایان خود که از روش‌های سنتی استفادع کرده‌اند، به دست آوردند. این تحقیق نقاط مهمی را در خصوص ادغام موفق فناوری VR و استراتژی‌های یادگیری مشارکتی برای بهبود نتایج یادگیری نشان داد که یادگیری مشارکتی مبتنی بر VR می‌تواند به عنوان یک ابزار آموزشی مؤثر در آموزش آناتومی است. محققان این مطالعه در پایان پیشنهاد کردند تحقیقات آتی باید به بهینه‌سازی ادغام VR و استراتژی‌های یادگیری مشارکتی در انواع دوره‌های آموزشی و رشته‌های تحصیلی دارای واحد آناتومی برای بهبود نتایج آموزشی و تجربه یادگیری بیشتر متمرکز شوند (۲۵۱).

مطالعه Hu و همکاران (۲۰۲۰) با هدف ارزیابی تاثیر آموزش آناتومی با VR بر افزایش توانایی فراگیران مبتدی شرکت کننده در کارگاه سونوگرافی در بخش اورژانس دانشگاه پزشکی Taipei در تایوان انجام شد. این برنامه به دانشجویان سال سوم پزشکی (تعداد ۱۰۱ نفر) بدون تجربه قبلی در زمینه سونوگرافی ارائه شد. شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی به دو گروه مداخله و کنترل تقسیم شدند. شرکت‌کنندگان در گروه مداخله VR از VR به عنوان بخشی از آموزش خود در طول دوره استفاده کردند، از جمله مطالعه فردی آناتومی توراکس و شکم با VR و جلسات مرور VR هنگام تمرین عملی با دستگاه سونوگرافی. شرکت کنندگان در گروه کنترل از دستگاه سونوگرافی استفاده کنند با این تفاوت که به جای خودآموزی آناتومی با VR از اطلس دیجیتال استفاده شد. پس از پایان کارگاه، تمامی شرکت‌کنندگان (گروه‌های کنترل و مداخله) با استفاده از تست استاندارد سونوگرافی چند ایستگاهی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نرم‌افزار آناتومی VR مورد استفاده در این مطالعه، ماژول آناتومی Master MedicalHolodeck (سوئیس) بود که مدل‌های آناتومیکی VR را ارائه می دهد. این نرم‌افزار VR می تواند مدل‌های آناتومیکی را در هر زاویه‌ای با استفاده از یک کنترلر VR برش دهد. این عملکرد شبیه به عملکرد پروب سونوگرافی است. این نرم‌افزار همچنین به کاربران این امکان را می دهد که اسکرین شات بگیرند و آنها را برای مرور ذخیره کنند. در مرحله ارزیابی، شایستگی شرکت‌کنندگان از طریق ایستگاه‌های انجام اولتراسوند روی داوطلبان ارزیابی شد و توانایی شناسایی تصویر آناتومیک و اولتراسوند نیز با استفاده از تست‌های چند گزینه‌ای سنجیده شد. نتایج نشان داد که گروه مداخله بهبود چشمگیری در نمرات تست‌های عملکرد سونوگرافی از گروه کنترل داشته و در شش حیطه از حیطه انجام اولتراسوند، به‌طور معناداری عملکرد بهتری داشته‌اند. همچنین، در تست‌های MCQ شناسایی تصویر سونوگرافی، گروه مداخله نیز نتایج بهتری نسبت به گروه کنترل از خود نشان دادند. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که برنامه آموزشی سونوگرافی پیشرفته با استفاده از VR می‌تواند باعث توسعه بهتر و سریع‌تر مهارت‌های سونوگرافی در دانشجویان پزشکی شود (۲۵۲).

مطالعه Ryan و همکاران (۲۰۲۳) اثربخشی VR به بررسی دانش و درک دانشجویان در مقایسه با آموزش سنتی در یک کارآزمایی تصادفی کنترل شده پرداختند. در این کارآزمایی، دانشجویان پزشکی از دانشگاه دوبلین (ایرلند) شرکت کردند. شرکت‌کنندگان به دو گروه تقسیم شدند: گروه مداخله (شامل یک تجربه یادگیری ۱۵ دقیقه‌ای در مراحل رشد جنین با استفاده از VR) و گروه کنترل (آموزش با پاورپوینت در مورد همان موضوع). نتایج نشان داد در سطح دانش هیچ تفاوت آماری معناداری بین دو گروه وجود نداشت. با این حال، نتایج آنالیز درون‌گروهی بیانگر تفاوت معنادار در نمرات دانش در سه نقطه زمانی مختلف (قبل از مداخله، بلافاصله پس از مداخله و یک هفته پس از مداخله) بود. همچنین، دانشجویان گروه مداخله در مقایسه با گروه کنترل از تجربه یادگیری خود احساس رضایت و اعتماد به نفس بیشتری گزارش کردند. چنین می‌توان استنباط کرد که محیط‌های یادگیری بر پایه VR می‌توانند ابزارهای موثری برای توسعه

دانش و افزایش اعتماد به نفس در دانشجویان باشند (۲۵۳).

در مطالعه Maresky و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر استفاده از VR بر آموزش آناتومی قلب بـه ۴۲ دانشـجوی پزشـکی در Toronto (کانادا) مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش با ایجاد یک محیط ۳بعدی جذاب، دانشجویان قادر بـه بررسـی تصاویر قلب به صورت تعاملی و فعّال شدند. پیش از آموزش، دانشجویان پزشکی سال اول در یک شبیه‌سـاز VR از قلـب شرکت کردند. دانشجویان به صورت تصادفی به گروه‌های کنترل و مداخله تقسیم شدند. هر دانشجو یک پیش–آزمـون بـا ۱۰ سوال چندگزینه‌ای، شامل ۵ سوال آناتومی قلب معمولی و ۵ سوال بصری–فضایی را تکمیل کرد. گروه کنترل به رونـد روتین کلاس درسی خود ادامه دادند در حالی که اعضای گروه مداخله به مدت ۳۰ دقیقه با VR آنـاتومی قلـب را مطالعـه کردند. در پایان مداخله، یک آزمون ۱۰ سوالی از هر دو گروه گرفته شد. امتیازات آنها در پیش–آزمـون بـه طـور میـانگین ۵۰.۹٪ بود و در پس–آزمون به طور میانگین ۷۰.۲٪ بود. در مقایسه با گروه کنترل دانشجویان گروه VR در محتوای کلی ۲۱.۴ درصد نمره بالاتری کسب کردند. VR یک محیط بصری–فضایی مناسب و جذاب را ارائه می‌دهد که امکـان تعامـل ۳بعدی را فراهم می‌کند. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از VR در آمـوزش آنـاتومی قلـب منجـر بـه بهبـود درک دانشجویان از ساختارهای قلبی و توسعه مهارت‌های تشریحی آنها می‌شود (۲۵۴).

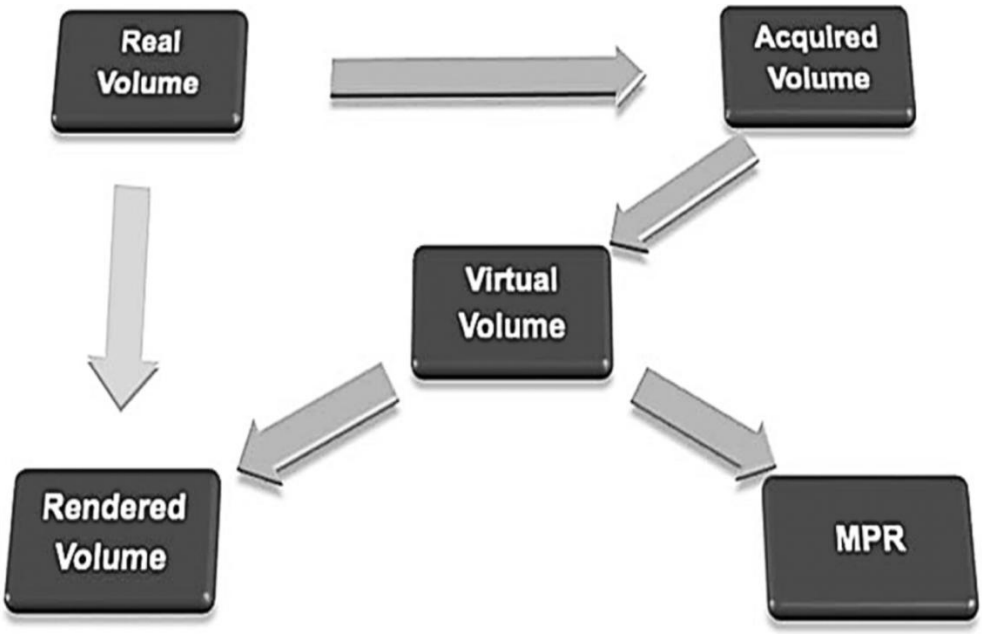
مطالعه Liimatainen و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثربخشی VR بر یادگیری بافت‌شناسی به منظور ارتقاء تحقیقات در حوزه سرطان پرداخت. در این پژوهش، از پروستات موش به عنوان موارد نمونه استفاده شد و ویژگی‌های بافت‌شناسـی کمّی مرتبط به بیولوژی تومور در مدل VR گنجانده شد. نتـایج ایـن مطالعـه نشـان داد VR راه جدیـدی بـرای اکتشـاف داده‌های چندبعدی با وضوح بالا به منظور اهداف تحقیقاتی در حوزه زیست‌پزشکی ارائه می‌کنـد و همچنـین مـی‌توانـد در آموزش محققان مورد استفاده قرار گیرد (۲۵۵).

مطالعه AlGerafi و همکاران (۲۰۲۰) به اثرات مخرب پاندمی کرونـا بـر آمـوزش آنـاتومی پرداخـت و اینکـه شـیوع کووید–۱۹ به عنوان یک بحران جهانی، تأثیرات گسـترده‌ای بـر آمـوزش و تحقیقـات در سـطح جهـانی گذاشـت. بیشـتر موسسات آموزشی، از جمله کالج‌های پزشکی، به دلیل قرنطینه و شیوع ویروس تعطیل شدند. ایـن تـدابیر اتخـاذ شـده بـه منظور کاهش خطر انتقال ویروس برای دانشجویان، دستیاران، اساتید و کارشناسان در محیط‌های آموزشی–پژوهشی بـود. آموزش آناتومی به عنوان ستون اصلی آموزش پزشکی تنها در کلاس‌هـای مجـازی تـدریس شـدند. از طرفـی دیگـر، بـا پیشرفت‌های فناوری حتی قبل از همه‌گیری کرونا کالبدشکافی سنتی جسد با چالش‌هایی مانند کاهش اهداکنندگان جسـد روبرو بود. سوالی مهم این بود که آیا یادگیری دیجیتال می‌تواند به طور کامل جایگزین اجساد واقعی شود یا خیر. پاسخ بـه این سوال، شاید در چند سال آینده منجر به پیدایش و خلق یک فناوری جدید دیگر شود که آموزش و تحقیقـات در حـوزه آناتومی را به کلی متحول کند. نتیجه‌گیری مطالعه AlGerafi بیان مـی‌کنـد میـزان مـوثر بـودن تصـاویر و مـانکن‌هـای دیجیتال به اندازه کافی برای جایگزینی جسد واقعی هنوز مشخص نیست (۲۵۶).

تجارب جهانی نقش تصویربرداری پزشکی در یادگیری علوم تشریح

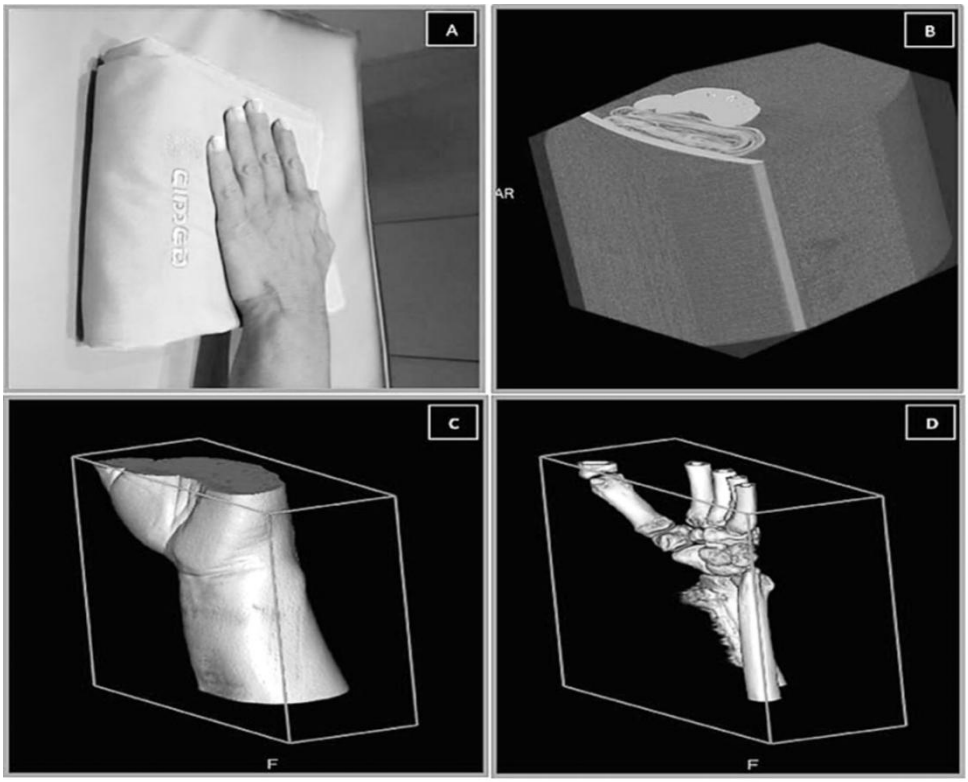
روش‌های انتقال دانش و مدیریت دانش در دهـه‌هـای گذشـته تغییـرات چشـمگیری داشـته اسـت. اسـتفاده روزافـزون از رسانه‌های مبتنی بر وب و پلتفرم‌های دانش و همچنین فناوری‌های پیشرفته که نوآوری علمـی و توزیـع دانـش را بهبـود می‌بخشد، منجر به ایجاد یک محیط مطالعه شده است که در آن دانشجویان می‌توانند تقریباً مستقل از مکـان بـه صـورت

کاملاً فردی بیاموزند. همزمان، یادگیری با پشتیبانی رسانه‌ها یا دستگاه‌های الکترونیکی (آموزش الکترونیکی) بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است و اکنون به عنوان یک ابزار آموزشی مفید در آموزش پزشکی در نظر گرفته می‌شود. طیف گسترده‌ای از تکنیک‌های تقسیم بندی[1] در منابع پیشنهاد شده است. الگوریتم‌های تقسیم‌بندی در گذشته شامل مراحل آستانه گیری[2]، رشد ناحیه[3]، تشخیص لبه[4] و خوشه‌بندی[5] بودند، اما در حال حاضر رویکردهای مبتنی بر مدل‌های تغییر شکل‌پذیر و تکنیک‌های فازی و شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۵۷). "DICOM (تصویربرداری دیجیتال و ارتباطات در پزشکی)" یک فرمت استاندارد بین المللی برای انتقال، ذخیره، بازیابی، چاپ، پردازش و نمایش اطلاعات حاصل از دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی است. تکنیک ارائه حجم[6] (VRT) ابزار کاربردی و سریع برای آنالیز و نمایش مجازی آناتومی از روی تصاویر با فرمت DICOM است. VRT براساس داده‌های DICOM حاصل شده که در نتیجه یک فرآیند طولانی برای نمایش قابل اطمینان یک حجم واقعی[7] اسکن شده (که همان بدن فرد است) (حجم اکتسابی[8]) است که بصورت ۳بعدی و قابل درک بر روی صفحه نمایش، پرینت ۳بعدی یا سیستم AR قابل مشاهده است (شکل‌های ۸-۴ و ۹-۴). VRT مجموعه‌ای از ابزارها برای نمایش ۳بعدی مجازی یک حجم واقعی از آناتومی فردی است که توسط دستگاه CT، MRI یا سونوگرافی مورد اسکن قرار گرفته است (۲۵۸) (شکل ۱۰-۴).

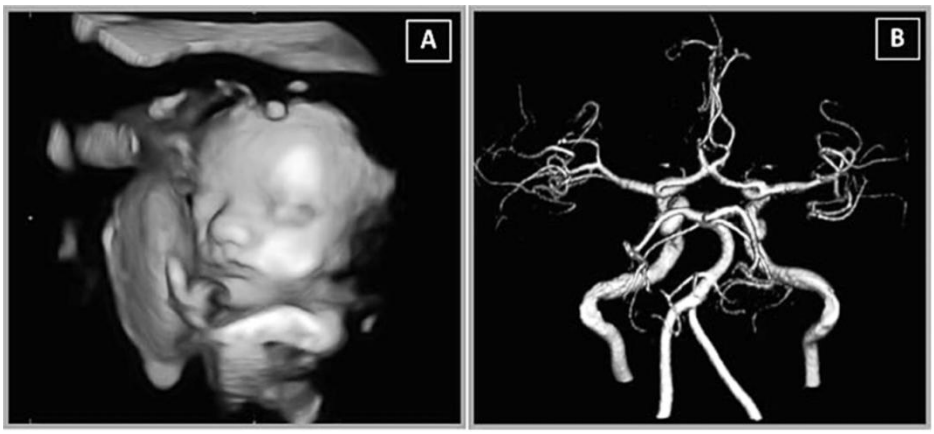


شکل ۸-۴. مراحل انجام VRT براساس داده‌های DICOM حاصل شده که حجم واقعی (منطقه اسکن شده از بدن بیمار).

1 segmentation techniques
2 thresholding
3 region growth
4 edge detection
5 clustering
6 Volume Rendering Technique
7 Real Volume
8 Acquired Volume

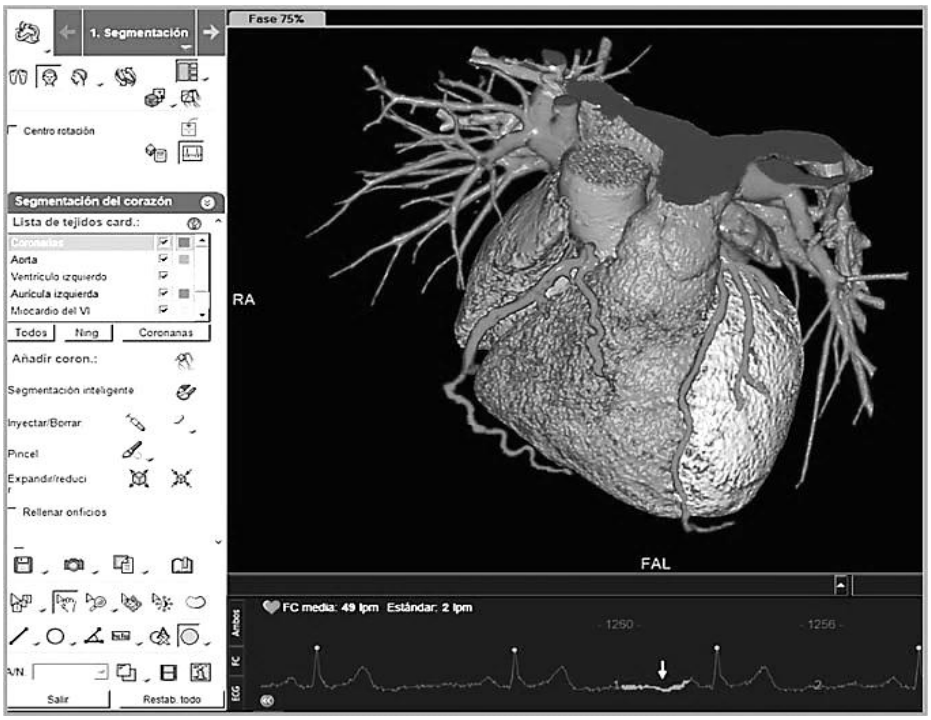


شکل ۹-۴. تصاویر مختلف در مراحل VRT. A) حجم واقعی، B) حجم اکتسابی، ج) حجم ارائه شده، D) روش بازسازی خودکار از بافت استخوانی.



شکل ۱۰-۴. تصاویر حاصل از تکنیک ارائه حجم با دستگاه A: سونوگرافی و B: MR آنژیوگرافی.

حجم اکتسابی را می‌توان با سه روش بازسازی به دست آورد: روش بازسازی خودکار[1]، نیمه خودکار[2] و روش بازسازی دستی. روش بازسازی خودکار یک پیش‌تنظیم کارخانه‌ای از پارامترهای بازسازی است که می‌توان از حجم ارائه شده با سرعت و دقت بالا ساختار خاصی مانند بافت استخوان، عضله یا عروق و.. را جداگانه به تصویر کشید (شکل ۱۱-۴). در روش بازسازی نیمه خودکار اپراتور ساختارهایی را که باید برجسته شوند از طریق اعمال یک تقسیم بندی خودکار قابل ویرایش تعیین می‌کند. چندین ابزار امکان برش (تشریح مجازی)، تأکید بر رنگ‌های مختلف، روشن کردن و حتی نشان دادن بافت‌های مختلف را که قبلاً از هم جدا شده‌اند را فراهم می‌کنند (شکل ۱۲-۴). واحد هانسفیلد[3] (HU) که به افتخار مهندس و برنده جایزه نوبل فیزیولوژی و پزشکی، گادفری هانسفیلد، نامگذاری شده است، مقیاس کمی از سطوح تشعشع جذب شده است که در MDCT استفاده می‌شود. هر پیکسل، میزان تضعیف اشعه توسط ساختار آناتومیکی در معرض را بیان می‌کند. به عنوان مثال، آب با مقدار HU برابر صفر مطابقت دارد. کبد، در شرایط عادی، دارای تضعیف تقریباً ۶۰ HU است. در حالی که بافت ریه حدود ۵۰۰- HU و استخوان متراکم ۱۰۰۰ HU است.

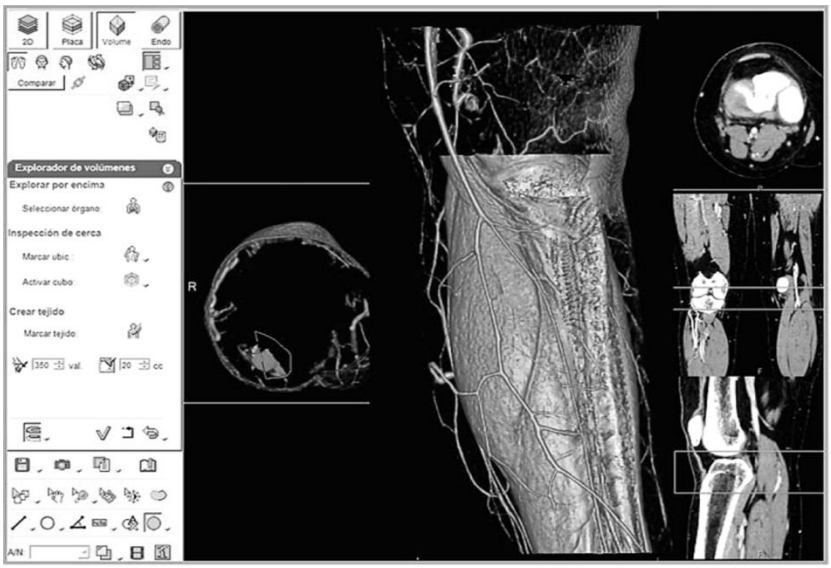


شکل ۱۱-۴. MDCT عروق کرونر و تکنیک نمایش مجازی به روش بازسازی خودکار. این روش ساختارهای قلبی را بصورت اتوماتیک تقسیم‌بندی ۳بعدی می‌کند.

1 Automatic Reconstruction Method
2 Semi-automatic Reconstruction Method
3 Hounsfield Unit

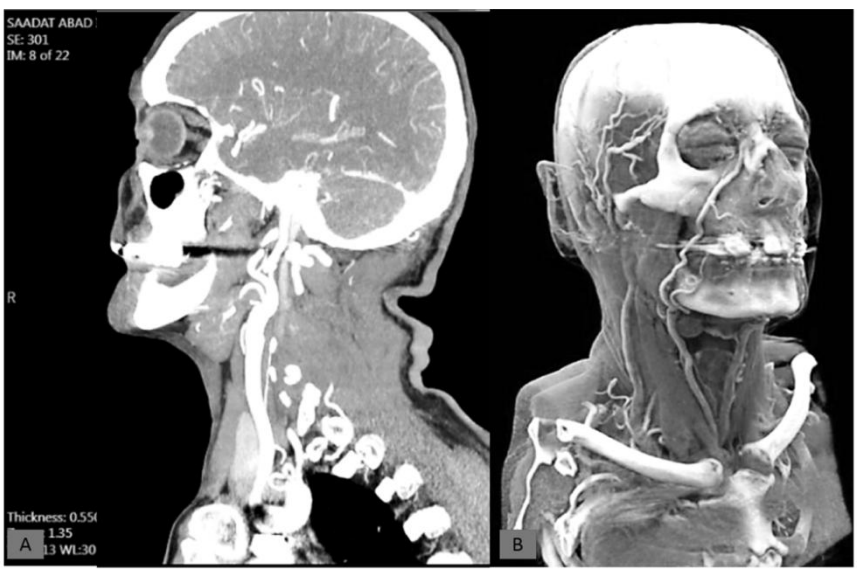
شکل ۱۲-۴. سی‌تی اسکن مولتی-اسلایس (MDCT) کولونوسکوپی مجازی با استفاده از یک روش بازسازی نیمه‌خودکار برای ناوبری و آنالیز کولون. نشان دادن یا نادیده گرفتن بخش‌های شناسایی شده به طور خودکار به اپراتور وابسته است.

در روش دستی، اپراتور به عنوان یک آناتومیست مجازی عمل می‌کند. کل حجم اکتسابی بدون تنظیمات پیش فرض روی صفحه مانیتور نمایش داده می‌شود و یک VDT را شبیه‌سازی می‌کند. بسته به نوع ارگان یا احشای موردنظر، از ابزارهای موجود در کنسول تشریح مجازی عملیات بازسازی انجام می‌شود (شکل ۱۳-۴).



شکل ۱۳-۴. ارائه حجم در CT ونوگرافی. با استفاده از ابزار Target Volume در صفحه نمایش بازسازی انجام می‌شود.

ادغام تصویربرداری پزشکی در دوره‌های آناتومی پیش بالینی در حال حاضر در بسیاری از دانشکده‌های پزشکی در حال انجام است. تجسم ۳بعدی تصاویر پزشکی می‌تواند جهت یابی را تسهیل کند. تکنیک‌های ارائه حجمی مدرن در حال حاضر برای ایجاد تصاویر ۳بعدی از داده‌های تصویربرداری پزشکی استفاده می‌شود که به آن ارائه سینمایی[1] (CR) می‌گویند. بر اساس روش مونت کارلو، مسیرهای نوری فوتون‌ها با جذب و گسیل بر روی انواع بافت‌های مختلف محاسبه می‌شود. از آنجایی که تفسیر تصاویر ۲بعدی در مقیاس خاکستری[2] دشوار است و تکنیک‌های ارائه حجم معمولی[3] تنها تصاویری با کیفیت محدود ارائه می‌دهند، بنابراین CR ممکن است برای آموزش آناتومیک مناسب‌تر باشد (شکل ۱۴-۴) (۲۵۹).



شکل ۱۴-۴. تفاوت بین تکنیک ارائه حجم معمولی (A) و ارائه سینمایی (B) در نشان دادن جزئیات و رنگ‌بندی عناصر آناتومیکی.

در این راستا مطالعه Binder و همکاران (۲۰۲۱) در دانشگاه Erlangen (آلمان) که یک مطالعه متقاطع تصادفی دو دوره‌ای[4] بود به بررسی اثربخشی دو تکنیک تصویربرداری CR و CT اسکن بر سرعت و درک آناتومی پرداخت. ۱۶ دانشجو به صورت تصادفی در دو توالی ارزیابی قرار گرفتند. در طول هر دوره ارزیابی، شرکت کنندگان به ۱۵ سوال مربوط به آناتومی پاسخ دادند که به سه دسته تقسیم شدند: آناتومی پارانشیمی، اسکلتی-عضلانی و عروقی. پس از یک دوره استراحت ۱۴ روزه، ارزیابی از تکنیک بازسازی دوم انجام شد. نتایج نشان داد قدرت به تصویر کشیدن آناتومی اسکلتی-عضلانی و عروقی با تکنیک CR نسبت به الگوریتم‌های بازسازی CT اسکن بطور معناداری بالاتر بود. در مقابل، توانایی تجسم CT[5] در نشان دادن آناتومی پارانشیم نسبت به تکنیک CR بالاتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که CR به طور

1 Cinematic Rendering
2 gray-scale
3 conventional volume rendering
4 randomized, two-period crossover study
5 CT visualization

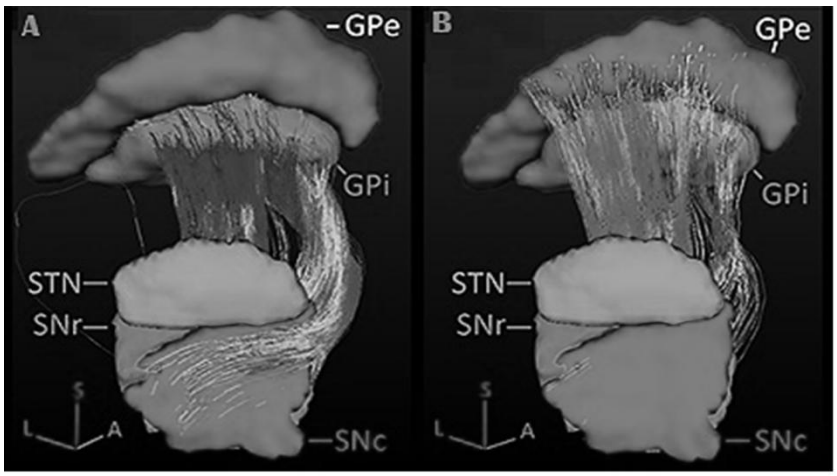
بالقوه می‌تواند کسب و انتقال دانش از داده‌های تصویربرداری پزشکی را در آموزش پزشکی افزایش دهد (۲۶۰).

نوروآناتومی یکی از دشوارترین دروس زیرمجموعه علوم تشریحی برای دانشجویان پزشکی است. مطالعه Familiari و همکاران (۲۰۱۳) در دانشکده پزشکی دانشگاه ساپینزا رم (ایتالیا) اثربخشی تصاویر تنسور ترکتوگرافی (DTI) را بر انگیزه و نتایج یادگیری دانشجویان ترم سوم پزشکی بررسی و با پرسشنامه و مقیاس لیکرت ارزیابی کردند. پرسشنامه به سه بخش تقسیم شده بود که از A و B برچسب گذاری شده بود و هر بخش شامل شش عبارت مرتبط با موضوع بود. سه مورد از این اظهارات مثبت بودند در حالی که سه مورد دیگر منفی بودند تا امکان بررسی متقاطع دوگانه را فراهم کنند. مقیاس لیکرت برای آزمون درجات توافق شرکت کنندگان با هر مجموعه از گزاره‌ها استفاده شد. از پاسخ‌دهندگان دعوت شد تا سطح موافقت خود را در مقیاس پنج درجه‌ای لیکرت از «کاملاً مخالفم» تا «کاملاً موافقم» و «نه موافق و نه مخالف» به‌عنوان میانگین آن نشان دهند. به هر سطح در مقیاس یک مقدار عددی اختصاص داده شد که از ۱ (کاملاً مخالفم) شروع می‌شود، برای هر سطح یک عدد افزایش می‌یابد تا به ۵ برسد (کاملاً موافقم). بخش A از پرسشنامه برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به نظرات دانشجویان در مورد سبک‌های یادگیری مورد نیاز برای مطالعه نوروآناتومی با استفاده از کتاب ها، مالتی مدیا و اطلس‌های رفرنس دانشگاه ساپینزا طراحی شده است. از دانشجویان خواسته شد که بیان کنند آیا مطالعه نوروآناتومی بر اساس کتاب‌ها و اطلس‌ها خسته کننده یا چالش برانگیز است. بخش B برای جمع‌آوری داده‌هایی در مورد میزان مفید بودن تصاویر نوروآناتومی حین عمل جراحی مغز برای دانشجویان و دانش خاصی از روابط توپوگرافی بین ساختارهای عصبی و همچنین بین آنها و محیط اطرافشان طراحی شد. همچنین از آنها خواسته شد که بیان کنند که آیا سخنرانی‌های نوروآناتومی به کمک تصاویر DTI را خسته کننده یا چالش برانگیز می‌دانند. در این مطالعه ۲۶۰ دانشجو با روشهای مختلف مانند: سخنرانی‌های سنتی روتین، نمونه‌های پروسکشن و پلاستینه، مولاژهای پلاستیکی سیستم عصبی و تصاویر DTI تدریس شدند. نتایج نشان داد که تعداد زیادی از دانشجویان موافق بودند که کتاب‌های درسی و اطلس‌های توصیه‌شده برای دانش پایه آناتومی و تا حدی کمتر برای درک روابط توپوگرافی بین ساختارهای اسکلتی، عروقی و عصبی مفید هستند. نشان داد که تعداد بسیار زیادی از دانشجویان اظهار کردند که دروس شامل تصاویر نوروآناتومیک به‌دست‌آمده در حین جراحی مغز با کمک MRI باعث بهبود دانش عمومی آنها از نوروآناتومی شده است. نمرات امتحانی دانشجویانی که در تمام سخنرانی‌های تلفیقی نوروآناتومی شرکت کرده بودند، در مقایسه با دانشجویانی که فقط گاهی اوقات یا اصلاً در این سخنرانی‌ها شرکت نکرده‌اند، به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. به نظر می‌رسد این مدل تدریس نوروآناتومی یکپارچه می‌تواند دانشجویان را بدون هیچ گونه هزینه اضافی برای دانشگاه در جهت آینده شغلی حرفه‌ای خود هدایت کند. در نتیجه، ابزارهای یادگیری تعاملی، مانند سخنرانی‌های ادغام‌شده با تصاویر MRI/DTI، دانشجویان را در جهت مطالعه و ارتقای آموزش نوروآناتومی خود تشویق می‌کند (۲۶۱). یکی از چالش‌های اصلی تدریس واحد نوروآناتومی عدم مشاهده عینی هسته‌های قاعده‌ای در مولاژها یا هنگام تشریح جسد است. هسته‌های قاعده‌ای در عمق مغز بالای دیانسفال و زیر کورتکس هستند و شامل: ماده سیاه[1] (SN)، هسته ساب تالامیک (STN)، گلوبوس پالیدوس[2] (GP) و جسم مخطط[3] است. تکنیک‌های MRI امکان تصویربرداری ۳بعدی، اتصال[4] و عملکرد مغز را لدن

1 substantia nigra
2 globus pallidus
3 striatum
4 connectivity

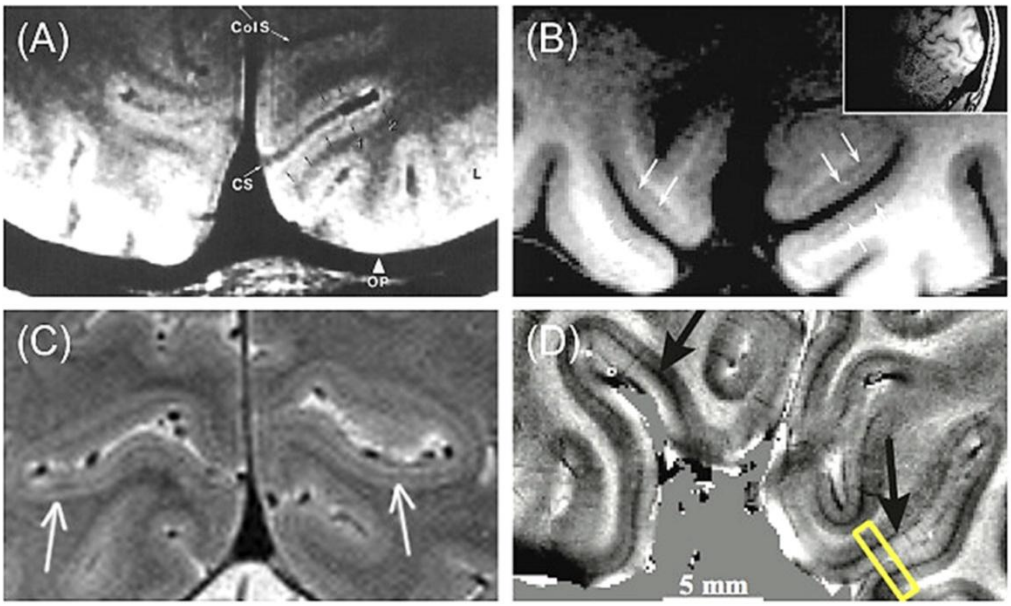
مداخله تهاجمی فراهم می‌کند. اسکنرهای MRI با میدان بالا[1] که به تازگی در حال ظهور هستند، فرصتی را برای بررسی مغز انسان با وضوح بالاتر[2]، با کنتراست بالاتر و با نویز کمتر در مقایسه با اسکنرهای ۱.۵ و ۳ تسلا ارائه می‌دهند.

مطالعه Plantinga و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی ساختار آناتومیک ماده سیاه[3]، هسته ساب تالامیک[4] (STN) و گلوبوس پالیدوس[5] و ارتباطات بین این هسته‌ها در مغز انسان (که در فرمالین فیکس شده بود) تهیه شده از گروه آناتومی و جنین‌شناسی دانشگاه ماستریخت (هلند) به کمک دستگاه MRI با قدرت ۷ تسلا پرداختند. اکثر ارتباطات هسته ساب تالامیک، ماده سیاه و گلوبوس پالیدوس با نرم‌افزار FSL و روش ردیابی فیبر احتمالی[6] به کمک نرم‌افزار متلب[7] بازسازی شدند. رویکرد ترکتوگرافی کمّی درجه‌ای از اتصال را نشان داد که قبلا مستند نشده بود. برای مثال، پرتابه‌های زیاد هسته ساب تالامیک به بخش مشبک[8] ماده سیاه در مقایسه با پرتابه‌ها به بخش داخلی گلوبوس پالیدوس[9] بود (۲۶۲) (شکل ۱۵-۴). به تصویر کشیده شدن مسیرهای عصبی و نحوه عبور الیاف توسط تکنیک‌های تصویربرداری ممکن است منجر به بازنگری مسیرهای آناتومیک در مغز شود. چون این اتصالات در انسان را به تصویر می‌کشد و واقعی هستند و در مقابل بسیاری از این مسیرها حین آماده‌سازی تکنیک‌های بافت‌شناسی دچار تغییر می‌شوند و مشاهده آنها با این تکنیک‌های دشوار است و همچنین ممکن است در بررسی‌های حیوانی چنین چیزی وجود نداشته باشد (به خاطر تفاوت گونه‌ها).



شکل ۱۵-۴. مسیرهای فیبر SNC و SNR بصورت رنگی برای جهت‌یابی کد شده است. (A) فیبرهای ردیابی شده بین GPi و SNr (رشته‌های قهوه‌ای) و SNc (رشته‌های سبز). (B) فیبرهای ردیابی شده بین GPe و SNr (رشته‌های نارنجی) و SNc (رشته‌های آبی). A= قدامی، L= خارجی و S= برتر.

1 ultra-high field
2 higher resolution
3 substantia nigra
4 subthalamic nucleus
5 globus pallidus
6 probabilistic fiber tracking
7 MATLAB
8 pars reticulata
9 globus pallidus internus



شکل ۱۶-۴. تصاویر MRI استریای جناری با استفاده از توالی‌های MR مختلف در قدرت‌های میدانی مختلف. فلش‌های سیاه و سفید به ترتیب موقعیت نوار جناری را نشان می‌دهند. A) در میدان ۱.۵ تسلا (زمان اسکن: ۵۰ دقیقه)، B) در میدان ۳ تسلا (زمان اسکن: ۴۵ دقیقه)، C) در میدان ۷ تسلا ۲۴ کاناله (زمان اسکن: ۱۰ دقیقه) و D) در میدان ۷ تسلا ۳۲ کاناله (زمان اسکن: ۸ دقیقه) (ColS: شیار جانبی[۱]، CS: شیار کالکارین[۲] و OP: قطب اکسیپیتال[۳]).

همچنین یکی دیگر از چالش‌های اصلی تدریس نوروآناتومی بررسی نئوکورتکس است که در شش لایه سازماندهی شده است و از نظر میزان میلین، تراکم سلولی و نحوه آرایش نورونی متفاوت است. این ساختار سلولی در درجه اول فقط از طریق بافت‌شناسی تهاجمی قابل دسترسی است. برای غلبه بر این محدودیت، چندین روش غیرتهاجمی MRI برای مشاهده و بررسی لایه‌های ساختاری قشر مغز توسعه یافته اند. مطالعات...به بررسی ساختارهای لامینای استریا جناری[۴] در قشر بینایی اولیه[۵] (V1) متمرکز بود. از آنجایی که کورتکس انسان بین ۲ تا ۴ میلی متر ضخامت دارد و تاب خورده است، نقشه برداری از لایه‌های قشر به وضوح ایزوتروپیک زیر میلی متری نیاز دارد (۲۶۳). اگرچه استریا جناری تنها حدود ۰.۳ میلی‌متر از ضخامت ۲ میلی‌متری V1 را تشکیل می‌دهد (۲۶۴)، اما با چشم غیرمسلح در بخش‌های مغز جسد فیکس نشده به صورت نوار سفیدی که از میان ماده خاکستری قشر مغز عبور می‌کند، قابل مشاهده است (۲۶۵). در نتیجه، مطالعات in-vivo MRI با موفقیت ساختار آن را در دستگاه ۱.۵ و ۳ تسلا به تصویر کشیدند (۲۶۶, ۲۶۷). در مطالعات ۱.۵ و ۳ تسلا نسبت سیگنال به نویز (SNR) موردنیاز تنها با میانگین‌گیری بدست می‌آید که منجر به زمانهای اسکن طولانی حدود ۴۰ دقیقه و بیشتر می‌شود. با افزایش قدرت میدان دستگاه به ۴.۷ و توسعه سخت افزارهای مهندسی میزان

1 collateral sulcus
2 calcarine sulcus
3 occipital pole
4 stria of Gennari
5 primary visual cortex

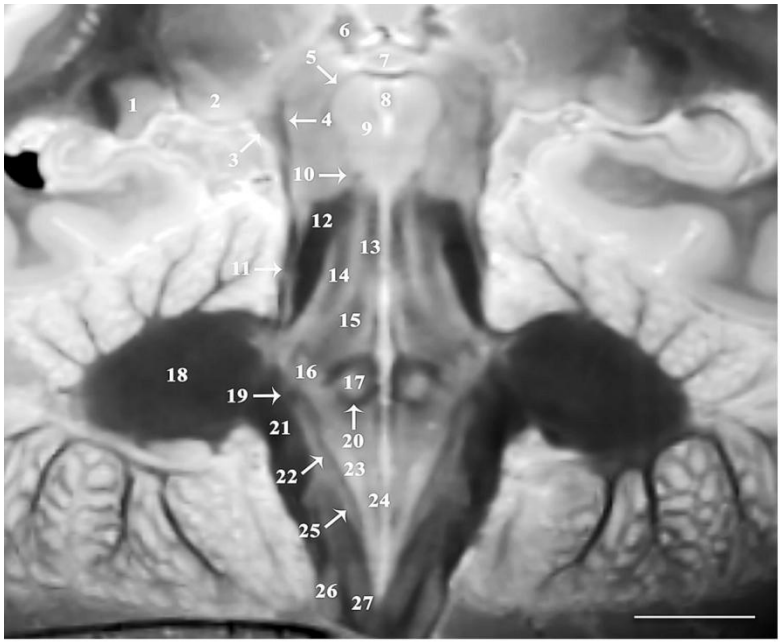
SNR به طور قابل توجهی افزایش یافت و در نتیجه زمان اسکن برای به تصویر کشیدن استریا جناری تا ۶ دقیقه کاهش یافت (۲۶۸) (شکل ۱۶-۴). مطالعه Sánchez-Panchuelo و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد وضوح حدود ۰.۴ میلیمتر را با توالی FLASH (که حدود ۱۵ دقیقه زمان می‌برد) از استریا جناری در مقایسه با لایه‌های اطراف ماده خاکستری به دست آورد (۲۶۹). آنچه اکنون در زمینه تحولات تکنولوژی و توسعه فناوری‌های دیجیتالی تصویربرداری MRI رخ می‌دهد و زمینه را برای نقشه‌برداری کامل از ساختار مغز فراهم می‌کند نوید رسیدن به بافت‌شناسی دیجیتال و کمرنگ شدن فرآیندهای پردازش[1] و برش‌گیری روتین در آزمایشگاه بافت‌شناسی است که می‌توان آن را تشریح دیجیتال[2] نامید که نقش مهمی در یادگیری میکرواستراکچر مانند لایه‌های کورتکس دارد.

آموزش، یادگیری و به خاطر سپردن آناتومی عصبی مرتبط از نظر بالینی چالش برانگیز است زیرا بسیاری از ساختارهای مهم عملکردی با استفاده از تکنیک‌های رنگ آمیزی بافتی از بخش‌های مسطح ۲بعدی مغز حاصل می‌شوند. Shepherd و همکاران (۲۰۲۰) مغز آغشته شده در فرمالدئید ۴ درصد به مدت ۴ هفته را با دستگاه MRI سه تسلا (ورژن Prisma، شرکت زیمنس، آلمان) با ضخامت ۴۰۰ میکرون را تصویربرداری کردند. نتایج نشان داد پروتکل میکروسکوپی MRI تصاویر با کنتراست خوب از مسیرهای میلینه بین هسته‌های قاعده‌ای، تالاموس، ساقه مغز و مخچه ارائه می‌کند که می‌تواند پایگاه داده و بانک دیجیتال کاربردی برای آموزش واحد درسی نوروآناتومی‌باشد (شکل ۱۷-۴).

مطالعه Paech و همکاران (۲۰۱۷) اثر ترکیب آناتومی رادیولوژیک (RA) و آناتوماژ بر یادگیری آناتومی عمومی را بررسی کردند. در این مطالعه ۲۳۸ دانشجوی سال اول در سه گروه قرار گرفتند و واحد درسی آناتومی ماکروسکوپیک بصورت زیر به آنها تدریس شد: ۱) آموزش تفسیر تصویر رادیولوژیک (سمینار RA) و دسترسی به سی تی اسکن جسد (گروه CT + سمینار)، ۲) فقط با سمینار آناتومی رادیولوژیک آموزش دیدند (گروه سمینار RA) و ۳) یک گروه بدون هیچگونه آموزش با تصویر رادیولوژیک (گروه تدریس سنتی). درک دانشجویان از برنامه درسی جدید از طریق نظرسنجی به صورت کمی (چهارگزینه‌ای) و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین نمره آزمون گروه سمینار + CT در مقایسه با گروه سمینار RA و گروه آناتومی سنتی به طور قابل توجهی بالاتر بود (۲۷ درصد بیشتر بود). نتایج مطالعه آنها بیانگر این واقعیت است که یادگیری آناتومی ماکروسکوپیک را می‌توان با اجرای سیستماتیک رویکردهای آناتومی مجازی تعاملی به طور قابل توجهی بهبود بخشید. علاوه بر این، این رویکردهای تعاملی زمینه‌ساز یادگیری بهتر موارد بالینی است و به حفظ و تثبیت دانش دانشجویان برای دوره‌های پیش‌بالینی و بالینی بعدی کمک می‌کند. برخورد اولیه با کیس‌های بالینی برای همه دانشجویان جذاب است و توانایی دانشجویان را در فهم ۳بعدی و یادگیری عمیق آناتومی ماکروسکوپیک بهبود می‌بخشد (۲۷۰).

ادغام رادیولوژی در دوره‌های آناتومی پزشکی به خوبی ثابت شده است، اما مطالعات کمی در مورد ادغام تشریح مجازی در آزمایشگاه‌های تشریح جسد وجود دارد. تشریح مجازی، نوعی تشریح دیجیتالی به کمک تصاویر پزشکی روی میزهای لمسی است. در این راستا Darras و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه‌ای را برای ۲۹۲ دانشجوی سال اول پزشکی در دانشکده پزشکی دانشگاه British Columbia (کانادا) طراحی کردند. در این مطالعه شش ایستگاه تشریح ایجاد شد که بخش‌های ستون فقرات، ریه‌ها و مدیاستن، قلب، عروق شکمی، اندام‌های شکمی و لگن را آموزش می‌دادند. طول مدت هر ایستگاه بین ۲ تا ۳ ساعت بود. دانشجویان بیشتر این زمان را صرف تکمیل تشریح جسد و حدود ۱۰ دقیقه را به VDT

1 Tissue processing
2 Digisection

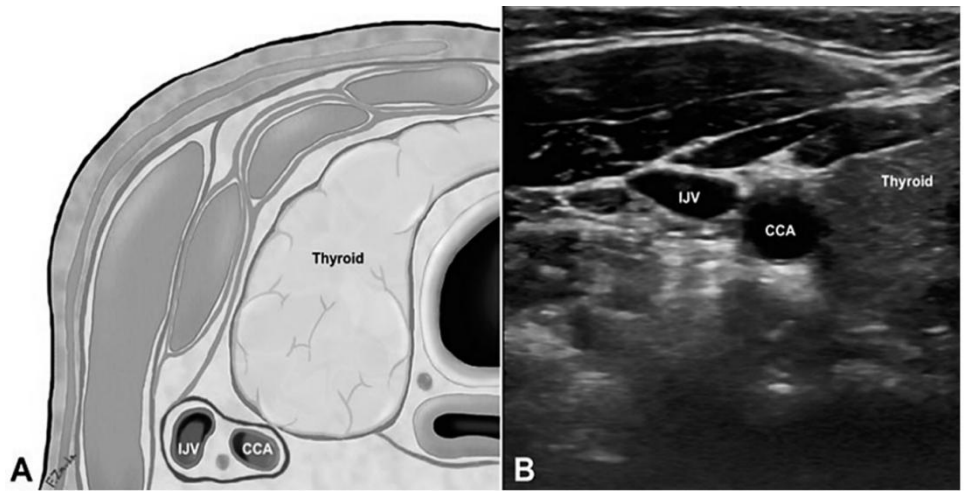


شکل ۱۷-۴. تصویر موازی با حفره لوزی (بطن چهارم) که نمای کاملی از هسته‌های زانویی خارجی (۱) و داخلی (۲)، بازوی کالیکولوس تحتانی (۳)، مسیر اسپاینوتالامیک (۴)، هسته تری ژمینال مزانسفالیک (۵)، هسته هبنولار (۶)، رابط خلفی (۷)، قنات مغزی (۸)، هسته اوکولوموتور (۹)، عصب تروکلئار (۱۰)، لمنیسکوس خارجی (۱۱)، پایک فوقانی مخچه (۱۲)، فاسیکولوس طولی داخلی (۱۳)، راه تگمنتال مرکزی (۱۴)، مسیر تری ژمینال مزانسفالیک (۱۵)، هسته تری ژمینال (۱۶)، هسته ابدوسنت (۱۷)، پایک میانی مخچه (۱۸)، محل تقسیم عصب وستیبولار (۱۹)، زانوی عصب صورتی (۲۰)، پایک تحتانی مخچه (۲۱)، راه سولیتاریوس (۲۲)، هسته پشتی واگ (۲۳)، هسته هیپوگلوسال (۲۴)، هسته سولیتاریوس (۲۵)، هسته کونئات (۲۶)، و هسته گراسیل (۲۷) را ارئه می‌دهد.

اختصاص می‌دادند. در VDT رادیولوژیست آناتومی طبیعی را از روی تصاویر سی‌تی اسکن بارگذاری شده در VDT نشان می‌داد. ارزیابی برنامه درسی در پایان دوره بر اساس چهار سطح هرم کرک پاتریک[1] بود. این مدل ارزش آموزشی برنامه درسی را با استفاده از چهار سطح در نظر می‌گیرد: (۱) واکنش، (۲) یادگیری، (۳) رفتار، و (۴) نتایج. در مطالعه آنها واکنش-های فراگیران به برنامه درسی یکپارچه ارزیابی شد. این نظرسنجی شامل سه سوال در مورد چگونگی درک دانشجویان از مزایای این ادغام کوریکولوم بود. از دانشجویان خواسته شد تا براساس مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای نظر دهند (۱ = کاملاً مخالف؛ ۲ = مخالف؛ ۳ = نه موافق و نه مخالف؛ ۴ = موافق؛ ۵ = کاملاً موافق). اکثر دانشجویان (۷۸.۷٪) گزارش دادند که تشریح مجازی درک آنها از آناتومی جسد و کاربردهای بالینی آناتومی را افزایش داد. اکثر دانشجویان (۷۳.۸٪) نیز احساس کردند که VDT امکان استفاده موثر را در بازه زمانی کلاس فراهم می‌کند. نتایج مطالعه آنها بیانگر افزایش قدرت یادگیری دانشجویان به دنبال استفاده ترکیبی از VDT با تشریح جسد است (۲۷۱).

1 Kirkpatrick's

سونوگرافی[1] یک تکنیک تصویربرداری پزشکی است که توسط پروفسور ایان دونالد[2] و همکارانش در دانشگاه گلاسکو (اواسط دهه ۱۹۵۰) به عنوان یک ابزار تشخیصی در زمینه زنان و زایمان معرفی شد. از آن زمان، سونوگرافی به طور گسترده در محیط‌های بالینی و تحقیقاتی مورد استفاده قرار گرفته است. سونوگرافی تشخیصی از پالس‌های کوتاه امواج صوتی در فرکانس‌های بالا (معمولاً ۲ تا ۱۵ مگاهرتز که برای گوش انسان قابل شنیدن نیست) برای تجسم ساختارهای تشریحی داخلی استفاده می‌کند (۲۷۲). منشاء سونوگرافی به SONAR (صدا[3]، ناوبری[4] و برد[5]) باز می‌گردد که توسط فیزیکدان فرانسوی پل لانگوین[6] کشف و برای مکان یابی اشیای زیر آب مانند زیردریایی‌ها ابداع شد (۲۷۳). سونوگرافی تشخیصی و آموزشی از ۲بعدی، ۳بعدی و ۴بعدی (یعنی افزودن زمان به ابعاد اسکن‌های ۳بعدی و در نتیجه نمایش حرکت) و چندین حالت داپلر مختلف با طیف وسیعی از ترانسدیوسرهای[7] پیشرفته تکنولوژیکی (مانند آرایه خطی، منحنی، فازی) بهره می‌برد که قادر به تولید تصاویری با کیفیت عالی و دقت آناتومیکی بالا هستند (۲۷۴) (شکل ۱۸-۴). به طور خاص، سیگنال‌های الکتریکی هنگام عبور از کریستال‌های پیزوالکتریک[8] ترانسدیوسر به امواج صوتی ساطع شده تبدیل می‌شوند و برعکس، امواج صوتی بازتاب‌شده توسط کریستال‌های پیزوالکتریک به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌شوند که سپس برای تولید تصویر در صفحه نمایش استفاده می‌شوند. این به عنوان اثر پیزوالکتریک[9] در سونوگرافی شناخته می‌شود (۲۷۵).



شکل ۱۸-۴. ساختارهای آناتومیک ناحیه قدامی-طرفی گردن. A) نقاشی و شمای آناتومیک، B) تصویر سونوگرافی ۲بعدی. CCA: شریان کاروتید مشترک، IJV: ورید ژوگولار داخلی.

1 Ultrasound
2 Ian Donald
3 sound
4 navigation
5 ranging
6 Paul Langévin
7 transducer
8 piezoelectric crystals
9 piezoelectric effect

در ۱۰ سال گذشته، پیشرفت تکنولوژی امکان توسعه پروبهای سونوگرافی کوچک، قابل حمل و ارزان را فراهم کرده است که می‌توانند به صورت بی سیم به تلفن همراه یا تبلت متصل شوند. اسکنرهای سونوگرافی سنتی قبلاً به دلیل قیمت بالا و اندازه بزرگ برای تدریس روتین دانشگاه غیرقابل دسترس بودند (۲۷۶). سونوگرافی در حیطه بالینی از جمله اورژانس، زنان و زایمان، پزشکی داخلی و تخصص‌های مختلف جراحی استفاده می‌شود و ایمن است زیرا از پرتوهای یونیزان استفاده نمی‌کند (۲۷۲). علاوه بر این، سونوگرافی نه تنها امکان ارزیابی استاتیک از روابط فضایی بین ساختارهای آناتومیکی را فراهم می‌کند، بلکه امکان ارزیابی دینامیک بافت‌های مختلف را در داخل بدن فراهم می‌کند. بنابراین، سونوگرافی اطلاعات اضافی را ارائه می‌دهد که به راحتی با استفاده از سایر تکنیک‌های آموزشی، از جمله آناتومی دیجیتال و کالبد شکافی جسد به دست نمی‌آید (۲۷۷). اگرچه در گذشته بیشتر تمرکز سونوگرافی بر کسب مهارت‌های بالینی و تشخیص بیماریها بود اما در چند سال اخیر علاقه زیادی به گنجاندن سونوگرافی در کوریکولوم آناتومی جهت یادگیری روابط فضایی ۳بعدی بدن انسان در دانشکده‌های پزشکی متعدد از جمله آمریکای شمالی، کانادا و بریتانیا که وجود دارد.

مطالعه Edwards و همکاران (۲۰۲۳) با هدف ارزیابی درک دانشجویان از ادغام سونوگرافی بی سیم پرتابل در آموزش آناتومی مقطع کارشناسی در دانشگاه برادفورد[1] (انگلستان) انجام شد. در این مطالعه ۱۰۷ دانشجوی کارشناسی (دانشجویان غیرپزشکی که دوره مقدماتی آناتومی و فیزیولوژی را گذرانده اند) شرکت کردند و جلسات ۲ ساعته آموزش آناتومی برگزار شد که از این زمان پنج جلسه ۳۰ دقیقه‌ای آموزش به کمک سونوگرافی بود. مابقی زمان کلاس تدریس از طریق جسد، مولاژهای آناتومی و آناتوماژ انجام می‌شد. جلسات اولتراسوند با استفاده از پروب اولتراسوند ۳ در ۱ Ballater Medical انجام شد. این پروب به صورت بی‌سیم به یک iPad پرو ۱۱ اینچی (اپل، کالیفرنیا) متصل شد تا تصاویر تولید شده را نمایش دهد. ابعاد دستگاه سونوگرافی ۱۵۶ میلی متر × ۶۰ میلی متر × ۲۰ میلی متر و وزن آن ۲۵۰ گرم بود و پروب آن به صورت بی‌سیم شارژ می‌شد. این پروب همچنین امکان اندازه‌گیری فاصله، مساحت، محیط و زوایای ساختارهای آناتومیکی را فراهم می‌کند. جلسه اول مبتنی بر سخنرانی[2] بود و مباحث تئوری سونوگرافی از جمله نحوه عملکرد پروب و شناسایی ساختارهای آناتومیکی کلیدی را پوشش می‌داد. چهار جلسه دیگر این فرصت را برای دانشجویان فراهم کرد تا یک فرد داوطلب را اسکن کنند. چهار جلسه عملی شامل مبانی عملی سونوگرافی، اسکن اندام فوقانی، اسکن اندام تحتانی و اسکن شکم و توراکس تقسیم شد. تمام ساختارهایی که از دانشجویان خواسته شد با استفاده از سونوگرافی پیدا و شناسایی کنند، برای آنها آشنا بود چراکه قبلاً از طریق سخنرانی‌ها، تشریح جسد و مولاژهای آناتومی آموزش داده شده بود. در جلسات سونوگرافی هر دانشجو فرصت کافی برای تمرین داشت تا کل گروه بتوانند به راحتی صفحه iPad را مشاهده کنند. یک مدرس مجرب در زمینه سونوگرافی و آناتومی برای هدایت هر جلسه حضور داشت و به دانشجویان اجازه می‌داد هر سوالی را بپرسند یا هر کمکی را که نیاز داشتند دریافت کنند. برای حمایت از یادگیری و تاکید بر اهمیت تکرارپذیری، از پروتکل‌های سونوگرافی برای ارزیابی ساختارهای آناتومیک شکم، سیستم قلبی-عروقی و سیستم اسکلتی-عضلانی استفاده شد. برای ارزیابی از پرسشنامه لیکرت جهت بررسی درک دانشجویان از ادغام دستگاه سونوگرافی پرتابل در آموزش آناتومی استفاده شد. نتایج نشان داد که ۹۳ درصد از دانشجویان درک بهتری از ساختارهای آناتومیک داشتند و سونوگرافی قدرت تحلیل روابط فضایی آنها را بهبود می‌بخشد، ۹۴ درصد دریافتند که سونوگرافی توانایی آنها را در درک ارتباط بالینی آناتومی افزایش می‌دهد، ۹۷ درصد از جلسات لذت بردند و در آنها انگیزه ایجاد شده

1 University of Bradford
2 lecture-based

است و ۹۵ درصد دانشجویان معتقد بودند که سونوگرافی باید در آموزش آناتومی ادغام شود. مطالعه آنها اولین گزارش از مزایای بالقوه ادغام سونوگرافی پرتابل در برنامه درسی آناتومی است (۲۷۸).

Moscova و همکاران (۲۰۱۴) ادغام تصویربرداری پزشکی را در آخرین کوریکولوم واحد آناتومی بالینی مصوب ۲۰۰۸ در دانشگاه سیدنی (استرالیا) ارزیابی کردند. تصویربرداری پزشکی مورد استفاده برای آموزش برنامه درسی جدید شامل رادیوگرافی عادی، MRI، سونوگرافی و CT اسکن بود. این تکنیک‌ها در دو سال اول برنامه به عنوان بخشی از جلسات عملی آناتومی، علاوه بر سخنرانی سر کلاس و آموزش تخصصی ارائه شده توسط متخصصان تصویربرداری، در آموزش گنجانده شدند. نظرسنجی‌هایی بین سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲ برای ارزیابی میزان پذیرش دانشجو از ادغام انجام شد. از دانشجویان خواسته شد که فعالیت‌های فردی را رتبه‌بندی کنند و همچنین نظراتی با پایان باز ارائه دهند. تعداد دانشجویانی که به نظرسنجی‌ها پاسخ دادند از ۴۰٪ تا ۹۸٪ متغیر بود. بیش از ۹۰ درصد از پاسخ دهندگان از کیفیت کلی تدریس در واحدهای آناتومی راضی بودند. به طور خلاصه، ۴۸٪ تا ۶۳٪ از دانشجویان پاسخ‌دهنده فکر می‌کردند که سخنرانی‌های تخصصی تصویربرداری به آنها کمک می‌کند تا به طور موثر یاد بگیرند. در مورد جلسات عملی آناتومی مقطعی، ۷۶٪ تا ۸۴٪ از دانشجویان موافق یا کاملاً موافق بودند که جلسه آناتومی مقطعی توراکس، سر و گردن به درک آنها از رابطه فضایی بین ساختارهای آناتومیک کمک کرده است (امتیاز لیکرت ۴ از ۵). علاوه بر این، ۷۱٪ تا ۷۷٪ از دانشجویان موافق یا کاملاً موافق بودند که جلسات عملی آناتومی مقطعی به آنها کمک می‌کند تا روش‌های تصویربرداری CT، MRI و سونوگرافی را بهتر درک کنند که بتوانند (امتیاز لیکرت ۳.۹). نتایج مطالعه آنها نشان داد ادغام طولی[1] تصویربرداری پزشکی در آموزش آناتومی در اوایل دوره تحصیلی توانایی دانشجویان را در درک روش‌های تصویربرداری و ارتباط آنها با آناتومی بالینی بهبود می‌بخشد. یافته‌های ما همچنین نشان می‌دهد که دانشجویانی که قبلاً در معرض آناتومی قرار گرفته‌اند، عمدتاً تجربیات مشابهی در مطالعه تصویربرداری پزشکی به عنوان بخشی از آناتومی دارند (۲۷۹).

سونوگرافی در مقایسه با سایر روش‌های تصویربرداری پزشکی هزینه نسبتاً پایینی دارد و با تجهیزات قابل حملی که اندازه آنها به شدت کاهش یافته است و در حد یک تبلت رسیده است، تصویربرداری را در کنار تخت بیمار، منزل و محیط شهری ممکن کرده است (۲۸۰). علاوه بر این، سونوگرافی نه تنها به عنوان مکملی برای تقویت برنامه‌های درسی پزشکی در علوم پایه مهم است، بلکه به عنوان یک تکنیک و مهارت رایج و وسیع بعدها در دوره استاژری و انترنی در محیط بالینی بسیار کمک کننده است (۲۸۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسکن سونوگرافی یک مهارت مهم در آموزش پزشکی و آموزش آناتومی است (۲۸۲, ۲۸۳). در تعداد فزاینده‌ای از دانشکده‌های پزشکی از جمله دانشگاه هاروارد و اوهایو، سونوگرافی در سال‌های علوم پایه و فیزیوپات به عنوان ابزار کمکی، عمدتاً در دوره‌های آناتومی ماکروسکوپیک و معاینه فیزیکی[2] معرفی شده است، در حالی که این تکنیک در دوره‌های بالینی و راندهای تخصصی مختلف به خوبی گنجانده شده است (۲۸۴, ۲۸۵). برخی دانشگاه‌ها مانند کارولینای جنوبی سونوگرافی را در تمام ۴ سال تحصیلات پزشکی در مقطع کارشناسی[3] (UME) گنجانده اند (۲۸۶–۲۸۸). در مطالعه Jurjus و همکاران (۲۰۱۴) ارزیابی دانشجویان پزشکی از آموزش آناتومی با سونوگرافی توسط پزشکان و آناتومیست‌ها انجام شد. جلسات سونوگرافی تعاملی به عنوان بخشی از دوره آناتومی ماکروسکوپیک با رعایت اصول یادگیری بزرگسالان برنامه ریزی شد. هفت استاد (سه آناتومیست و چهار

1 longitudinal integration
2 physical examination
3 undergraduate medical education

پزشک) در هر جلسه تدریس می‌کردند. قبل از هر جلسه، آناتومیست‌ها در زمینه سونوگرافی توسط فیزیست سونوگرافی آموزش داده شدند. دانشجویان به گروه‌های چندگانه تقسیم شدند و اساتید بصورت چرخشی به گروه‌ها آموزش دادند و سپس ارزیابی‌ها دانشجویان انجام شد. این مطالعه نشان داد که آناتومیست‌ها می‌توانند آناتومی زنده را با استفاده از سونوگرافی به خوبی و در حد پزشکان آموزش دهند (۲۸۹). روش‌های سنتی آموزش آناتومی مبتنی بر مولاژها و تشریح جسد است که نماهای ثابت و بدون عملکردی از ساختارهای آناتومیکی ارائه می‌دهند. در چند سال اخیر، مفهوم نوظهور آموزش مبتنی بر سونوگرافی در آناتومی بتدریج در میان کوریکولوم پزشکی جای گرفته است.

شورای اعتباربخشی برای تحصیلات تکمیلی پزشکی[1] ایالات متحده الزامات خاصی برای آموزش سونوگرافی در رشته‌هایی مانند رادیولوژی، فوریت‌های پزشکی و زنان–زایمان دارد. توسعه کاربردهای متمرکز اولتراسوند در اکثر تخصص‌ها منجر به افزایش علاقه مربیان[2] پزشکی در مقطع کارشناسی به توسعه برنامه‌های آموزشی سونوگرافی شده است. مطالعات اولیه نشان داده است که چنین برنامه‌هایی نه تنها باعث رضایت بالای دانشجویان پزشکی می‌شود، بلکه پایه دانش کلی دانشجویان پزشکی را افزایش می‌دهند، دقت مهارت‌های معاینه فیزیکی آنها را بهبود می‌بخشند و درک آنها از آناتومی مربوطه را بهبود می‌بخشند. به نظر می‌رسد که آموزش آناتومی با سونوگرافی در دانشکده‌های پزشکی ایالات متحده محدود به برنامه‌های مجزا و محدود است و هنوز یک استراتژی ملی نشده است. (۲۷۲, ۲۸۸). آموزش پزشکی معاصر تاکید خود را از یادگیری علوم پایه زیست پزشکی در واحدهای انفرادی به محتوای یکپارچه بالینی تغییر داده است. علاوه بر این، اکنون تمرکز بیشتری روی مراحل بالینی یادگیری و ارزیابی قرار می‌گیرد. در این فرآیند، علوم پایه زیست پزشکی، که دانش بنیادی برای عملکرد بالینی آینده را تشکیل می‌دهند، به ویژه در زمینه‌هایی مانند آناتومی می‌توانند تحت تأثیر قرار گیرند. در مطالعه‌ای که توسط انجمن بین المللی مربیان علوم پزشکی[3] انجام شد، نتایج حاصل نشان داد که آموزش آناتومی باید در کل دوره پزشکی پیوسته باشد، زیرا این امر به کاربرد بالینی و توسعه مهارت‌های تفکر موثر در استدلال بالینی و تصمیم گیری مناسب به کاهش خطاهای پزشکی کمک کند و برای اطمینان از عملکرد بالینی ایمن بسیار مهم است. علاوه بر اینها، کلاس‌های آناتومی همچنین می‌تواند ارزش‌های انسانی اساسی مانند مهارت‌های حرفه‌ای و ارتباطی را در دانشجویان ایجاد کند (۲۹۰). در حالی که استفاده از کالبد شکافی یک ابزار متداول است، اما محدودیت‌های متعددی دارد. اینها شامل در دسترس نبودن مدرس مجرب، زمان کم تدریس عملی سر جسد، عدم ارائه نماهای مقطعی و نارسایی در تجسم "انسان زنده فعال[4]" و متعاقباً ناتوانی در به کارگیری بالینی یادگیری خود است (۲۹۱)

Carter و همکاران (۲۰۱۶) مطالعه‌ای با هدف سنجش درک دانشجویان پزشکی دانشگاه Western ایالات متحده پس از تکمیل دوره آناتومی با تصویربرداری سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی انجام دادند. در این دانشگاه برنامه درسی فعلی شامل استفاده از سونوگرافی ۲بعدی در طول دوره آموزش آناتومی است چراکه معتقدند ادغام تکنیک سونوگرافی با تشریح جسد به دانشجویان کمک می‌کند تا دانش آناتومی خود را در تصویربرداری بالینی بطور کاربردی استفاده کنند. طراحی مطالعه آنها در سه جزء اصلی بود: ۱) بررسی آموزشی قبل از سونوگرافی، ۲) جلسات آموزشی سونوگرافی تکمیل کننده تشریح آناتومی و ۳) بررسی آموزشی پس از سونوگرافی. ۱۰۸ دانشجوی سال اول پزشکی که واحد آناتومی شان ۱۱ هفته‌ای بود، با شرکت داوطلبانه در این مطالعه موافقت کردند. سپس از دانشجویان خواسته شد تا یک نظرسنجی را با استفاده

1 Accreditation Council for Graduate Medical Education
2 educators
3 International Association of Medical Science Educators
4 the functioning living human

از مقیاس لیکرت کلاسیک ۵ درجه‌ای تکمیل کنند تا تجربیات گذشته خود را با تصویربرداری سونوگرافی ۲بعدی و ۳بعدی/۴بعدی قبل از ورود به دانشکده پزشکی اعلام کنند. جلسات سونوگرافی توسط دانشجویان دوره دوم پزشکی آموزش دیده زیر نظر استاد دوره برگزار شد (رویکرد senior-jounior). آموزش دانشجویان سال دوم پزشکی شامل دریافت حداقل ۴۰ تصویر سونوگرافی ۲بعدی و ۳ بعدی/ ۴ بعدی از هر ساختار آموزش داده شده بود که توسط استاد دوره تایید شده بود. برای دانشجویان سال اول، جلسات سونوگرافی در جلسات ۲۰ دقیقه‌ای بصورت گروه‌های کوچک (۴ تا ۶ دانشجو) آموزش داده شد. همه شرکت کنندگان در مطالعه در تمام جلسات سونوگرافی شرکت کردند. از دستگاه سونوگرافی Fukuda Denshi UF-760AG مجهز به پروب سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی (با قیمت ۳۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ دلار) برای آموزش ساختارهای آناتومیکی استفاده شد. این جلسات همراه با تشریح همزمان ناحیه آناتومیکی آموزش داده شد. در طول ترم، دانشجویان در پنج جلسه سونوگرافی برای تصویربرداری از ۱) کلیه و طحال، ۲) آئورت شکمی، ۳) مثانه، رحم و تخمدانها، ۴) محتویات حفره پوپلیتئال (شریان پوپلیتئال، ورید و عصب تیبیال) و ۵) غده تیروئید شرکت کردند. پس از شناخت و تمرین با دستگاه سونوگرافی ۲بعدی، دانشجویان با اصول اولیه کار با پروب سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی، دکمه شناسی[1]، نحوه تغییر سطح دید در تصویربرداری ۳بعدی/۴بعدی و نحوه شناسایی/تفسیر ساختارهای آناتومیک در تصویر ۳بعدی/۴بعدی آشنا شدند. سپس دانشجویان تمرینات آموزشی را برای مقایسه ساختارهای آناتومیک بین بافت جسد و فرد سالم (دانشجویان داوطلب) با استفاده از سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی انجام دادند. دسترسی به تجهیزات سونوگرافی و سالن آناتومی برای استفاده دانشجویان در طول هفته و تعطیلات آخر هفته فراهم بود. پس از اتمام تمام جلسات سونوگرافی، ۹۶ دانشجو (۹۴.۱ درصد) از کسانی که به نظرسنجی اول پاسخ دادند) داوطلب شدند تا یک نظرسنجی نهایی را تکمیل کنند که درک آنها از استفاده از سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی را ارزیابی می‌کرد. مشابه نظرسنجی اول، نظرسنجی نهایی نیز با مقیاس لیکرت برای تعیین کمیت ادراک دانشجویان انجام شد. نتایج مطالعه آنها نشان داد ۱۶ نفر از دانشجویان قبل از ورود به دانشکده پزشکی با سونوگرافی ۲بعدی آشنا بودند و سه نفر نیز سونوگرافی ۳بعدی انجام داده بودند. اکثر دانشجویان احساس کردند که سونوگرافی ۲بعدی به تسهیل یادگیری ساختارهای آناتومیکی (۹۶.۱٪) و مهارت‌های بالینی (۹۷.۱٪) کمک می‌کند. قبل از هر یک از جلسات سونوگرافی، دانشجویان سطح راحتی[2] استفاده از تصویربرداری سونوگرافی ۲بعدی را ۲.۴۲ از ۵ گزارش کردند (براساس مقیاس لیکرت: ۱-اصلا راحت نیست و ۵- بسیار راحت است). در نظرسنجی پیش از آموزش، وقتی این سوال پرسیده شد که "با توجه به این گزینه، ترجیح می‌دهید تصاویر را به صورت ۲بعدی یا ۳بعدی مشاهده کنید؟" نشان داد که ۵۳.۹ درصد از دانشجویان ۲بعدی، ۴۳.۱ درصد ۳بعدی را ترجیح می‌دهند و ۲.۹۴ درصد پاسخ نداده اند. پس از گذراندن جلسات سونوگرافی، سطح راحتی دانشجو در هنگام استفاده از سونوگرافی ۲بعدی به ۴.۱۹ مطابق مقیاس لیکرت افزایش یافت و دانشجویان نیز سطح راحتی بالایی را در آموزش اصول اولیه سونوگرافی ۲بعدی به سایر دانشجویان گزارش کردند (۴.۱۰ از ۵). علاوه بر این، پس از آموزش سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی، دانشجویان سطح راحتی در انجام و تفسیر تصاویر سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی (۴.۰۶ از ۵) گزارش کردند. همچنین، سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی در کمک به دانشجویان برای درک بهتر روابط بین ساختارهای آناتومیک ارزشمند بود (۴.۲۴ از ۵). بعلاوه، دانشجویان گزارش کردند که سونوگرافی ۳بعدی ابزار مفیدی در یادگیری آناتومی است (۴.۴۹ از ۵). در بخش نظرات اختیاری نظرسنجی نهایی ۶۸ درصد دانشجویان بر نقش مفید سونوگرافی در تقویت فهم روابط

1 knobology
2 comfort level

موقعیتی و فضایی آناتومیک تأکید کردند. ۵ درصد اظهار کردند سونوگرافی ۳بعدی امکان «مفهوم‌سازی بهتر[1]» ساختارها را نسبت به سونوگرافی ۲بعدی فراهم می‌کند که در نهایت منجر به «درک بهتر[2]» ساختارهای آناتومیکی می‌شود. ۱۷ درصد دانشجویان در مکان‌یابی سازه‌ها با سونوگرافی ۳بعدی مشکل داشتند و ۱۰ درصد دانشجویان زمان بیشتری را برای تمرین سونوگرافی ۳بعدی می‌خواستند. در نهایت دانشجویان در شناسایی ارگانها و ساختارهای آناتومیک با استفاده از سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی مهارت داشتند که به پیشرفت آنها در دوره‌های کارورزی و بالینی کمک می‌کند و پیشنهاد کردند گنجاندن سونوگرافی ۳بعدی/۴بعدی در دوره آناتومی به تسهیل یادگیری آناتومی کمک می‌کند (۲۹۲).

در مطالعه Kefala-Karli و همکاران (۲۰۲۱) اثربخشی ادغام سونوگرافی با روش‌های آموزشی سنتی آناتومی بر درک دانشجویان ارزیابی شد. در این مطالعه دانشجویان دو مقطع پزشکی MD (دوره ۶ ساله) و پزشکی MBBS (دوره ۴ ساله) در دانشگاه نیکوزیا شرکت داشتند. پس از ارائه چندین جلسه سونوگرافی بیست دقیقه‌ای توسط یک متخصص در این زمینه حین جلسات آناتومی، پرسشنامه‌ای در اختیار دانشجویان قرار گرفت و ۱۰۷ دانشجوی MD و ۴۲ MBBS پرسشنامه را تکمیل کردند. ۱۰۷ دانشجوی MD و ۴۲ دانشجوی MBBS پرسشنامه را تکمیل کردند. هر دو گروه موافق بودند که تجربه یادگیری[3] مبتنی بر سونوگرافی آنها خوب یا عالی بود (۷۹.۴٪ دانشجویان MD؛ ۹۲.۹٪ دانشجویان MBBS) و دانش[4] آنها را در مورد آناتومی افزایش داد (۶۸.۲٪ دانشجویان MD؛ ۹۰.۵٪ دانشجویان MBBS). همچنین اعتماد به نفس[5] آنها را در مورد تمرین مهارت‌های امتحانی[6] افزایش داد (۶۹.۲٪ دانشجویان MD؛ ۸۵.۷٪ دانشجویان MBBS). اگرچه اکثر دانشجویان مایل بودند زمان بیشتری به ایستگاه سونوگرافی اختصاص داده شود (۷۲٪ دانشجویان MD؛ ۸۵.۷٪ دانشجویان MBBS)، آنها معتقد بودند که آموزش مبتنی بر سونوگرافی یک مکمل ضروری برای روش‌های آموزشی سنتی آناتومی است (۸۹.۷٪ دانشجویان MD؛ ۹۲.۹٪ دانشجویان MBBS) (۲۹۳).

در مطالعه Royer (۲۰۱۶) برای تعیین میزان آموزش سونوگرافی در برنامه‌های آناتومی غیرپزشکی، و ارزیابی درک آناتومیست‌ها از نقش سونوگرافی در آموزش آناتومی، یک نظرسنجی آنلاین بین اعضای هیئت علمی در برنامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری آناتومی توزیع شد. نتایج نظرسنجی ۷۱ درصد از برنامه‌های تحصیلات تکمیلی آناتومی را در سطح کشور نمونه‌برداری کرد. از اعضای هیئت علمی مورد بررسی، ۶۵٪ تجربه کمی با سونوگرافی را گزارش کردند. سی و شش درصد از برنامه‌های بررسی شده شامل قرار گرفتن در معرض سونوگرافی هستند، در حالی که تنها ۱۵ درصد آموزش سونوگرافی عملی را ارائه می‌دهند. فرصت‌هایی برای کارآموزان آناتومی برای آموزش با سونوگرافی در ۱۲ درصد از برنامه‌ها یافت شد. پاسخ‌های لیکرت نشان داد که آناتومیست‌ها دیدگاه‌های بسیار مثبتی در مورد مشارکت سونوگرافی در آموزش آناتومی دارند: ۹۱٪ موافق بودند سونوگرافی مفاهیم آناتومیکی را تقویت می‌کند، و ۹۵٪ موافق بودند که ارتباط با بالین و توجیه پاتولوژی‌ها را تقویت می‌کند. آناتومیست‌ها نظرات نسبتاً مثبتی در مورد ارزش سونوگرافی برای آینده شغلی فارغ التحصیلان آناتومی دارند: ۶۹٪ موافق بودند سونوگرافی رقابت را در بازار کار افزایش می‌دهد، ۸۵٪ موافق بودند که سونوگرافی یک مهارت مفید برای حرفه تدریس در دانشکده پزشکی است و ۴۱٪ موافق بودند که سونوگرافی باید در

1 better conceptualization
2 better understanding
3 learning experience
4 knowledge
5 confidence
6 examination skills practice

کوریکولوم آموزش پزشکی گنجانده باشد. به نظر می‌رسد که آناتومیست‌ها در برهه حساس و کلیدی از آینده آموزش پزشکی قرار دارند و باید تصمیم بگیرند که آیا سونوگرافی یک مهارت ضروری برای دنیای مدرن است یا خیر (۲۸۳).

در سطح UME، برنامه‌های درسی سونوگرافی معمولاً شامل آموزش عملی می‌شود، که در آن دانشجویان خودشان پروب را استفاده می‌کنند تا تصاویر زنده داخل بدن، از جمله ساختارهای آناتومیکی طبیعی را بتوانند پیدا کنند و درک ۳بعدی احشا را بدست آورند. با این حال، در برنامه برخی دانشگاه‌ها سونوگرافیست‌های خبره اسکن را انجام می‌دهند و روی مانیتور نشان می‌دهند تا دانشجویان در مورد آن ساختار توضیح دهند و بحث کنند (۲۹۴, ۲۹۵). روش‌های زیادی مانند رادیوگرافی، CT و MRI برای گرفتن تصویر وجود دارد، اما اکثر آنها زمان بر هستند، خطر تشعشعات یونیزان را به همراه دارند و نمی‌توانند به طور مستقیم و بدون آموزش کافی توسط دانشجویان انجام شوند. سونوگرافی سطحی غیر تهاجمی و ایمن است و به دانشجویان اجازه می‌دهد تا در زمان تدریس در کلاس تصاویر واقعی از ناحیه آناتومیک را بررسی کنند. علاوه بر این، دانشجویان پزشکی اغلب لمس[1] و معاینه فیزیکی را در کنار آناتومی ماکروسکوپیک یاد می‌گیرند، که به خوبی با سونوگرافی همگرا و در یک راستا است، زیرا لمس اغلب در طول اسکن ضروری است. سونوگرافی امکان مشاهده در زمان واقعی روابط آناتومیکی پویا، مانند تغییرات در شکل دیافراگم و حرکت مربوطه کبد و ریه‌ها در طول تنفس را فراهم می‌کند. ماهیت غیرمخرب و غیرتهاجمی سونوگرافی امکان تجسم ساختارها، فضاها و روابط را فراهم می‌کند، که در حین تشریح و در جسد فیکس شده چنین امکانی وجود ندارد و چالش برانگیز است. یادگیری فعال فرآیند استفاده از فعالیت‌های ذهنی یا فیزیکی[2] است که دانشجویان را وادار به یادآوری، کاربرد و ارزیابی[3] دانش خود می‌کند (۲۹۶). با چرخاندن و جابجایی مستقیم پروب، دانشجویان دانش خود را برای بررسی آناتومی یک بدن زنده، درک صحیح و واقعی از ساختارهای متحرک (مثل دیافراگم)، شناخت مفهوم واقعی ساختارهای مختلف یک ارگان (مانند کبد) و نحوه ارتباط احشای داخلی با آناتومی سطحی به کار می‌گیرند. در حین اسکن، زمینه برای بحث در مورد مفاهیمی مانند نحوه عصبدهی و خونرسانی ارگانها فراهم می‌شود. نمونه‌ای از کاربرد سونوگرافی در یک دوره آناتومی در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد تا نشان دهد که چگونه سونوگرافی می‌تواند مکمل یک دوره باشد. مچ دست، یک ناحیه نسبتاً کوچک، شامل ساختارهای بسیاری است که از ساعد تا دست ادامه دارند که با استفاده از سونوگرافی به راحتی قابل مشاهده هستند. به عنوان مثال، ساختارهای محبوس شده در تونل کارپال، که اغلب هنگام تشریح جابجا می‌شوند، به راحتی بصورت درجا[4] قابل مشاهده هستند. هنگامی که فرد اسکن می‌شود و از وی بخواهیم عضلات ساعدش مانند فلکسور دراز شست[5] و فلکیور سطحی انگشتان[6] را همان لحظه[7] حرکت دهد، ما میتوانیم بصورت دینامیک تغییرات و جابجایی عناصر داخل تونل کارپال را ببینیم و پیرامون آن بحث و یادگیری عمیق صورت گیرد. برای مثال می‌توان ارتباط عصب مدین در داخل تونل کارپال را در حالی که دیواره‌ها و محتویات تونل کارپال دست نخورده باقی می‌ماند، مشاهده کرد. شریان رادیال را می‌توان در کنار تونل کارپال، همراه با عصب اولنار و شریان اولنار در قسمت داخلی مشاهده کرد و با روش‌های بالینی یا لمس نبض آنها، آناتومی بالینی را بهتر توضیح داد. ادغام سونوگرافی در کوریکولوم فعلی آناتومی به عوامل زیادی بستگی دارد.

1 palpation
2 mental or physical activities
3 recall, apply, and assess
4 in situ
5 flexor pollicis longus
6 flexor digitorum superficialis
7 real-time

نواحی آناتومیک زیادی وجود دارد که می‌توان با سونوگرافی مشاهده کرد مانند قلب، چشم و تاندون‌های مفاصل اندام‌ها و نواحی دیگری از جمله:

- ساختارهای غلاف کاروتید:
  - دو شاخه شدن شریان کاروتید مشترک
  - ارتباطات عناصر داخل غلاف کاروتید
  - مانور والسالوا برای تجسم‌سازی نحوه اتساع وریدی[1]
- ناحیه قدامی گردن:
  - لوب‌های تیروئید و تنگه غده
  - عضلات استرنوکلیدوماستوئید و اینفراهیوئید
  - حنجره و نای
- ارگان‌ها و فضاهای شکمی:
  - فرورفتگی‌های صفاقی
  - محتویات نواحی ۹ گانه شکم و لگن
  - بخش‌های مختلف دستگاه تناسلی

برای استفاده از این روش برای مشاهده آناتومی زنده به دانش سونوگرافی نیاز است. علاوه بر یادگیری آناتومی، درک نحوه کارکرد اسکن سونوگرافی مانند جهت‌گیری تصویر، کیفیت تصویر، آرتیفکت‌های رایج و مدیریت صحیح تجهیزات سونوگرافی بسیار مهم است. یک جلسه توجیهی برای پرداختن به چنین اهدافی باید در کوریکولوم در نظر گرفته شود (۲۹۷). در اینجا به نمونه‌ای از تغییرات تدریجی آموزش آناتومی دانشجویان پزشکی در بریتانیا و ایرلند در طی یک دوره ۲۰ ساله می‌پردازیم که گزارش آن در سال ۲۰۱۹ منتشر شده است. آموزش آناتومی در بریتانیا و ایرلند مدت‌هاست که تحت نظارت است، به‌ویژه پس از اصلاحاتی که در سال ۱۹۹۳ توسط کمیته «پزشکان فردا[2]» شورای پزشکی عمومی کشور آغاز شد. در مجموع، ۳۹ دانشکده پزشکی این نظرسنجی را تکمیل کردند (نرخ پاسخ ۱۰۰٪) و ۱۰۰۹۳ دانشجوی پزشکی را در سال به صورت گروهی آموزش دادند. در این مطالعه ۷۶۰ استاد شرکت کردند. در سال ۲۰۱۹، آناتومی عمدتاً در یک برنامه درسی ترکیبی به دانشجویان پزشکی آموزش داده می‌شود. در مجموع، ۳۴ دانشکده پزشکی (۸۷٪) از جسد انسان برای آموزش آناتومی استفاده می‌کردند که تعداد آنها در مجموع ۱۳۶۳ جسد بود. ادغام تصویربرداری پزشکی با دروس زیرمجموعه علوم تشریح در کل بریتانیا افزایش یافته است، بطوری که آناتومی ماکروسکوپیک در ۳۹ دانشکده پزشکی (۹۵٪)، جنین‌شناسی در ۳۳ دانشکده پزشکی (۸۱٪)، آناتومی زنده در ۳۲ دانشکده پزشکی (۷۸٪)، نوروآناتومی در ۳۰ دانشکده پزشکی (۷۳٪) و بافت‌شناسی در ۲۸ دانشکده پزشکی (۶۸٪) با تصویربرداری پزشکی ادغام شده است. در طول پنج سال تحصیل، دانشجویان پزشکی به طور متوسط ۸۵ ساعت برای آناتومی ماکروسکوپیک، ۲۴ ساعت برای نوروآناتومی، ۲۴ ساعت برای بافت‌شناسی، ۱۱ ساعت برای آناتومی زنده و ۱۰ ساعت برای جنین‌شناسی اختصاص داده می‌شود. در ۲۰ سال گذشته، به طور متوسط ۳۹ ساعت از آناتومی ماکروسکوپیک کاهش یافته و به زمان تدریس سایر دروس زیرمجموعه علوم تشریح اضافه شده است (۲۹۸).

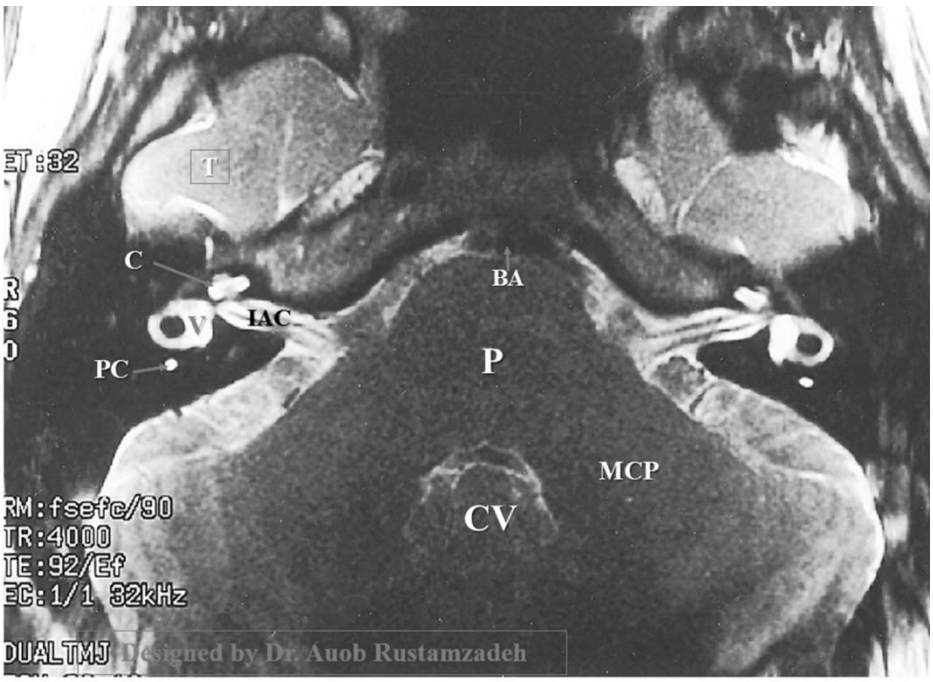
1 venous distention
2 Tomorrow's Doctors

نتیجه‌گیری فصل

تشریح جسد بیش از ۴۰۰ سال است که ابزار آموزش استاندارد طلایی آناتومی بوده است (۵۰) و بسیاری از آناتومیست‌ها استدلال می‌کنند که تشریح جسد برای به دست آوردن دانش آناتومیک صحیح حیاتی است (۲۹۹). با این حال، استفاده از تشریح جسد در سال‌های اخیر به دلیل افزایش هزینه‌های راه‌اندازی یک مرکز تشریح و ماهیت زمان‌بر تشریح کل بدن و همچنین اثرات مربوط به پاندمی کرونا در حضور در سالن تشریح به چالش کشیده شده است. به عنوان یک اصل و بنابر پنداشت ما از حوادث تاریخی باید گفت که هیچ منبع آموزشی واحدی به تنهایی برای آموزش موثر آناتومی قابل دوام نیست (۵۵). همه‌گیری کرونا و تکامل سریع فناوری‌های فراگیر، تقاضا برای آموزش از راه دور و آنلاین را افزایش داد. این امکان را به دانشجویان و اساتید می‌دهد تا از بدون حضور در سالن آناتومی در یادگیری آموزشی شرکت کنند. با این حال، آموزش آنلاین به دلیل محدودیت‌های خاص در تدریس دوره‌های عملی با انتقاداتی مواجه شد. یادگیری از راه دور مستلزم آن بود که دانشجویان برای فرآیند یادگیری به قدرت تخیل خود تکیه کنند و فقدان راهنمایی حضوری اساتید کیفیت انتقال دانش را مختل کرد. این وضعیت نقش کلیدی فناوری‌های AR و VR در آموزش از راه دور برای غلبه بر محدودیت‌های زمانی و تعاملات چهره به چهره را نشان داد و این امکان را برای اساتید و دانشجویان ایجاد کرد تا در تجربیات یادگیری تعاملی بدون محدودیت حضور فیزیکی شرکت کنند (۳۰۰). آموزش آناتومی مدرن اکنون روش‌های ابتکاری جدیدی را بکار گرفته است و تغییر آشکاری از آموزش سنتی آناتومی مبتنی بر جسد به سمت برنامه درسی مبتنی بر ابزار دیجیتال یا ترکیبی (ابزارهای دیجیتال به اضافه جسد) وجود دارد (۳۰۱, ۳۰۲). بنابراین، استفاده از روش‌ها و راهکارهای متعدد باید به طور هم افزایی (سینرژیک[1]) برای ارتقاء درک دانشجویان از آناتومی مورد استفاده قرار گیرد که به نظر می‌رسد رویکرد ترکیبی تدریس آناتومی جسد با استفاده از تصویربرداری پزشکی، VR و نرم‌افزاهای کامپیوتری اثربخش و کاربردی است. این تغییر نه تنها به دلیل افزایش تعداد دانشجویان و محدودیت‌های مالی و اخلاقی در استفاده از جسد، بلکه به دلیل توسعه سریع فناوری پزشکی نیز اجتناب ناپذیر است. آناتومی دیجیتال به عنوان یک رشته جدید در حال ظهور است (۱۵۰, ۳۰۱) که نشان دهنده تقاطع رشته‌های همگرا، از جمله تصویربرداری پزشکی، بازسازی و پرینت ۳بعدی، AR، و هوش مصنوعی و روباتیک است. در برنامه‌های دوره پزشکی و دیگر رشته‌های علوم پزشکی، ادغام فزاینده آموزش رادیولوژی و آناتومی ممکن است پشتیبانی بیشتری برای فرآیند شناختی موردنیاز جهت تفسیر ویژگی‌های آناتومی ۳بعدی در تصاویر مقطعی ۲بعدی فراهم کند. در واقع، توصیه می‌شود که آموزش آناتومی و تصویربرداری با هم ترکیب شوند. همچنین زمان تحصیل در مقطع علوم پایه برای اجرای فعالیت‌های یادگیری متمرکز اغلب در نتایج یادگیری و برنامه‌های درسی ارزیابی محور محدود می‌شود. بنابراین، طراحی فعالیت‌های یادگیری مؤثر و کارآمد از نظر آموزشی برای پرداختن به چنین مفاهیمی در زمینه مدرن آموزش آناتومی ضروری است. سونوگرافی به عنوان یک روش تکمیلی در آموزش و یادگیری آناتومی مناسب است زیرا ماهیت دینامیکی این روش تصویربرداری به دانشجویان اجازه می‌دهد تا درون بدن را بصورت زنده و بهنگام ببینند و همچنین یک رابط خوب برای ارتباط آناتومی ماکروسکوپیک در علوم پایه به آناتومی فانکشنال در دوره بالینی است. در آینده، حتی ممکن است سونوگرافی در تصویربرداری مولکولی و به تصویر کشیدن سلولها نیز استفاده شود که امکان نمایش در مقیاس میکرومتری را فراهم کند. سونوگرافی به دلیل غیر تهاجمی بودن، بهنگام و دینامیک بودن، استفاده راحت و دسترسی همیشگی به گزینه‌ای جذاب در محیط‌های آموزشی برای یادگیری آناتومی تبدیل شده است. موارد فوق مستلزم گنجاندن آموزش سونوگرافی در برنامه‌های

1 synergic

درسی علوم پزشکی و ارزیابی دقیق تأثیر آموزشی آن به صورت ارزشیابی مقطعی و طولی است. با توجه به مزایای سونوگرافی و برای از بین بردن برخی از محدودیت‌های تشریح جسد و شکاف موجود در کوریکولوم، رویکردی نوآورانه در دانشکده پزشکی می‌تواند بین دپارتمانهای تصویربرداری پزشکی، رادیولوژی و آناتومی شکل گیرد که در آن با استفاده از سونوگرافی و مولاژهای شبیه ساز به افزایش دانش و تقویت یادگیری دانشجویان پزشکی در تشخیص ساختارهای آناتومیک طبیعی کمک کرد. برای توسعه برنامه‌های درسی بهینه، باید موانعی از جمله ملاحظات فرهنگی و اخلاقی در کنار اجرای زیرساخت‌ها برای اطمینان از ادغام موفقیت‌آمیز سونوگرافی در سراسر برنامه‌های درسی آناتومی بررسی شود. همچنین با وجود اسکنرهای MRI ۱.۵ و ۳ تسلا در داخل کشور و ظرفیت بالای سیستم‌های ذخیره اطلاعات PACS در سرورهای داخلی می‌توان بانک اطلاعاتی از تصاویر مختلف با سکانس‌های متعدد MRI برای سیستم‌های عملکردی بخصوص سیستم عصبی، قلبی-عروقی، اسکلتی-عضلانی، ادراری-تناسلی، گوارشی و.. ایجاد کرد. همچنین با ورود به دهه جدید که آمیخته با تکنولوژی‌های نوین است، بسیاری از گرایش‌های تخصص پزشکی نیازمند کار با تصاویر پزشکی هستند و شایسته است جهت تربیت نسل آینده قوی و توانمند از هم‌اکنون پایه‌های یادگیری آنها مستحکم باشد. ساختارهای آناتومیک مختلفی را می‌توان با جزئیات زیاد در تکنیک MRI به تصویر کشید اما این توانایی برای سیستم عصبی فرصتی باارزش است که بتوان بصورت عینی و بومی چنین امکانی را فراهم کرد که تمام رشته‌ها و مقاطع مختلف علوم پزشکی از آن استفاده کنند (شکل ۱۹-۴).



شکل ۱۹-۴. نمای آگزیال سکانس T2W تصویربرداری MRI (۱.۵ تسلا) از ساختار گوش و ارتباطات آن. T: لوب تمپورال، C: حلزون گوش، PC: کانال نیم‌دایره‌ای خلفی، V: وستیبول، IAC: کانال گوش داخلی حاوی عصب زوج ۷ و ۸ مغزی، BA: شریان بازیلار، P: پل مغز، CV: کرمینه مخچه که به داخل بطن چهارم برجسته شده است. MCP: پایک میانی مخچه.

سیستم‌های AR برای آموزش آناتومی هنوز در مراحل ابتدایی خود هستند. AR مکمل موثری در افزایش پتانسیل تعاملی و انگیزه دانشجویان است. این سیستم به ویژه برای افزایش درک فضایی در دانشجویان با مشکلات در تجسم ۳بعدی و فضایی بسیار کاربردی است. سیستم‌های AR برای آموزش یکپارچه رادیولوژی در آناتومی ماکروسکوپیک، پتانسیل تبدیل شدن به یک ابزار یادگیری منحصربه‌فرد و قدرتمند و همچنین بخشی جدایی ناپذیر از برنامه‌های درسی پزشکی مدرن و مجموعه ابزارهای آموزشی دانشجویان را پوشش دهد. ارتقاء و توسعه فناوری‌های نوین در عرصه آموزش علم تشریح به عنوان علم کلیدی علوم پزشکی منجر به اثربخشی قابل توجه در تربیت نیروی انسانی متخصص و کارآمد خواهد شد که این خود نیز یکی از راهکارهای اصلی توسعه پایدار در نظام سلامت کشور و تحقق آن به صورت ارائه خدمت دقیق و موثر به جامعه شود.

فصل پنجم
تجارب استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش علوم تشریح در گروه‌های آموزشی جمهوری اسلامی ایران

مؤلفین و گردآورندگان
دکتر حکمت فرجپور
استادیار، مهندسی بافت، دانشگاه علوم پزشکی هوشمند.
سبحان غضنفری مقدم
دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
داوود جهان مهر
دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم تشریح، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

مقدمه

امروزه با توجه به تغییرات سریع و گسترده نیازهای جوامع در وجوه مختلف، ضرورت استفاده از روش‌های نوین آموزشی احساس می‌شود. روش‌های تدریس سنتی، معمولاً در ارائه مطلب علمی به طور جامع و ایجاد درک عمیق نسبت به مفاهیم انتزاعی محدودیت دارند. این امر موجب ایجاد شکافی میان درک نظری دانشجویان علوم پزشکی از مفاهیم علمی و کاربرد عملی آنها می‌شود. بنابراین، توجه به تغییر و انطباق شیوه‌های آموزش علوم پزشکی با نیازهای آموزشی نسل جدید دانشجویان، ضرورت دارد. لازم به ذکر است که توسعه آموزش و ایجاد تحول در آن، نیازمند شناخت فرآیند آموزش و آگاهی از شیوه‌های نوین اجرای آن است. با استفاده از فناوری‌های جدید، نظیر؛ پلتفرم‌های یادگیری آنلاین، شبیه‌سازی-های مجازی، برنامه‌های تعاملی و دیگر فناوری‌های موجود، می‌توان آموزش پزشکی را در دسترس‌تر و فراگیرتر از قبل در اختیار دانشجویان قرار داد. وظایف و مسئولیت‌های اساتید علوم پزشکی، سنگین‌تر و پیچیده‌تر از گذشته بوده و می‌توانند با استقبال از پیشرفت‌های فناوری، بر موانع مهم آموزشی غلبه کنند. افزایش آشنایی و تسلط به فناوری‌های نوین در میان اساتید علوم پزشکی، برای همگام شدن با پیشرفت‌های این رشته، ارتقای روش‌های تدریسی، آماده‌سازی دانشجویان برای چشم‌اندازهای مراقبت بهداشتی نوین و پرورش فرهنگ نوآوری و سازگاری در دانشگاه، از اهمیت بالایی برخوردار است.

در این فصل، ضمن برخی از بهترین تجارب و پراکتیس‌های بکارگیری فناوری در آموزش آناتومی در گروه‌های آموزشی کشور، چالش‌ها و موانع پیش روی استفاده از این فناوری‌ها در کشورمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و راهکارهایی برای غلبه بر این چالش‌ها پیشنهاد خواهد شد. هدف نهایی ایجاد یک نظام آموزشی پویا و به‌روز برای آموزش علوم تشریح در کشور است. البته، بسیاری از این تجارب، در حوزه‌های مختلف آموزش علوم پایه و بالین انجام شده است که قابلیت تعمیم به آموزش بخش‌های مختلف علوم تشریح برای دانشجویان علوم پزشکی دارد.

میز تشریح مجازی (VDT)

تشریح کاداور به عنوان روش طلایی یادگیری آناتومی شناخته می‌شود. اما هزینه بالا و قرارگیری در معرض مواد شیمیایی به عنوان جنبه‌های منفی آن مطرح هستند. همچنین با کاهش زمان برنامه آموزشی و کمبود جسد در بسیاری از مراکز آموزشی، تمرکز از تشریح کاداور دور شده است. بنابراین، سایر روش‌ها در آموزش آناتومی همانند؛ استفاده از اسکلت، تصاویر رادیوگرافی، آناتومی سطحی و تصاویر ۲بعدی به عنوان ابزار کمکی کنار مدرسین خواهند بود. فناوری‌های ۳بعدی و مقطعی، همانند تشریح مجازی، به طور موثری ساختارهای آناتومیک را به نمایش می‌گذارند و به یادگیری بهتر مجاورات تشریحی کمک می‌کنند. علی عمادزاده و همکاران در سال ۲۰۲۳ در دانشگاه علوم پزشکی مشهد، پژوهشی با هدف بررسی اثر استفاده از VDT در درس آناتومی دستگاه گوارش، بر میزان یادگیری و رضایتمندی دانشجویان پزشکی انجام دادند. در این مطالعه دانشجویان سال دوم رشته پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد، به طور تصادفی در دو گروه مداخله و کنترل قرار گرفتند. دانشجویان در گروه کنترل از کتاب‌های توپوگرافیک آناتومی و دانشجویان گروه مداخله از VDT استفاده کردند. ارزیابی یادگیری دانشجویان با آزمون علمی صورت گرفت و در انتهای دوره، رضایتمندی دانشجویان با پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان دادند، محیط آموزشی دارای VDT می‌تواند یادگیری و رضایتمندی دانشجویان را بهبود ببخشد. این مطالعه بیانگر قابلیت تشریح مجازی در ارتقا آموزش علوم تشریحی می‌باشد (۳۰۳).

ویدیوهای آموزشی و پویانمایی

شبنم موثقی و همکاران به بررسی اثربخشی فیلم آموزشی آناتومی بر روی افزایش بهره‌وری یادگیری آن در دانشجویان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ پرداختند. مراحل آموزش آناتومی اندام فوقانی بر روی ۲۴۰ نفر از دانشجویان ترم دوم پزشکی را ارزیابی و بررسی کردند. سپس، دانشجویان به دو دسته کنترل (تدریس محض) و مداخله (تدریس به همراه فیلم‌های آموزشی) تقسیم شده و پس از پایان دوره، جهت تعیین اثربخشی فیلم آموزشی بر روی افزایش بهره‌وری یادگیری دانشجویان، هر دو گروه به وسیله آزمون پیرامون مباحث تدریس شده مورد سنجش قرار گرفتند. در پایان میانگین نمرات هر گروه محاسبه شد. با توجه به تحلیل نتایج به دست آمده، تفاوت میانگین نمرات دو گروه کنترل و هدف نشان داد که این روش جدید آموزشی موجب افزایش بازدهی در دانشجویان می‌شود. همچنین، بیان شد که اثربخشی این روش بر دانشجویان با وضعیت اقتصادی متوسط نسبت به دانشجویان با وضعیت اقتصادی خوب بیشتر است (۳۰۴).

رامین کاویانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران، به بررسی تاثیر استفاده از فیلم آموزشی و زمان آن بر میزان یادگیری درس عملی آناتومی مورفولوژی دندان پرداختند. این تحقیق بر روی ۶۶ نفر از دانشجویان ترم چهار دندانپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران در سال تحصیلی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. آزمودنی ها به سه گروه ۲۲ نفره تقسیم شدند. سپس، طبق کوریکولوم درس مورفولوژی عملی دندان، سه مبحث درسی (آموزش تراش کانین، پره مولار اول فک بالا و پره مولار دوم فک پایین) که از نظر پیچیدگی، ساعت و پیش نیاز یکسان بودند، نتخاب شدند. در هر یک از مباحث درسی، تدریس سنتی (کنترل) و نمایش فیلم (قبل و بعد از تدریس سنتی) در سه گروه اجرا گردید. در پایان ترم، نمرات درس عملی مورفولوژی دندان ارزیابی شد. با توجه به نتایج به دست آمده، تفاوت آماری معناداری میان سه گروه در میزان یادگیری درس عملی مورفولوژی دندان مشاهده نشد. در نهایت، در بین گروه ها و سه تکنیک اجرا شده

همچنان روش سنتی در میان گروه ها از نظر نمره اخذ شده، بیشترین نمره را نسبت به دو تکنیک دیگر داشت (۳۰۵).

حسن‌زاده و همکاران در سال ۱۴۰۰، به تدریس مباحث سیستم گردش خون و سیستم ادراری در قالب انیمیشن در درس آناتومی برای دانشجویان رشته داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تهران پرداختند. سپس میزان دانش فراگیران از طریق آزمون ساخته شده بر اساس جدول مشخصات هدف–محتوا به صورت پیش–آزمون و پس–آزمون ارزیابی نمودند. علاوه بر این نگرش دانشجویان را از طریق پرسشنامه استاندارد رضایت کاربران بررسی کردند. نمرات کسب شده توسط فراگیران، بیان کننده تاثیر مثبت استفاده از انیمیشن بر دانش و نگرش دانشجویان بود.

اپلیکیشن‌های موبایل

اپلیکیشن‌های موبایل به علت در دسترس بودن و کاربری آسان آنها در آموزش رشته‌های علوم پزشکی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از وسایل و تکنولوژی‌های آموزشی به خصوص در تدریس دروسی که ارائه آنها از نظر دانشجویان سخت و خسته کننده است، تدریس را مطلوب‌تر و جذاب‌تر می‌کند.

در مطالعه صورت گرفته توسط شبنم محمدی در سال ۱۳۹۷در دانشگاه علوم پزشکی مشهد، موثرترین تکنولوژی‌های آموزشی از دیدگاه دانشجویان پزشکی مقطع علوم پایه مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه از نوع توصیفی پیمایشی بود. جامعه آمای شامل ۷۰ نفر از دانشجویان مقطع علوم پایه رشته پزشکی عمومی دانشگاه علوم پزشکی مشهد بود. ابزار پژوهش پرسشنامه محقق ساخته و استاندارد بود. از دیدگاه دانشجویان، موثرترین وسایل کمک آموزشی برای یادگیری آناتومی، نرم‌افزارهای قابل نصب بر روی گوشی موبایل و کمترین تاثیر مربوط به استفاده از فلش کارت بود. بیشترین نرم-افزارهای مورد استفاده توسط دانشجویان، نرم‌افزار اطلس آناتومی Netter و نرم‌افزار ۳بعدی essential anatomy بود. تصاویر و پوسترها آموزشی، فیلم‌های آموزش آناتومی، مدل‌های پلاستیکی، سناریو بالینی و کتاب در رده‌های بعدی قرار داشتند. در پایان اظهار داشتند که به کارگیری تکنولوژی‌های آموزشی مناسب بر انگیزه دانشجویان برای یادگیری درس آناتومی می‌افزاید. به علاوه تجسم فضایی از هزارگان بدن در ذهن دانشجو ایجاد می‌شود که باعث درک بهتر درس و افزایش بازده آموزشی می‌شود (۳۰۶).

مرتضی نصیری و همکاران در سال ۱۳۹۳در دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، پژوهشی نیمه‌تجربی با طرح پیش-آزمون/پس-آزمون با هدف مقایسه تاثیر آموزش آناتومی از طریق سخنرانی و تلفن همراه بر میزان یادگیری و یادداری دانشجویان پزشکی انجام دادند. مطالعه بر روی ۶۲ دانشجوی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی بوشهر انجام شد. دانشجویان به روش سرشماری و تصادفی ساده، به دو گروه آموزش از طریق سخنرانی و آموزش از طریق تلفن همراه تقسیم شدند. جهت جمع‌آوری داده‌ها از آزمون محقق ساخته استفاده شد. پس از اجرای پیش آزمون، میزان تاثیر دو روش آموزشی بلافاصله و یک ماه بعد از آموزش بررسی شد. نتیجه به دست آمده از این مطالعه حاکی از آن بود که آموزش از طریق تلفن همراه، همانند سخنرانی باعث ارتقای یادگیری و یادداری[1] دانشجویان پزشکی می‌شود. البته، تاثیر آن بر یادداری بیشتر است. لذا استفاده درست از تلفن همراه در برنامه آموزشی می‌تواند علاوه بر ارتقاء کیفیت آموزش در نسل جوان، کاهش هزینه‌های اجتماعی، توسعه فراگیر آموزش در همه نقاط کشور، توسعه عدالت در آموزش و در نهایت استفاده بهینه از زمان را با خود به ارمغان آورد (۳۰۷).

1 Learning and Retention

امین گل‌شاه و همکاران در سال ۲۰۲۰ در دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، جهت دستیابی به بهترین روش آموزشی جهت تعیین لندمارک‌های سفالومتریک، به مقایسه استفاده از اپلیکیشن موبایل با آموزش مبتنی بر سخنرانی استاد پرداختند. در این مطالعه، ۵۳ دانشجوی دندانپزشکی سال چهارم دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه به دو گروه مداخله (۲۷ نفر) و کنترل (۲۶ نفر) تقسیم شدند. گروه مداخله از اپلیکیشن موبایل استفاده می‌کنند و گروه کنترل آموزش سنتی به همراه سخنرانی را دریافت می‌کنند. دو هفته پس از پایان دوره آموزش، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا چهار لندمارک خار بینی خلفی[1] ، نقطهorbitale ، نقطه articulare و نقطه gonion را در لترال سفالوگرام مشخص کنند. به جز لندمارک orbitale، در تشخیص سایر لندمارک‌ها میان دو گروه هیچ اختلاف معناداری یافت نشد. میانگین تعداد خطا در تشخیص orbitale به طور قابل‌توجهی در گروه مداخله نسبت به گروه کنترل کمتر بود. یادگیری با استفاده از اپلیکیشن‌های موبایل می‌تواند به عنوان یک ابزار کمک آموزشی به بهبود و تسهیل یادگیری مباحث پیچیده کمک کند. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به کوچک بودن جامعه آماری اشاره کرد (۳۰۸).

محمود منصوری در سال ۲۰۲۰، به بررسی ویژگی‌های یک اپلیکیشن موبایل مناسب جهت یادگیری آناتومی پرداخت. جامعه آماری این مطالعه شامل، دانشجویان علوم پایه پزشکی و اعضای هیئت علمی گروه آناتومی دانشگاه علوم پزشکی ایران بودند. روش‌های جمع‌آوری داده ها مصاحبه و یادداشت برداری بود. از چهار معیار Lincoln و guba که به منظور اعتبار، تایید پذیری، قابل اطمینان بودن و تعمیم‌پذیری داده‌ها در مطالعات کیفی استفاده می‌شوند، بهره گرفتند.در نهایت، ۳۷ ویژگی لازم برای طراحی یک اپلیکیشن یادگیری آناتومی مناسب، برای دانشجویان علوم پزشکی به دست آوردند. این ویژگی‌ها در هشت دسته قرار گرفتند که شامل؛ زیبایی بصری، جامعیت علمی، جذابیت شنیداری، مقرون به صرفه، کاربری آسان، قابلیت خودارزیابی، محتوای تعاملی و پشتیبانی کاربری می‌باشند. گروه‌های آناتومی دانشگاه‌های علوم پزشکی، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان تحصیلی در زمینه آموزش پزشکی می‌توانند از یافته‌های این مطالعه جهت طراحی یک اپلیکیشن مناسب برای دانشجویان علوم پزشکی بهره ببرند (۳۰۹).

پلتفرم‌های آموزش آنلاین و مبتنی بر وب

بهزاد کرمی متین و همکاران در سال ۲۰۱۴، در مطالعه‌ای به بررسی اثر تدریس مبتنی بر وب درس آناتومی به دانشجویان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه انجام دادند. همچنین، آنها دیدگاه دانشجویان پزشکی را نسبت به کاربری آسان، سودمندی و رضایت از این روش را مورد ارزیابی قرار دادند. فراگیران با بازه سنی ۱۸ تا ۳۸ سال در دو گروه ۵۱ نفره قرار گرفتند. یک گروه، آموزش مبتنی بر وب را که در سایت دانشگاه قرار گرفته بود، دریافت کردند و گروه دیگر نیز با روش سنتی آموزش دیدند. داده‌های مورد نیاز با پرسشنامه‌های محقق ساخته، در ابتدا و انتهای ترم آموزشی جمع‌آوری شد. نتایج پرسشنامه حاکی از آن است که کاربری آسان، سودمندی و رضایت از آموزش مبتنی بر وب بسیار بیشتر از این معیارها در گروهی است که آموزش سنتی را دریافت کرده‌اند. این امر بیانگر مفید و موثر بودن آموزش مبتنی بر وب در ارتقای کیفیت آموزش و یادگیری درس آناتومی می‌باشد (۳۱۰).

جواد صادق نژاد در سال ۲۰۲۳ در یک نظرسنجی در دانشگاه علوم پزشکی تهران، دیدگاه و رضایتمندی دانشجویان را درباره یادگیری آنلاین آناتومی در دوران کووید ۱۹ مورد ارزیابی قرار داد. این مطالعه بر روی ۶۸۴ دانشجوی دامپزشکی

1 posterior nasal spine

سال اول و دوم چندین دانشگاه کشور انجام شد. میزان ۲۳/۸ درصد از دانشجویان، مشتاق به دریافت آموزش به صورت آنلاین بودند. میزان رضایتمندی از این شیوه آموزشی نیز ۲۴/۸ درصد بوده است. لازم به ذکر است که تنها ۱۳/۵ درصد از دانشجویان، استفاده از تدریس آنلاین را به جای تدریس سنتی ترجیح می‌دادند. همچنین، کمتر از ۱ درصد از آنها استفاده از تدریس آنلاین را برای مباحث عملی آناتومی مناسب می‌دانند. در قسمت نظری، بخش عمده منابع دانشجویان شامل؛ جزوات اساتید، سخنرانی‌های ضبط شده بر روی پاورپوینت ها و کتاب‌های آناتومی بود. در قسمت عملی نیز، منابع مورد استفاده دانشجویان شامل؛ فیلم‌های تشریح اساتید، فیلم‌های موجود در یوتیوب و همچنین اطلس‌های آناتومی بودند. اکثر دانشجویان (۶۹/۳ درصد) برای استفاده از تکنولوژی‌های موجود مشکل خاصی نداشته. استفاده از این تکنولوژی‌ها برای آنها راحت بود. عده کمی از دانشجویان (۳۶/۱ درصد) از نتیجه آزمون آنلاین آناتومی رضایت داشتند. جنبه‌های منفی آموزش الکترونیک از دیدگاه دانشجویان، از دست دادن فرصت تشریح، عدم تعامل و مشکلات چالش برانگیز مرتبط با تکنولوژی مطرح شد. از مهم‌ترین مزایای این روش آموزشی از دیدگاه دانشجویان نیز مدیریت زمان و امکان مرور دروس ضبط شده عنوان گردید. اگرچه آموزش آنلاین نمی‌تواند جایگزین آموزش حضوری شود، اما یک ابزار کمک آموزشی بسیار مطلوب به شمار می‌رود. فعالیت‌های آنلاین گروهی، استفاده از ویدئوهای تشریح و نرم‌افزارهای ۳بعدی برای آموزش آنلاین مناسب هستند (۳۱۱).

رحیم بقایی و همکاران در سال ۱۳۹۱، به بررسی اثر آموزش مبتنی بر وب در یادگیری دیس ریتمی‌های قلبی در دانشجویان پرستاری دانشگاه علوم پزشکی ارومیه پرداختند. پژوهش مورد نظر یک مطالعه نیمه تجربی با طرح قبل و بعد است. در این مطالعه، کلیه دانشجویان سال آخر پرستاری (۴۲ نفر) به طور کاملا تصادفی به دو گروه مبتنی بر وب و سنتی تقسیم شدند. روش مداخله برای گروه اول، شامل یک دوره آموزشی مبتنی بر وب در مورد دیس ریتمی‌های قلبی و برای گروه دوم یک دوره آموزش به صورت سخنرانی ۶ ساعته در مورد همان موضوع بود. در شروع و پایان هر دوره میزان دانش دانشجویان هر دو گروه با انجام پیش–آزمون/پس–آزمون اندازه‌گیری شد. نتایج مطالعه، ارتباط آماری معناداری را میان نمرات قبل و بعد از آموزش در هر دو گروه آموزشی مبتنی بر وب و سنتی نشان داد. مابین متغیرهای دموگرافیک و نوع آموزش در هیچ کدام از روش‌های آموزش، ارتباط معناداری به دست نیامد. استفاده از روش آموزش مبتنی بر وب نیز به عنوان یک روش آموزشی باعث ارتقا سطح یادگیری شناختی دانشجویان شده است و زمینه را برای استفاده از این روش آموزشی در کنار آموزش‌های کلاسیک در کوریکولوم درسی مراقبت‌های ویژه قلبی فراهم ساخته است (۳۱۲).

فروزان ضرابیان در سال ۱۳۹۷، به بررسی تاثیر روش یادهی– یادگیری ترکیبی بر یادگیری، انگیزش و علاقه دانشجویان به درس آناتومی پرداخت. این پژوهش به شیوه نیمه تجربی با پیش–آزمون/پس–آزمون در سال ۱۳۹۶–۱۳۹۵ بر روی ۱۲۰ نفر از دانشجویان رشته هوشبری دانشگاه آزاد تهران با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای انجام شد. یک گروه به عنوان گروه آزمایش (۶۰ نفر)، به روش ترکیبی (وب لاگ و چهره به چهره) و گروه دیگر به عنوان گواه (۶۰ نفر)، به روش متداول (چهره به چهره) آموزش دیدند. جهت سنجش عملکرد دانشجویان از پرسشنامه محقق ساخته در درس آناتومی، پرسشنامه‌های انگیزش پیشرفت هرمنس[1] و علاقه غلامی استفاده گردید. نتایج حاصله نشان داد که روش آموزش ترکیبی بر پیشرفت تحصیلی و انگیزه برای پیشرفت در درس آناتومی تاثیر داشته است. بنابراین، توصیه می‌شود که مدرسین و برنامه‌ریزان آموزشی با توجه به اهمیت یادگیری مهارت‌های مختلف، از تلفیق یادگیری الکترونیکی در آموزش آناتومی جهت افزایش انگیزه و علاقه فراگیران استفاده نمایند. سازمآنها باید از رویکرد و نگرش یادگیری ترکیبی

1 Hermans Achievement Motivation Questionnaire

در تدوین استراتژی‌ها خود استفاده نمایند تا بتوانند محتوای آموزشی مناسب و درست را در چارجوبی بهینه برای افراد شایسته و در زمان مناسب به کار گیرند (۳۱۳).

حسین درگاهی و همکاران در سال ۱۴۰۲، به بررسی رضایتمندی اعضا هیئت علمی از آموزش مجازی و سامانه‌های آموزش الکترونیکی در دوران پاندمی کووید-۱۹ در دانشگاه علوم پزشکی تهران پرداختند. پژوهش مورد نظر از نوع توصیفی- تحلیلی بوده که به صورت مقطعی در طول سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۹ انجام شد. جامعه پژوهش شامل اعضای هیئت علمی دانشکده‌های منتخب دانشگاه علوم پزشکی تهران به تعداد ۸۷۰ نفر بود. ابزار پژوهش، پرسشنامه محقق ساخته رضایت‌سنجی مدرسین از سامانه‌های آموزش مجازی بود. اکثریت اعضا هیئت علمی از سامانه‌های آفلاین و آنلاین آموزش الکترونیکی رضایت نسبی داشتند. اگرچه میزان رضایتمندی آنها از سامانه آفلاین در مقایسه با سامانه‌های آنلاین بیشتر بود. در دانشگاه علوم پزشکی تهران جهت آموزش مجازی، از سامانه نوید به عنوان تنها سامانه آموزش غیر هم زمان و سامانه‌های بیگ-بلو-باتن، ادوبی کانکت، اسکای‌روم و اسکایپ به عنوان سامانه‌های آنلاین یا هم زمان جهت گفتگوهای تعاملی در دوران کووید ۱۹ استفاده شده است. وجود عواملی از جمله سرعت پایین اینترنت، می‌تواند با سطح رضایتمندی اساتید مرتبط باشد. بنابراین، تقویت زیر ساخت ها و ارائه امکانات مناسب جهت ارتقا رضایتمندی اعضای هیئت علمی ضرورت دارد تا در صورت بروز مجدد بحرآنها، بهره برداری موثرتری از سامانه‌های یادگیری الکترونیکی به عمل آید (۳۱۴).

فناوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده

فناوری AR و VR، شبیه‌سازی مصنوعی از یک محیط واقعی با استفاده از رایانه را به نمایش می‌گذارند. این فناوری‌ها می‌توانند کاربر را در موقعیتی قرار دهند که تجربه‌ای شبیه دنیای واقعی کسب کند. همچنین، در حل مشکلات آموزشی مانند تکنیک‌های خاص بالینی کارگشا باشند و به عنوان ابزارهای کمک آموزشی مناسبی جهت آموزش به دانشجویان مورد استفاده قرار گیرند.

حکمت فرج پور و همکاران در سال ۲۰۲۳، در دانشگاه علوم پزشکی هوشمند، به بررسی استفاده از فناوری VR در یادگیری درس آناتومی پرداختند. در این مطالعه، محتوای VR با استفاده از داده‌های آناتومیک دقیق جمع‌آوری شد. سپس، جهت ساخت مدل‌های مجازی اعضای بدن، طراحان از نرم‌افزارهایی نظیر؛ unity بهره بردند. در قدم بعدی، هدست‌های با رزولوشن بالا (Oculus Quest 2) و سیستم رایانه‌ای مناسب آنها تهیه شد. به منظور آموزش مناسب، از سه سناریو مختلف به شرح زیر استفاده شد:

۱. استاد از هدست‌ها استفاده کرده و ضمن تشریح ساختارهای مورد نظر، تصویر این فرآیند بر روی یک نمایشگر بزرگ نمایش داده شده و دانشجویان به بررسی محتوای ارائه شده می‌پردازند. این روش، برای گروه‌های با تعداد بالا مناسب است.
۲. هر فرد، از یک هدست مجزا استفاده کرده و می‌توانست به صورت آزادانه و مستقل به بررسی ساختارهای آناتومیک بپردازد. دانشجویان برای جستجو و کاوش در ساختارهای آناتومیک، می‌توانند از این هدست‌ها استفاده کرده و با توجه به امکان بزرگنمایی و تشریح مجازی درک دقیق‌تری حاصل می‌شود.
۳. در این سناریو، استاد و دانشجویان از هدست استفاده و وارد یک محیط VR یکسان می‌شدند. در این روش، یادگیری،

تفکر انتقادی و مهارت‌های حل مسئله در فراگیران تقویت می‌شود. دانشجویان مسیر یادگیری خود را به دست گرفته و با سرعت دلخواه خود به فرآیند یادگیری می‌پردازند.

در نهایت، از آزمون ها و ارزیابی‌های تعاملی به منظور دستیابی به بازخورد دانشجویان و برنامه‌ریزی جهت بهبود این روش استفاده گردید. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که استفاده از فناوری VR در قالب سناریوهای مطرح شده در فرآیند آموزش آناتومی موثر است. لازم به ذکر است که روش‌های نوین آموزش آناتومی نظیر VR، نمی توانند نیاز به تشریح جسد را برطرف کنند. زیرا، تدریس بر روی کاداور حرفه ای گرایی و درک ۳بعدی آناتومی را به ارمغان می‌آورد. VR در کنار روش‌های سنتی آموزش آناتومی، یک روش مقرون به صرفه می‌باشد. هزینه راه‌اندازی تجهیزات VR با کیفیت مطلوب، یکی از چالش‌های استفاده از این روش به شمار می‌رود. چالش دیگر، حصول اطمینان از به نمایش گذاشتن آناتومی دقیق انسان در محتوای VR می‌باشد (۳۱۵).

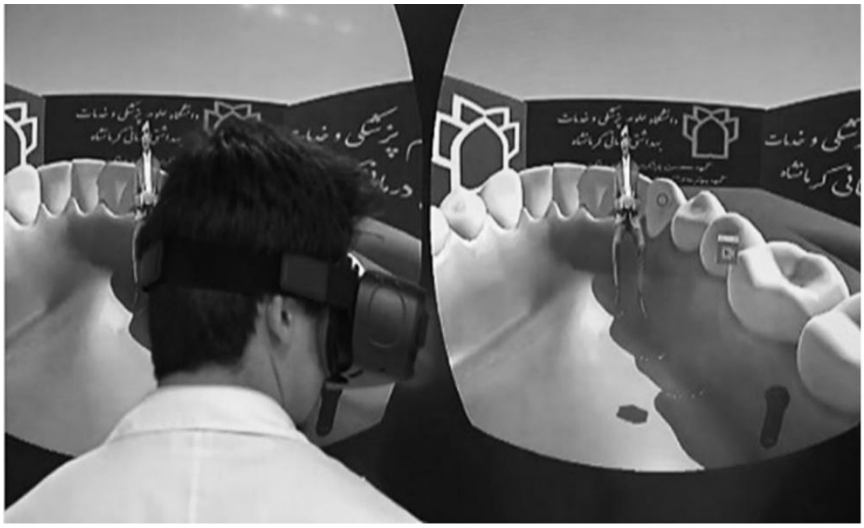
میثم سیاه منصوری و همکاران در سال ۲۰۲۲، پژوهشی را با هدف بررسی اثر فناوری VR در آموزش دانشجویان دندانپزشکی، طرح‌ریزی کردند. در این مطالعه ۵۰ دانشجوی سال ششم دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، به طور تصادفی در دو گروه کنترل و مداخله قرار گرفتند. استفاده از فناوری VR به منظور تدریس مقدمات پریودانتیکس به دانشجویان دندانپزشکی بود (شکل ۱-۵). عملکرد دانشجویان در دو گروه، با آزمون علمی بررسی شد و جهت بررسی کاربردی بودن این ابزار و سطح رضایتمندی دانشجویان از پرسشنامه استفاده گردید. از روش ثبت ویدئو در چند نما جهت فیلم برداری از نحوه کار متخصص پریودانتیکس استفاده شد. بدین منظور، از دوربین‌های EKEN 4KUHD ۶۰ فریم بر ثانیه استفاده شد. سپس، این فیلم‌ها به منظور ایجاد محیط ۳بعدی VR وارد نرم‌افزار Unity شدند. هدست استفاده شده در این مطالعه از نوع Gear VR ساخت شرکت سامسونگ با همکاری شرکت Oculus بود. مهم‌ترین مزیت این نوع هدست ها، بی سیم بودن و قابلیت اتصال تلفن همراه بر روی هدست می‌باشد که به دانشجویان این امکان را می‌دهد که پروسیجرهای آموزشی را با قرار دادن تلفن همراه خود بر روی هدست مشاهده کنند.

هر دو گروه اهداف آموزشی یکسانی داشتند و توسط یک استاد تدریس شدند. برای ارزیابی تغییر دانش در هر گروه از پیش-آزمون (قبل از ارائه) و پس-آزمون استفاده شد. قبل از ارائه دوره، جلسه توجیهی استفاده از تجهیزات و محتوای آموزشی VR برگزار شد و ابهامات رفع شد. پس از آموزش، آزمون مهارت عملی توسط یک متخصص پروتز بلاینـد بر اساس اهداف دوره طراحی شد. برای ارزیابی دیدگاه اعضای هیئت علمی در مورد قابلیت استفاده از فناوری VR در آموزش دندانپزشکی از پرسشنامه استفاده شد. این پرسشنامه دارای ۱۱ آیتم بود و بر اساس مقیاس لیکرت درجه بندی شد. روایی صوری[1] و محتوایی[2] پرسشنامه توسط متخصصان تایید شد. پایایی[3] آن با ضریب آلفای کرونباخ برابر با ۰.۷۵ تعیین شد. برای ارزیابی مهارت‌های عملی کسب‌شده توسط دانشجویان از طریق تکنیک‌های آموزشی مرسوم و VR در مورد مدیریت و ساخت قالب دندانی از کتاب مرجع هوبرینک[4] استفاده شد. برای ارزیابی رضایت دانشجویان از درس ارائه شده توسط سیستم VR از پرسشنامه پنج درجه‌ای لیکرت استفاده شد. میانگین نمره قابلیت استفاده از VR از دیدگاه اعضای

1 face validity
2 content validity
3 reliability
4 Hobrink

شکل ۱-۵. فناوری فوتوگرافی (سمت راست) و هدست (ست چپ) مورد استفاده در این مطالعه.

هیات علمی برابر ۵۰ از ۵۵ بود. نتایج نظرسنجی از دانشجویان نشان داد که ۷۶٪ از آنها از فناوری VR رضایت کامل دارند و ۹۶٪ از آنها یک سطح بالایی از محتوای ارائه شده توسط این فناوری را تجربه کرده اند. نمره رضایت دانشجویان از ادغام VRدر یادگیری ۷۶ درصد بود. نتایج نشان داد که میانگین نمرات کسب شده در آزمون پایان دوره در گروه VR بیشتر از گروه کنترل بود. به طور کلی، آموزش با VR در آموزش دندانپزشکی نتایج مثبتی را به همراه داشته است و شرکت‌کنندگان تجربه یادگیری را لذت بخش می‌دانند که می‌توان بدون هزینه اضافی از آن مجدد استفاده کرد (۳۱۶) (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵. نمایی از محیط VR.

بهنام رسولی و همکاران در سال ۲۰۲۱، به ارزیابی اثر استفاده از VR در آموزش آناتومی در مقایسه با روش‌های ۲بعدی سنتی پرداختند. ۹۲ دانشجوی سال چهارم پزشکی از دانشکده پزشکی رازی در کرمانشاه در سه گروه آموزش سنتی، آموزش با استفاده از VR و آموزش الکترونیک تقسیم شدند. جهت بررسی عملکرد علمی دانشجویان از پیش آزمون- پس آزمون و جهت بررسی میزان پذیرش این تکنولوژی توسط فراگیران از پرسشنامه استفاده شد. آموزش در گروه سنتی با بهره بردن از کتب درسی، تصویر، انیمیشن و فیلم انجام شد. در گروه VR از یک نرم‌افزار ۳بعدی قابل نصب بر روی تلفن همراه استفاده شد. در گروه آموزش الکترونیک نیز از یک دوره آنلاین در پلتفرم Moodle استفاده گردید. موضوعات آموزشی ارائه شده شامل؛ آناتومی عمومی بدن، آناتومی و فیزیولوژی قلب، فیزیولوژی تنفس و آناتومی مغز بود. در گروه VR برای هر عنوان آموزشی از اپلیکیشن مجزا استفاده شده است. اسامی اپلیکیشن‌های مورد نظر به صورت زیر می‌باشد:

موضوع آموزش	اپلیکیشن مورد استفاده
آناتومی عمومی بدن	Human body(male) educational VR 3D
آناتومی و فیزیولوژی قلب	Living Heart for Cardboard VR
فیزیولوژی تنفس	Respiratory System Anatomy Pro
آناتومی مغز	Brain Anatomy Pro

دانشجویانی که دوره آناتومی را با کمک فناوری VR گذراندند، عملکرد علمی بهتری نسبت به گروه آموزش سنتی، داشتند. عملکرد علمی دانشجویان گروه آموزش الکترونیک، اختلاف معناداری با گروه آموزش سنتی داشت. اما اختلاف معناداری میان گروه VR و آموزش الکترونیک وجود نداشت (۳۱۷).

مجید زارع بیدکی و همکاران در سال ۲۰۲۰، مطالعه ای در حوزه شبیه سازهای آموزشی انجام دادند. آنها با استفاده از فناوری VR، تظاهرات اختلالات روانپزشکی را شبیه‌سازی کرده و به بررسی نگرش اساتید و دانشجویان پزشکی بر میزان اثربخشی آن در آموزش اختلالات روانپزشکی پرداختند. طراحی پروژه مشتمل بر نگارش سناریوهای علمی، طراحی‌های آموزشی، شبیه‌سازی محتوا با فناوری VR، انجام مطالعه (نظرسنجی و مداخله پژوهشی)، جمع‌آوری نتایج و تجزیه و تحلیل داده ها بود. مرحله اول نظرسنجی شامل طراحی یک پرسشنامه نظرسنجی با مقیاس پنج گزینه‌ای لیکرت بود که شامل تدوین مقیاس‌های مرتبط و استانداردسازی آنها بر اساس مطالعات قبلی بود. سوالات پرسشنامه در سه حیطه تدوین شد: میزان شباهت محیط VR با محیط واقعیت عینی، انواع و شدت عوارض جانبی، میزان کارایی محتوای VR در آموزش تظاهرات اختلالات روانپزشکی. در مرحله دوم، از سه گروه مشارکت کنندگان و بلافاصله پس از تجربه آنان از سایکوز شبیه‌سازی شده با فناوری VR، نظرسنجی انجام گرفت. متخصصین و خبرگان آموزش پزشکی، متخصصین روانپزشکی و روانشناسان بالینی و دانشجویان پزشکی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند سه گروه مشارکت کنندگان این مطالعه بودند. در هر سه گروه، نگرش کلی نسبت به استفاده از فناوری VR در آموزش تظاهرات بالینی اختلالات روانپزشکی، بسیار مطلوب بود. ۹۱٪ متخصصین آموزش پزشکی، ۷۶٪ متخصصین روانپزشکی و ۹۶٪ از دانشجویان پزشکی با به کارگیری محتواهای آموزشی مبتنی بر فناوری VR کاملا موافق بودند. ۸۷٪ از کلیه شرکت کنندگان اعتقاد داشتند که در بخش‌هایی از طول زمان تجربه سایکوز، ارتباطشان با واقعیت فیزیکی محیط اطرافشان قطع شده و کاملا در

فضای VR غرق شده و تمایل به تعامل با آن داشته اند. ۹۵٪ متخصصین آموزش پزشکی، ۷۵٪ متخصصین روانپزشکی و ۹۸٪ دانشجویان پزشکی، استفاده از محتواهای الکترونیکی مبتنی بر VR را به عنوان یک روش آموزشی مکمل در کنار مصاحبه بالینی در بخش‌های آموزشی روانپزشکی توصیه نمودند (۳۱۸).

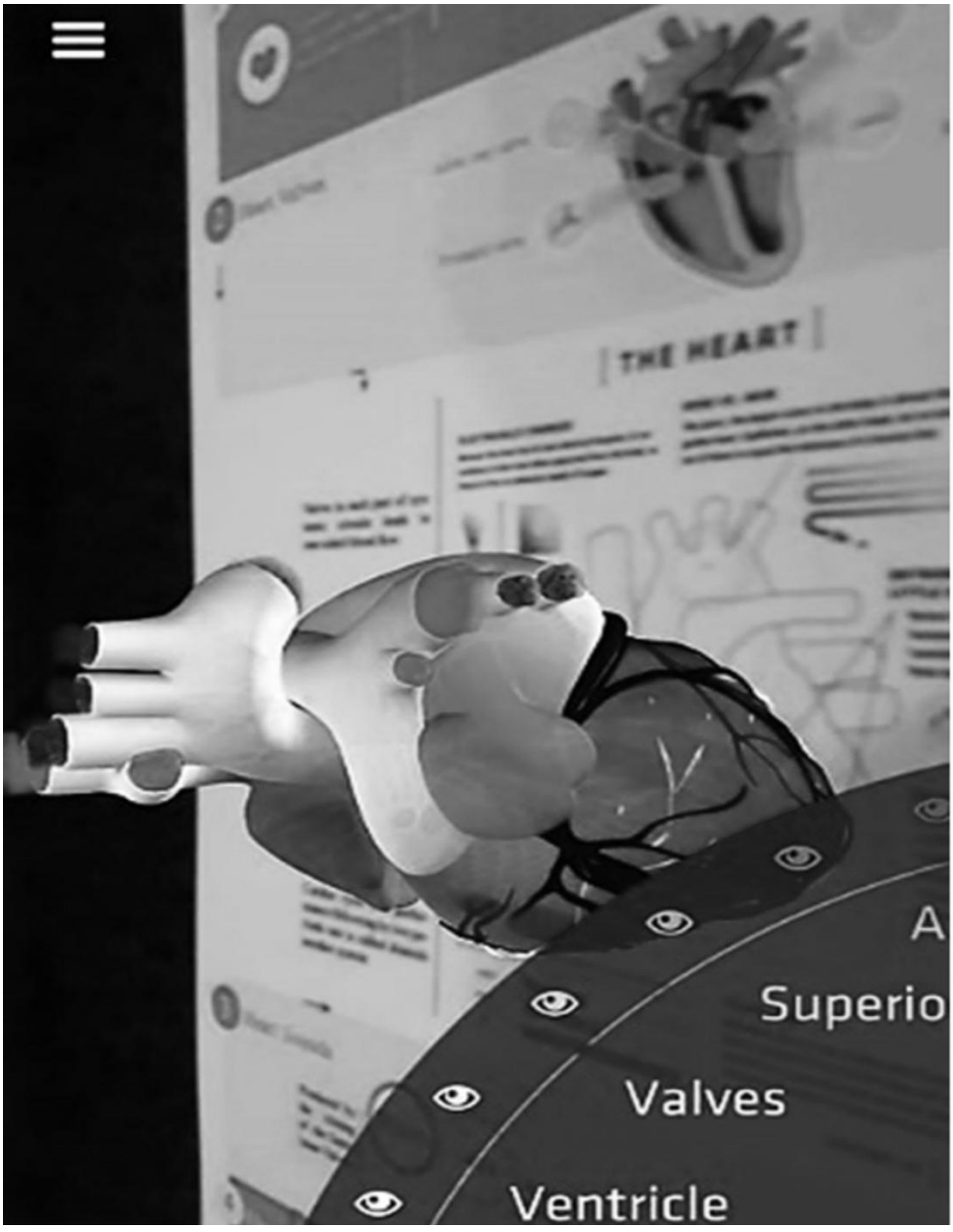
در بیست و دومین همایش کشوری آموزش علوم پزشکی، فرزاد حاتمی و همکاران، مطالعه خود را با عنوان طراحی آموزش آناتومی مقاطع MRI مغز به دانشجویان پزشکی با استفاده از AR و مقایسه آن با روش آموزش حضوری از نظر میزان یادگیری و رضایت، ارائه کردند. در ابتدا با استفاده از مدل طراحی آموزشی ADDIE آموزش مقاطع مختلف آناتومی مغز که برای دانشجویان پزشکی مناسب باشدف طراحی گردید. پس از آن مقاطع مورد نظر بر روی یک پوستر چاپ شدند. بدین گونه که به هنگام قرار دادن موبایل در مقابل هر مقطع، فیلم آموزشی مورد نظر بر روی مبایل اجرا می‌شد. دانشجویان به صورت تصادفی انتخاب شده و به دو گروه کنترل ۱۲ نفره (دریافت روش روتین سخنرانی) و گروه مداخله ۱۵ نفره (آموزش با AR) تقسیم شدند. از هر گروه ابتدا یک پیش آزمون و در پایان نیز یک پس آزمون گرفته شد. اثربخشی آموزشی در گروه AR برابر با ۷۶/۵ درصد بود. درحالیکه در آموزش حضوری برابر با ۶۲/۷ درصد به دست آمد. رضایت کلی دانشجویان در روش AR از روش آموزش حضوری بیشتر بود. استفاده از AR در مواردی مانند آموزش MRI مغز در دانشجویان پزشکی علاوه بر جذابیت می‌تواند موجب بهبود قابل توجه در یادگیری شود و با توجه به اینکه تاثیر آن حداقل مشابه روش حضوری است، به خصوص در مواردی که در بخش‌های آموزشی کمتر وقت صرف می‌شود، در کنار آموزش حضوری، می‌تواند نقایص یادگیری دانشجویان را جبران کند.

مرضیه دهقانی و همکاران در سال ۲۰۲۰، مطالعه‌ای جهت بررسی پتانسیل AR و اینفوگرافی در یادگیری قلب و چرخه قلبی، با تاکید بر اثر هم‌افزایی آن دو بر بهبود یادگیری انجام دادند. در این پژوهش، ۷۵ دانش‌آموز پسر پایه دهم به سه گروه تقسیم شدند. به منظور آموزش قلب و چرخه قلبی در گروه اول از اینفوگرافی‌های ایستا علاوه کتاب‌های درسی، گروه دوم از اینفوگرافی به همراه AR و درگروه سوم، از آموزش مبتنی بر AR استفاده شد (شکل ۳-۵). ابزار سنجش نمرات در این مطالعه، به صورت پیش-آزمون/پس-آزمون بوده است. در این مطالعه از اپلیکیشن Anatomy 4D استفاده شده است. در این برنامه امکان مشاهده بدن انسان به طور کامل و اجزای سیستم‌های مختلف بدن وجود دارد.

هیچ اختلاف معناداری میان میانگین نمرات گروه اول و سوم مشاهده نشد. اما میان گروه دوم و سایر گروه‌ها اختلاف معناداری مشاهده گردید. این مطالعه نشان داد که استفاده از AR و اینفوگرافی با ایجاد یک اثر هم افزا، بهبود و ارتقا در سطح یادگیری فراگیران را به دنبال دارد. این ارتباط هم افزایی AR و اینفوگرافی به صورت دو طرفه می‌باشد (۳۱۹).

درک آناتومی نواحی خاصی از بدن که دارای پیچیدگی هستند، تنها با تصاویر ۲بعدی امکان‌پذیر نخواهد بود. فناوری-های نوینی نظیر پرینترهای ۳بعدی، می‌توانند به ساخت ابزارهای بصری منحصر به فرد و دقیق در آموزش پزشکی کمک کنند. استفاده از مدل‌های ۳بعدی، در بهبود درک فضایی دانشجویان در فرآیند یادگیری نقش کلیدی دارند. این مدل‌ها، می‌توانند با نمایش زوایای مختلف یک ساختار، آناتومی طبیعی آن را در ابعاد واقعی ارائه دهند.

جمال مجیدپور و همکاران در دانشگاه علوم پزشکی گناباد، به طراحی و ساخت مگامولاژهای آناتومیک انسان پرداخته و از آنها جهت آموزش آناتومی به دانشجویان پزشکی استفاده می‌کنند. واژه مگامولاژ برای توصیف مولاژهایی با اندازه بزرگ، جزئیات دقیق و دارا بودن تمام مجاورت‌های آناتومیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع مولاژها، مشکلات استفاده از مولاژهای قدیمی از قبیل نامشخص بودن ساختارهای کوچک، عدم دقت در تولید، منطبق نبودن با ارگان واقعی و طبیعی، عدم نمایش مجاورت ها و.... را ندارند. از مهم‌ترین ضروریات تولید مگامولاژها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:



شکل ۳-۵. تصویر ۴ بعدی آناتومی قلب در فناوری AR.

افزایش سرعت در انتقال مفاهیم علم آناتومی به دانشجویان علوم پزشکی
افزایش سرعت یادگیری دانشجویان و در نتیجه کاهش زمان تدریس
کاهش خطاهای پزشکی از طریق آموزش منطبق با سیستم‌های شبیه‌ساز بدن
تاثیرگذاری بیشتر و ماندگار آموزش

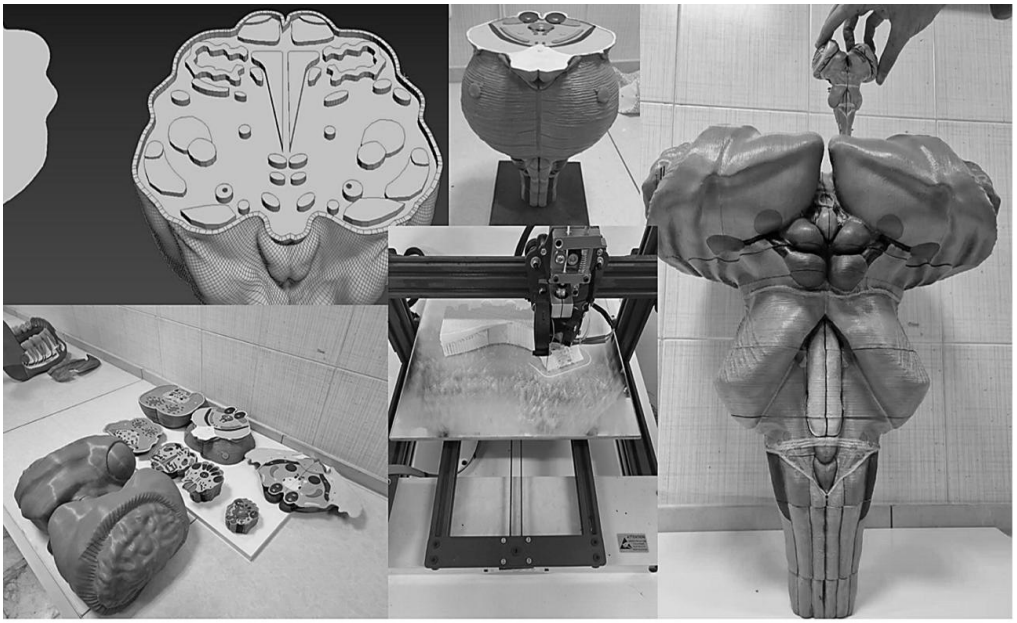
ایجاد انگیزه یادگیری، ایجاد لذت و تنوع در آموزش و یادگیری از طریق استفاده از این مگامولاژها
به روزرسانی شیوه آموزش آناتومی و منطبق کردن با جدیدترین دستاوردها و فناوری‌های آموزش علم آناتومی در دنیا
کاهش استفاده از جسد و کاستن از تهیه آن
کاهش در معرض قرار گرفتن دانشجویان و اساتید در مقابل فرمالین جسد که سرطان زا نیز می‌باشد.
ایجاد اشتغال از طریق تولید انبوه و صادرات به کشورهای دیگر و جلوگیری از خروج ارز

در این مطالعه، ابتدا مولاژهای استراتژیک آناتومیکی جهت تولید شناسایی شدند. از نظر مجریان این طرح، مولاژهای استراتژیک آنهایی هستند که به علت پیچیدگی زیاد، هیچ شرکت خارجی تا کنون آنها را تولید نکرده است یا تولید آنها دشوار است. بنابراین، مجریان طرح با توجه به موارد گفته شده، به تولید ۱۰ مگامولاژ از جمله مگامولاژهای سکشنال ساقه مغز، مگامولاژ کانال اینگوینال، مگامولاژ سکشنال نخاع در ۳۱ قطعه، مخچه، هیپوکمپ، عروق حلقه ویلیس و مگامولاژ مندیبل و غیره پرداختند. در این مطالعه جهت طراحی نماهای داخلی و خارجی مگامولاژها از نرم‌افزارهای 3D max و Solidwork استفاده گردید و به وسیله دستگاه پرینتر ۳بعدی تولید شدند (شکل‌های ۴-۵، ۵-۵ و ۶-۵).

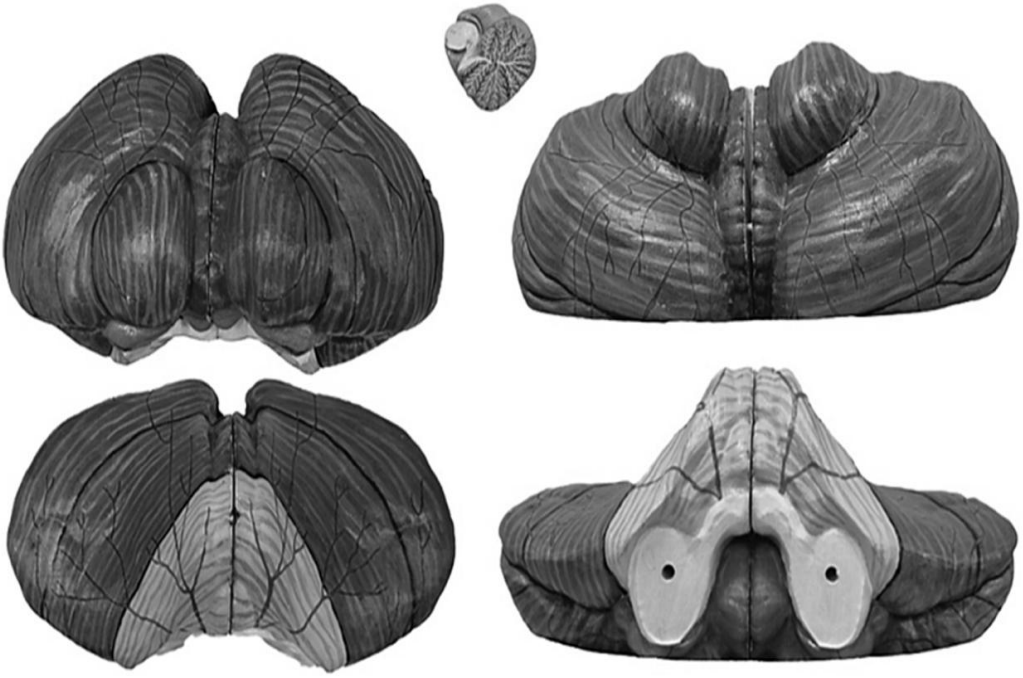
در نهایت، مگامولاژهای تولید شده جهت بازدید دانشجویان، اساتید و همچنین به منظور تدریس به دانشجویان پزشکی در سالن تشریح گروه آناتومی دانشگاه علوم پزشکی گناباد قرار گرفت. در این مطالعه، از سطوح ۱ و ۲ مدل ارزشیابی کرک پاتریک جهت ارزشیابی یادگیری استفاده شد که در سطح ۱ (سطح واکنش)، میزان رضایتمندی، میزان مداخله فراگیران، و ارتباط محتوا با استفاده از پرسشنامه سنجیده شد و در سطح دوم (سطح یادگیری)، میزان یادگیری با استفاده از آزمون علمی بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد، که استفاده از مگامولاژهای آناتومیک منجر به دستاورد-های زیر شده است:

۱) میزان یادگیری دانشجویان در مقایسه با سایر دانشجویانی که از این مگامولاژها استفاده نکرده اند، به طور معناداری افزایش یابد.
۲) میزان درگیری تحصیلی، احساس خودباوری، یادگیری کار تیمی، امید آفرینی و روحیه کارآفرینی در دانشجویان افزایش یابد.
۳) میزان رضایتمندی دانشجویان از استفاده از مگامولاژها زیاد بود. به گونه‌ای که ۸۰ درصد از شرکت کنندگان اظهار داشتند که با استفاده از مگامولاژها از زمان خود به شکل تاثیرگذاری استفاده کرده‌اند. همچنین، درگیری تحصیلی، احساس خودباوری و یادگیری کار تیمی در آنها افزایش یافته است. مگامولاژها توانستند، محتوای موجود در دروس تئوری را به طور کامل نشان داده و بازگو کنند.
۴) ۸۵ درصد از دانشجویان ابراز داشتند که میزان مداخله آنها در یادگیری با استفاده از مگامولاژها افزایش یافته است. آنها ابراز داشتند که ارائه دروس با استفاده از مگامولاژها به گونه‌ای بوده است که آنها را وادار به تشویق به پرسش، تکرار دیده ها و شنیده ها و بیان ابهامات یادگیری کند.
۵) ۸۴ درصد از دانشجویان، معتقد بودند که با استفاده از مگامولاژها نیاز به منابع یا کمک‌های حمایتی ندارند.

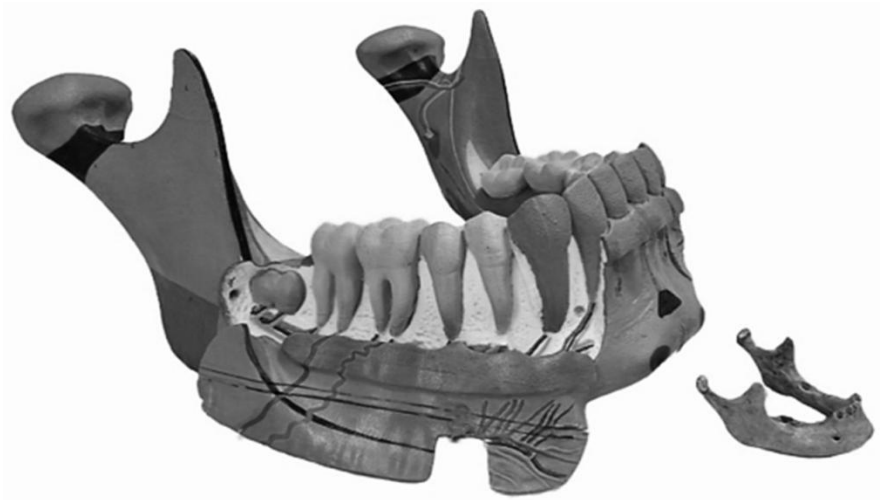
حجم زیادی از مطالب که آموزش آنها بر اساس شیوه‌های مرسوم تئوری، چندین جلسه نیاز دارد می‌تواند با استفاده از مگامولاژها در مدت زمان بسیار کوتاهی تدریس گردد. این مطالعه و ساخت این نوع از مگامولاژها برای اولین بار در کشور انجام گرفته است.



شکل ۴-۵. تصاویر مربوط به مراحل تولید مگامولاژها (طراحی، پرینت و رنگ‌آمیزی).



شکل ۵-۵. تصویر مگامولاژ مخچه و مقایسه آن با اندازه واقعی.



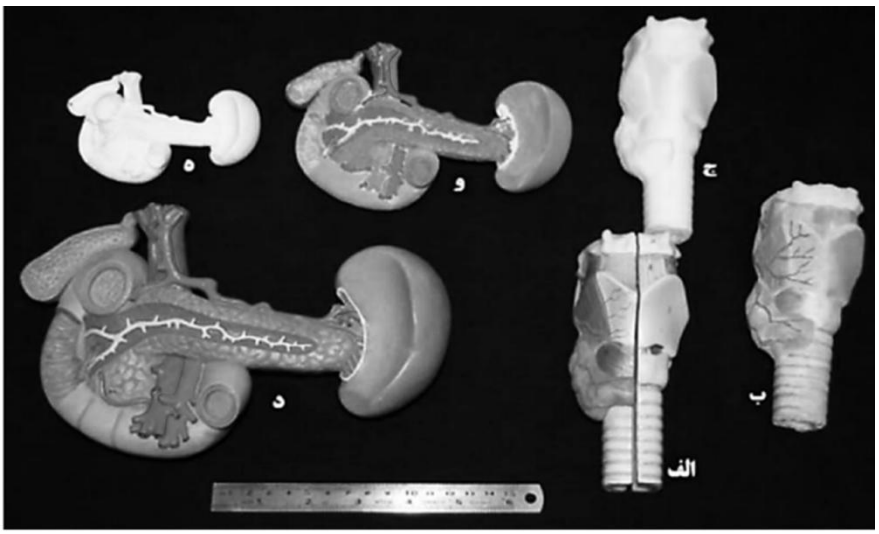
شکل ۶-۵. مگامولاژ مندیبل با اندازه‌ای حدود ۱۰ برابر حالت طبیعی با جزئیات کامل آناتومیک و مجاورات آن.

رویا وطن‌خواه و همکاران در سال ۲۰۲۱، به بررسی اثر استفاده از مدل‌های پرینت ۳بعدی در فرآیند یادگیری آناتومی و پاتولوژی حفره اوربیت توسط دستیاران چشم پزشکی پرداختند. ۲۴ دستیار چشم پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد به طور تصادفی در دو گروه قرار گرفتند. ۱۳ دستیار که با روش‌های سنتی آموزش دیده بودند به عنوان گروه کنترل انتخاب شده و ۱۱ دستیار گروه مداخله را تشکیل دادند. مدل‌های ۳ بعدی مختلف از کاسه چشم که با استفاده از سی تی اسکن-های این بخش ساخته شده بودند، در اختیار دستیاران گروه مداخله قرار گرفت. سنجش یادگیری با مقایسه نمرات پیش آزمون- پس آزمون انجام شد. نتایج نشان دادند که اختلاف معناداری در نمرات پس آزمون میان دو گروه وجود دارد. گروه مداخله نمرات بیشتری کسب کردند. این امر نشان می‌دهد که یادگیری با مدل‌های فیزیکی ۳ بعدی، منجر به افزایش یادگیری و دانش دستیاران در زمینه ساختار آناتومی ۳ بعدی کاسه چشم و آنومالی‌های مرتبط با آن می‌شود. استفاده از مدل آموزش ۳بعدی تاثیر بیشتری بر یادگیری دستیاران سال اول در مقایسه با دستیاران سال دوم داشت. این پژوهش، اولین مطالعه در کشور می‌باشد که به کمی‌سازی اثر یادگیری با مدل‌های پرینت ۳ بعدی در آموزش پزشکی پرداخته است (۳۲۰).

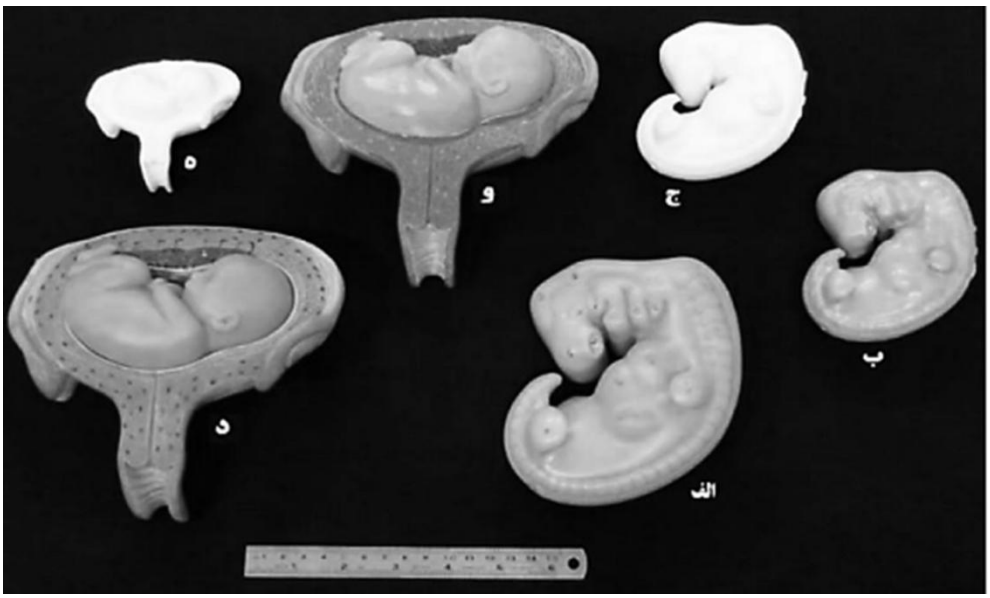
در راستای پژوهش اشاره شده رویا وطن‌خواه و همکاران در سال ۲۰۲۲، در مطالعه دیگری به طراحی مدل‌های آناتومیک پرینت ۳بعدی جهت آموزش دستیاران چشم پزشکی پرداختند. در این مطالعه محصول محور، از تصاویر رادیولوژیک آناتومی، آنومالی ها و شکستگی‌های کاسه چشم استفاده شد. منبع این تصاویر، برای سخت ۱۲ مدل ۳بعدی، CT اسکن‌های واقعی بیماران بود. مدل‌های ۳بعدی، در طی یک جلسه آموزشی، در اختیار تمامی دستیاران چشم پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد (۱۵ نفر) قرار گرفتند. این مدل ها، تمامی شکستگی‌های اصلی در ناحیه کاسه چشم و اکثر اختلالات و آنومالی‌های این ناحیه را به نمایش می‌گذاشتند. همچنین، چندین مدل از آناتومی نرمال این ناحیه ساخته شد. نقاط ضعف و قوت مدل‌های آموزشی، سطح رضایتمندی از کار با مدل‌های ۳بعدی، انتقادات و پیشنهادات به صورت کیفی توسط دستیاران بیان شد. رضایتمندی فراگیران از این روش ۱۰۰ درصد بود. تنها انتقاد مطرح شده نیز مرتبط با ترس از امتحانات و نمرات بود. درک ۳ بعدی کاسه چشم با استفاده از مدل‌های ساخته شده از CT اسکن‌های واقعی بیماران در

زوایای مختلف، یک تصویرسازی فضایی مناسب و نزدیک به واقعیت از آناتومی این ناحیه ارائه می‌کند. این مدل‌ها با کاربری آسان و ارائه واضح ساختارها، در یک محیط تعاملی، به تثبیت بهتر مطالب در ذهن فراگیران کمک می‌کند (۳۲۱).

پروین لطفی و همکاران در سال ۱۴۰۱، مطالعه خود را پیرامون پرینت ۳بعدی مدل‌های آموزشی آناتومی و جنین‌شناسی با رویکرد کیفیت بهتر و هزینه کمتر طرح ریزی کردند. در این مطالعه دو مدل آناتومی حنجره و پانکراس و دو مدل جنین، اسکن ۳ بعدی شدند. تصاویر اسکن شده با استفاده از نرم‌افزارهای ۳بعدی، از نظر درصد و نوع تراکم، اندازه، تعداد لایه‌ها و ساختار حمایتی پردازش گردیدند. فایل‌های خروجی نیز با فرآیند ذوب لایه‌ای فیلامنت PLA در اندازه‌های ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد پرینت ۳بعدی شدند. جزئیات پرینت ۳بعدی مدل‌های حنجره و پانکراس نظیر غضروف، ماهیچه، مجاری، عروق و اعصاب مشابه مدل اصلی هستند. در مدل جنینی، قوس‌ها و شکاف‌های حلقی، سومایت‌ها، حباب‌های بینایی و شنوایی، برآمدگی قلبی و جوانه اندام دارای تمام جزئیات بودند (شکل‌های ۷-۵ و ۸-۵). مدل‌های ۳بعدی از نظر وزن، حدود یک‌سوم تا یک دهم و همچنین از نظر هزینه ۱ تا ۳ درصد مدل‌های اصلی هستند. در پایان، محققان این پروژه به این نتیجه دست یافتند که مدل‌های پرینت ۳بعدی، هزینه کمتر و کیفیت بهتری نسبت به مدل‌های اصلی دارند. همچنین، دستیابی به فناوری اسکن، پردازش، چاپ و تهیه مدل‌های ۳بعدی سبب برگزاری بهتر کلاس‌های عملی می‌شود. دانشجویان می‌توانند نمونه‌های پرینت ۳بعدی را در ساعت‌های خارج از کلاس در اختیار بگیرند و یادگیری بهتری داشته باشند. اجرای صحیح و موفق اسکن، پردازش فایل خروجی و پرینت ۳بعدی مدل‌های صنعتی در گروه آناتومی امکان تولید انبوه، سریع، قابل دسترس و به ویژه ارزان هر مدل با کیفیت مناسب برای آموزش را فراهم نموده است. پرینت ۳بعدی مدل‌ها، هزینه تهیه و تولید را به میزان بسیار زیاد کاهش داده و همچنین، زمینه کارآفرینی برای فارغ التحصیلان رشته‌های آناتومی و دیگر رشته‌های وابسته را فراهم می‌کند (۳۲۲).

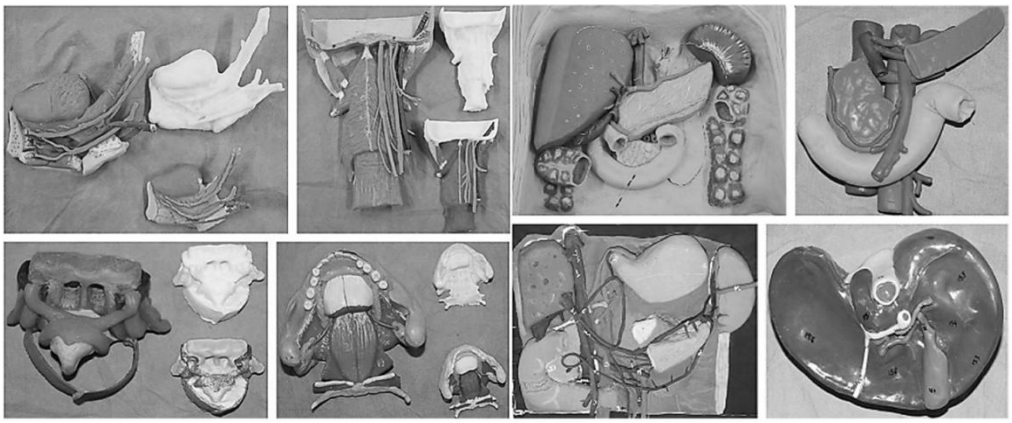


شکل ۷-۵. مدل حنجره در اندازه ۱۰۰ درصد. الف) مدل اصلی، ب) مدل پرینت ۳بعدی رنگ شده، ج) مدل پرینت ۳بعدی تک‌رنگ/مدل پانکراس و طحال، د) مدل اصلی، و) مدل ۷۵ درصد پرینت ۳بعدی رنگ شده، ه) مدل ۵۰ درصد پرینت ۳بعدی تک‌رنگ. تقریباً تفاوتی میان مدل اصلی و مدل رنگ شده پرینت ۳بعدی دیده نمی‌شود.



شکل ۸-۵. جنین ۴ هفته‌ای، الف) مدل اصلی، ب) مدل ۷۵ درصد پرینت ۳بعدی رنگ شده، ج) مدل ۷۵ درصد پرینت ۳بعدی تک‌رنگ/ جنین ۵ ماهه، د) مدل اصلی، و) مدل ۱۰۰ درصد پرینت ۳بعدی رنگ شده، ه) مدل ۵۰ درصد پرینت ۳بعدی تک-رنگ. مدل رنگ شده جنین ۴ هفته‌ای (ب) بسیار مشابه مدل اصلی (الف) می‌باشد.

همچنین پیرامون ساخت و استفاده از مدل‌های ۳بعدی، پروین لطفی و همکاران در سال ۲۰۲۲، مطالعه دیگری جهت بهبود مهارت آناتومیک دانشجویان پزشکی انجام دادند در آن دانشجویان به ساخت مدل‌های آناتومیکال ۳بعدی پرداختند. ۶۷ دانشجوی پزشکی، در دو گروه تجربی (۳۴ نفر) و کنترل (۳۳ نفر) قرار گرفتند. دانشجویان گروه مداخله به ساخت مدل‌های دست ساز سیستم گوارش پرداختند (شکل ۹-۵). دانشجویان گروه کنترل هم به فراگیری آناتومی سیستم گوارش از طریق سخنرانی توسط استاد و کلاس‌های عملی پرداختند. آزمودنی ها، یک پرسشنامه انگیزشی را در ابتدا و پس از شش ماه از آغاز مطالعه، به عنوان پیش‌آزمون/پس-آزمون تکمیل کردند. نمرات آناتومی و دیدگاه کلی فراگیران نسبت به کلاس‌های آناتومی مورد ارزیابی قرار گرفت. تفاوت معناداری در میان نمرات پس آزمون مشاهده شد. به گونه ای که دانشجویانی که به ساخت مدل سیستم گوارش پرداخته بودند، نمرات بهتری کسب کردند. کلاس‌های آناتومی که در آن از مدل‌های دست‌ساز سیستم گوارش استفاده شده بود، جذابیت و گیرایی بیشتری را برای دانشجویان به ارمغان آورده بود. همچنین، باعث بهبود یادگیری آناتومی با افزایش درک فضایی دانشجویان نسبت به سخنرانی شدند. این مطالعه، نشان داد که ساخت مدل‌های آناتومیکال توسط دانشجویان، منجر به بهبود توانایی و انگیزه یادگیری در آنها می-شود (۳۲۳).



شکل ۹-۵. نمونه‌های مدل‌های دست ساز ۳بعدی از ارگآنهای مختلف.

چالش‌های استفاده از فناوری‌های یادگیری در کشور

مهمترین چالش‌های بکارگیری فناوری‌های نوین در آموزش آناتومی به شرح زیر است:

مشکلات فنی و نگهداری تجهیزات ، جزو مهم‌ترین چالش‌هاست. چرا که بکارگیری تکنولوژی‌های پیشرفته مانند VR و افزوده نیازمند تجهیزات پیچیده‌ای است که دارای سخت‌افزار و نرم‌افزار قدرتمندی می‌باشند. این تجهیزات به‌طور مداوم و منظم نیاز به تعمیر و نگهداری دارند تا کارایی با کیفیت بالایی داشته باشند. اما نگهداری این تجهیزات هزینه بر و وقت‌گیر است. اگر مراقبت مناسبی از آنها به عمل نیاید، ممکن است آموزش را با مشکل مواجه کنند. همچنین احتمال ایرادات فنی و خرابی‌های ناگهانی نیز وجود دارد که نیازمند تعمیر سریع توسط افراد فنی مجرب می‌باشد. هزینه بالای خرید و نصب تجهیزات، یکی از موانع دیگر استفاده از فناوری‌های پیشرفته در آموزش می‌باشد. این تجهیزات پیشرفته و حرفه‌ای هستند، و هزینه خرید، نصب و راه‌اندازی آنها بالاست. برای مثال سخت‌افزار و نرم‌افزار VR یا VDT گران قیمت هستند و خرید تعداد کافی از آنها برای استفاده همزمان توسط دانشجویان بار مالی سنگینی به دانشگاه‌ها وارد می‌کند. همچنین نصب و راه‌اندازی این سیستم‌ها نیز هزینه‌های جانبی دیگری را به همراه دارند (۲۳۰).

چالش دیگر مربوط به مهارت‌های کار با تکنولوژی است. با استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش، اساتید باید مهارت‌های لازم برای کار با ابزارها و تکنولوژی‌های آموزشی نوین را فرا بگیرند. بسیاری از اساتید که سال‌هاست تنها روش‌های سنتی آموزش را استفاده می‌کنند، نیازمند آموزش‌های لازم برای یادگیری روش‌های نوین هستند. همچنین باید مهارت‌های لازم برای استفاده بهینه و مؤثر از ابزارهای آموزشی را فرا گیرند. این امر نیازمند زمان و بودجه است که یکی از چالش‌های مهم به شمار می‌رود.

چالش بعدی مربوط به محدودیت‌های فنی در بعضی محیط‌هاست. با استفاده از تکنولوژی در آموزش، دیگر محدودیت‌های مکانی وجود ندارد و آموزش می‌تواند به صورت آنلاین انجام شود. اما برخی محیط‌ها مانند مناطق دورافتاده، امکاناتی مانند پهنای باند اینترنت کافی یا پایدار را ندارند. این محدودیت‌های فنی می‌تواند کیفیت و پیوستگی آموزش را تحت تأثیر قرار دهد. مثلا اتصال ناپایدار یا پهنای باند کم، باعث کاهش کیفیت تصویر و صدا می‌شود که یادگیری را مختل می‌کند. یا مواردی مانند قطعی ناگهانی اینترنت یا خط ارتباطی، کند شدن سرعت اتصال به دلیل

ترافیک زیاد یا اشکالات فنی در سخت‌افزار و نرم‌افزار مورد استفاده می‌تواند باعث وقفه در جریان آموزش شود. این چالش به ویژه در کشورهای در حال توسعه مانند ایران که زیرساخت‌های الکترونیکی ناکافی است، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (۳۲۴).

نداشتن تجربه عملی برای دانشجویان هم از چالش‌های این فناوری‌ها است. یکی از مزایای آموزش حضوری و سنتی آناتومی، امکان تجربه عملی مستقیم دانشجویان روی نمونه‌ها و جسد انسان است. اما در آموزش تکنولوژی محور بدون حضور فیزیکی، دانشجویان نمی‌توانند به‌طور مستقیم از امکانات آزمایشگاهی استفاده کنند. با وجود سعی برای شبیه‌سازی‌های واقعی، هنوز تجربه عملی حضوری همانندسازی نمی‌شود. این مسئله ممکن است بر یادگیری دانشجویان اثر منفی بگذارد (۳۲۵).

چالش بعدی مربوط به مقابله با روش‌های سنتی آموزش است. بسیاری از اساتید و مدرسان سال‌هاست که به صورت سنتی و با روش‌های قدیمی تدریس می‌کنند. بکارگیری روش‌های آموزشی جدید و فناوری‌محور ممکن است با مخالفت آنها مواجه شود. این افراد عقیده دارند روش‌های سنتی بهتر از روش‌های نوین هستند، و نگرانی‌هایی در خصوص کاهش کیفیت آموزش دارند. این مقاومت در برابر تغییر مانع دیگری برای استفاده از فناوری در آموزش است (۳۲۵). چند روش آموزشی جدید که می‌تواند در مقابله با مقاومت اساتید مورد استفاده قرار گیرد عبارتند از:

- آموزش مجازی یا آنلاین به همراه اساتید با هدف آشنایی آنها با امکانات
- دوره‌های آموزشی برای اساتید به منظور آشنایی با روش‌های فناوری‌محور
- استفاده محدود از فناوری بدون جایگزین کردن کامل روش‌های سنتی
- نشان دادن مزایای روش‌های جدید مانند تعامل‌پذیری و دسترسی آسان‌تر
- همکاری با اساتید حامی برای ترغیب سایرین
- انجام پژوهش و نشان دادن موفقیت و یادگیری بهتر دانشجویان
- استفاده از روش‌های متنوع برای همه نیازمندی‌ها

چالش دیگر مرتبط با نگهداری و به‌روزرسانی مطالب آموزشی است. هنگامی که از فناوری در آموزش استفاده می‌شود و محتوا به صورت دیجیتال ارائه می‌شود، باید مطالب به طور منظم به‌روزرسانی و نگهداری شوند. چرا که اطلاعات دانشگاهی، به ویژه در رشته‌های علوم پزشکی به سرعت تغییر می‌کنند. اما این کار نیاز به سرمایه‌گذاری زمان و هزینه دارد. بنابراین نگهداری و به‌روزرسانی مطالب آموزشی یک چالش همیشگی است (۳۲۶).

چالش دیگر مرتبط با مشارکت ناکافی دانشجویان در آموزش آنلاین است. هنگامی که آموزش به صورت آنلاین انجام می‌شود، امکان مشارکت فعال دانشجویان کمتر می‌شود. آنها احساس تنهایی و جدایی از اساتید و هم دانشگاهی‌هایشان را تجربه می‌کنند. این امر می‌تواند باعث القای خستگی و کاهش انگیزه آنها شود. در نتیجه علاقه و یادگیری آنها نیز کاهش می‌یابد. اساتید باید با روش‌های مختلف ارتباطی و فعال‌سازی دانشجویان را در محیط آنلاین تأمین کنند تا این مشکل را حل کنند (۲۳۰, ۳۲۷). از جمله روش‌هایی که می‌تواند به ارتباط و فعال‌سازی دانشجویان در آموزش آنلاین کمک کند عبارتند از:

- برقراری ارتباط زنده مانند کلاس‌های ویدیویی
- بحث‌ها و گفتگوهای گروهی مانند فوروم‌ها

- گروه‌بندی دانشجویان و انجام پروژه‌های گروهی
- استفاده از ابزارهای مشارکتی و همکاری مانند ویکی
- ارزیابی مشارکت دانشجویان در بحث‌ها و فعالیت‌ها
- بازخورد تشویق‌آمیز اساتید به مشارکت دانشجویان
- ایجاد ارتباط غیررسمی مانند گروه‌های پرسش و پاسخ

برگزاری مراسم و رویدادهایی برای تعامل آنلاین نتیجه‌گیری فصل

به عنوان نتیجه‌گیری در این فصل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ادغام فناوری‌های مدرن مانند پرینت ۳بعدی، VR/AR، و میزهای تشریح در کنار روش‌های سنتی، تجربه یادگیری چندوجهی را برای دانشجویان فراهم می‌کند. این امر به سبک‌های مختلف یادگیری و تقویت محتوا کمک می‌کند.

ماهیت لمسی و تعاملی فناوری‌هایی مانند میز تشریح مجازی (VDT)، سناریوهای واقعی را بهتر از تصاویر به تنهایی تقلید می‌کند. این امر درک ساختارها و روابط تشریحی را بهبود می‌بخشد.

فناوری‌هایی که امکان دسترسی مکرر یا از راه دور را فراهم می‌کنند، به دانشجویان در یادگیری بدون استاد انعطاف‌پذیری می‌دهند. محتوا را می‌توان در صورت نیاز مرور کرد و بار شناختی را کاهش داد. اجزای مجازی و شبیه‌سازی شده هزینه ها و مسائل اخلاقی را در مقایسه با اتکا به اجساد کاهش می‌دهند. این امر باعث می‌شود منابع یادگیری پیشرفته به طور گسترده‌تری در دسترس باشند. آموزش مؤثر اعضای هیأت علمی در آموزش یکپارچه مبتنی بر فناوری مهم است. کارگاه ها و منابع می‌توانند در به حداکثر رساندن فواید و نتایج آموزشی با استفاده از فناوری‌های نوین کمک کنند. تکامل مداوم فناوری‌های آموزشی راه‌هایی را برای افزایش یادگیری در طول زمان فراهم می‌کند. یک چارچوب ترکیبی از ابزارهای سنتی و نوظهور آموزش آناتومی می‌تواند در آینده بسیار کمک کننده باشد. به طور کلی، ادغام استراتژیک روش‌های مدرن مرتبط با فناوری‌ها می‌تواند نحوه آموزش و درک آناتومی را در گروه‌های آموزشی آناتومی در دانشگاه‌های کشور بهینه کند.

منابع

۱. حسن‌زاده دغ. یادگیری آناتومی. ۳ :ed انتشارات گذر با همکاری انتشارات ابن‌سینا؛ ۱۴۰۱. p.۳۵۲

2. Shoja MM, Tubbs RS. The history of anatomy in Persia. Journal of anatomy. 2007;210(4):359-78.
3. Goodrich JT. History of spine surgery in the ancient and medieval worlds. Neurosurgical focus. 2004;16(1):1-13.
4. Persaud TVN. Early history of human anatomy: from antiquity to the beginning of the modern era. (No Title). 1984.
5. Majidzadeh Y. Ancient Mesopotamia: History and Civilization, Vol. III (Art and Architecture), Tehran. Iran University Press; 2001.
6. Price M. History of ancient medicine in Mesopotamia and Iran. Iran Chamber Society. 2001.
7. Elgood C. A Medical history of Persia and the eastern caliphate: the development of Persian and Arabic medical sciences, from the earliest times until the year AD 1932: including the Mongol domination and western influences, based on original and contemporary sources. (No Title). 1979.
8. Лузин В, Ковешников В, Волошин В, Кожемяка И. История развития анатомии в Перс и и с древних времен до VII века нашей эры. Український медичний альманах. 2011(4):80-3.
9. Elgood C. A Medical History of Persia and the Eastern Caliphate: from the earliest times until the year AD 1932: Cambridge University Press; 2010.
10. Farhadi M, Behzadian Nejad G, Bagbanzadeh A. Papers of the international congress of the history of medicine in Islam and Iran. Iranian Institute for Science and Research Expansion, Tehran, Iran. 1996.
11. Savage-Smith E. Attitudes toward dissection in medieval Islam. Journal of the History of Medicine and Allied Sciences. 1995;50(1):67-110.
12. Wakim KG. Arabic medicine in literature. Bulletin of the Medical Library Association. 1944;32(1):96.
13. Abdel-Halim RE, Abdel-Maguid TE. The functional anatomy of the uretero-vesical junction. A historical review. Saudi medical journal. 2003;24(8):815-9.
14. Batırel HF. Early Islamic physicians and thorax. The Annals of thoracic surgery. 1999;67(2):578-80.
15. Nagamia HF. Islamic medicine history and current practice. JISHIM. 2003;2(4):19-30.
16. Green A. A Medical History of Persia and of the Eastern Caliphate. By Cyril Elgood. University Press, Cambridge.£ 2 10s. Journal of the Royal Asiatic Society. 1952;84(1-2):79-.
17. Troupeau G. The first treatise on diet: the Kitāb Hawāss al-agdiyah de Yūhannā ibn Māsawayh. Medicina nei Secoli. 1995;7(1):121-39.
18. Nadjmabadi M. History of Medicine in Iran [in Persian]. Tehran. Tehran University Press; 1987.
19. Farhadi M, Behzadian Nejad G, Bagbanzadeh A. Papers of the international congress of the history of medicine in Islam and Iran [in Persian] Vol. 1. Tehran: Iranian Institute for Science and Research Expansion. 1994.
20. Souayah N, Greenstein JI. Insights into neurologic localization by Rhazes, a medieval

Islamic physician. Neurology. 2005;65(1):125-8.
21. Tan S. Rhazes (835-925 AD): medical scholar of Islam. Singapore Medical Journal. 2002;43(7):331-2.
22. Ardalan MR, Shoja MM, Tubbs RS, Eknoyan G. Diseases of the kidney in medieval Persia—the Hidayat of Al-Akawayni. Nephrology Dialysis Transplantation. 2007;22(12):3413-21.
23. Newman AJ. "Tashrih-e Mansuri": Human Anatomy Between the Galenic and Prophetic Medical Traditions. La Science dans le Monde Iranien: Institut français de recherche en Iran; 1998. p. 253-71.
24. Belen D, Aciduman A. A pioneer from the Islamic Golden Age: Haly Abbas and spinal traumas in his principal work, The Royal Book. Journal of neurosurgery Spine. 2006;5(4):381.
25. Meyerhof M. Ibn An-Nafîs (XIIIth Cent.) and his theory of the lesser circulation. Isis. 1935;23(1):100-20.
26. Naderi S, Acar F, Mertol T, Arda MN. Functional anatomy of the spine by Avicenna in his eleventh century treatise Al-Qanun fi al-Tibb (The Canons of Medicine). Neurosurgery. 2003;52(6):1449-54.
27. Shoja MM, Tubbs RS. The disorder of love in the Canon of Avicenna (AD 980–1037). American Journal of Psychiatry. 2007;164(2):228-9.
28. Al-Qattan M. History of anatomy of the hand and upper limb. Journal of Hand Surgery. 2006;31(3):502.
29. Goodrich JT. Neurosurgery in the ancient and medieval worlds. A History of Neurosurgery in Its Scientific and Professional Contexts Park Ridge, AANS. 1997:37-64.
30. MR M. Zakhireye Kharazmshahi. Tehran: The Iranian Academy of Medical Sciences. 2005.
31. Nabipour I. Clinical endocrinology in the Islamic civilization in Iran. International Journal of Endocrinology and Metabolism. 2003;1(1).
32. Newman AJ. Bāqir al-Majlisī and Islamicate Medicine: Safavid Medical Theory and Practice Re-Examined. Society and Culture in the Early Modern Middle East: Brill; 2003. p. 371-96.
33. Lewis B. The Middle East: 2000 years of history from the rise of Christianity to the present day: Hachette UK; 2011.
34. Tubbs RS, Shoja MM, Loukas M, Oakes WJ. Abubakr muhammad ibn zakaria razi, rhazes (865–925 AD). Child's Nervous System. 2007;23:1225-6.
35. Joghataei MT, Rezazadeh M, Mehdizadeh M, Rezaei FS, Abolhasani F, Abroun S, et al. Iranian Society of Anatomical Sciences.
36. Kahn KB. Understanding innovation. Business Horizons. 2018;61(3):453-60.
37. Kline SJ, Rosenberg N. An Overview of Innovation.
38. Tidd J. A Review of Innovation Models. 2006.
39. Izzuwan Shah Bin Mazla M, Khata Bin Jabor M, Tufail K, Faisal Noor Yakim A, Zainal H. The Roles of Creativity and Innovation in Entrepreneurship. 2020.
40. Elias S. Origins of Human Innovation and Creativity. Breaking Old Paradigms. Developments in Quaternary Science. 16: Elsevier Ltd; 2012. p. 1-13.
41. Harvard Business R, Drucker PF, Christensen CM, Govindarajan V. HBR's 10 Must Reads on Innovation. 4th ed. Boston, Massachusetts2013.
42. Shuhratovich IU. APPLICATION OF INNOVATION IN TEACHING PROCESS. European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences. 2020;8(5).

43. Meinel C, Leifer L. Design Thinking.
44. Challa KT, Sayed A, Acharya Y. Modern techniques of teaching and learning in medical education: a descriptive literature review. MedEdPublish. 2021;10:18.
45. Sudarso S, Rahayu GR, Suhoyo Y. How does feedback in mini-CEX affect students' learning response? International journal of medical education. 2016;7:407.
46. Saville BK, Zinn TE, Neef NA, Norman RV, Ferreri SJ. A comparison of interteaching and lecture in the college classroom. Journal of applied behavior analysis. 2006;39(1):49-61.
47. McLachlan JC, Patten D. Anatomy teaching: ghosts of the past, present and future. Medical education. 2006;40(3):243-53.
48. Chia T, Oyeniran OI. Anatomy education in Nigeria: challenges and prospects. J Contemp Med Edu. 2019;9(3):61-5.
49. Orsbon CP, Kaiser RS, Ross CF. Physician opinions about an anatomy core curriculum: A case for medical imaging and vertical integration. Anatomical sciences education. 2014;7(4):251-61.
50. Azer SA, Eizenberg N. Do we need dissection in an integrated problem-based learning medical course? Perceptions of first-and second-year students. Surgical and Radiologic Anatomy. 2007;29:173-80.
51. Onigbinde O, Chia T, Oyeniran O, Ajagbe A. The place of cadaveric dissection in post-COVID-19 anatomy education. Morphologie. 2021;105(351):259-66.
52. Norcini J. The power of feedback. Medical education. 2010;44(1):16-7.
53. Hadie SNH, Hassan A, Ismail ZIM, Asari MA, Khan AA, Kasim F, et al. Developing constructs of anatomy education environment measurement: A delphi study. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2014;116:4219-23.
54. Pather N. Teaching anatomy: Prosections and dissections. Teaching anatomy: a practical guide: Springer; 2014. p. 213-21.
55. Estai M, Bunt S. Best teaching practices in anatomy education: A critical review. Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger. 2016;208:151-7.
56. Tam M, Hart A, Williams S, Holland R, Heylings D, Leinster S. Evaluation of a computer program ('disect') to consolidate anatomy knowledge: A randomised-controlled trial. Medical teacher. 2010;32(3):e138-e42.
57. Hołda MK, Stefura T, Koziej M, Skomarovska O, Jasińska KA, Sałabun W, et al. Alarming decline in recognition of anatomical structures amongst medical students and physicians. Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger. 2019;221:48-56.
58. Zhang Q, Zeng T, Chen Y, Li X. Assisting undergraduate nursing students to learn evidence-based practice through self-directed learning and workshop strategies during clinical practicum. Nurse education today. 2012;32(5):570-5.
59. Khatooni M, Alimoradi Z, Samiei-Seiboni F, Shafiei Z, Atashi V. The impact of an educational software designed about fundamental of nursing skills on nursing students' learning of practical skills. Journal of Clinical Nursing and Midwifery. 2014;3(1):9-16.
60. Azizi A, Alaei A, Valaei N, Bagheri M. Comparison of theory-practical teaching method with practical-theory method on learning and student satisfaction in oral medicine. Research in Medicine. 2014;38(3):145-7.
۶۱. محمدی, شفیعیان. تکنولوژی‌های آموزشی موثر بر یادگیری درس آناتومی از دیدگاه دانشجویان پزشکی. مجله مرکز

مطالعات و توسعه آموزش علوم پزشکی شهید صدوقی یزد. ۲۰۱۸؛۱۳(۳):۲۶۰-۷.
62. M. Harden PL, R. Best evidence medical education: the simple truth. Medical Teacher. 2000;22(2):117-9.
63. Masoomi R. What is the best evidence medical education? Research and Development in Medical Education. 2012;1(1):3-5.
64. M. Harden JG, Graham Buckley, IR Hart, R. BEME Guide No. 1: Best evidence medical education. Medical teacher. 1999;21(6):553-62.
65. Hammick MR. Evidence-informed education in the health care science professions. Journal of veterinary medical education. 2005;32(4):399-403.
66. Hammick M, Haig A. The Best Evidence Medical Education Collaboration: processes, products and principles. The Clinical Teacher. 2007;4(1):42-5.
67. Harden R, Grant J, Buckley G, Hart I. Best evidence medical education. Advances in Health Sciences Education. 2000;5:71-90.
68. Haig A, Dozier M. BEME Guide No 3: Systematic searching for evidence in medical education--Part 1: Sources of information. Medical teacher. 2003;25(4):352-63.
69. Nuland SB. Doctors: the biography of medicine: Vintage; 1995.
70. Porter R. The greatest benefit to mankind: a medical history of humanity (the Norton history of science): WW Norton & Company; 1999.
71. Flexner A. Medical education in the United States and Canada. Bulletin of the World Health Organization. 2002;80:594-602.
72. Engel GL. Enduring attributes of medicine relevant for the education of the physician. Annals of Internal Medicine. 1973;78(4):587-93.
73. Muller S. Physicians for the twenty-first century: report of the project panel on the general professional education of the physician and college preparation for medicine. J Med Educ. 1984;59:1-208.
74. Aziz MA, Mckenzie JC, Wilson JS, Cowie RJ, Ayeni SA, Dunn BK. The human cadaver in the age of biomedical informatics. The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists. 2002;269(1):20-32.
75. Marks Jr SC, Cahill DR. Teaching and learning anatomy in medicine. Clinical Anatomy. 1988;1(1):3-5.
76. Collins TJ, Given RL, Hulsebosch CE, Miller BT. Status of gross anatomy in the US and Canada: Dilemma for the 21st century. Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists. 1994;7(5):275-96.
77. Strauss W, Howe N. Generations: The history of America's future, 1584 to 2069. (No Title). 1991.
78. Coffield F, Ecclestone K, Hall E, Moseley D. Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review. 2004.
79. Young T. How valid and useful is the notion of learning style? A multicultural investigation. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2010;2(2):427-33.
80. Ozuah PO. First, there was pedagogy and then came andragogy. Einstein journal of Biology and Medicine. 2016;21(2):83-7.
81. Gillani BB. Using the web to create student-centered curriculum. Issues in web-based

pedagogy: A critical primer. 2000:161-81.
82. Parmelee D, Michaelsen LK, Cook S, Hudes PDJMt. Team-based learning: a practical guide: AMEE guide no. 65. 2012;34(5):e275-e87.
83. Burgess AW, McGregor DM, Mellis CMJAm. Applying established guidelines to team-based learning programs in medical schools: a systematic review. 2014;89(4):678.
84. Burgess A, van Diggele C, Roberts C, Mellis CJBMe. Team-based learning: design, facilitation and participation. 2020;20(2):1-7.
85. Nieder GL, Parmelee DX, Stolfi A, Hudes PDJCATOJotAAoCA, Anatomists tBAoC. Team-based learning in a medical gross anatomy and embryology course. 2005;18(1):56-63.
86. Yan J, Ding X, Xiong L, Liu E, Zhang Y, Luan Y, et al. Team-based learning: assessing the impact on anatomy teaching in People's Republic of China. 2018:589-94.
87. Ghorbani N, Karbalay-Doust S, Noorafshan AJSQUMJ. Is a team-based learning approach to anatomy teaching superior to didactic lecturing? 2014;14(1):e120.
88. Souza V, Maciel A, Nedel L, Kopper R, Loges K, Schlemmer E, editors. The effect of virtual reality on knowledge transfer and retention in collaborative group-based learning for neuroanatomy students. 2020 22nd Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR); 2020: IEEE.
89. Rudolphi-Solero T, Jimenez-Zayas A, Lorenzo-Alvarez R, Domínguez-Pinos D, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero FJIiI. A team-based competition for undergraduate medical students to learn radiology within the virtual world Second Life. 2021;12(1):1-12.
90. Abdellatif H, Al Mushaiqri M, Albalushi H, Al-Zaabi AA, Roychoudhury S, Das SJIJoER, et al. Teaching, learning and assessing anatomy with artificial intelligence: The road to a better future. 2022;19(21):14209.
91. Ramesh A, Kambhampati C, Monson JR, Drew PJAotRCoSoE. Artificial intelligence in medicine. 2004;86(5):334.
92. Sholley MMJCATOJotAAoCA, Anatomists tBAoC. Small group preclinical instruction: Methods within the traditional gross anatomy laboratory. 1994;7(6):370-2.
93. Meo SAJPJoMS. Basic steps in establishing effective small group teaching sessions in medical schools. 2013;29(4):1071.
94. Drake RL, McBride JM, Lachman N, Pawlina WJAse. Medical education in the anatomical sciences: The winds of change continue to blow. 2009;2(6):253-9.
95. McNamara JP, Nolan MFJCA. Anatomy of the physical examination: A small group learning approach for increasing engagement and learning in a medical gross anatomy course. 2022;35(2):256-62.
96. Mishra S, Nayak S, George BMJJoH, NU AS. Impact of a novel method of teaching anatomy of the male perineum on the undergraduate medical students. 2014;4(01):099-103.
97. Davis CR, Bates AS, Ellis H, Roberts AMJAse. Human anatomy: let the students tell us how to teach. 2014;7(4):262-72.
98. Habbal OJSQUMJ. The state of human anatomy teaching in the medical schools of Gulf Cooperation Council countries: Present and future perspectives. 2009;9(1):24.
99. Barrows HSJMe. A taxonomy of problem-based learning methods. 1986;20(6):481-6.
100. Schmidt HGJMe. Foundations of problem-based learning: some explanatory notes. 1993;27(5):422-32.
101. CHANG X-F, HUANG Z-C, ZHOU H-Q, SONG C-H. Application of PBL Teaching Mode

Combined with Traditional LBL Teaching Mode in Oral Anatomy and Physiology.
102. Savery JRJErip-blE, Barrows etloHS. Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. 2015;9(2):5-15.
103. Yiou R, Goodenough DJs, Anatomy R. Applying problem-based learning to the teaching of anatomy: the example of Harvard Medical School. 2006;28:189-94.
104. Chen C, Zhang W, Qin L, Cui H, Linghu D, Guan Y, et al. Problem-based learning in gross anatomy: assessment outcomes and student perceptions. 2013;4(1).
105. GAO XJB, Medicine C. Advantages and Disadvantages of Problem-based Learning (PBL) in Medical Teaching. 2014;34(1):142.
106. Nayak S, Ramnarayan K, Somayaji N, Bairy KLJN. Teaching anatomy in a problem-based learning (PBL) curriculum. 2006;5:2-3.
107. Roosa KAJCRWPS. Problem-based Learning in Undergraduate Histology: Implementation and Student Perceptions. 2014:39.
108. Missankov AA, Missankova IK. Does the traditional teaching component of the hybrid curriculum improve the PBL component, in the teaching of anatomy? 2015.
109. He Y, Ravikumaran Nair RJTFJ. Enhancing Female Pelvic Anatomy Education with Clinical Vignettes and Problem-Based Learning (PBL). 2022;36.
110. Chan LK, Bridges SM, Doherty I, Ng ML, Jin J, Sharma N, et al. A qualitative study on how health professional students and their PBL facilitators perceive the use of mobile devices during PBL. 2015;9(1):12.
111. Hou N, Samsir S, editors. Application of PBL pedagogy based on virtual reality technology in the teaching of sports anatomy. SHS Web of Conferences; 2022: EDP Sciences.
112. Bergmann J, Sams A. Flipped learning: Gateway to student engagement: International Society for Technology in Education; 2014.
113. Antonova N, Shnai I, Kozlova MJTNER. Flipped classroom in the higher education system: A pilot study in Finland and Russia. 2017;48(1):17-27.
114. Entezari M, Javdan MJIJoHE. Active Learning and Flipped Classroom, Hand in Hand Approach to Improve Students Learning in Human Anatomy and Physiology. 2016;5(4):222-31.
115. Fleagle TR, Borcherding NC, Harris J, Hoffmann DSJAse. Application of flipped classroom pedagogy to the human gross anatomy laboratory: Student preferences and learning outcomes. 2018;11(4):385-96.
116. Kulkarni V. An Active Learning Approach for Gross Anatomy of the Lower Limb Sessions using Flipped Classroom. 2023.
117. Ang ET, Chan JM, Gopal V, Li Shia NJCA. Gamifying anatomy education. 2018;31(7):997-1005.
118. Cheng X, Ka Ho Lee K, Chang EY, Yang XJAse. The "flipped classroom" approach: Stimulating positive learning attitudes and improving mastery of histology among medical students. 2017;10(4):317-27.
119. Chen CH, Ho C-H, Lin J-BJP-S, Sciences B. The development of an augmented reality game-based learning environment. 2015;174:216-20.
120. Hill R, Nassrallah Z. A game-based approach to teaching and learning anatomy of the liver and portal venous system. MedEdPORTAL. 2018; 14: 10696.
121. Run-zhu CX-yL, Yong-mei ZH-lC, Xiao-jing XY-yQ, Wen-ying QJAAS. Application of

flipped classroom teaching mode supported by 3D printing model in embryology experiment teaching. 2021;52(3):479.
122. Shi-Chun D, Ze-Tian F, Yi W, editors. The flipped classroom–advantages and challenges. 2014 International Conference on Economic Management and Trade Cooperation (EMTC 2014); 2014: Atlantis Press.
123. Thistlethwaite JE, Davies D, Ekeocha S, Kidd JM, MacDougall C, Matthews P, et al. The effectiveness of case-based learning in health professional education. A BEME systematic review: BEME Guide No. 23. 2012;34(6):e421-e44.
124. Prashanti N. Clinical case based learning vs routine teaching in anatomy: A cross sectional perception and result based study.
125. Demetri L, Donnelley CA, MacKechnie MC, Toogood PJJoSE. Comparison of case-based learning and traditional lectures in an orthopedic residency anatomy course. 2021;78(2):679-85.
126. Mostert MPJTBAT. Challenges of case-based teaching. 2007;8(4):434.
127. Shemshack A, Spector JMJSLE. A systematic literature review of personalized learning terms. 2020;7(1):1-20.
128. Li L, Wang Y, Zhang HJSIEF. Review of the personalized learning in China. 2020;7(2):893-912.
129. Fairén González M, Farrés M, Moyes Ardiaca J, Insa E, editors. Virtual Reality to teach anatomy. Eurographics 2017: education papers; 2017: European Association for Computer Graphics (Eurographics).
130. Fairén M, Moyés J, Insa EJJoms. VR4Health: Personalized teaching and learning anatomy using VR. 2020;44(5):94.
131. Ma M, Fallavollita P, Seelbach I, Von Der Heide AM, Euler E, Waschke J, et al. Personalized augmented reality for anatomy education. 2016;29(4):446-53.
132. Davis L, Hamza-Lup FG, Daly J, Ha Y, Frolich S, Meyer C, et al., editors. Application of augmented reality to visualizing anatomical airways. Helmet-and Head-Mounted Displays VII; 2002: SPIE.
133. Juan C, Beatrice F, Cano J, editors. An augmented reality system for learning the interior of the human body. 2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies; 2008: IEEE.
134. Marker DR, Juluru K, Long C, Magid DJAri. Strategic improvements for gross anatomy web-based teaching. 2012;2012.
135. Petersson H, Sinkvist D, Wang C, Smedby ÖJAse. Web-based interactive 3D visualization as a tool for improved anatomy learning. 2009;2(2):61-8.
136. McKimm J, Jollie C, Cantillon PJB. Web based learning. 2003;326(7394):870-3.
137. Layona R, Yulianto B, Tunardi YJPCS. Web based augmented reality for human body anatomy learning. 2018;135:457-64.
138. Lorenzo-Alvarez R, Rudolphi-Solero T, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero FJAse. Game-Based learning in virtual worlds: a multiuser online game for medical undergraduate radiology education within second life. 2020;13(5):602-17.
139. Dolasinski MJ, Reynolds J. Microlearning: a new learning model. Journal of Hospitality & Tourism Research. 2020;44(3):551-61.
140. Job MA, Ogalo HS. Micro learning as innovative process of knowledge strategy.

International journal of scientific & technology research. 2012;1(11):92-6.
141. Pastore RS. The effects of diagrams and time-compressed instruction on learning and learners' perceptions of cognitive load. Educational technology research and development. 2010;58:485-505.
142. Kirschner PA. Cognitive load theory: Implications of cognitive load theory on the design of learning. Elsevier; 2002. p. 1-10.
143. Drakidou C. Micro-learning as an Alternative in Lifelong eLearning: MA Dissertation, Aristotle University of Thessaloniki School of Italian …; 2018.
144. Aldaghi ZR, Emadzadeh A, Mastour H, Mohammadi S. The Impact of Micro-Learning Enriched Environment on Learning and Achievement Motivation of Medical Students in Gastrointestinal Anatomy. Future of Medical Education Journal. 2022;12(2).
145. Wong G, Apthorpe HC, Ruiz K, Nanayakkara S. An innovative educational approach in using instructional videos to teach dental local anaesthetic skills. European Journal of Dental Education. 2019;23(1):28-34.
146. Caruth G. Learning how to learn: A six point model for increasing student engagement. Participatory Educational Research. 2014;1(2):1-12.
147. Shah A, Abuelsaad T, Ahn J-W, Dey P, Kokku R, Mittal RS, et al., editors. Content Customization for Micro Learning using Human Augmented AI Techniques. Proceedings of the Fourteenth Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications; 2019.
148. Khatoni A, Nayery ND, Ahmady F, Haghani H. Comparison the effect of Web-based Education and Traditional Education on Nurses Knowledge about Bird Flu in Continuing Education. Iranian journal of medical education. 2011;11(2).
149. Murgitroyd E, Madurska M, Gonzalez J, Watson A. 3D digital anatomy modelling–practical or pretty? The Surgeon. 2015;13(3):177-80.
150. Wickramasinghe N, Thompson BR, Xiao J. The opportunities and challenges of digital anatomy for medical sciences: Narrative review. JMIR Medical Education. 2022;8(2):e34687.
151. Xiao J, Evans DJ. Anatomy education beyond the Covid-19 pandemic: A changing pedagogy. Anatomical Sciences Education. 2022;15(6):1138-44.
152. Patra A, Asghar A, Chaudhary P, Ravi KS. Integration of innovative educational technologies in anatomy teaching: new normal in anatomy education. Surgical and Radiologic Anatomy. 2022;44(1):25-32.
153. Patra A, Chaudhary P, Ravi KS. Adverse impact of Covid-19 on anatomical sciences teachers of India and proposed ways to handle this predicament. Anat Sci Educ. 2021;14(02):163-5.
154. AnatomyZone. AnatomyZone 2024 [Available from: https://anatomyzone.com.
155. biodigital. biodigital 2024 [Available from: https://www.biodigital.com.
156. visiblebody. visiblebody 2024 [Available from: https://www.visiblebody.com.
157. kenhub. kenhub. 2024.
158. P B. VIRTUAL DISSECTION-AS A NEW MEDICAL TEACHING TOOL. European Journal of Biomedical. 2021;8((4)):276-80.
159. Harrell KM, McGinn MJ, Edwards CD, Warren Foster K, Meredith MA. Crashing from cadaver to computer: Covid-driven crisis-mode pedagogy spawns active online substitute for teaching gross anatomy. Anatomical sciences education. 2021;14(5):536-51.

160. Abu-Rmaileh M, Osborn T, Gonzalez SR, Yuen JC. The use of live streaming technologies in surgery: a review of the literature. Annals of Plastic Surgery. 2022;88(1):122-7.
161. El-Sayed R, El-Hoseiny S, El-Sayed E. Video-based lectures: An emerging paradigm for teaching human anatomy and physiology to student nurses. Alexandria Journal of Medicine. 2013;49(1):215-22.
162. Doraiswamy R, Krishnamoorthy K, Villanueva J, Prescod U, Gottam V, Sriya S. The Use of Smartphones in Medical Education: Insights from a Caribbean Medical School. The FASEB Journal. 2022;36.
163. Mansouri M, Bigdeli S, Dehnad A, Sohrabi Z, Alizadeh S, Keshavarzi MH. Exploring the features of mobile phone application of anatomy in basic medical sciences: a qualitative study. BMC Medical Education. 2020;20:1-9.
164. Erbek E, BOLATLI G. The effect of mobile learning in anatomy education on learning skills and motivation of students: systematic review. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. 2022(41):269-84.
165. Ratan ZA ZS, Islam SM, Hosseinzadeh H. Smartphone overuse: A hidden crisis in COVID-19... Health policy and technology. 2021 March;10(1):21.
166. Ghosh SK. Evolution of illustrations in anatomy: A study from the classical period in E urope to modern times. Anatomical Sciences Education. 2015;8(2):175-88.
167. Abdellatif H, Al Mushaiqri M, Albalushi H, Al-Zaabi AA, Roychoudhury S, Das S. Teaching, learning and assessing anatomy with artificial intelligence: The road to a better future. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(21):14209.
168. Kolla S EM, Gaughan JP, Goldman E. Medical student perception of a virtual reality training module for anatomy education. Medical Science Educator. 2020 Sep;30:1201-10.
169. Maas MJ, Hughes JM. Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: A review of the literature. Technology, Pedagogy and Education. 2020;29(2):231-49.
170. Patel S, Panchotiya B, Patel A, Budharani A, Ribadiya S. A Survey: Virtual, Augmented and Mixed Reality in Education. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2020;9(05):2020.
171. Martín JG, Mora CD, Henche SA. Possibilities for the use of Anatomage (the anatomical real body-size table) for teaching and learning anatomy with the students. Biomed J Sci Tech Res. 2018;4(4):94.
172. Chytas D, Piagkou M, Natsis K. Outcomes of the implementation of game-based anatomy teaching approaches: An overview. Morphologie. 2022;106(352):8-14.
173. O'Leary S, Diepenhorst L, Churley-Strom R, Magrane D. Educational games in an obstetrics and gynecology core curriculum. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 2005;193(5):1848-51.
174. Yunyongying P. Gamification: implications for curricular design. Journal of graduate medical education. 2014;6(3):410-2.
175. Chen P-H, Roth H, Galperin-Aizenberg M, Ruutiainen AT, Gefter W, Cook TS. Improving abnormality detection on chest radiography using game-like reinforcement mechanics. Academic Radiology. 2017;24(11):1428-35.
176. Kerfoot BP, Kissane N. The use of gamification to boost residents' engagement in simulation training. JAMA surgery. 2014;149(11):1208-9.

177. Sammut M, Sammut M, Andrejevic P. The benefits of being a video gamer in laparoscopic surgery. International Journal of Surgery. 2017;45:42-6.
178. Kerfoot BP, Baker H, Pangaro L, Agarwal K, Taffet G, Mechaber AJ, et al. An online spaced-education game to teach and assess medical students: a multi-institutional prospective trial. Academic Medicine. 2012;87(10):1443-9.
179. Hill RV, Nassrallah Z. A game-based approach to teaching and learning anatomy of the liver and portal venous system. MedEdPORTAL. 2018;14:10696.
180. Triepels CP, Smeets CF, Notten KJ, Kruitwagen RF, Futterer JJ, Vergeldt TF, et al. Does three-dimensional anatomy improve student understanding? Clinical Anatomy. 2020;33(1):25-33.
181. Yammine K, Violato C. A meta-analysis of the educational effectiveness of three-dimensional visualization technologies in teaching anatomy. Anatomical sciences education. 2015;8(6):525-38.
182. Yadav K. Role of cloud computing in education. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. 2014;2(2):3108-12.
183. Hurtubise L, Hall E, Sheridan L, Han H. The flipped classroom in medical education: engaging students to build competency. Journal of Medical Education and Curricular Development. 2015;2:JMECD. S23895.
184. Mozumder MAI, Sheeraz MM, Athar A, Aich S, Kim H-C, editors. Overview: Technology roadmap of the future trend of metaverse based on IoT, blockchain, AI technique, and medical domain metaverse activity. 2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT); 2022: IEEE.
185. Grech A, Camilleri AF. Blockchain in education: Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2017.
186. Pawan YN PK. Block chain for tertiary education. Journal of Engineering Education Transformations. 2020 Mar;3(33(Special Issue)):608-12.
187. Kalınkara Y, Özdemir O. Anatomy in the metaverse: Exploring student technology acceptance through the UTAUT2 model. Anatomical Sciences Education. 2023.
188. Lazarus MD TM, Douglas P, Selwyn N. . . Artificial intelligence and clinical anatomical education: Promises and perils. Anatomical Sciences Education. 2022.
189. Cornwall J HS, Champney TH, Goodman K. Ethical concerns surrounding artificial intelligence in anatomy education: Should AI human body simulations replace donors in the dissection room? . Anatomical sciences education 2023.
190. Ghosh SK. Human cadaveric dissection: a historical account from ancient Greece to the modern era. Anatomy & cell biology. 2015;48(3):153-69.
191. Tubbs RS, Shoja MM, Loukas M, Agutter P. History of anatomy: an international perspective: John Wiley & Sons; 2019.
192. Russell GA. Vesalius and the emergence of veridical representation in Renaissance anatomy. Progress in brain research. 2013;203:3-32.
193. Alghamdi MA, Ziermann JM, Diogo R. An untold story: The important contributions of Muslim scholars for the understanding of human anatomy. The Anatomical Record. 2017;300(6):986-1008.
194. Green CD. Where did the ventricular localization of mental faculties come from? Journal of the History of the Behavioral Sciences. 2003;39(2):131-42.

195. Karimi A, Zargaran A, Borhani-Haghighi A. Avicenna's description of Willis circle. International journal of cardiology. 2013;168(3):3041.
196. Loukas M, Lam R, Tubbs RS, Shoja MM, Apaydin N. Ibn al-Nafis (1210–1288): the first description of the pulmonary circulation. The American Surgeon. 2008;74(5):440-2.
197. Daneshfard B, Sadr M, Abdolahinia A, Azari H, Naseri M, Iranzadasl M, et al. Mansur ibn Ilyas Shirazi (1380–1422 AD), a pioneer of neuroanatomy. Neurological Sciences. 2022:1-4.
198. Crivellato E, Ribatti D. Mondino de'Liuzzi and his Anothomia: A milestone in the development of modern anatomy. Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists. 2006;19(7):581-7.
199. Standring S. A brief history of topographical anatomy. Journal of Anatomy. 2016;229(1):32-62.
200. Banerjee AD, Nanda A. Ambroise Pare and 16th century neurosurgery. British journal of neurosurgery. 2011;25(2):193-6.
201. Andrioli G, Trincia G. Padua: the renaissance of human anatomy and medicine. Neurosurgery. 2004;55(4):746-55.
202. Ghosh SK. Giovanni Battista Morgagni (1682–1771): father of pathologic anatomy and pioneer of modern medicine. Anatomical science international. 2017;92:305-12.
203. Laha B, Bowman DA, Schiffbauer JD. Validation of the MR simulation approach for evaluating the effects of immersion on visual analysis of volume data. IEEE transactions on visualization and computer graphics. 2013;19(4):529-38.
204. McLachlan JC, Bligh J, Bradley P, Searle J. Teaching anatomy without cadavers. Medical education. 2004;38(4):418-24.
205. Stojanovska M, Tingle G, Tan L, Ulrey L, Simonson-Shick S, Mlakar J, et al. Mixed reality anatomy using Microsoft HoloLens and cadaveric dissection: a comparative effectiveness study. Medical science educator. 2020;30:173-8.
206. Waldby C. The visible human project: Informatic bodies and posthuman medicine: Routledge; 2003.
207. Park JS, Chung MS, Hwang SB, Lee YS, Har D-H, Park HS. Visible Korean human: improved serially sectioned images of the entire body. IEEE transactions on medical imaging. 2005;24(3):352-60.
208. Zhang SX, Heng PA, Liu ZJ. Chinese visible human project. Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists. 2006;19(3):204-15.
209. Johnson EO, Charchanti AV, Troupis TG. Modernization of an anatomy class: From conceptualization to implementation. A case for integrated multimodal–multidisciplinary teaching. Anatomical sciences education. 2012;5(6):354-66.
210. Smith CF, Tollemache N, Covill D, Johnston M. Take away body parts! An investigation into the use of 3D-printed anatomical models in undergraduate anatomy education. Anatomical sciences education. 2018;11(1):44-53.
211. Norcini J, Anderson B, Bollela V, Burch V, Costa MJ, Duvivier R, et al. Criteria for good assessment: consensus statement and recommendations from the Ottawa 2010 Conference. Medical teacher. 2011;33(3):206-14.
212. Jack A, Burbridge B. The utilisation of radiology for the teaching of anatomy in Canadian

medical schools. Canadian Association of Radiologists Journal. 2012;63(3):160-4.
213. Ganske I, Su T, Loukas M, Shaffer K. Teaching methods in anatomy courses in North American medical schools: the role of radiology. Academic radiology. 2006;13(8):1038-46.
214. Craig S, Tait N, Boers D, McAndrew D. Review of anatomy education in Australian and New Zealand medical schools. ANZ journal of surgery. 2010;80(4):212-6.
215. O'Reilly MK, Reese S, Herlihy T, Geoghegan T, Cantwell CP, Feeney RN, et al. Fabrication and assessment of 3 D printed anatomical models of the lower limb for anatomical teaching and femoral vessel access training in medicine. Anatomical sciences education. 2016;9(1):71-9.
216. Langlois J, Wells GA, Lecourtois M, Bergeron G, Yetisir E, Martin M. Spatial abilities of medical graduates and choice of residency programs. Anatomical Sciences Education. 2015;8(2):111-9.
217. Smith ML, Jones JF. Dual-extrusion 3D printing of anatomical models for education. Anatomical sciences education. 2018;11(1):65-72.
218. Bartikian M, Ferreira A, Gonçalves-Ferreira A, Neto L. 3D printing anatomical models of head bones. Surgical and Radiologic Anatomy. 2019;41:1205-9.
219. McMenamin PG, Quayle MR, McHenry CR, Adams JW. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. Anatomical sciences education. 2014;7(6):479-86.
220. Chytas D, Salmas M, Demesticha T, Troupis T. Three-dimensional printing in anatomy education: Is it similarly useful for teaching of all anatomical regions and structures? Anatomical Sciences Education. 2023;16(1):5-6.
221. Fasel JH, Aguiar D, Kiss-Bodolay D, Montet X, Kalangos A, Stimec BV, et al. Adapting anatomy teaching to surgical trends: a combination of classical dissection, medical imaging, and 3D-printing technologies. Surgical and radiologic anatomy. 2016;38:361-7.
222. Garas M, Vaccarezza M, Newland G, McVay-Doornbusch K, Hasani J. 3D-Printed specimens as a valuable tool in anatomy education: A pilot study. Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger. 2018;219:57-64.
223. Kong X, Nie L, Zhang H, Wang Z, Ye Q, Tang L, et al. Do 3D Printing Models Improve Anatomical Teaching About Hepatic Segments to Medical Students? A Randomized Controlled Study. World journal of surgery. 2016;40(8):1969-76.
224. Hammerton C, Yip SWL, Manobharath N, Myers G, Sturrock A. Are 3D printed models acceptable in assessment? The Clinical Teacher. 2022;19(3):221-8.
225. Ben Awadh A, Clark J, Clowry G, Keenan ID. Multimodal three-dimensional visualization enhances novice learner interpretation of basic cross-sectional anatomy. Anatomical sciences education. 2022;15(1):127-42.
226. Mogali SR, Chandrasekaran R, Radzi S, Peh ZK, Tan GJS, Rajalingam P, et al. Investigating the effectiveness of three-dimensionally printed anatomical models compared with plastinated human specimens in learning cardiac and neck anatomy: A randomized crossover study. Anatomical sciences education. 2022;15(6):1007-17.
227. Lim KHA, Loo ZY, Goldie SJ, Adams JW, McMenamin PG. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. Anatomical sciences education. 2016;9(3):213-21.

228. Backhouse S, Taylor D, Armitage JA. Is this mine to keep? Three-dimensional printing enables active, personalized learning in anatomy. Anatomical Sciences Education. 2019;12(5):518-28.
229. Evans DJ. Using embryology screencasts: a useful addition to the student learning experience? Anatomical Sciences Education. 2011;4(2):57-63.
230. Trelease RB. From chalkboard, slides, and paper to e-learning: How computing technologies have transformed anatomical sciences education. Anatomical sciences education. 2016;9(6):583-602.
231. Moro C, Štromberga Z, Raikos A, Stirling A. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. Anatomical sciences education. 2017;10(6):549-59.
232. Moxham B, Plaisant O. Perception of medical students towards the clinical relevance of anatomy. Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists. 2007;20(5):560-4.
233. Collins JP. Modern approaches to teaching and learning anatomy. Bmj. 2008;337.
234. Peterson DC, Mlynarczyk GS. Analysis of traditional versus three-dimensional augmented curriculum on anatomical learning outcome measures. Anatomical sciences education. 2016;9(6):529-36.
235. Leppink J. Cognitive load theory: Practical implications and an important challenge. Journal of Taibah University Medical Sciences. 2017;12(5):385-91.
236. Moro C, Štromberga Z, Stirling A. Virtualisation devices for student learning: Comparison between desktop-based (Oculus Rift) and mobile-based (Gear VR) virtual reality in medical and health science education. Australasian Journal of Educational Technology. 2017;33(6).
237. Kuehn BM. Virtual and augmented reality put a twist on medical education. Jama. 2018;319(8):756-8.
238. Martín-Gutiérrez J, Mora CE, Añorbe-Díaz B, González-Marrero A. Virtual technologies trends in education. Eurasia journal of mathematics, science and technology education. 2017;13(2):469-86.
239. Serrano-Vergel R, Morillo P, Casas-Yrurzum S, Cruz-Neira C. Exploring the Suitability of Using Virtual Reality and Augmented Reality for Anatomy Training. IEEE Transactions on Human-Machine Systems. 2023;53(2):378-89.
240. Henssen DJ, van den Heuvel L, De Jong G, Vorstenbosch MA, van Cappellen van Walsum AM, Van den Hurk MM, et al. Neuroanatomy learning: Augmented reality vs. cross-sections. Anatomical sciences education. 2020;13(3):353-65.
241. Hasan FZ, McBride J, Mitchell JP, Anwarzi D, Sonnadara RR, Wainman BC. Enriching Anatomy Learning with Virtual Reality Clinical Scenarios. The FASEB Journal. 2022;36.
242. Bölek KA, De Jong G, Henssen D. The effectiveness of the use of augmented reality in anatomy education: a systematic review and meta-analysis. Scientific Reports. 2021;11(1):15292.
243. Fredieu JR, Kerbo J, Herron M, Klatte R, Cooke M. Anatomical models: a digital revolution. Medical science educator. 2015;25:183-94.
244. Bork F, Stratmann L, Enssle S, Eck U, Navab N, Waschke J, et al. The Benefits of an Augmented Reality Magic Mirror System for Integrated Radiology Teaching in Gross Anatomy. Anat Sci Educ. 2019;12(6):585-98.

245. Shotton J, Fitzgibbon A, Cook M, Sharp T, Finocchio M, Moore R, et al., editors. Real-time human pose recognition in parts from single depth images. CVPR 2011; 2011: Ieee.
246. Cercenelli L, De Stefano A, Billi AM, Ruggeri A, Marcelli E, Marchetti C, et al. AEducaAR, anatomical education in augmented reality: A pilot experience of an innovative educational tool combining AR technology and 3D printing. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(3):1024.
247. Mahrous A, Elgreatly A, Qian F, Schneider GB. A comparison of pre-clinical instructional technologies: natural teeth, 3D models, 3D printing, and augmented reality. Journal of dental education. 2021;85(11):1795-801.
248. Tworek JK, Jamniczky HA, Jacob C, Hallgrímsson B, Wright B. The LINDSAY Virtual Human Project: An immersive approach to anatomy and physiology. Anatomical sciences education. 2013;6(1):19-28.
249. Chen S, Zhu J, Cheng C, Pan Z, Liu L, Du J, et al. Can virtual reality improve traditional anatomy education programmes? A mixed-methods study on the use of a 3D skull model. BMC Medical Education. 2020;20(1):395.
250. Bogomolova K, van der Ham IJ, Dankbaar ME, van den Broek WW, Hovius SE, van der Hage JA, et al. The effect of stereoscopic augmented reality visualization on learning anatomy and the modifying effect of visual-spatial abilities: A double-center randomized controlled trial. Anatomical sciences education. 2020;13(5):558-67.
251. Wang C-Y, Yin T, Ma K-H, Shyu J-F, Cheng C-P, Wang Y-C, et al. Enhancing anatomy education through cooperative learning: harnessing virtual reality for effective gross anatomy learning. Journal of Microbiology & Biology Education. 2023;24(3):e00100-23.
252. Hu K-C, Salcedo D, Kang Y-N, Lin C-W, Hsu C-W, Cheng C-Y, et al. Impact of virtual reality anatomy training on ultrasound competency development: A randomized controlled trial. 2020.
253. Ryan G, Rafferty A, Murphy J, Higgins MF, Mangina E, McAuliffe FM. Virtual reality learning: A randomized controlled trial assessing medical student knowledge of fetal development. International Journal of Gynecology & Obstetrics. 2023.
254. Pilot A. Virtual Reality and Cardiac Anatomy: Exploring. 2018.
255. Liimatainen K, Latonen L, Valkonen M, Kartasalo K, Ruusuvuori P. Virtual reality for 3D histology: multi-scale visualization of organs with interactive feature exploration. BMC Cancer. 2021;21(1):1133.
256. Franchi T. The Impact of the Covid-19 Pandemic on Current Anatomy Education and Future Careers: A Student's Perspective. Anatomical sciences education. 2020;13(3):312-5.
257. Rathnayaka K, Sahama T, Schuetz MA, Schmutz B. Effects of CT image segmentation methods on the accuracy of long bone 3D reconstructions. Medical engineering & physics. 2011;33(2):226-33.
258. Anastasi G, Cutroneo G, Bruschetta D, Trimarchi F, Ielitro G, Cammaroto S, et al. Three-dimensional volume rendering of the ankle based on magnetic resonance images enables the generation of images comparable to real anatomy. Journal of anatomy. 2009;215(5):592-9.
259. Dappa E, Higashigaito K, Fornaro J, Leschka S, Wildermuth S, Alkadhi H. Cinematic rendering–an alternative to volume rendering for 3D computed tomography imaging. Insights into imaging. 2016;7(6):849-56.
260. Binder JS, Scholz M, Ellmann S, Uder M, Grützmann R, Weber GF, et al. Cinematic

rendering in anatomy: a crossover study comparing a novel 3D reconstruction technique to conventional computed tomography. Anatomical sciences education. 2021;14(1):22-31.
261. Familiari G, Relucenti M, Heyn R, Baldini R, D'Andrea G, Familiari P, et al. The value of neurosurgical and intraoperative magnetic resonance imaging and diffusion tensor imaging tractography in clinically integrated neuroanatomy modules: A cross-sectional study. Anatomical Sciences Education. 2013;6(5):294-306.
262. Plantinga BR, Roebroeck A, Kemper VG, Uludağ K, Melse M, Mai J, et al. Ultra-high field MRI post mortem structural connectivity of the human subthalamic nucleus, substantia nigra, and globus pallidus. Frontiers in neuroanatomy. 2016;10:66.
263. Fischl B, Dale AM. Measuring the thickness of the human cerebral cortex from magnetic resonance images. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2000;97(20):11050-5.
264. von Economo CF, Koskinas GN, Triarhou LC. Atlas of cytoarchitectonics of the adult human cerebral cortex: Karger Basel; 2008.
265. Balasubramanian M, Mulkern RV, Neil JJ, Maier SE, Polimeni JR. Probing in vivo cortical myeloarchitecture in humans via line-scan diffusion acquisitions at 7 T with 250-500 micron radial resolution. Magnetic resonance in medicine. 2021;85(1):390-403.
266. Walters NB, Egan GF, Kril JJ, Kean M, Waley P, Jenkinson M, et al. In vivo identification of human cortical areas using high-resolution MRI: an approach to cerebral structure–function correlation. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2003;100(5):2981-6.
267. Barbier EL, Marrett S, Danek A, Vortmeyer A, Van Gelderen P, Duyn J, et al. Imaging cortical anatomy by high-resolution MR at 3.0 T: detection of the stripe of Gennari in visual area 17. Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine. 2002;48(4):735-8.
268. Carmichael DW, Thomas DL, De Vita E, Fernández-Seara MA, Chhina N, Cooper M, et al. Improving whole brain structural MRI at 4.7 Tesla using 4 irregularly shaped receiver coils. Neuroimage. 2006;32(3):1176-84.
269. Sánchez-Panchuelo RM, Francis ST, Schluppeck D, Bowtell RW. Correspondence of human visual areas identified using functional and anatomical MRI in vivo at 7 T. Journal of Magnetic Resonance Imaging. 2012;35(2):287-99.
270. Paech D, Giesel FL, Unterhinninghofen R, Schlemmer H-P, Kuner T, Doll S. Cadaver-specific CT scans visualized at the dissection table combined with virtual dissection tables improve learning performance in general gross anatomy. European radiology. 2017;27:2153-60.
271. Darras KE, Spouge R, Hatala R, Nicolaou S, Hu J, Worthington A, et al. Integrated virtual and cadaveric dissection laboratories enhance first year medical students' anatomy experience: a pilot study. BMC medical education. 2019;19:1-6.
272. So S, Patel RM, Orebaugh SL. Ultrasound imaging in medical student education: Impact on learning anatomy and physical diagnosis. Anatomical sciences education. 2017;10(2):176-89.
273. Waingankar N, Goldenberg E, Gilbert BR. History of ultrasound. Ultrasound of the Male Genitalia. 2015:1-9.
274. Varsou O. The use of ultrasound in educational settings: what should we consider when implementing this technique for visualisation of anatomical structures? Biomedical Visualisation: Volume 3. 2019:1-11.
275. Schellpfeffer MA. Ultrasound imaging in research and clinical medicine. Birth Defects

Research Part C: Embryo Today: Reviews. 2013;99(2):83-92.
276. Mullen A, Kim B, Puglisi J, Mason NL. An economical strategy for early medical education in ultrasound. BMC Medical Education. 2018;18(1):1-8.
277. Özçakar L, Ricci V, Mezian K, Pirri C. A new and dedicated video gallery: EURO-MUSCULUS/USPRM protocols for dynamic ultrasound examination of the joints. LWW; 2022. p. 201-2.
278. Edwards H, Jones H, Garner P, Hardy M, Wilshaw SP, Bielby-Clarke K, et al. Assessing student perception of the integration of portable wireless ultrasound imaging in undergraduate anatomy education. Clinical Anatomy. 2023.
279. Moscova M, Bryce DA, Sindhusake D, Young N. Integration of medical imaging including ultrasound into a new clinical anatomy curriculum. Anatomical Sciences Education. 2015;8(3):205-20.
280. Hoppmann R, Blaivas M, Elbarbary M. Better medical education and health care through point-of-care ultrasound. Academic Medicine. 2012;87(2):134.
281. Tarique U, Tang B, Singh M, Kulasegaram KM, Ailon J. Ultrasound curricula in undergraduate medical education: a scoping review. Journal of Ultrasound in Medicine. 2018;37(1):69-82.
282. Bahner DP, Goldman E, Way D, Royall NA, Liu YT. The state of ultrasound education in US medical schools: results of a national survey. Academic Medicine. 2014;89(12):1681-6.
283. Royer DF. The role of ultrasound in graduate anatomy education: Current state of integration in the United States and faculty perceptions. Anat Sci Educ. 2016;9(5):453-67.
284. Rempell JS, Saldana F, DiSalvo D, Kumar N, Stone MB, Chan W, et al. Pilot point-of-care ultrasound curriculum at Harvard Medical School: early experience. Western Journal of Emergency Medicine. 2016;17(6):734.
285. Prats MI, Royall NA, Panchal AR, Way DP, Bahner DP. Outcomes of an advanced ultrasound elective: preparing medical students for residency and practice. Journal of ultrasound in medicine. 2016;35(5):975-82.
286. Hoppmann RA, Rao VV, Poston MB, Howe DB, Hunt PS, Fowler SD, et al. An integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 4-year experience. Critical Ultrasound Journal. 2011;3(1):1-12.
287. Hoppmann RA, Rao VV, Bell F, Poston MB, Howe DB, Riffle S, et al. The evolution of an integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 9-year experience. Critical ultrasound journal. 2015;7(1):1-15.
288. Bahner DP, Adkins EJ, Hughes D, Barrie M, Boulger CT, Royall NA. Integrated medical school ultrasound: development of an ultrasound vertical curriculum. Critical ultrasound journal. 2013;5(1):1-9.
289. Jurjus RA, Dimorier K, Brown K, Slaby F, Shokoohi H, Boniface K, et al. Can anatomists teach living anatomy using ultrasound as a teaching tool? Anatomical sciences education. 2014;7(5):340-9.
290. Bergman E, Van Der Vleuten CP, Scherpbier AJ. Why don't they know enough about anatomy? A narrative review. Medical Teacher. 2011;33(5):403-9.
291. Tshibwabwa ET, Groves HM. Integration of ultrasound in the education programme in anatomy. Medical education. 2005;39(11):1148-.
292. Carter JL, Hocum G, Pellicer R, Patel A, Benninger B. Integration of 3D/4D Ultrasound in

Teaching Medical Anatomy. Medical Science Educator. 2016;26(3):343-8.
293. Kefala-Karli P, Sassis L, Sassi M, Zervides C. Introduction of ultrasound-based living anatomy into the medical curriculum: a survey on medical students' perceptions. The ultrasound journal. 2021;13(1):47.
294. Stringer MD, Duncan LJ, Samalia L. Using real-time ultrasound to teach living anatomy: an alternative model for large classes. The New Zealand Medical Journal (Online). 2012;125(1361).
295. Paganini M, Rubini A. Chest ultrasound integrated teaching of respiratory system physiology to medical students: a first experience. Advances in Physiology Education. 2015;39(2):129-30.
296. Michael J. Where's the evidence that active learning works? Advances in physiology education. 2006.
297. Jamniczky HA, McLaughlin K, Kaminska ME, Raman M, Somayaji R, Wright B, et al. Cognitive load imposed by knobology may adversely affect learners' perception of utility in using ultrasonography to learn physical examination skills, but not anatomy. Anatomical sciences education. 2015;8(3):197-204.
298. Smith CF, Freeman SK, Heylings D, Finn GM, Davies DC. Anatomy education for medical students in the United Kingdom and Republic of Ireland in 2019: A 20-year follow-up. Anatomical sciences education. 2022;15(6):993-1006.
299. Korf H-W, Wicht H, Snipes RL, Timmermans J-P, Paulsen F, Rune G, et al. The dissection course–necessary and indispensable for teaching anatomy to medical students. Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger. 2008;190(1):16-22.
300. AlGerafi MA, Zhou Y, Oubibi M, Wijaya TT. Unlocking the potential: A comprehensive evaluation of augmented reality and virtual reality in education. Electronics. 2023;12(18):3953.
301. Uhl J-F, Jorge J, Lopes DS, Campos PF. Digital Anatomy. Cham: Springer International Publishing. 2021.
302. Drake RL, McBride JM, Lachman N, Pawlina W. Medical education in the anatomical sciences: The winds of change continue to blow. Anatomical sciences education. 2009;2(6):253-9.
303. Emadzadeh A, EidiBaygi H, Mohammadi S, Etezadpour M, Yavari M, Mastour H. Virtual Dissection: an Educational Technology to Enrich Medical Students' Learning Environment in Gastrointestinal Anatomy Course. Med Sci Educ. 2023;33(5):1175-82.
304. Movassaghi S, Zaferani Arani H, Hosseinpour MJ, Olya M, Kermaniha Z, Nadia Sharifi Z. Evaluation of the effectiveness of anatomy educational film on increasing its learning productivity in medical students of Islamic Azad University-Tehran Medical Sciences Branch during 2020-21. Medical Science Journal of Islamic Azad Univesity-Tehran Medical Branch. 2023;33(3):263-73.
305. Kaviani R, Makinejad S, Cheraghi R, Farajipoor S, Davoodmanesh Z. The evaluation of the effect of educational videos and time of its application on practical learning of dental anatomy and morphology. Journal of Mashhad Dental School. 2014;38(2):149-58.
۳۰۶. محمدی ش. تکنولوژی‌های آموزشی موثر بر یادگیری درس آناتومی از دیـدگاه دانشـجویان پزشـکی. مجلـه مرکـز مطالعات و توسعه آموزش علوم پزشکی یزد. ۱۳۹۷.

۳۰۷. نصیری م. آموزش آناتومی از طریق تلفن همراه در مقایسه باسخنرانی بر میزان یادداری دانشـجویان پزشـکی تـأثیر بیشتری دارد. مجلــه‌ی توســعه‌ی آمــوزش در علـوم پزشــکی ۱۳۹۲.

308. Golshah A, Dehdar F, Imani MM, Nikkerdar N. Efficacy of smartphone-based Mobile learning versus lecture-based learning for instruction of Cephalometric landmark identification. Bmc medical education. 2020;20(1):1-8.
309. Mansouri M, Bigdeli S, Dehnad A, Sohrabi Z, Alizadeh S, Keshavarzi MH. Exploring the features of mobile phone application of anatomy in basic medical sciences: a qualitative study. BMC Med Educ. 2020;20(1):231.
310. Matin BK, Jalilian F, Jalili P, Eftekhary LM, Mirzaei M, Salahshoor MR, et al. Evaluation of Web-Based Teaching of Anatomy Course in Medical Students of Kermanshah University of Medical Sciences.
311. Sadeghinezhad J. Online veterinary anatomy education during Covid-19 pandemic in Iran: Challenges and opportunities. Veterinary Medicine and Science. 2023.
312. Baghaie R, Rasouli D, Rahmani A, Mohammadpour Y, Jafarizade H. Effect of web-based education on cardiac disrhythmia learning in nursing student of Urmia University of Medical Sciences. Iranian Journal of Medical Education. 2012;12(4):240-8.

۳۱۳. ضرابیان ف. تاثیر روش یاددهی- یادگیری ترکیبی بر یادگیری، انگیزش و علاقه بـه درس آنـاتومی در دانشـجویان علوم پزشکی. پژوهش در آموزش علوم پزشکی. ۱۳۹۶.

314. Dargahi H, Mireshghollah M, Zolfaghari M, Azam K. Investigating the Faculty Members Satisfaction from Virtual Education and Electronic Education Systems during the Covid-19 Pandemic in Tehran University of Medical Sciences. Journal of Medical Education and Development. 2023.
315. Hekmat Farajpour BS, M Afrash, M Pourhasan, Gh Hassanzadeh. Virtual Reality as an Interactive Method for Anatomy Education. J Vis Med. 2023.
316. Mansoory MS, Azizi SM, Mirhosseini F, Yousefi D, Moradpoor H. A study to investigate the effectiveness of the application of virtual reality technology in dental education. BMC Med Educ. 2022;22(1):457.
317. Rasouli B, Aliabadi K, Ardakani SP. Effects of Virtual Reality-Based Teaching On Students' Learning Performance In Anatomy. 2021.
318. Bidaki MZ, Mousavi B, Ehteshampour A. A virtual reality based psychosis simulation for education of medical students: An ongoing project. Social Sciences. 2020;7(3):18-22.
319. Dehghani M, Mohammadhasani N, Hoseinzade Ghalevandi M, Azimi E. Applying AR-based infographics to enhance learning of the heart and cardiac cycle in biology class. Interactive Learning Environments. 2023;31(1):185-200.
320. Vatankhah R, Emadzadeh A, Nekooei S, Yousefi BT, Rezaiyan MK, Moonaghi HK, et al. 3D printed models for teaching orbital anatomy, anomalies and fractures. Journal of Ophthalmic & Vision Research. 2021;16(4):611.
321. Vatankhah R, Razavi ME, Nekooei S, Rezaiyan MK, Yousefi BT, Moonaghi HK, et al. Three-dimensional (3D) Visualization Educational Modeling for Ophthalmology Residents' Training: Viewpoints. Medical Journal of the Islamic Republic of Iran. 2022;36.
322. Lotfi P, Paymard M, Mirsafi Niasar MA, Rafiyan M, Azami-Tameh A, Naderian H. 3D printed educational models for anatomy and embryology: Higher quality and lower cost.

KAUMS Journal (FEYZ). 2022;26(5):561-9.
323. Lotfi P, Atouf F, Atlasi MA, Rafiyan M, Tameh AA, Vahidinia Z, et al. Creating three-dimensional anatomy models: effects on different aspects of learning anatomy. 2022.
324. Davis CP, Pinedo T. The challenges of teaching anatomy and physiology laboratory online in the time of COVID-19. Journal of Microbiology & Biology Education. 2021;22(1):10.1128/jmbe. v22i1. 2605.
325. Alfalah SF, Falah JF, Alfalah T, Elfalah M, Muhaidat N, Falah O. A comparative study between a virtual reality heart anatomy system and traditional medical teaching modalities. Virtual Reality. 2019;23:229-34.
326. Alharbi Y, Al-Mansour M, Al-Saffar R, Garman A, Alraddadi A. Three-dimensional virtual reality as an innovative teaching and learning tool for human anatomy courses in medical education: A mixed methods study. Cureus. 2020;12(2).
327. Zargaran A, Turki MA, Bhaskar J, Spiers HVM, Zargaran D. The role of technology in anatomy teaching: striking the right balance. Advances in medical education and practice. 2020:259-66.

دانشگاه علوم پزشکی هوشمند
Smart University of Medical Sciences

انجمن آموزش علوم پزشکی
جمهوری اسلامی ایران

دومین جشنواره آموزش علوم تشریح

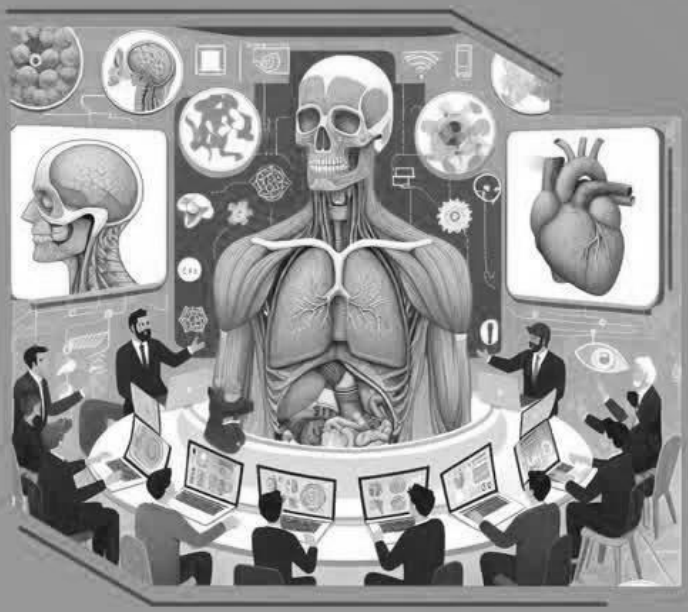
کاربرد فناوری های یادگیری در آموزش علوم تشریح

Application of Learning Technology in Anatomical Sciences Education

۹ اسفند – دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

برنامه جامع عدالت، تعالی و بهره وری در آموزش علوم پزشکی

کارگروه تخصصی کشوری توسعه آموزش و فناوری های نوین ارتقاء یادگیری



برگزارکنندگان :

- دبیرخانه شورای آموزش پزشکی عمومی
- دانشگاه علوم پزشکی هوشمند
- کارگروه تخصصی TEL

دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی:

- دانشکده پزشکی
- دانشکده آموزش پزشکی و فناوری های یادگیری

لینک ثبت نام

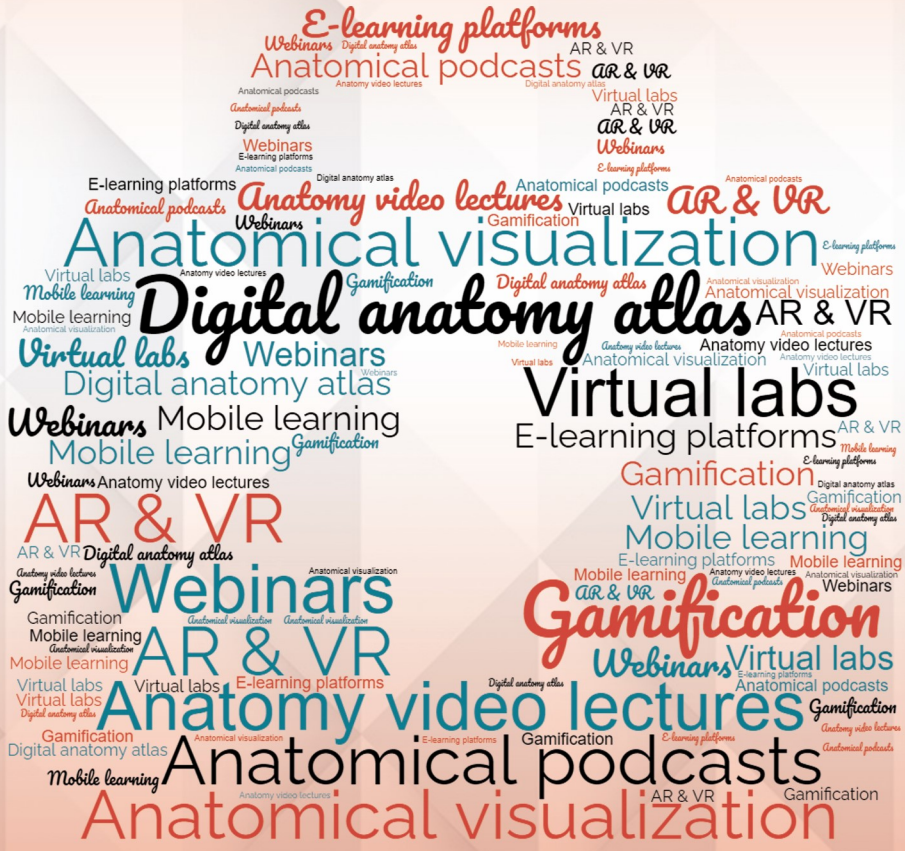
محل برگزاری :

تهران، ولنجک، بلوار دانشجو، خیابان کودکیار، دانشکده پزشکی
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تالار امام خمینی

Application

of Learning Technologies

in Anatomical Sciences Education



ISBN:978-600-8254-09-8