

فصلنامه علمی پژوهشی بیهوشی و درد، دوره ۲، شماره ۷، بهار ۱۳۹۱

## سر مقاله: نقش شبیه‌سازها در رژیونال آنستزی و اقدامات مداخله‌ای درد

فرناد ایمانی<sup>۱</sup>، فرید ابوالحسن قره‌داغی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار بیهوشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، بیمارستان حضرت رسول اکرم (ص)، بخش درد

۲- متخصص بیهوشی، فلوشیپ درد، دانشگاه علوم پزشکی تهران، بیمارستان حضرت رسول اکرم (ص)، بخش درد

### چکیده

این مقاله به معرفی شبیه‌سازهای پزشکی در آموزش رژیونال آنستزی و اقدامات مداخله‌ای درد و روش استفاده از آن در محیط‌های مجازی می‌پردازد. ساختمان‌های طراحی شده به گونه‌ای پردازش شده‌اند که بازتابی واقعی از آناتومی بدن انسان باشند. سهم اصلی این شبیه‌سازها، تقلید انتقال ایمپالس الکتریکی از طریق بافت نرم و طناب نخاعی است. استفاده از شبیه‌سازها سبب تعاملی قابل قبول، تجسم و احساسی اطمینان بخش به پزشک می‌گردد. استفاده از شبیه‌سازها توسط دستیاران تخصصی ارزیابی و نتایج رضایت‌بخشی داشته است. بعنوان مثال، سناریوی بلوک اندام تحتانی و شبکه سلیاک توضیح داده می‌شود.

### مقدمه

کردن ناحیه ویژه‌ای از بدن بلوک کند. نوک کانولا می‌تواند با انتشار ایمپالس‌های الکتریکی سبب بازخورد محسوس به صورت انقباض عضلانی در اطراف عصبی شود که تحت تحریک قرار گرفته است. منتهی با تحریک مکرر همراه با جابجایی نوک کانولا عصب ویژه‌ای که باید بلوک شود پیدا می‌شود. سپس ماده بی‌حسی را از طریق کانولا به اطراف عصبی که می‌بایست بلوک شود تزریق می‌کنند. با این روش بسیاری از استرس‌های ناشی از بیهوشی عمومی کاسته می‌شود. با این حال تعیین دقیق محل اعصاب کار ساده‌ای نیست. زیرا نه با روش‌های تصویر برداری معمولی و نه با لمس، نمی‌توان محل عصب را مشخص کرد. افزون بر این، ممکن است از بیماری به بیماری تفاوت‌های آناتومیک در محل اعصاب ویژه وجود داشته باشد. با توجه به اینکه هر بلوکی با بلوک دیگر متفاوت است، اغلب متخصصین درد یا بیهوشی با تکیه بر تجارب خود بلوک‌های بعدی را انجام می‌دهند و همیشه خطر عوارض وجود دارد. برای نمونه می‌توان به برخورد

استفاده از بی‌حس کننده‌ها در محیط‌های بیمارستانی، بطور روزمره در اداره درد و اقدامات جراحی کاربرد فراوانی دارد. بی‌حس کننده‌ها برای سرکوب موقت عملکرد حسی و حرکتی دستگاه عصبی بکار می‌روند. البته بیهوشی عمومی شایع‌ترین شکل بیهوشی برای اعمال جراحی عمده و بزرگ است، که در آن کل دستگاه عصبی خاموش شده و در آن بیمار هیچگونه دریافت حسی ندارد و قادر به هیچگونه حرکتی نیز نمی‌باشد. با این حال بیهوشی عمومی گران بوده و سبب افزایش مدت بستری بیمار در بیمارستان خواهد بود. این بدان معنی است که استرس قابل توجهی به ساختار بدن بیمار وارد شده و اگر بیمار شرایط جسمی مطلوبی نداشته باشد، برای وی کشنده خواهد بود. بی‌حسی منطقه‌ای یک روش کم‌تهاجمی است که می‌تواند در شرایط ویژه جایگزین بیهوشی عمومی گردد. پزشک متخصص درد یا بیهوشی می‌تواند با استفاده از کانولای اختصاصی، عصب خاصی را برای بی‌حس

نویسنده مسئول: فرید ابوالحسن قره‌داغی، تهران، خیابان ستارخان، بیمارستان حضرت رسول اکرم (ص)، بخش درد.

ایمیل: farid\_gharehdaghi@yahoo.com

است که جزئیات آن به دلیل ریاضیات پیچیده شرح داده نمی‌شود. همه این روش‌ها نتایج خوبی بدست داده‌اند و برای آموزش پایه بسیار مناسبند. با این حال عمده‌ترین محدودیت شبیه‌سازها استفاده از مجموعه داده‌های ثابت است. زیرا ما بعنوان متخصصین درد و بیهوشی، در بیشتر بلوک‌های محیطی نیاز به اطلاعات متغیر مانند خود بیمار داریم، چون نیاز داریم که گاهی اندام بیمار را مانند بلوک مفصل جابجا کنیم. افزون بر این اطلاعات شبیه‌سازها ثابت است و شاید نتوان به آناتومی همه بیمارمان تعمیم داد. با این حال ما برای کاربرد شبیه‌سازها یک قانون استاندارد جهانی را پیشنهاد میکنیم.

#### طناب‌های عصبی مجازی

روش‌های تصویر برداری پزشکی جاری نمی‌توانند رشته‌های عصبی محیطی را به تصویر بکشند. بنابراین روش‌هایی مانند ام.آر.آی نمی‌تواند الگوریتم درمانی ویژه‌ای را در اختیار ما بگذارد (۹). به همین دلیل در نرم-افزارهای شبیه‌ساز می‌بایست مدلی برای رشته‌های عصبی ساخت. از ساختمان‌های دیگری که در شبیه‌سازها می‌بایست وجود داشته باشند می‌توان به استخوان‌ها، عروق خونی و عضلات اشاره کرد. این ساختمان‌ها می‌توانند با استفاده از برش‌های ظریفی که قبلاً با استفاده از تصویربرداری مغناطیسی یا اطلاعات هندسی بدست آمده راجع به ویژگی‌های آناتومیک بیمارمان بدست آمده‌اند، در نرم افزار شبیه‌ساز مورد استفاده قرار گیرند. البته تطابق بین اطلاعات هندسی کل بدن بر نرم افزار شبیه‌ساز خیلی هم ساده نیست، زیرا نیازمند محاسبات ریاضی پیچیده، نمره بندی‌های هندسی و دیگر مختصات غیر خطی می‌باشد. برای تولید اعصاب یا ساختمان‌های مشابه مانند عروق خونی و دستگاه لنفاوی می‌توان تنها به صورت یک نوار باریک که دارای شش درجه‌ی آزادی باشد (six

نوک سوزن با رشته عصبی اشاره کرد که می‌تواند آسیب دائمی ایجاد کند. افزون بر این همیشه پیش از تزریق داروی بی‌حسی باید از عدم ورود سوزن به درون رگ اطمینان حاصل کرد، زیرا داروی بی‌حسی را به قلب انتقال داده و عضلات قلب را فلج خواهد کرد. با آموزش مناسب و کارآزمودگی کافی می‌توان این عوارض را به حداقل رساند. اما انجام چنین آموزشی روی بیمارمان بسیار مشکل و غیر اخلاقی است. در صورتی که استفاده از جسد برای یادگیری آناتومی و کسب مهارت و همچنین مشاهده بازخورد کاهش تحریک الکتریکی بسیار مفید است. هدف از بکارگیری شبیه‌سازها، ارائه یک چارچوب آموزشی مناسب برای متخصصین درد و بیهوشی برای انجام بلوک‌های عصبی است. با استفاده از نرم افزار شبیه‌ساز، با مدل‌سازی حالات نادر و شبیه‌سازی عوارض، نه تنها تازه‌کارها و پزشکان با تجربه نسبی، بلکه پزشکان بسیار زبده نیز می‌توانند بلوک‌های عصبی را بسیار خوب درک کنند.

#### کارهای انجام شده

نرم افزارهای مبتنی بر شبیه‌سازها، درطیف گسترده‌ای از موضوعات (مانند: جراحی‌های کم‌تهاجمی، جراحی مغز و روش بخیه زدن) بکار می‌روند (۱). ما تمرکز خود را روی بررسی شبیه‌سازها در رژیم‌های آنستزی و درد قرار خواهیم داد. شبیه‌سازهای سوزن برای مناطق مختلفی همچون نقاط طب سوزنی (۲)، پونکسیون کم‌ری (۳-۴) و اقدامات داخل وریدی (۵)، نیز وجود دارد. شبیه‌سازهایی نیز برای بی‌حسی منطقه‌ای و بلوک اپیدورال (۶-۷) وجود دارد. این دوناچه (فضای اپیدورال و اطراف طناب نخاعی) از فضاهایی هستند که هنگام بلوک آن‌ها، تحریک الکتریکی بکار نمی‌رود. یکی از پرکاربردترین شبیه‌سازها که هم اکنون در رژیم‌های آنستزی استفاده می‌شود، مدل سه‌بعدی آناتومی بدن انسان است (۸). انقباضات عضلانی و حرکات اندام‌ها مبتنی بر هندسه پایه‌ای ناشی از تحریک الکتریکی

آناتومیکی و مختصات هندسی و همچنین تجارب بدست آمده قبلی شبیه سازی کند (۱۲-۱۱). این برنامه با استفاده از ابزار ویستا (۱۳)، فضای مجازی جالبی برای تشخیص، تجسم، تعامل و بدست دادن یک نمای کلی از ساختمان آناتومیکی انسانی فراهم می‌کند. ما ابتدا یک سیستم ساختمانی کلی را بررسی می‌کنیم، سپس جزئیات آن را کمی شرح خواهیم داد و پس از آن الگوریتم‌های شبیه ساز نیز شرح داده میشوند.

### معماری سیستم

چرخه رویداد در وسط می‌تواند با سه عامل تداخل، تجسم و شبیه‌سازی از یک طرف و همچنین با ابزار مجازی، آدم مجازی، سیستم‌های آناتومیکی و ساختمانهای آناتومیکی از سوی دیگر ارتباط برقرار کند.

برای بدست آوردن توانایی در تجزیه و تحلیل مختصات هندسی بیمار مجازی نرم افزار شبیه‌ساز از الگوریتم تصویر ساز (تجسم) استفاده می‌کند. نرم افزار از ترکیب راس (۱۴)، آغاز می‌کند و برای ساختن نمای آناتومیکی با استفاده از کانال آلفا و مختصات هندسی که از پایه یک ریاضیات پیشرفته استفاده می‌کند، تصویر مجازی استخوان‌ها، ساختمان عضلانی، عروق و اعصاب را می‌سازد.

برای تصویرسازی رشته‌های عصبی از دو رویکرد استفاده می‌شود. برای نشان دادن رشته‌های عصبی نازک، از خطوط چند گوشه (polygonal) و روش تصویر سازی سریع استفاده می‌شود. برای نشان دادن رشته‌های عصبی ضخیم، از کارتهای گرافیکی با برنامه ریزی خاص به نام tubelets استفاده می‌شود (۱۵).

برای نشان دادن انقباض ناگهانی عضلات (که با تحریک الکتریکی عصب ایجاد می‌شود) و برای رسیدن به سطح پوست می‌بایست توسط بافت چربی تقویت شود، از الگوریتم شکل سازی (Morphing algorithms) استفاده

(Degree of Freedom) یا به صورت یک موشواره ساده دوبعدی در آید (۱۰). اگر نقطه کنترل پیش از طراحی نوار باریک انتخاب شود، نقطه بعدی توسط همان نوار باریک به نقطه اول اتصال داده می‌شود. در غیر این صورت نرم افزار نقاط بعدی را به طور اتوماتیک محاسبه و تعیین می‌کند. به همین خاطر با استفاده از درج مختصات خطی و همچنین خاصیت خط مماس استفاده می‌شود و ترکیبی از یک محاسبه خودکار خط مماس (Catmull-Rom) و تعریف دستی (Hermite) می‌تواند روشی سریع و آسان برای دست یابی به نقاط مورد نظر باشد.

### اطلاعات مجازی ساختمان های عصبی

در این خصوص از الگوی نمودار درختی برای مدل سازی و شبیه سازی رشته‌های عصبی محیطی استفاده می‌کنند (۱۰). در این الگو داده‌های ساختمانی مقاطع عصبی را به صورت گره‌های عملکردی و منحنی‌های نوار باریک نشان می‌دهد. هر جایی که نوار باریک انحنا پیدا می‌کند (خم می‌شود) توسط نرم‌افزار شبیه‌ساز به عنوان نقاط کنترل که به ساختمان‌های آناتومیکی قابل حرکت (استخوان‌ها و عضلات) متصل می‌شود تعریف می‌شود. داده‌های ساختمانی که نشان دهنده‌ی اعصاب مجازی هستند به دو سطح متفاوت تقسیم می‌شود. هر گره فهرستی از نوارهای باریک را نگه می‌دارد در صورتی که هر نوار باریک به دو نقطه کنترل متصل می‌شود. نقاط کنترل بین نوارهای باریک همسایه قرار می‌گیرند و تولید انحناها (خم‌ها) و شاخه‌های گوناگونی را می‌کنند که همان رشته‌ها و شاخه‌های اعصاب را می‌سازد.

### کاربرد شبیه‌سازها

نرم‌افزار شبیه‌ساز قادر است که اقدامات گوناگون رژیونال آنستزی را در یک محیط مجازی، بر اساس داده‌های

محاسبه میزان فاصله تحریک از عصب تحریک شده است که در طی مطالعات رویکرد نوع نخست برای بافت‌های هموزن دقت بالایی دارد و به سرعت اثر تحریک را نشان می‌دهد؛ ولی در بافت‌های غیر هموزن بسیار در محاسبات دچار اشتباه می‌شود. به همین دلیل در بافت‌های غیر هموزن از رویکرد دوم استفاده می‌شود.

بر اساس نتیجه مطالعات این‌گونه بیان می‌شود که استفاده از شبیه‌سازها می‌تواند اطلاعات قابل انعطاف و همچنین داده‌هایی آناتومیک، فیزیولوژیک و عملکردی جداگانه‌ای را در اختیار پزشکان می‌گذارد.

#### شبیه‌سازها در اقدامات مداخله‌ای درد

برای بیماران دچار دردهای سرکش، اداره کردن موفق درد می‌تواند کیفیت زندگی را ارتقا بخشد. در مورد دردهای شکمی نامشخص که ناشی از سرطان‌های شکمی غیر قابل جراحی هستند نیز استفاده از بی‌حس کننده‌های موضعی، استروئیدها و یا رادیوفرکوتسی شبکه سلپاک به عنوان یک روش موثر و ایمن که در دستان یک متخصص درد ورزیده انجام گیرد، روشی موثر است. با این حال ساختمان‌های حساس اطراف شبکه سلپاک از یک سو و نداشتن مهارت دست کافی از سوی دیگر سبب یک نقص بارز در بلوک این جایگاه حساس می‌باشد. از طرفی رویکرد رادیولوژیک آن‌هم برای آموزش، پرهزینه بوده، نیازمند زمان زیاد و خطر برخورد با اشعه یونیزان را دارد. به همین دلیل پزشکان متخصص بیهوشی و درد کلینیک‌های مایو استفاده از محیط مجازی را برای پیشبرد آموزش اقدامات اینترونشنال که در اینجا نمونه آن بلوک شبکه سلپاک است را پیشنهاد می‌کنند. از طرفی تجربه واقعی بلوک نیز می‌تواند به ایمنی و اثر بخشی بلوک شبکه سلپاک کمک کند. برای پرداختن به این دو جنبه از آموزش یعنی فراگیری ایمنی و اثر بخشی یک بلوک، محیط‌های مجازی با آشنا کردن

می‌شود. [توضیح اینکه عمل morphing در علم نگارسازی (graphic) عبارت است از: ساختن انیمیشن با استفاده از رایانه به گونه‌ای که یک تصویر بتدریج جای تصویر قبلی را بگیرد؛ یعنی تغییر شکل تصاویر]. از دو نوع طراحی هندسی استفاده می‌شود: نخست، منطق آناتومیکی که عضلات آن در حالت استراحت است و دومی در حالت انقباض است. نرم افزار مختصات دو حالت را حساب کرده و با تحریک الکتریکی عصب آن ناحیه به صورت مجازی، تغییر حالت عضلات از استراحت به انقباض را ترسیم می‌کند.

#### شبیه‌سازی ایمپالس عصبی

از دو بخش درست شده است. بخش اول ایجاد ضربه الکتریکی در عصب مورد نظر و سپس انتقال آن در بافت نرم و بخش دوم تحریک الکتریکی عصب و ایجاد انقباض عضلانی بدنبال آن است.

بعنوان نمونه می‌توان بحث و نتیجه‌گیری را در مورد استفاده از شبیه‌ساز در آنستری رژیونال اندام تحتانی بیان کرد.

برای شبیه‌سازی بلوک اعصاب اندام تحتانی (۱۲)، مجموعه داده‌ها از ناحیه لگن شروع می‌شود. برای این کار از اطلاعات آناتومیکی که از برش‌های ظریف و اسکن ناحیه لگن بدست آمده است استفاده می‌شود (۹). این اطلاعات از ترکیبی که از ابزار مدل‌سازی ارائه شده توسط اولریش و همکارانش (۱۰) مطرح شده بدست آمده است. افزون بر این، شبیه‌سازها با استفاده از همکاری نزدیک دستیاران تخصصی پزشکی و کارشناسان علوم تشریح روز به روز در حال تکامل هستند. در حال حاضر نشان داده شده است که جامعه پزشکی از رشد شبیه‌سازها نفع زیادی می‌برد (۸). برای پی بردن به اثرات تحریک الکتریکی اعصاب در محیط مجازی از دو رویکرد استفاده می‌شود: نخست رویکرد محاسبه هندسی و نوع ساختمان‌های اطراف عصب تحریک شده و دوم

مبتنی بر شبیه ساز طراحی کرد؟ میزان موفقیت این روش در آموزش چه اندازه است؟ براساس مطالعه چی و همکارانش میزان یادگیری از طریق خواندن، دیدن، شنیدن، دیدن و شنیدن، همکاری و همچنین انجام دادن یک اقدام به ترتیب: ۲۰، ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۸۰٪ است (۱۶).

### نتیجه‌گیری

#### فواید شبیه سازها در آموزش رژیونال آنستزی

دستیاران و دانشجویان استفاده از شبیه‌ساز را به آموزش-های سنتی ترجیح می‌دهند. به طور موثری اطلاعات واقعی را به دانشجویان انتقال می‌دهد، در تغییر نگرش آنها نقش دارد، اجازه می‌دهد تا دانشجو با استفاده از یک محیط مجازی پاسخگو و ایمن به تمرین بپردازد و از رویدادهای ناخواسته‌ای که می‌تواند به دلیل بی‌تجربگی در کار بالینی پیش آید جلوگیری کند.

#### معایب شبیه سازها

فقدان درک کامل از عوارضی که ممکن است به طور واقعی پیش آید. اگر نرم‌افزار طراحی نامناسبی داشته باشد، تجربه بسیار ضعیف و ناکارآمدی بدست خواهد داد. آموزش دهندگان باید زمان بیشتری را صرف کنند. برخی از متخصصین ممکن است با چنین قالبی تجربه کافی در آموزش نداشته باشند. فقدان شواهد آینده‌نگر در اعتبار و قابلیت اطمینان این روش، فقدان ابزارهای ارتقا بخش استاندارد و هزینه زیاد در کاربری و ارتقا سیستم از دیگر معایب شبیه‌سازها می‌باشد.

دستیاران تخصصی با ساختمان آناتومیک انسان و بازخورد انجام بلوک می‌توانند کمک شایانی به توانایی دستیاران در انجام بلوک‌ها باشند.

#### علاقتمندی به استفاده از شبیه ساز به عنوان یک سیستم آموزشی

در یک نظر سنجی انجام شده از بین یکصد متخصص بیهوشی، ۶۴٪ نقش بسیار کمک کننده برای استفاده از شبیه سازها قائل بوده‌اند و همچنین به نقش آن در علاقتمندی دستیاران به اقامت در بیمارستان برای انجام بلوک در محیط‌های مجازی اشاره کرده‌اند. ۴۲٪ معتقد به استفاده از شبیه ساز در موارد مشکل پیش از انجام بلوک بوده‌اند.

مرکز پزشکی استانفورد یکی از اولین مراکزی است که به استفاده از شبیه سازها در آموزش گروه بیهوشی نقش ایفا کرد. این مرکز ابتدا تنها یک گروه آموزشی مبتنی بر شبیه‌ساز برای گروه بیهوشی بنا کرد و بدنبال آن در گروه تخصصی اطفال و همچنین برای دوره کارآموزی پزشکی تاسیس نمود. بعدها شبیه سازها برای دستیابی به عروق مرکزی، تمرین زایمان، بیهوشی برای اقدامات زنان و مامایی، بیهوشی اطفال و همچنین آموزش در بخش مراقبت‌های ویژه اطفال و نوزادان بکار گرفته شد.

پرسش‌هایی که ما باید هم اکنون برای خود مطرح کنیم و پاسخ آن‌را نیز به روش علمی بدسیم عبارت است از اینکه: شبیه ساز چیست؟ معایب و فواید آن چیست؟ کی و کجا می‌توان از آن استفاده کرد؟ چگونه باید یک دوره آموزشی

### References

1. Moline J. Virtual reality for health care: a survey. *Stud Health Technol Inform.* 1997;44:3-34.
2. Leung KM, Heng PA, Sun H, Wong TT. A haptic needle manipulation simulator for chinese acupuncture. *MMVR* 2003;187-189.
3. Arber MF, Heller J, Handels H. Virtual Reality Simulator for the Training of Lumbar Punctures. *CURAC* 2006;126-127.
4. Gorman P, Krummel T, Webster R, Smith M, Hutchens D. A prototype haptic lumbar puncture simulator. *MMVR* 2000;106-109.
5. Wang E, Quinones J, Fitch MT, Dooley-Hash S, Griswold S, Medzon R, et al. Developing Technical Expertise in Emergency Medicine—The Role of Simulation in Procedural Skill Acquisition. *Acad Emerg Med* 2008;15(11):1046-57.

6. Blezek DJ, Robb RA, Martin DP. Virtual Reality Simulation of Regional Anesthesia for Training of Residents. Proc. HICSS 2000;5022–5029.
7. Ullrich S, Fischer B, Ntoubas A, Valvoda JT, Prescher A, Kuhlen T, et al. Subject-Based Regional Anaesthesia Simulator Combining Image Processing and Virtual Reality. Inform aktu 2007; 14(3):202-6.
8. Panjabi MM, Oxland T, Takata K, Goel V, Duranceau J, Krag M. Articular facets of the human spine, Quantitative three-dimensional anatomy. Spine 1993;18(10):1298-310.
9. Teich C, Liao W, Ullrich S, Kuhlen T, Ntoubas A, Rossaint R, et al. MITK-based segmentation of co-registered MRI for subject-related regional anaesthesia simulation. Proc. SPIE. 2008;69182–69182.
10. Ullrich S, Frommen T, Eckert J, Spine A, Liao W, Deserno TM, et al. Interactive Modeling and Simulation of Peripheral Nerve Cords in Virtual Environments. Proc. SPINE. 2008;69182–69182.
11. Ullrich S, Fischer B, Ntoubas A, Valvoda JT, Prescher A, Kuhlen T, et al. Subject-based Regional Anaesthesia Simulator combining Image Processing and Virtual Reality. Proc. BVM. 2007;202–206.
12. Eckert J, Ullrich S, Frommen T, Fried E. Virtual Reality-based Simulation for Regional Anaesthesia Block of the Lower Limbs. Workshop Virtuelle und Erweiterte. Realit'at der Fachgruppe VR/AR. 2008.
13. O, Ntoubas A, Ullrich S, Liao W, Fried E, Prescher A. Virtual reality-based simulator for training in regional anaesthesia. Br J Anesth 2009;103(4):594-600.
14. Lewis JP, Cordner M, Fong M. Pose space deformation: a unified approach to shape interpolation and skeleton-driven deformation. Proc Comp Graph Interact Tech 2000;165–172.
15. Schirski M, Kuhlen T, Hopp M, Adomeit P, Pischinger S, Bischof C. Virtual Tubelets - Efficiently Visualizing Large Amounts of Particle Trajectories. Computers & Graphics 2005; 29(1):17–27.
16. Chi MT, Bassok H, Lewis M, Riemann MW. Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problem. Cognitive Science 1989;13:145-182.