

ارزیابی مهارت جراحی با استفاده از یکنواختی و کیفیت حرکت

اهداف: این مقاله یک روش کمی را برای ارزیابی یکنواختی و کیفیت حرکت در طی انجام فعالیت های میکرومانیپولاسیون برای مانور های جراحی ارائه می کند. هدف اصلی بررسی اثر بخشی شاخص جایگشت که مشتق سرعت با توجه به زمان است و شاخص اندازه گیری جنبشی و استاتیک برای ارزیابی عملکرد جراحی است می باشد.

طرح: یک انبرک جراحی با یک مسیر یاب و شتاب سنج استفاده شد که امکان اندازه گیری موقعیت و شتاب را نسبت به موقعیت ابزار می دهد. از شرکت کننده ها خواسته شد تا شاخص لرزش دست نرمال برای تک تک وظایف محاسبه شود.

محیط: این مطالعه در دانشکده پزشکی دانشگاه کلاگری انجام شد.

شرکت کننده ها: چهار گروه از شرکت کننده ها (جراحان، رزیدنت های جراحی، مهندسان و گیمر ها) در این تست ها مشارکت داشتند.

نتایج: نتایج نشان داد که جراحان عملکرد شاخص لرزش دست بهتری را در همه عمل ها نشان داده اند. به علاوه، رزیدنت ها حرکات نزدیک تر به جراحان را در مقایسه با مهندسان تجربه کرده اند. تحلیل یک سویه واریانس تفاوت معنی داری را بین مقادیر میانگین شاخص نرمال در میان 4 گروه در طی عمل نشان داد.

نتیجه گیری: شاخص لرزش دست نرمال یک پارامتر مستقل با توجه به زمان بوده و بزرگی یک شاخص یک نواختی حرکتی بوده و می توانند برای ارزیابی مهارت دست جراحان استفاده شود. به علاوه، این روش شاخص های کمی را برای ارزیابی کاراموزان و مهارت آن ها در اختیار می گذارد.

کلیدواژگان: مهارت جراحی، حرکت، یکنواختی، شاخص جایگشت، سرعت، مهارت

مرور منابع

امروزه کاراموزان جراحی مهارت های فنی را از طریق آموزش در اتاق جراحی در یک مدل کارآموزی کسب میکنند که با معاینات آناتومی کتبی، دوره های آموزشی و دوره های مهارت های جراحی آزمایشگاهی همراه

است. اخیراً، شبیه سازی های مبتنی بر واقعیت مجازی در این پارادایم لحاظ شده اند. اگرچه دانش اناتومی را میتوان با آزمون های کتبی یا شفاهی ارزیابی کرد، ارزیابی مهارت فنی نظیر مهارت و استفاده از ابزار بیشتر ذهنی است تا عینی.

ارزیابی مهارت های جراحی در هر دو جراحی باز و غیر تهاجمی اطمینان از ایمنی بیمار بوده و از این روی اطلاعاتی را برای رزیدنت ها جهت بهبود مهارت های آن ها در اختیار می گذارد. آموزش جراحی در حال تغییر به سمت پارادایم آموزش مبتنی بر مهارت می باشد. امروزه بیشتر روشهای ارزیابی برای مهارت رزیدنت ها بر اساس ارزیابی ذهنی توسط جراح کارشناس می باشد که بر رزیدنت های انجام دهنده کار های جراحی متمرکز هستند. ارزیابی بسته به فرد ارزیابی کننده عملکرد متغیر بوده و می تواند جانب دارانه باشد.

این مقاله یک روش کمی را برای ارزیابی یکنواختی و کیفیت حرکت در طی انجام فعالیت های میکرومانیپولاسیون برای مانور های جراحی ارائه می کند. هدف اصلی بررسی اثر بخشی شاخص جایگشت که مشتق سرعت با توجه به زمان است و شاخص اندازه گیری جنبشی و استاتیک برای ارزیابی عملکرد جراحی است می باشد.

مهارت هایی که امروزه ارزیابی می شوند شامل حرکت یکنواخت و مدیریت ابزار می باشد. ارزیابی ذهنی مربیان توسط پرسپکتور ها برای استاندارد سازی فرایند ارزیابی استفاده شده است. معمولاً از برگه هایی برای ارزیابی ذهنی استفاده می شود با این حال روش رتبه بندی بستگی به کارشناسان دارد. ارزیابی ساختاری عینی سیستم رتبه بندی مهارت فنی، ارزیابی عملیاتی جهانی مهارت های لاپاروسکوپی، 7 و برنامه مهارت های پایه لاپاروسکوپی 8 از روش های ارزیابی ای است که از چک لیست هایی برای محاسبه نمره کلی مهارت استفاده می کنند.

روش ها شامل برخی شاخصهای عملکرد عینی و میزان خطا و نیز برخی شاخص های ذهنی ای است که مستلزم قضاوت عملکرد است. ارزیابی کامل مهارت های فنی توسط کرانشچوف و همکاران، ارائه شده است. ارزیابی کمی دقیق و بهبود کارایی تحت تاثیر پارادایم های جدیدی است که موجب کاهش ساعات کاری و منابع تمرینی برای رزیدنت های جراحی شده است. شبیه ساز های مجازی، یکی از شیوه های اندازه گیری کمی دقیق برخی از ابعاد عملکرد جراحی است. ارزیابی عینی مهارت های جراحی موجب کاهش نیاز به ارزیابی ذهنی شده و اطلاعاتی را

برای بهبود عمل جراحی ارایه می کند. بازخورد هدفمند از مهارت های فنی برای یادگیری ساختاری روش جراحی ضروری است و بازخورد ضروری برای کارآموزان را فراهم می کند. این نوع ارزیابی در حالی که در حال تکامل است، به دلیل ابزار گرانشی مورد نیاز و عدم اندازه گیری های قابل اطمینان عملکرد فنی به طور بالقوه به کارایی بالینی نرسیده است. روش های ارزیابی عینی را می توان به چک لیست های خاص، مقیاس جهانی، مقیاس رتبه بندی، تجزیه و تحلیل حرکت، شبیه ساز VR، و ارزیابی خودکار ویدئو طبقه بندی کرد. هاو و همکاران به این نتیجه رسیده اند که بازخورد عینی مهارت های فنی برای یادگیری مهارت های جراحی لازم است. آن به بررسی پیشرفت در روشهای ارزیابی عینی مهارت های فنی برای ارایه بازخورد عینی پرداخته و به رزیدنت ها امکان بهبود مهارت را می دهد. آن ها پتانسیل شبیه ساز های VR را به صورت یک روش ارزیابی عینی بحث کردند. به علاوه می توان نتیجه گرفت که بیشتر روش های ارزیابی مهارت برای اندازه گیری پیشرفت مناسب هستند. با این حال همان طور که گفته شد تحقیقات بیشتری برای بررسی محدودیت ها و تعیین رابطه بین ارزیابی عینی مهارت های فنی و پارامتر های اندازه گیری شده لازم است.

بیشتر ابزار های جراحی مورد استفاده برای ارزیابی عینی ، ویژگی های کینواستاتیک ابزار جراحی را اندازه گیری می کنند. این اقدامات عینی عبارتند از: زمان، مسیری که توسط ابزار طی می شود، تعداد حرکات، نیروی حداکثر و میانگین مقادیر سرعت و شتاب. اگر چه اقدامات قبلی می تواند به عنوان مجموعه ای از شاخص ها برای ارزیابی مهارت های جراحی و مهارت بدون در نظر گرفتن قضاوت غلط، مورد توجه قرار گیرد بازخورد مستقیم برای کیفیت حرکت یا صاف بودن و برای نشان دادن مهارت جراحی ساکن در استفاده از ابزار و کیفیت حرکت دست برای جراحی با رویکرد تاکتیکی کافی نیست. به منظور حل این مسئله، تحلیل فراوانی و شتاب اوج اخیرا به عنوان شاخص های جدید جهت در نظر گرفتن اثرات حرکت دست مد نظر قرار گرفته است. افزودن تحلیل داده ها در حوزه فراوانی به ارزیابی حرکت یکنواخت کمک می کند از طریق لرزش نقض می شود.

یکنواختی حرکت در مدیریت و جا به جایی ابزار یک مهارت لازم است که رزیدنت های جراحی بایستی قبل از عمل بیمار آن ها را کسب کنند. صاف بودن حرکت یک شاخص حرکت حرکتی هماهنگ مهارتی است. صاف بودن معمولا براساس میزان تغییر شتاب (مشتق سوم موقعیت دست جراح) یا انحنای مسیر، که در آن یک انحنای کوچک نشان می دهد که مستقیما خط به هدف نزدیک است و مقادیر انحنای نزدیک به 1 به معنی

تغییرات ناگهانی در انحنای و حرکات تند و تیز است. یکنواخت بودن حرکت نیز به عنوان یک مقدار تجمعی از شتاب و سرعت ناگهانی اندازه گیری می شود. شاخص جابجایی یک مقدار اسکالر است که تحت تاثیر طول مدت کار و دامنه حرکت است. وقتی که شاخص لرزش دست در یک بازه زمانی خاص اندازه گیری می شود، انتگرال مجذور میانگین در نظر گرفته می شود. شاخص تکانش شامل ضریب وابسته به حرکت است. یکنواخت ترین حرکت منجر به ایجاد یک شاخص کم تر می شود. برای حذف اثرات زمان و بزرگی، شاخص لرزش بایستی با ضرب بازه زمانی / طول مسیر سه بعدی به شاخص لرزش نرمال سازی شود. شاخص لرزش به عنوان شاخص کمی در مطالعات مربوط به مهارت های لاپاروسکوپی، 16 عملکرد حرکتی اندام فوقانی، 18 حرکت صاف در گلف، 19 و ناهنجاری حرکت جوش در طی جویدن استفاده می شود. کوتین و همکاران از صاف بودن به عنوان شاخص و معیاری برای ارزیابی مهارت های لاپاروسکوپی استفاده کرده و نشان دادند که کارشناسان دارای حرکت یکنواخت تری در مقایسه با شرکت کننده های مبتدی می باشند.

جاد کین و همکاران به اندازه گیری انحنای سیگنال حرکت (گرایش حرکت برای حفظ مسیر به عنوان یک خط مستقیم) در عمل جراحی رباتیک پرداختند. برای تعیین صافی بودن و ارزیابی عینی تازه کارها و کارشناسان در انجام کارهای آموزش جراحی رباتیک، مقادیر منحنی متوسط مورد استفاده قرار گرفت. کامرا و همکارانش صافی را به عنوان یک ماتریس حرکت تعریف کرد تا به طور عینی رزیدنت را طبق مهارت های لاپاروسکوپی پایه خود طبقه بندی کنند. متریک صاف بودن قادر به تشخیص سطح مهارت به عنوان تجربه متوسط، یا تازه کار است. همچنین در مطالعه خود، زمان، طول مسیر، ادراک عمق و صافی حرکت به طور مثبت همبستگی داشت. ساکاتا و همکارانش از مقدار متوسط مربع لرزش به عنوان میانگین مربع مقادیر مشتق سوم زاویه برای بررسی تغییرات مرتبط با سن در صافی حرکت مفصل میچ دست در طول بارگیری استفاده کرده است. این نتایج حاکی از آن است که صاف بودن اتصالات مفصل ران و میچ پا در طول بلند شدن با افزایش سن افزایش می یابد. کارپلا و همکاران، از شاخص لرزش برای بررسی اختلال بازو در مولتیپل اسکلروزیس برای اندازه گیری حساس عملکرد بازو استفاده کردند. کارهای آزمایش بازوهای انجام شده توسط بیماران مبتلا به مولتیپل اسکلروزیس نسبت به گروه کنترل به میزان قابل توجهی کمتر است (افزایش). چوی به بررسی سینماتیک صاف بودن حرکت در گلف

با هزینه نرمال پرداخته است. تجزیه و تحلیل شاخص لرزش نشان داد که گلف بازان ماهر دارای نوسانات صاف تر از گلف بازان غیر ماهر هستند.

به منظور بررسی یکنواختی با استفاده از شاخص لرزش، اطلاعات موقعیت و شتاب رقومی به متریک های کمی مطمئن تبدیل شد که با داده های عملکردی و همبستگی ارتباط دارد. طبیعتاً، این تبدیل مستلزم پس پردازش داده های رقومی است. علاوه بر این، الگوریتم های شبکه عصبی مصنوعی، با کاستی های خود، برای آموزش سیستم با استفاده از جراحان با تجربه مورد نیاز است. علاوه بر این، محیط تجربی و وظایف جراحی باید در شرایط عمل جراحی شرایط در داخل OR را شبیه سازی کند و باید معیارهای کمی را اندازه گیری کند.

این مقاله یک روش کمی را برای ارزیابی یکنواختی و کیفیت حرکت در طی انجام فعالیت های میکرومانیپولاسیون برای مانور های جراحی ارائه می کند. هدف اصلی بررسی اثر بخشی شاخص جایگشت که مشتق سرعت با توجه به زمان است و شاخص اندازه گیری جنبشی و استاتیک برای ارزیابی عملکرد جراحی است می باشد.

روش

ابزار های آزمایشی مورد استفاده

یک ریزپردازنده دوقطبی با شتاب سنج برای ضبط شتاب و با یک ردیاب موقعیت (USA, VT, Polhemus) برای ثبت مسیر حرکت ابزار استفاده شد. سیگنال های شتاب با نرخ نمونه برداری 120 هرتز و سیگنال های موقعیت با نرخ نمونه برداری 120 هرتز ثبت شد. داده ها برای پردازش سیگنال ها به کامپیوتر منتقل شدند. فورسپس ها در شکل 1 نشان داده شده است. همانطور که در شکل 2 مشاهده می شود، 2 پلتفرم مختلف برای طراحی امکان سنجی تحلیل صافی و دستکاری حرکت دست با شاخص لرزش نرمال طراحی شده است. نسخه های اصلاح شده از آزمون مهارت انگشت و مهارت قیچی توپزتر انتخاب شده اند، زیرا آنها قادر به آزمایش هر دو مهارت دستکاری و توانایی استفاده از ابزارهای خوب می باشند. برای 2 تست بعدی، یک سنجاق در هر سوراخ با فورسپس دو قطبی قرار داده شد. شرکت کنندگان 9 بین مستطیلی داخل 9 سوراخ تخته قرار دادند. این آزمون در 2 شرایط مختلف انجام شد: ابتدا با شرایط غیرقابل انسداد (شکل C3) که در آن هیچ نقطه محوری برای استراحت دست (وظیفه B) مجاز نبود، و برای آزمون دوم، همان آزمایش با دست انجام شد که شرکت

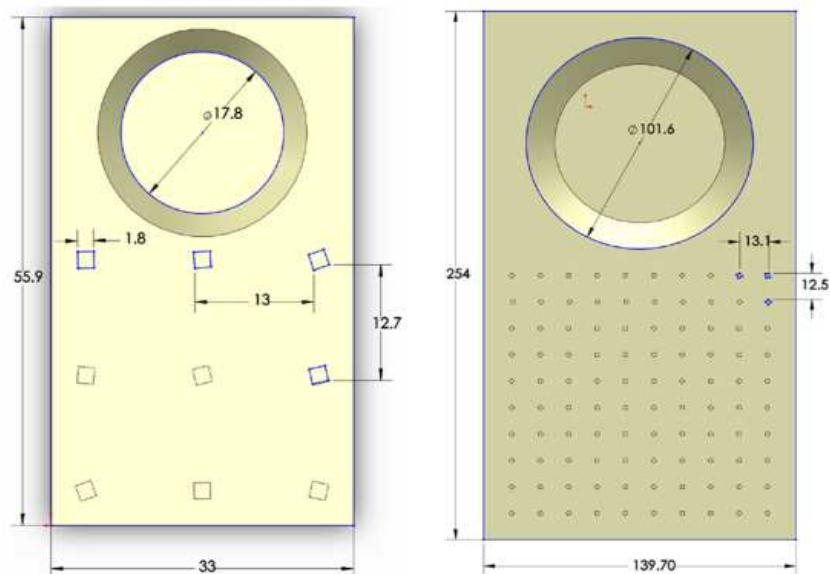
کنندگان اجازه داده شد خود را بر روی جمجمه و یا بر روی میز آزمایش (وظیفه C) لنگر قرار دهند. تخته دستکاری انگشت با 100 سوراخ (شکل A3) نشان داده شده است. سوراخهای مستطیل شکل با جهت های تصادفی هستند.

عمل آزمایشی

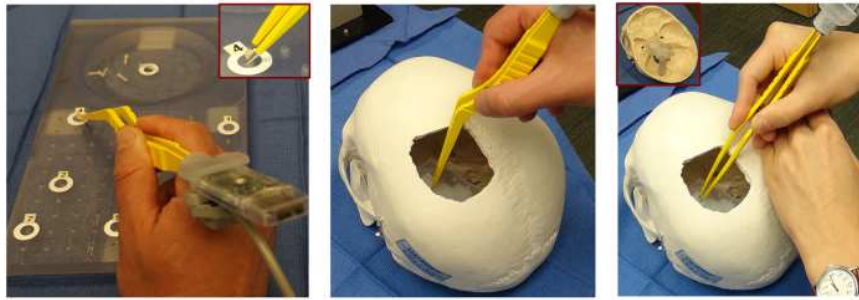
چهار گروه از شرکت کننده ها وجود داشتند: چهار گروه از شرکت کننده ها (جراحان، رزیدنت های جراحی، مهندسان و گیمر ها) در این تست ها مشارکت داشتند.



شکل 1: فورسپس دو قطبی 1- شتاب سنج و 2- مسیر یاب



شکل 2: تجهیزات آزمایشی توسعه یافته برای انجام آزمایش. دو تخته مدرج برای تعیین یکنواختی استفاده شد



شکل 3: سه فرایند میکرومانیپولاسیون الف: تست مهارت انگشتر اکونر با پیکر بندی مچب: تست مهارت قیچی با

پیکر بندی بدون تکیه گاه پ: تست مهارت قیچی با پیکر بندی دارای تکیه گاه

گروه مهندس مکانیک، برق، و مهندسين زیست پزشکی (25، 30، 35 و 45 ساله) شامل 2 نفر از رزیدنت های جراحی مغز و اعصاب (سال اول تحصیلات تکمیلی 1 (PGY1) و 2 (PGY2) و 2 نفر (PGY4 و PGY2) بودند. گیمرها (شرکت کننده در بازی کامپیوتری یا بازی نقش) همه دانشجویان کارشناسی بودند. برای هر شرکت کننده یک نمایش ویدئویی از عملکرد هر کار ارائه شده بود، و پس از یک دوره آموزشی حداقل 15 دقیقه برای آشنایی هر یک از شرکت کنندگان آزمایش واقعی دوره آموزش برگزار شد. شرکت کنندگان شامل 4 جراح، 4 نفر، 4 بازیکن و 4 مهندس بود. هنگامی که شرکت کنندگان احساس راحتی در برخورد با فورسپس های دوقطبی و انجام آزمایش را داشتند، کار A (تخته بزرگ)، کار B (تخته کوچک و غیره)، کار C (تخته کوچک لنگر) انجام شد. هر شرکت کننده 9 کار را برای هر بخش انجام داد. بنابراین، 4 (گروه) 4 (شرکت کننده) 3 (کار)؟ اجرا گردید. این آزمایش ها به ترتیب توسط جراحان، مهندسان، جراحان مغز و اعصاب گوش و حلق و بینی، و بازیگران انجام شد

تحلیل داده ها

سیگنال های ضبط شده برای هر شرکت کننده به منظور پردازش پس از پردازش به یک رایانه منتقل شدند. در مرحله اول، سیگنال ها برای اندازه گیری شاخص لرزش برای هر حرکت تقسیم شدند. 9 سیگنال برای آزمایش تخته بزرگ، 9 سیگنال برای آزمایش کوچک و 9 سیگنال برای آزمون کوچک، ذخیره شد. در مرحله بعد، شتاب جاذبه در سیگنال های شتاب گنجانده شد، مولفه گرانش با استفاده از فیلتر باترورث مرتبه چهارم با فرکانس قطع 0.2 هرتز فیلتر شد. این به سیگنالهای سه بعدی شتاب بدون مولفه گرانش منجر شد.

برای تعیین شاخص لرزش هر سیگنال، طول مسیر باید به صورت زیر تعیین شود

$$L_{\text{pathway}} = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial t}\right)^2} dt \quad (1)$$

که X ، Y و Z مختصات موقعیت در امتداد سیستم مختصات دکارتی و t_1 - t_2 زمان شروع و پایان هر کار است شاخص لرزش به صورت زیر تعیین می شود

$$J = \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{\partial^3 x}{\partial t^3}\right)^2 + \left(\frac{\partial^3 y}{\partial t^3}\right)^2 + \left(\frac{\partial^3 z}{\partial t^3}\right)^2 dt \quad (2)$$

همان طور که در بالا گفته شد برای مقایسه یکنواختی اثر مدت زمان و بزرگی بایستی از شاخص لرزش حذف شود.

هزینه لرزش نرمال را می توان به صورت زیر بدست آورد

$$J_{\text{normalized}} = \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{\partial^3 x}{\partial t^3}\right)^2 + \left(\frac{\partial^3 y}{\partial t^3}\right)^2 + \left(\frac{\partial^3 z}{\partial t^3}\right)^2 dt \times \frac{(t_2 - t_1)^5}{\left(\int_{t_1}^{t_2} \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial t}\right)^2} dt\right)^2} \quad (3)$$

این سوالات قابل کاربرد به داده های رقومی در فرکانس نمونه گیری 120 هرتز می باشند در حالی که بیشترین مولفه فرکانس در نمودارهای تراکمطیفی توان 13 هرتز بود.

تحلیل آماری

. نتایج حاصل از 2 آزمایش با استفاده از اطلاعات آماری هر گروه مقایسه شد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) برای بررسی تفاوت ها یا شباهت های شاخص های اندازه گیری شده بین 4 گروه مورد استفاده قرار گرفت. برای هر گروه، نوع وظیفه برای شرکت کننده مقایسه شد تا مشخص شود که آیا سطح دشواری می تواند بر میزان شاخص حرکتی تاثیر بگذارد. شاخص لرزش به صورت متغیر تصادفی برای محاسبه ارزش کشیدگی در نظر گرفته شد. هر مجموعه از شاخص های لرزش محاسبه گردید. چولگی و کشیدگی به صورت زیر تعریف شد

$$k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta r_i - \mu)^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta r_i - \mu)^2\right)^2} - 3 \quad (4)$$

$$s = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta r_i - \mu)^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta r_i - \mu)^2\right)^{1.5}} \quad (5)$$

δr_i و μ بیانگر مقدار نمونه شاخص لرزش و مقدار میانگین می باشد. n تعداد شاخص های مورد نظر برای بررسی فرم توزیع احتمال است.

نتایج و بحث

شتاب و موقعیت پین در تست مهارت انگشت در شکل 4 نشان داده شده است. شاخص لرزش نرمال بر اساس روش تعریف شده در بخش پردازش داده ها برای هر حرکت محاسبه شده است.

جدول 1 مقادیر میانگین شاخص های لرزش را برای هر گروه از شرکت کننده ها نشان می دهد. هر عدد اطلاعاتی را برای هر گروه در اختیار می گذارد. نمودار جعبه ای و ویسکر برای بررسی ویژگی های توزیعی شاخص های لرزش استفاده شد. شکل 5 مجموعه ای از شاخص های لرزش را برای هر گروه از شرکت کننده ها و a-b-c نشان می دهد.

Task	$\mu \pm \sigma$			Max			Min			k			s		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Engineers	1197 ± 90	1545 ± 77	1867 ± 67	1340	1712	1968	1020	1319	1645	0.82	1.22	2.3	0.22	0.42	1.01
Gamers	1298 ± 64	1594 ± 92	1812 ± 91	1392	1763	2020	1210	1393	1646	1.66	0.12	0.73	0.14	0.24	0.26
Residents	847 ± 107	935 ± 78	1140 ± 68	1110	1088	1320	690	775	1011	-0.66	-0.61	0.51	0.32	0.14	0.80
Surgeons	767 ± 56	860 ± 54	1043 ± 41	869	959	1151	663	755	967	0.93	-0.65	0.34	0.28	0.03	0.45

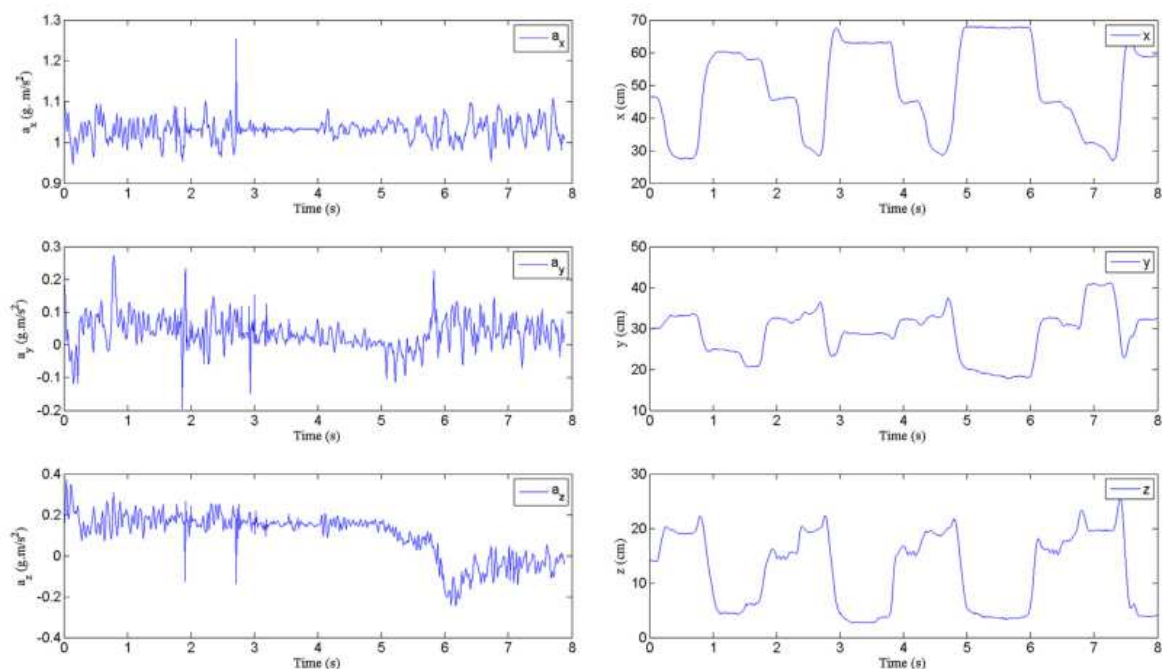
جدول 1 - معیارهای آماری شاخص های حرکتی برای هر گروه از شرکت کنندگان

همان طور که در جدول 1 و شکل 5 نشان داده شده است در همه 3 کار، عملکرد وظایف تعیین شده توسط جراحان با شاخص لرزش پایین تر منتشر شد. روش های ارزیابی عینی را می توان به چک لیست های خاص، مقیاس جهانی، مقیاس رتبه بندی، تجزیه و تحلیل حرکت، شبیه ساز VR، و ارزیابی خودکار ویدئو طبقه بندی کرد. هاو و همکاران به این نتیجه رسیده اند که بازخورد عینی مهارت های فنی برای یادگیری مهارت های جراحی لازم است. آن به بررسی پیشرفت در روشهای ارزیابی عینی مهارت های فنی برای آرایه بازخورد عینی پرداخته و به رزیدنت ها امکان بهبود مهارت را می دهد. آن ها پتانسیل شبیه ساز های VR را به صورت یک روش ارزیابی عینی بحث کردند. به علاوه می توان نتیجه گرفت که بیشتر روش های ارزیابی مهارت برای اندازه

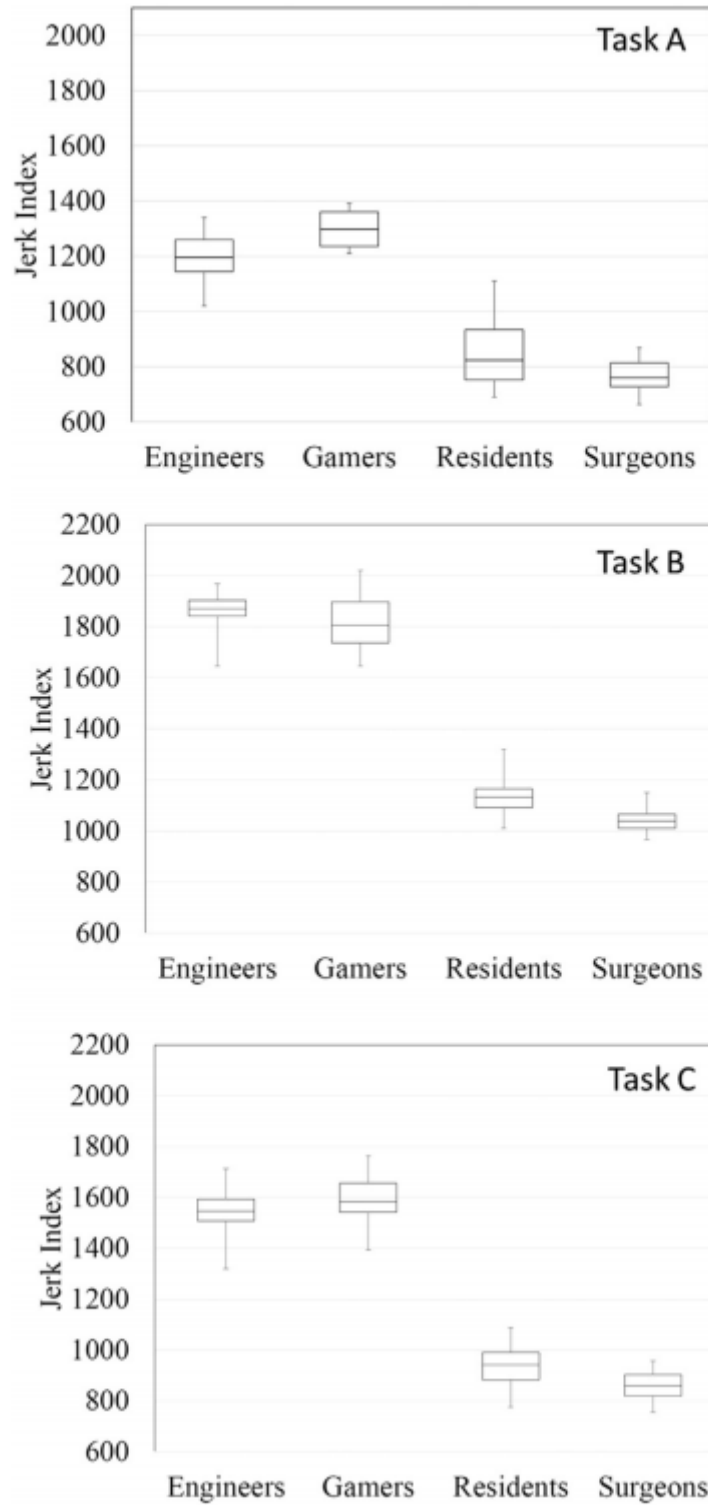
گیری پیشرفت مناسب هستند. با این حال همان طور که گفته شد تحقیقات بیشتری برای بررسی محدودیت ها و تعیین رابطه بین ارزیابی عینی مهارت های فنی و پارامتر های اندازه گیری شده لازم است.

تجزیه واریانس یک سویه برای ارزیابی نوع سختی کار استفاده شد. برای 4 گروه شرکت کنندگان، در وظیفه A، میانگین مقادیر شاخص های حرکتی تفاوت معنی داری وجود داشت. به طور خاص، مقدار آپ (p) کمتر از 10-5، در حالی که مقدار (F) (F crit و ارزش بحرانی (F) به ترتیب 3.67 و 3.47 بود (p {0.05). $F = 3.674$ و $F_{crit} = 3.47$. به طور مشابه، در انجام وظیفه B، مقدار p بسیار کمتر از 0/05 بود ($p > 0.05$) و $F_q = 2.674$ و $F_{crit} = 1.35$. در حالی که مقدار (F) (F crit و ارزش بحرانی (F) به ترتیب 2.67 و 2.21 بود. شاخص های حرکتی برای محاسبه کار C نشان دهنده 0.05 و $F = 2.674$ و $F_{crit} = 2.21$ نتایج نشان داد که برای هر سه وظیفه، ارزش شاخص لرزش تحت تاثیر گروهی از شرکت کنندگان قرار گرفت.

تجزیه واریانس یک سویه برای تعیین متفاوت بودن شاخص لرزش در سه تمرین برای هر گروه انجام شد. این نتایج در جدول 2 نشان داده شده است. یک تفاوت معنی دار بین شاخصهای لرزش برای هر گروه در طی انجام سه تمرین بدست آمد. از این روی مقدار میانگین شاخص های لرزش بسته به نوع تمرین تغییر کرد.



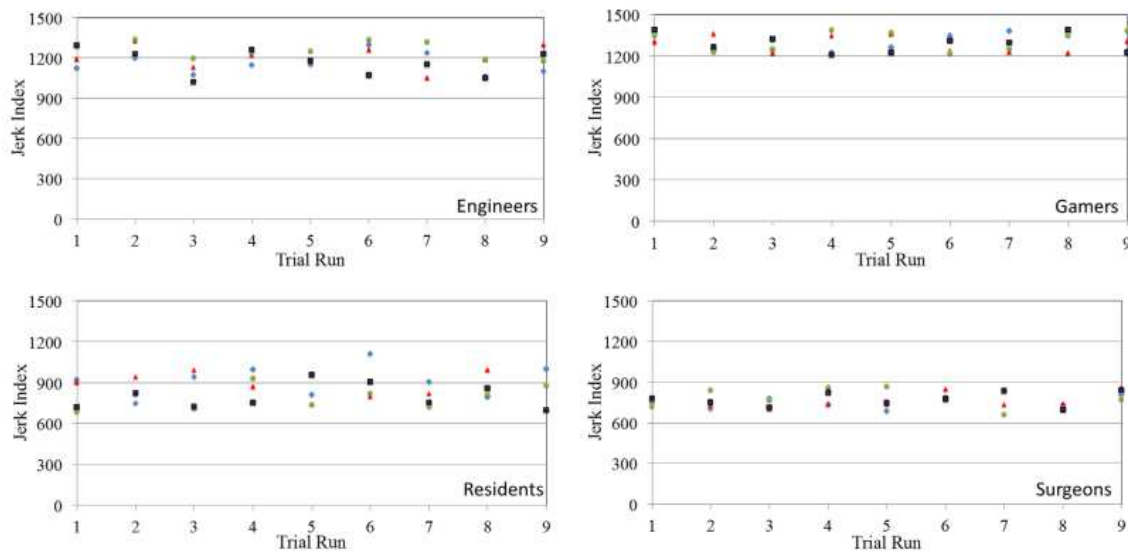
شکل 4: سیگنال شتاب نمونه و سیگنال موقعیت نمونه ثبت شده با فورسپس



شکل 5: نمودار جعبه ای نشان دهنده توزیع شاخص های لرزش اندازه گیری شده برای هر گروه از شرکت کننده

ها و سه تمرین

مطالعه نشان داد که منحنی یادگیری اثر معنی داری بر روی مقدار شاخص لرزش ندارد و به این ترتیب امکان شناسایی بهبود و افزایش معنی دار از کارآزمایی 1 تا 9 وجود ندارد. دلیل این است که شرکت کننده ها قبل از آزمایش همگی آموزش خوبی دیدند. شکل 6 شاخص لرزش را برای هر کارآزمایی نشان می دهد.



شکل 6: تغییرات شاخص لرزش در طی کارآزمایی 1 تا 9 برای همه جمعیت های شرکت کننده

هدف از طراحی تمرین 3 بررسی این بود که آیا سطح سختی و جا به جایی ابزار بر عملکرد عمل اثر دارد و یا خیر. متغیر تصادفی ای که بر اساس آن نتایج تجزیه تحلیل شد، شاخص لرزش بدست آمده در طی انجام هر تمرین بود.

نمودار چند-چند برای ارزیابی نوع توزیع استفاده شد. قطعه Q-Q اطلاعات گرافیکی مربوط به خواص آماری مانند مقادیر متوسط و متوسط متغیر تصادفی را ارائه می دهد. یک قطعه Q-Q یک خط نظری را از طریق نقاط داده می کند و ارزیابی می کند که چگونه داده های واقعی مربوط به توزیع نرمال نظری هستند. علاوه بر پلات Q-Q، برای تعیین نوع توزیع، از روشهای کورتوس و کراسنس استفاده شد. مقادیر کورتوز یا چولگی بیش از 2 نشان می دهد که گروه داده ها به میزان قابل توجهی متفاوت هستند یا تقلیل یافته اند. مقادیر سورئوزیس و ناهموازی در جدول 1 آورده شده است. همانگونه که مشاهده شد، تمام اقدامات بین * 2 و 2 محدود می شوند که نشان می دهد که توزیع داده ها ممکن است توزیع نرمال را دنبال کنند. همانطور که مشاهده شد اندازه گیری آزمایشات انجام شده توسط جراحان و رزیدنت نسبت به مهندسان و بازیگران نسبت به صفر نزدیک تر بود. شکل 7 نموداری را نشان می دهد که بیانگر اطلاعات گرافیکی جراحانی است که تمرین a را انجام داده اند.

نتایج نشان داد که جراحان عملکرد شاخص لرزش دست بهتری را در همه عمل‌ها نشان داده‌اند. به علاوه، رزیدنت‌ها حرکات نزدیک‌تر به جراحان را در مقایسه با مهندسان تجربه کرده‌اند. تحلیل یک سویه واریانس تفاوت معنی‌داری را بین مقادیر میانگین شاخص نرمال در میان 4 گروه در طی عمل نشان داد.

Group	p	F	F _{crit}
Engineers	<<0.05	2.36	3.09
Gamers	<<0.05	2.91	3.09
Residents	<<0.05	2.67	3.09
Surgeons	<<0.05	2.12	3.09

جدول 2 - نتایج آزمون ANOVA برای هر گروه در طی اقدامات 3 وظیفه

نتیجه‌گیری

مهارت‌های فنی جراحی از طریق چندین سال آموزش در اتاق عمل همراه با آزمون‌ها، و معارت‌های جراحی آزمایشگاهی با استفاده از مدل‌های خاص کسب می‌شوند. امروزه کارآموزان جراحی مهارت‌های فنی را از طریق آموزش در اتاق جراحی در یک مدل کارآموزی کسب می‌کنند که با معاینات آناتومی کتبی، دوره‌های آموزشی و دوره‌های مهارت‌های جراحی آزمایشگاهی همراه است. اخیراً، شبیه‌سازی‌های مبتنی بر واقعیت مجازی در این پارادایم لحاظ شده‌اند. اگرچه دانش آناتومی را میتوان با آزمون‌های کتبی یا شفاهی ارزیابی کرد، ارزیابی مهارت فنی نظیر مهارت و استفاده از ابزار بیشتر ذهنی است تا عینی.

ارزیابی مهارت‌های جراحی در هر دو جراحی باز و غیرتهاجمی اطمینان از ایمنی بیمار بوده و از این روی اطلاعاتی را برای رزیدنت‌ها جهت بهبود مهارت‌های آن‌ها در اختیار می‌گذارد. آموزش جراحی در حال تغییر به سمت پارادایم آموزش مبتنی بر مهارت می‌باشد. امروزه بیشتر روش‌های ارزیابی برای مهارت رزیدنت‌ها بر اساس ارزیابی ذهنی توسط جراح کارشناس می‌باشد که بر رزیدنت‌های انجام‌دهنده کارهای جراحی متمرکز هستند. ارزیابی بسته به فرد ارزیابی‌کننده عملکرد متغیر بوده و می‌تواند جانب‌دارانه باشد. این مقاله یک روش کمی را برای ارزیابی یکنواختی و کیفیت حرکت در طی انجام فعالیت‌های میکرومانیپولاسیون برای مانورهای جراحی ارائه می‌کند. هدف اصلی بررسی اثر بخشی شاخص جایگشت که مشتق سرعت با توجه به زمان است و شاخص اندازه‌گیری جنبشی و استاتیک برای ارزیابی عملکرد جراحی است می‌باشد. مهارت‌هایی که امروزه ارزیابی می‌شوند شامل حرکت یکنواخت و مدیریت ابزار می‌باشد. ارزیابی ذهنی مربیان توسط پرسپکتور‌ها برای

استاندارد سازی فرایند ارزیابی استفاده شده است. معمولاً از برگه هایی برای ارزیابی ذهنی استفاده می شود با این حال روش رتبه بندی بستگی به ارزیابی کارشناسان دارد. ارزیابی ساختاری عینی سیستم رتبه بندی مهارت فنی، ارزیابی عملیاتی جهانی مهارت های لاپاروسکوپی، و برنامه مهارت های پایه لاپاروسکوپی از روش های ارزیابی ای است که از چک لیست هایی برای محاسبه نمره کلی مهارت استفاده می کنند. سیگنال های جمع اوری شده و سیگنال های موقعیت برای تعیین شاخص لرزش نرمال به عنوان شاخص این مهارت استفاده شد. نتایج ما نشان می دهد که جراحان با تجربه 3 دوره تمرینی را با شاخص لرزش دست پایین گذرانده اند. به علاوه، رزیدنت ها فعالیت های مشابه با جراحان را تجربه می کنند. این روش به ارزیابی ماهر ترین رزیدنت های جراحی از طریق گذراندن دوره های آموزشی کمک می کند. به این ترتیب امکان تعیین سطح مهارت وجود دارد. به علاوه شاخص لرزش را می توان یک عامل مهم در فرایند انتخاب و شناسایی کاندید های جراحی استفاده کرد.