

سیستم‌های شبیه ساز آموزش مراقبت های بهداشتی مبتنی بر هاپتیک

لی‌وی، هیلینگ ژو، متیو واتسون، زوران ناجدوفسکی، میک فیلدینگ، ریچارد پیچ و سعید نهاوندی

پیامهای کلیدی

- بیشتر شبیه سازی های آموزشی فقط مبتنی بر دید هستند.
- شبیه سازی های آموزشی چند بعدی موثرتر و مطلوب تر هستند.
- لامسه دومین احساس مهم برای انسان است و تنها احساس دو جهته ای است که انسان از آن برخوردار است.
- هاپتیک که به حس لامسه اشاره دارد، می تواند به طور قابل توجهی به شبیه سازی های آموزشی مراقبت های بهداشتی بیافزاید.

در این فصل، دلایل و مزایای ترکیب تعاملات بصری-هپتیک برای شبیه سازی های آموزشی مراقبت های بهداشتی را مورد بحث قرار می دهیم و محدودیت های سیستم های لمسی مختلف موجود را تحلیل می کنیم. سپس وضعیت فعلی هنر سیستم های شبیه سازی آموزش مراقبت های بهداشتی مبتنی بر لمس را از طریق توضیح چندبرنامه کاربردی نشان می دهیم. با رونق تحقیقات و کاربردهای لمسی، می توان پیش بینی کرد که سیستم های شبیه سازی آموزش لمسی پیشرفته تر در دسترس خواهند بود و متخصصان مراقبت های بهداشتی بیشتری از چنین پیشرفت هایی بهره مند خواهند شد و در نتیجه سطح بالاتری از مراقبت های بهداشتی را برای جامعه فراهم می کنند.

بررسی اجمالی

مواد بالینی در زمان واقعی و بیماران برای آموزش محدودی برای دانشجویان مراقبت های بهداشتی هستند و آموزش موثر به طور فزاینده ای نیاز به دسترسی به تجربیات لمسی واقعی دارد. یکی از عوامل کلیدی در آموزش مؤثر و کافی برای متخصصان مراقبت های بهداشتی، ترویج شبیه سازی های آموزشی مجازی به کمک رایانه است. این شبیه سازی ها تجربیات آموزشی تکراری و ثابتی را ارائه می کنند و بینایی و شنوایی را برای تعامل با کارآموزان اتخاذ می کنند. در بسیاری از موارد، این تنظیم برای طیف وسیعی از سناریوهای آموزشی کافی است. با این وجود، بسیاری از اشکال پیچیده تر دیگر از آموزش مراقبت های بهداشتی وجود دارد که نه تنها به بینایی و شنوایی نیاز دارد، بلکه به بازخورد لمسی دقیق نیز نیاز دارد تا به حرکات حرکتی پیچیده و ظریف و حافظه ماهیچه ای کمک کند. به هر حال، لامسه دومین احساس مهم برای انسان است و تنها احساس دو جهته ای است که انسان دارد.

معرفی

نیاز به درگیر کردن چندین احساس انسانی، از جمله بینایی و لمس، در شبیه سازی آموزش مراقبت های بهداشتی، رمز کار تحقیق و توسعه روی لمس کننده ها را پیش می برد. هپتیک ها به حس لامسه اشاره دارد، بازخوردی که از آن می توان به صورت تعاملی از طریق دستگاه های لمسی مختلف، سخت افزار الکترومکانیکی که می تواند نیروی بازخورد لمسی را برای کاربران ایجاد کند، حس کرد. همراه با پیشرفت در رندر بصری تعاملی، واقعیت مجازی فراگیر و واقعیت افزوده، سیستم های آموزشی لمسی می توانند تجربه آموزش مراقبت های بهداشتی را افزایش داده و راه حل های آموزشی جامعی را برای جامعه مراقبت های بهداشتی، به ویژه در محیط های تهاجمی و مداخله ای ارائه کنند.

تعدادی از عوامل کلیدی اثربخشی و عملی بودن یک شبیه ساز آموزش مراقبت های بهداشتی را تعیین می کند

مسائل مربوط به سیستم های شبیه ساز مبتنی بر لمس و راه حل های آنها

اگرچه شبیه سازی آموزش مراقبت های بهداشتی می تواند از هاپتیک و تکنیک های مرتبط با آن بهره مند شود، اما هنوز چند موضوع وجود دارد که برای ارزیابی محدودیت های احتمالی آنها باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرند. در این بخش به بررسی این موضوعات می پردازیم.

طبقه بندی دستگاه

هپتیک ها که به حس لامسه اشاره می کنند را می توان بیشتر به دو دسته حرکتی و لمسی طبقه بندی کرد. در بسیاری از موقعیت ها به هریک از این اصطلاحات به عنوان لمسی گفته می شود که باعث سردرگمی و ابهام می شود. حرکتی دستگاه ها بیشتر برای کارهای تمرینی که نیاز به حرکت عضلات دارند، مانند شبیه سازی جراحی استفاده می شود. لمسی دستگاه ها بیشتر برای کارهای آموزشی که نیاز به حرکت نسبی پوست دارند، مانند شبیه سازی لمس استفاده می شود. علاوه بر این، تعدادی از مطالعات [1-3] در تلاش برای ترکیب بازخورد و ارائه بعد بالاتر وفاداری برای آموزش مراقبت های بهداشتی وجود دارد. اکثر دستگاه های لمسی موجود یا حرکتی یا لمسی هستند و تعداد نقاط تعامل لمسی آنها (HIPS) که معادل تعداد انگشتان دست است، معمولاً بسیار کمتر از دست انسان است. این کاهش در عملکرد، دامنه های قابل اجرا برای لمسی را محدود کرده است.

مشخصات دستگاه

دستگاه های هپتیک با توجه به کاربردهای هدفمند و هزینه آنها به طور قابل توجهی متفاوت است. متداول ترین دستگاه های لمسی مورد استفاده در پروژه های تحقیقاتی و صنعتی فعلی آن دسته از دستگاه های لمسی حرکتی رومیزی با یک قلم و یک HIP منفرد متصل هستند، همانطور که در شکل 9.1 نشان داده شده است. آنها باموفقیت در تعدادی از سیستم های آموزشی مراقبت های بهداشتی پذیرفته شده اند، اما قابلیت های آنها به دلیل تعامل ساده مدل های آنها در مقایسه با دست انسان محدود است. بر این اساس، اخیراً تحقیقاتی در مورد تقویت دستگاه های لمسی با هدف تعامل بصری تر و نتایج آموزشی بهتر انجام شده است.

• دستگاه های لمسی چند دستی (معمولاً دستگاه های دو دستی) برای شبیه سازی های آموزشی مراقبت های بهداشتی در جایی که هردو دست مورد نیاز است در نظر گرفته شده اند [4-6]. این دستگاه ها معمولاً از چندین دستگاه لمسی تک نقطه ای تشکیل شده اند که هر دست به عنوان یک نقطه تعامل واحد در نظر گرفته می شود. در این دستگاه ها معمولاً عملیات در سطح انگشت حذف می شود. شبیه سازی های آموزشی

سیستم ما در اینجا این عوامل را مورد بحث قرار می دهیم تا ضرورت و مزایای استفاده از هاپتیک در آموزش مراقبت های بهداشتی را برجسته کنیم:

- **غوطه وری و واقع گرایی** (به فصل 10 مراجعه کنید): این یک نیاز ضروری برای هر سیستم شبیه ساز آموزشی است. کارآموزان باید به راحتی بتوانند تنظیمات شبیه سازی آموزشی را شناسایی کنند و روش های آموزشی را به روشی مشابه یا بسیار مشابه با نحوه عملکردشان در موقعیت های واقعی انجام دهند. احساسات انسانی درگیر در طول آموزش واقعی باید در شبیه سازی منعکس شود تا کارآموزان به طور کامل غوطه ور شوند. عدم غوطه ور بودن و واقع گرایی ممکن است نه تنها اثربخشی آموزش را کاهش دهد، بلکه تأثیرات منفی را بر کارآموزان تحمیل کرده و مشارکت آنها را کاهش دهد.
- **تعامل**: این بخش اصلی سیستم های شبیه ساز آموزشی است، زیرا کارآموزان از طریق تعامل با سناریوها، تجربه مستقیم و بهبودی کسب می کنند. با این وجود، استفاده از ماوس و صفحه کلید برای آموزش، تعامل کمتری نسبت به استفاده از حس واقعی لمس در تزییق، برش، گرفتن و مالیدن اشیاء سناریوی مجازی ایجاد می کند. تعامل بلادرنگ با سیستم آموزشی هم جذاب و هم برای بهبود نتایج تمرین مفید است. در حالت ایده آل، رابط و حس لمسی باید ابزارهای بالینی را تا حد امکان شبیه سازی کنند.
- **تکرارپذیری**: تعدادی از موقعیت ها و شرایط مراقبت های بهداشتی نادر هستند، که تکرار درمان مربوطه و انتقال آن به دیگران را دشوار می کند. هر دو سیستم شبیه ساز آموزشی سنتی و هاپتیک محور می توانند این مشکل را برطرف کنند.
- **رویه ها و نتایج قابل اندازه گیری**: همانطور که در محیط بالینی، سیستم شبیه ساز آموزشی باید بتواند آنچه را که در طول آموزش اتفاق افتاده و نتیجه آموزش را ثبت کند. علاوه بر این، هر تعامل و حرکت جزئی در طول تمرین نیز باید برای تجزیه و تحلیل آسانتر ثبت شود. سیستم های شبیه ساز آموزشی سنتی قادر به ثبت حرکت هستند، در حالی که سیستم های مبتنی بر لمس قادر به نمایش و ثبت بزرگی و جهت نیروهای اعمال شده با سرعت بسیار بالا، معمولاً 1 کیلوهرتز هستند. از تجزیه و تحلیل این عوامل کلیدی واضح است که سیستم های شبیه ساز آموزشی مبتنی بر لمس، مزایای قابل توجهی نسبت به بسیاری از سیستم های آموزشی سنتی، به ویژه در تنظیمات تهاجمی و مداخله ای مانند جراحی دارند.



(ب)



(ا)

شکل 9.1 نمونه هایی از دستگاه های لمسی حرکتی رومیزی تک نقطه ای موجود: (الف) Phantom Omni از Geomagic (قیلاً Sensable)، (ب) امگا 6 از ابعادنیرو.

دستگاه های لمسی، انتظار می رود کیفیت سیستم های شبیه سازی آموزش مراقبت های بهداشتی بیشتر بهبود یابد.

نمونه های کاربردی

از همان روزهای اولیه تحقیقات لمسی، شبیه سازی آموزش مراقبت های بهداشتی یکی از حوزه های کاربردی کلیدی بوده است. در طول سال ها، تعدادی از سیستم های آموزشی مراقبت های بهداشتی مبتنی بر لمس از هر دو تأسیسات صنعتی و تحقیقاتی پیشنهاد، اجرا و تأیید شده اند.

حوزه های کلیدی شبیه سازی آموزش مراقبت های بهداشتی مبتنی بر هاپتیک موجود به شرح زیر است:

- سیستم های شبیه ساز جراحی حداقل تهاجمی، مانند بینش [10] ARTHRO VR از GMV. سیستم نمونه اولیه که در [11] al. Nudeti et؛ سیستم IV مجازی [12] Laerdal، یک سیستم یادگیری و آموزش کاتتریزاسیون داخل وریدی در قرار دادن IV و فلبوتومی، و [13] ImmersiveTouch، شبیه ساز آموزشی برای جراحی های باز و از راه پوست. علاوه بر این، تعدادی سیستم شبیه ساز جراحی لاپاراسکوپی نیز موجود است [14-16].

- سیستم های شبیه ساز آموزش آندوسکوپی، مانند سیستم [17] EndoscopyVR برای جراحی دستگاه گوارش و برونکوسکوپی، و سیستم [18] MicroVisTouch برای روش های جراحی میکروسکوپی مانند جراحی مغز و اعصاب آندوسکوپی.

- سیستم های شبیه ساز تزریق اپیدورال، مانند سیستم [19] EpiSim Yantric. مدیس اپیدورال

قابل استفاده برای این دستگاه ها شامل جراحی حداقل تهاجمی، آندوسکوپی و جراحی ارتوپدی (آرتروسکوپی و جراحی تروما) می باشد.

- دستگاه های لمسی چند انگشتی (معمولاً بین 2 تا 5 انگشت) برای شبیه سازی های آموزشی مراقبت های بهداشتی در نظر گرفته شده اند که در آن عملیات های بین انگشتی مانند نیشگون گرفتن، گرفتن و تزریق بسیار مورد توجه قرار می گیرند [7-9]. این دستگاه ها معمولاً عمل های دو دستی را حذف می کنند و برای روش های مراقبت های بهداشتی با تمرکز بر روی عمل های تک دستی، مانند برداشتن جسم خارجی، تزریق اپیدورال و پونکسیون کمتری مناسب تر هستند. اگرچه برخی از این سناریوهای آموزشی در واقع به هر دو دست نیاز دارند تا به پایان برسند، بسیاری از تنظیمات دستگاه موجود تنها بر روی بخشی تمرکز می کنند که بازخورد نیروی اصلی در آن ارائه می شود.

- دستگاه های لمسی کل نگر پیکربندی های پیچیده تری هستند که قادر به ارائه بازخورد حرکتی و لمسی به طور همزمان هستند. آنها می توانند به طور قابل توجهی در روش هایی که نیاز به بازخورد حرکتی و لمسی دارند، مانند شبیه سازی آموزش یک روش پیچیده مراقبت های بهداشتی شامل لمس، تزریق، برش و بخیه مفیدتر باشند. یکی از چالش های اصلی برای دستگاه های لمسی کل نگر، شناسایی رویکرد مناسب برای ادغام هر دو نوع بازخورد در HIP و مرتبط کردن دستگاه های بازخورد لمسی (معمولاً مجموعه ای از ویراتورهایا پین ها) با تغییر شکل HIP های مربوطه است.

اگرچه تحقیقات روی این دستگاه های لمسی پیشرفته در حال پیشرفت است، بسیاری از پروژه ها هنوز در مرحله نمونه اولیه هستند. با رشد دقیق تر و توانمندتر

جدا سازی برای دید استریو و غیره. دو سناریو آموزشی معمولی شناسایی و اجرا شده است، از جمله روش تزریق سوزن و روش خارج کردن جسم خارجی. الگوریتم های مختلف رندر نیرو نیز برای پشتیبانی از تغییرات نیروی متمایز در طول فرآیندها به دلیل انتخاب های ابزار مختلف، پیاده سازی شده اند. یک مطالعه کاربر در مقیاس کوچک انجام شد و اکثر شرکت کنندگان در مورد دقت و غوطه وری این پیکربندی مثبت هستند [27].

پیکربندی دوم برای اپتومتریست ها و چشم پزشکان مستقر برای حفظ و بهبود مهارت های رویه ای آنها هدف قرار گرفته است. این پیکربندی به شدت با سنسورهای مختلف اندازه گیری مطلق درگیر است که به صورت الکترونیکی در لامپ شکاف ادغام می شوند و جایگزین بسیاری از اجزای اصلی مسیر نوری آن می شوند. سنسورهای یکپارچه به قسمت های کنترل اصلی روی لامپ شکاف متصل می شوند و ورودی کاربر را به سیگنال های دیجیتالی تبدیل می کنند که از طریق دستگاه های لمسی چند نقطه ای و نتایج رندر بصری منعکس می شوند. طرح دقیق کنترل در شکل 9.2 نشان داده شده است. دو الگوریتم رندر مبتنی بر ترکیب بافت و پوشش و همچنین زبان سایه زنی [28] پیاده سازی شد و نتایج رندر آنها برای توجیه غوطه وری های بصری مقایسه شد.

بر اساس این پیکربندی، مطالعه کاربری دیگری برای اعتبارسنجی قابلیت عملی بودن آن و همچنین برداشت های مقایسه ای آن با پیکربندی اول انجام شده است. نتایج نشان داد که یک رابط تعامل کاربر طبیعی تر، که در این مورد طرح استاندارد اجزای کنترل بر روی یک لامپ شکاف است، می تواند نرخ موفقیت و غوطه ور شدن شبیه سازی آموزشی را بیشتر بهبود بخشد [29].

سیمنت

یک سیستم شبیه ساز آموزش توراوستومی سوزنی مبتنی بر هاپتیک برای پنوموتوراکس تنشی است، که یک وضعیت اضطراری است که در آن هوای بیش از حد در حفره پلور به دنبال آسیب ریه یا راه هوایی جمع می شود و به ریه فشار وارد می کند و آن را مجبور به فروپاشی و همچنین محدود می کند. برون ده قلبی، توراوستومی سوزنی به خروج هوا از حفره پلور کمک می کند و از نارسایی قلبی و تنفسی جلوگیری می کند. روش های کلیدی توراوستومی سوزنی عبارتند از SimNeT

- از طریق لمس فضاهای بین دنده ای صحیح را شناسایی کنید.
- قبل از تزریق سوزن، اجزای مختلف بدن را با خواص فیزیکی مشخص شناسایی کنید. یعنی دنده ها سفت هستند در حالی که پوست و ریه ها تغییر شکل می دهند.

سیستم [20] از Medic Vision; و کار شرح داده شده در [21] al. Dang et

- سیستم های شبیه ساز آموزش ارتوپدی، مانند سیستم [22] TraumaVision از Melerit Medical AB. سیستم [23] MAKO RIO از Immersion. و سیستم شبیه ساز سوراخ کمربنی شرح داده شده در گورمن و همکاران. [24].

- شبیه سازهای آموزش دندانپزشکی، مانند دستیار آموزش دندانپزشکی فردی [25] از IDEA International. و سیستم مربی دندان [26] Simodont از Moog.

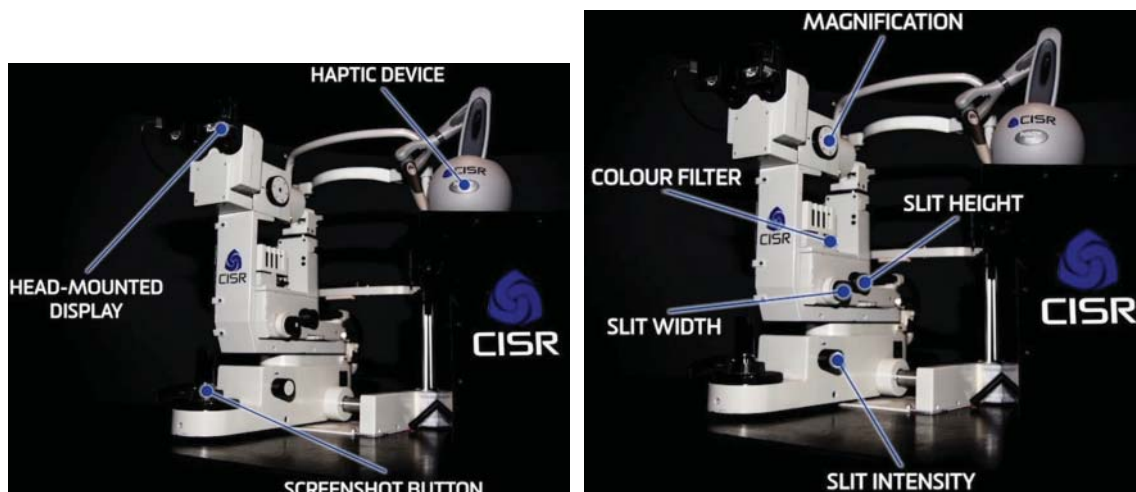
در سال های اخیر تلاش های تحقیقاتی جدیدی در ارتقای سیستم های شبیه ساز آموزش مراقبت های بهداشتی صورت گرفته است. برخی از کارها بر روی الگوریتم های رندر و تعامل برای مدل های سه بعدی سفت و سخت (مانند استخوان) و تغییر شکل پذیر (مانند بافت نرم) تمرکز می کنند، در حالی که کارهای دیگر بیشتر بر روی برنامه های آموزشی خاص پزشکی است. در بخش های بعدی به بررسی این تحقیق می پردازیم.

SimOptiX

تلاش اخیر برای بالا بردن محدودیت سیستم های شبیه ساز آموزشی مراقبت های بهداشتی مبتنی بر لمس، پروژه SimOptiX است، یک شبیه ساز آموزش اپتومتری با قابلیت لمسی که نه تنها شبیه سازی آموزش تعاملی با استفاده از لمسی است، بلکه یکپارچه سازی یکپارچه با یک لامپ شکاف واقعی که بینایی سنج ها و چشم پزشکان از آن استفاده می کنند، دارد. به صورت روزانه.

شبیه ساز دو مرحله اصلی را پشت سر گذاشته است، با دو پیکربندی سخت افزاری متمایز که کارآموزانی را با نیازهای آموزشی متفاوت هدف قرار می دهد.

اولین پیکربندی مبتنی بر لمسی با نمایشگر نصب سر (HMD) و واقعیت افزوده (AR) است. هدف آن دانشجویان بینایی سنجی است که بیشتر بر جلسات شبیه سازی تمرینی مجزا و تکراری تمرکز می کنند. این سیستم از دو خط لوله بصری و لمسی تشکیل شده است که به صورت موازی اجرا می شوند. در خط لوله رندر لمسی، یک دستگاه فانتوم Omni استاندارد در کنار لامپ شکاف نصب شده است، با کالیبراسیون سخت افزاری دقیق در محل و چرخش آن. در خط لوله رندر بصری، یک وب کم موقعیت و چرخش نشانگرهای AR واقع در چشم های یک سر ساختگی را ثبت می کند و آناتومی یک چشم مجازی را از طریق HMD به تصویر می کشد. تمام عملیات مربوط به لمسی نیز در طول جلسه آموزشی به تصویر کشیده خواهد شد. تعدادی از پارامترهای کلیدی برای شبیه سازی غوطه ور و دقیق روش های مختلف بینایی سنجی نیز در پیکربندی پیاده سازی شده است، مانند زاویه، فاصله و روشنایی نور سر، وضوح سوزن، چشم



شکل 9.2 تصویر با الکترونیکی جایگزین شده است

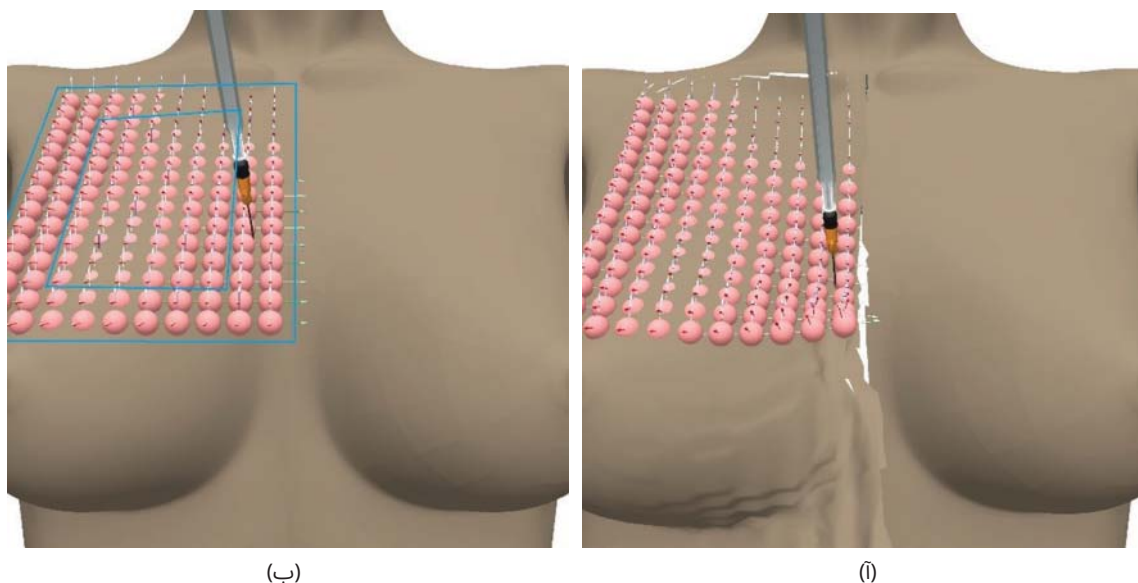


شکل 9.3 سیستم SimOptIX در حال عمل است. دوربین های متعددی برای عکسبرداری از نمای کلی سیستم و عملیات دقیق استفاده شده است.

یکی از چالش های اصلی در این سناریو، نمایش همزمان اجسام با جزئیات بالا در صحنه است، که در آن اشیاء مخلوطی از اجسام صلب (نمایند دنده ها) و تغییر شکل پذیر (نمایند پوست و ریه ها) هستند و اشیاء همدیگر را شامل می شوند. یعنی ریه ها در داخل دنده ها و دنده ها در داخل هستند

• سوزن را بین فضاهای بین دنده ای وارد کنید، بدون اینکه به دنده های عروق و اعصاب متصل به دنده ها آسیبی وارد شود.

• سوزن را در عمق معینی داخل حفره پلور قرار دهید، جایی که هوای بیش از حد می تواند تنفس شود در حالی که به ریه از بین رفته آسیبی نمی رساند.



شکل 9.4. یک نمایش مقایسه ای برای رویکرد اجتناب از اعوجاج تغییر شکل در بافت های نرم در طول شبیه سازی تمرین لمسی: (الف) تغییر شکل بدون تکنیک محافظت از لبه های تغییر شکل چگونه به نظر می رسد. (ب) با تکنیک.

وبازخورد را مجبور کنید. از آنجایی که توراکوستومی سوزنی معمولاً از طریق هر دو روش میانی ترقوه و میانی زیر بغل انجام می شود، دو سناریو آموزشی با اعتبارسنجی و سیستم امتیازدهی متناظر برای کمک به کارآموزان برای بهبود مهارت های خود در طول آزمایش ایجاد شده است.

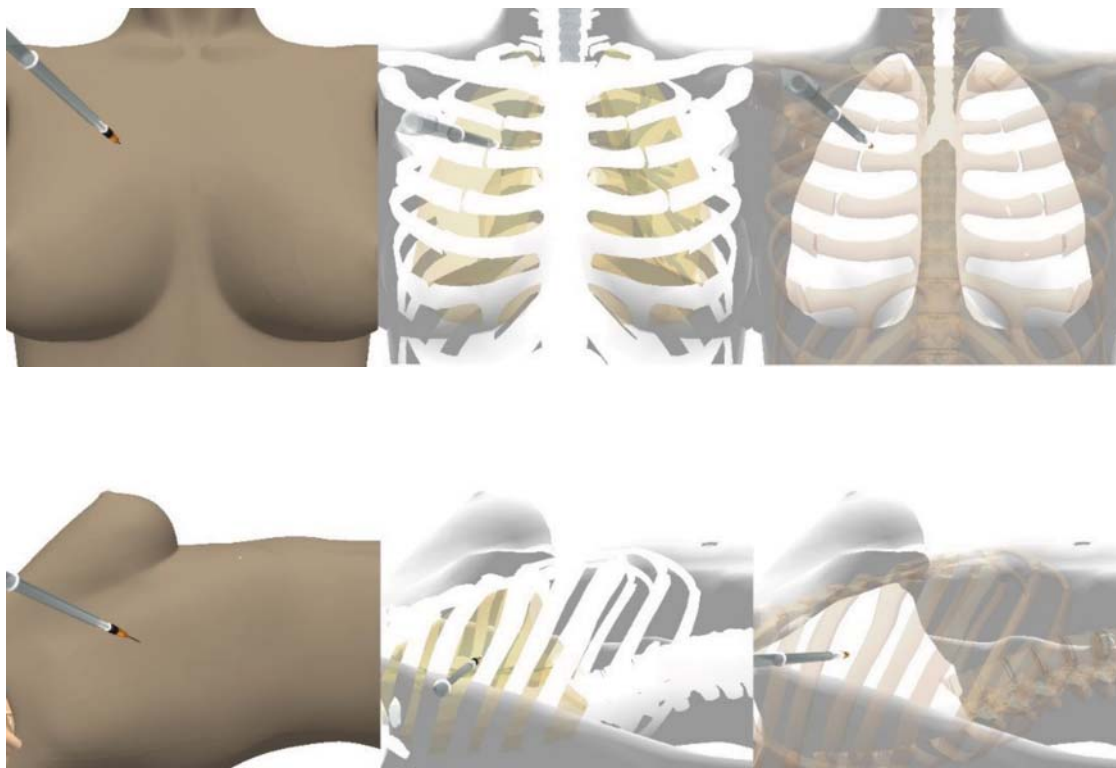
SimInc

یک پروژه در حال انجام است که به طور خاص برای شبیه سازی آموزش برش های جراحی طراحی شده است. اگرچه برش یکی از اساسی ترین مهارت ها برای کارهای مختلف جراحی است، اما هر برش جراحی می تواند متفاوت باشد. این به این دلیل است که نه تنها بیمار منحصر به فرد است، بلکه بافت قسمت های مختلف بیمار نیز متفاوت است. موقعیت ها را می توان با بسیاری از عوامل دیگر پیچیده تر کرد، مانند شکل و تیزی چاقوی جراحی مورد استفاده، زاویه بین اسکالپل و بافت، سرعت برش و غیره. یک جراح خوب آموزش دیده می تواند تأثیر برش را به طور قابل توجهی به بیمار کاهش دهد، درد را کاهش دهد و امکان بهبودی سریع تر و اسکار زیبایی را فراهم کند (شبیه ساز برش جراحی تعاملی SimInc).

استفاده می کند و کارآموزان را قادر می سازد تا وظایف برش جراحی را بر روی بافت های مختلف با استفاده از ابزارهای مختلف انجام دهند و به طور همزمان تغییر شکل بینایی و لمسی را درک کنند [30] GEL از موتور دینامیک SimInc

قفسه سینه. از طریق تحقیق و توسعه الگوریتم های رندر جدید، چارچوبی که از مدل های ناهمگن ناپیوسته پشتیبانی می کند که حجم های مرزی آن ها همپوشانی دارند یا شامل می شوند، با موفقیت پیاده سازی شده است. این اجازه می دهد تا تزریق را از طریق چندین لایه از مدل های سه بعدی نرم و سفت و سخت (3D) انجام دهید.

روش لمس توسط آرایه ای از گره های کروی با ویژگی های فیزیکی بهم پیوسته اجرا می شود. به این معنا که ردیف های خاصی از گره ها برای شبیه سازی دنده های زیر پوستی سفت و سخت تعریف می شوند. در حالی که ردیف های بین آن ها برای شبیه سازی فضا های بین دنده ای نرم تر هستند. برای حل اعوجاج موضعی پوست تغییر شکل پذیر، همانطور که در شکل 9.4 نشان داده شده است، تکنیکی برای محافظت از لبه های چسب تغییر شکل پذیر و اطمینان از عدم انتشار تغییر شکل پوست به لبه های لکه اجرا شده است. برای اینکه بتوانیم عمق واقعی درج سوزن را تایید کنیم، یک نمای اشعه ایکس اجرا شده است تا به کاربران اجازه دهد فوراً از نمای عادی جابجا شوند و وضعیت درج فعلی را با بازخورد نیرو مرتبط کنند، همانطور که در شکل 9.5 نشان داده شده است. اگرچه این قابلیت افزوده معمولاً در محیط بالینی بلا درنگ در دسترس نیست، به ویژه در شبیه سازی های آموزشی مهم است و به کارآموزان کمک می کند تا ارتباط بین عملیات نامرئی برقرار کنند.



(ب)

شکل 9.5 (الف) نمای اشعه ایکس از اندام ها و بافت های چند لایه حفره پلور برای کمک به کارآموزان در تأیید بازخورد لمسی با لمس اندام/بافت واقعی. (ب) هر دو رویکرد میانی ترقوه و میانی زیر بغل نشان داده شده است.

شبیه سازی برش (برش نیمه راه و تمام طول)، در حالی که شکل 9.7 الگوریتم ساده سازی منحنی را نشان می دهد. توجه داشته باشید که الگوریتم ساده سازی واقعی شامل وضوح بالاتر شبکه ها است و بخش های برش ساده شده بسیار به منحنی برش نزدیک تر هستند.

در تجزیه و تحلیل عملکرد و نتایج شبیه سازی های برش انسان محورا است. از سوی دیگر، جراحی رباتیک در دهه های گذشته به سرعت در حال پیشرفت بوده است و این بر ثبات عملکرد جراحی و کاهش درگیری انسان در حین جراحی تمرکز دارد. آنها ممکن است به نظریا یکدیگر تناقض داشته باشند، اما در واقع از دیدگاه های مختلف به سمت یک هدف می روند. در نهایت این انسان ها هستند که الگوریتم هایی را برای جراحی های رباتیک طراحی و پیاده سازی می کنند و همیشه موارد غیرقابل پیش بینی وجود خواهد داشت که جراحی رباتیک ممکن است با آنها مقابله نکند. در آینده، آموزش جراحی با محوریت انسان ممکن است به اندازه فعلی مهم نباشد، اما ابزارهای آموزشی شبیه سازی همیشه می توانند مهارت های جراحان را بالا نگه دارند SimInc

نیروی برش با هر حرکت جزئی در طول عمل برش. پارامترهای کلیدی شناسایی شده و قابل تنظیم برای شبیه ساز آموزشی عبارتند از:

- خواص بافت، مانند خاصیت ارتجاعی پوست و اجزای لایه ای زیر پوست.
- ویژگی های اسکالپل، مانند تیزی، شکل تیغه و زاویه اریب.
- ویژگی های عملیاتی، مانند سرعت برش، و بزرگی و جهت نیروهای وارد شده به بافت.

اگرچه برش ها معمولاً سگته های کوتاه هستند، اما از برش های منحنی در روش های جراحی مانند برداشتن ضایعات پوستی استفاده می شود. برای شبیه سازی چنین رویه هایی، یک الگوریتم ساده سازی منحنی برای تبدیل منحنی های پیوسته به سه دسته از بخش های خط تقسیم مبتنی بر شبکه (افقی، عمودی و مورب) پیشنهاد شده است که سپس مدل تغییر شکل زیرین را بر این اساس تقسیم می کند و برش واقعی را شبیه سازی می کند. شکل 9.6 یک نمایش اولیه از تعامل است



(ب)

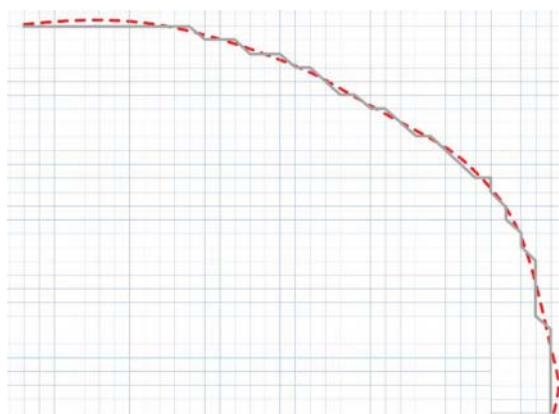


شکل 9.6 متفاوت است

چارچوب‌های ارتباطی، انتظار می‌رود که لمسی نقش اساسی‌تری در بخش‌های مراقبت‌های بهداشتی ایفا کند. همانطور که قرار گرفتن در معرض آموزش مبتنی بر بیمار کمیاب می‌شود، جامعه همچنان انتظار دارد که پزشکان به طور فزاینده‌ای ماهر شوند. ماژول‌های شبیه‌سازی هپتیک به دانشجویان مراقبت‌های بهداشتی اجازه می‌دهد تا تجربیات ارزشمندی را در یک محیط امن به دست آورند، در حالی که بیماران را در معرض خطر قرار نمی‌دهند، بنابراین به بهبود کیفیت مراقبت‌های بهداشتی برای جامعه کمک می‌کنند.

منابع

- 1 کامرمایر، پی، کرون، ا.، هوگن، جی و اشمیت، جی. (2004) نمایش احساسات لمسی جامع با بازخورد لمسی و حرکتی ترکیبی. حضور: *Teleoper Virtual Environ*. 13، 1-15.
- 2 Minamizawa, K., Prattichizzo, D. and Tachi, S. (2010) طراحی ساده صفحه نمایش لمسی با گسترش بازخورد جنبشی یک نقطه ای به بازخورد لمسی چند نقطه ای، در *سمپوزیوم هپتیک*. صفحات IEEE، 60-257.
- 3 Fritschi M, Ernst MO, Buss M. (2006) ادغام‌کنیز (2006) صفحه‌نمایش تئیک و لمسی: یک مفهوم طراحی مدولار که در مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی *EuroHaptics 2006* . The Eurohaptics Society: Paris, pp. 607-12.
- 4 Loi-Wah, S., Van Meer, F., Bailly, Y. و Chung Kwong, Y. (2007) طراحی و توسعه یک شبیه‌ساز سیستم جراحی داوینچی، در *کنفرانس بین‌المللی مکانرونیک و اتوماسیون*. صفحات IEEE، 55-1050.
- 5 Ullrich, S. and Kuhlen, T. (2012) لمس‌هپتیک برای پزشکی (2012) شبیه‌سازی در محیط‌های مجازی-نمودار محاسباتی *IEEE Trans Vis*. 18، 617-25.
- 6 Peer, A. and Buss, M. (2008) یک نوع پذیرش جدید (2008) رابط‌های دستکاری‌های دو دستی. *ASME Trans Mechatronics*. 13، 416-28.
- 7 Wei, L., Sourin, A., Najdovski, Z. and Nahavandi, S. (2012) تعامل لمسی تک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای مبتنی بر عملکرد در دنیای سایبری، در *معاملات در علوم محاسباتی شانزدهم*، جلد



شکل 9.7 الگوریتم ساده سازی منحنی تعاملی برای ارائه سکنه مغزی کاربر در بخش‌های مبتنی بر شبکه. الگوریتم ساده سازی واقعی شامل وضوح بالاتر شبکه‌ها است و بخش‌های برش ساده شده بسیار به منحنی برش نزدیک‌تر هستند.

تاریخ و آنها را قادر می‌سازد تا در صورت لزوم با موارد دشوار برخورد کنند.

نتیجه‌گیری و کار آینده

شبیه‌سازی‌های آموزشی مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر هپتیک در دهه دوم قرن بیست و یکم جایگزین شبیه‌سازی‌های آموزشی سنتی شده‌اند و این روند هنوز در حال رشد است. غوطه‌ور شدن هپتیک هادر محتوای آموزشی و اثربخشی آن در نتایج آموزشی به متخصصان مراقبت‌های بهداشتی در تعدادی از سناریوهای چالش برانگیز کمک کرده است. با توسعه بیشتر سخت‌افزار (به ویژه لمسی چند نقطه‌ای) و نرم‌افزار (متقابل فروشنده، حرکتی و لمسی توسعه پذیر)