



ربات های آگواسکتون AP



شماره اول | دوره جدید

درباره شماره میخوانید:
- کاربرد های واقعیت مجازی در پزشکی
- بررسی فناوریات در سیستم های دارویی و کاربرد آن در
- آوریات
- میکروفلوئیدیک ها در پزشکی
- مصاحبه با مدیر بازاریابی شرکت تجهیزات پزشکی پارسک
پداسیس.



صاحب امتیاز

انجمن مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی شهد

نشریه علمی

مهندسی پزشکی

دانشگاه صنعتی شهد

گام هایت را قدرتمندتر بردار، قله ها تورا میخوانند....



سپهر پژوهش پزشکی

تیم نشریه

سدر جعفری

ویراستار



امیرحسین حتم خانی

سرمدیر



محمد رضا خلیلی

تهیه منابع



هانا باتمانی

مدیر مسئول و سرپرست گروه ویراستاری



صدرا داوودی

گرافیک و صفحه آرایی



عسل یوسفی

ویراستار



بنیامین نریمانی

ویراستار





فهرست

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ۴۹ میکروفلوتیدیک (ریز سیال شناسی) در پزشکی | ۴ کاربرد واقعیت مجازی در پزشکی |
| ۵۶ رابط بین مغز و کامپیوتر | ۱۲ بیومکانیک سیستم تنفسی |
| ۶۶ مصاحبه با آقای مهندس سهند حسین پور،
مدیر بازاریابی شرکت پداسیس | ۲۰ پیوند بافت با لیزر |
| ۶۸ بیوانفورماتیک ژنومیک | ۲۴ مصاحبه با آقای مهندس سید سجاد عابدی،
دانشجوی دکترای بیومکانیک |
| ۷۵ درجه مصنوعی قلب | ۲۷ بررسی نانو ذرات در سیستم های دارورسانی و
کاربرد آن در کووید-۱۹ |
| ۷۷ پردازش تصویر در بیماری های چشم | ۳۱ کنترل اعضای مصنوعی با استفاده از EMG |
| ۸۳ ربات های آگزواسکلون | ۳۷ الگو سازی دستگاه شنوایی |
| ۸۹ مصاحبه با خانم مهندس فاطمه شالچی زاده، دانشجوی دکترای
بیوالکترونیک | ۴۱ حرکت شناسی (kinesiology) |



سخن سردبیر و مدیر مسئول

به نام آنکه جان را فکرت آموخت
چراغ دل به نور جان برافروخت
در ابتدا خدای مهربان را سپاس می‌گوییم که پس از ماه‌ها تلاش و اصرار مداوم توانستیم این شماره از نشریه مهندسی پزشکی را منتشر کنیم.
هدف از این گردآوری مطالب چیزی جز افزایش علاقه‌مندی و تغییر نوع نگرش دانشجویان به فضای این رشته نبوده و نیست. امید به آن داریم که این شماره، هرچند اندک روشنگر مسیر دانشجویان شود.
و در آخر از تمامی کسانی که با تلاش‌هایشان باعث به ثمر رسیدن این نشریه شده‌اند نهایت قدردانی را داریم.



کاربرد واقعیت مجازی در پزشکی

حامد کمالی



همه جانبه را ارائه می‌دهند که به پذیرش بالای آن‌ها در زمینه‌های مختلف نظیر بخش‌های تجاری، آموزشی و مهندسی پزشکی منجر می‌شود. با وجود به اینکه از قرن نوزدهم، مفهوم واقعیت مجازی (VR) مطرح شده است، در دهه ۱۹۹۰، VR مورد توجه قرار گرفت. علاوه بر این، پیشرفت‌های فناوری در زمینه هدست و سخت افزار رایانه، نظیر گرافیک کامپیوتری سبب شد که بسیاری از شرکت‌ها در بخش سرگرمی این فناوری، سرمایه‌گذاری‌هایی را انجام دهند. با این وجود، با اینکه در سال‌های اخیر پیشرفت‌های فزاینده‌ای در رابطه با تجسم 3D انجام گرفته است، به دلیل مسائل فنی نظیر هدست‌های حجیم، رایانه‌های کند، کیفیت ورودی حساس ضعیف، گرافیک با وضوح پایین و عوارض جانبی نظیر سردرد و بیماری‌های حرکتی، در دهه ۲۰۰۰، علاقه به VR اندک بوده است [1].

برای بیش از دو دهه، واقعیت مجازی (VR) به عنوان یک ابزار آموزشی در آموزش مراقبت‌های بهداشتی با ایجاد دنیای مجازی برای غوطه‌ور شدن و تجربه دانش‌آموزان عمل کرده است. ابزارهای واقعیت مجازی معمولاً از فناوری‌های رایانه‌ای موجود و تجسم علمی برای ایجاد یک محیط گرافیکی سه بعدی (سه بعدی) استفاده می‌کنند که در آن شرکت‌کننده محیطی را تجربه می‌کند که دنیای واقعی را شبیه‌سازی می‌کند. فناوری VR همچنین به طور گسترده‌ای برای شبیه‌سازی روش‌های جراحی، فوریت‌های پزشکی و توسعه مهارت‌های اجتماعی و شناختی در کودکان استفاده شده است. علاوه بر این، ابزارهای VR برای آموزش آناتومی و فیزیولوژی در پرستاری و سایر محیط‌های آموزشی بالینی استفاده شده است که در آن دانشجویان توانایی

در دهه‌های اخیر، فناوری‌های تجسم 3D نظیر واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR) و واقعیت ترکیبی (MR)، توجه فراوانی را به خود معطوف کرده‌اند. همچنین به دلیل دسترسی پذیری و مقرون به صرفه بودن، فناوری‌های واقعیت تعمیم یافته دیجیتال (XR) در حوزه‌های گوناگون از سرگرمی تا آموزش به کار گرفته شده‌اند. علاوه بر این، روش‌های XR، یک تجربه همه جانبه را ایجاد نموده و بدون محدودیت نمایش دو بعدی مرسوم، امکان تجسم 3D محتوا را محقق می‌کنند. در مطالعه حاضر، در زمینه کاربردهای فعلی مهندسی پزشکی، دیدگاهی را در رابطه با XR ارائه نموده و با بهره‌گیری از مفاهیم زیست‌شناسی سلولی، تصاویر پروتئومیکس چندگانه، داده‌های جراحی برای عمل‌های قلبی و مدل‌های سه بعدی قلبی، مطالعات موردی را ارائه می‌دهیم. همچنین در این مطالعه، اثرات نامطلوب سلامتی و مقایسه هزینه پلتفرم‌های مختلف، چالش‌های جدید پیش رو در رابطه با فناوری‌های XR مورد بحث و بررسی قرار گرفته می‌شوند. همچنین، به منظور تقویت یادگیری کارآموزان و دانشجویان، دقت عملکرد پزشکی و قابلیت درک سیستم‌های بیولوژیکی پیچیده، پلتفرم‌های XR ارائه شده در زمینه آموزش مهندسی پزشکی، آموزش پزشکی، دستورالعمل‌های جراحی و تجسم داده‌های مولکولی، موثر و سودمند می‌باشند [1].

بررسی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که پس از سال ۲۰۱۰، توسعه دستگاه‌های واقعیت مجازی، افزوده و ترکیبی آغاز گردید و گسترش آن‌ها از آن زمان ادامه داشته است. لازم به ذکر است که برای تجسم در یک محیط سه بعدی، این فناوری‌ها، یک صحنه دیجیتالی تعاملی و

ثابت شده است، محدودیت‌های متعددی در دسترسی و در دسترس بودن برای گروه‌های بزرگ دانشجویی ایجاد می‌کند. کار اخیر گروه ما آموزش مبتنی بر شبیه سازی (SBT) را به عنوان گزینه‌ای برای تجربه غوطه وری بالینی گزارش کرده است. SBT شامل تیم‌های بین رشته‌ای از BME و دانشجویان پرستاری بود که بر روی یک مشکل بالینی از طریق آدمک‌های شبیه سازی با بازیگران استاندارد کار می‌کردند. با این حال، محدودیت‌ها در تشکیل تیم‌های بین رشته‌ای از مهندسان و ارائه دهندگان مراقبت‌های بهداشتی و دسترسی به آزمایشگاه‌های شبیه سازی در محیط‌های آموزشی هنوز چالش‌هایی را ایجاد می‌کند. تلاش برای جستجوی ابزارها و فن آوری‌های آموزشی جایگزین که می‌توانند محیط‌های یادگیری تجربی بین رشته‌ای را ایجاد و بهبود بخشند، هنوز ضروری است [۲].

سال‌های اخیر شاهد افزایش در فناوری VR بوده‌ایم. Oculus Rift که توسط Palmer Luckey ابتدا به عنوان یک کیت ساده ایجاد شد و سپس به یک هدست واقعیت مجازی پیچیده تبدیل شده است. شرکت‌های دیگری مانند گوگل، اچ تی سی، سونی، والو و سامسونگ محصولات واقعیت مجازی را با ویژگی‌های مشابه ایجاد کرده‌اند. هدست‌های واقعیت مجازی از نظر پلتفرم، محتوا، درک عمق، قابلیت‌های ردیابی، وضوح نمایشگر و فناوری صوتی متفاوت هستند. این دستگاه‌های مدرن به طور قابل توجهی میدان دید (FOV) و نرخ فریم بلادرنگ را افزایش داده‌اند که اثرات بیماری‌های سایبری را تا حدی کاهش می‌دهد. به غیر از دستگاه‌های VR، یکی دیگر از تجربه‌های واقعیت توسعه یافته (XR) نیز در دستگاه‌های واقعیت افزوده (AR) واقعیت ترکیبی (MR) در حال افزایش بوده است. اولین دستگاه MR بدون اتصال در جهان، مایکروسافت هولولنز، در سال ۲۰۱۶ عرضه شد. این دستگاه یک کامپیوتر مستقل با حسگرهای ردیابی، قابلیت‌های نقشه برداری سه بعدی، دوربین، بلندگوها و اتصال WiFi است. با انتشار بازی Poke'mon GO در سال ۲۰۱۶ به عنوان یک بازی گوشی‌های هوشمند که در آن کاربر باید نسخه‌های مجازی گونه خیالی Poke'mon را در صحنه‌ای که از محیط واقعی کاربر ارائه شده است، ثبت کند. با این حال، برخلاف دستگاه‌های واقعیت مجازی، عینک‌های واقعیت افزوده به دلیل هزینه بالایشان هنوز تجاری‌سازی گسترده‌ای را تجربه نکرده‌اند [۱].



کشف و تعامل با مدل‌های آناتومیکی را دارند. آموزش پزشکی استفاده از VR را بیشتر مورد بررسی قرار داده است. سناریوها، موارد آموزشی که هیچ نهاد دیگری نمی‌تواند تکرار کند و به غلبه بر محدودیت‌های مسافت، زمان و عوامل ایمنی کمک کرد. نشان داده شده است که یادگیری و حفظ دانش آموزان از طریق تجربه VR حاصل می‌شود. در مجموع، استفاده از VR برای آموزش پزشکی و مراقبت‌های ویژه به خوبی ثابت شده است. این مطالعه بر استفاده از فناوری VR برای ایجاد محیط‌های یادگیری تجربی از تنظیمات بین رشته‌ای برای دانشجویان BME متمرکز بود. دانشجویان BME ویدئوهای VR و دو بعدی سنتی (دو بعدی) از تیم‌های بین رشته‌ای را تماشا کردند که با هم در دو محیط بالینی شبیه‌سازی شده کار می‌کردند و بررسی‌های کاملی را برای ارزیابی اثربخشی ویدئوهای VR، بر روی ویدئوهای دو بعدی سنتی و همچنین غوطه ورسازی حضوری، در دستیابی به اهداف یادگیری انجام دادند. یعنی درک مهارت‌های ارتباطی مورد نیاز در محیط‌های بالینی، استراتژی‌های حل مسئله، نقش‌ها و مسئولیت‌های متخصصان مختلف که در مراقبت از بیمار دخیل هستند [۳].

از طرفی ماهیت مشارکتی حرفه مهندسی زیست پزشکی (BME) که در آن تیم‌هایی از مهندسان و ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی با هم کار می‌کنند تا راه‌حلی را برای نیازهای بهداشتی موجود ارائه دهند، محیط‌های آموزشی بین رشته‌ای را در برنامه درسی BME تضمین می‌کند. غوطه وری بالینی ثابت کرده است که یک ابزار موثر در ارائه، آمادگی بهتر مهندسان زیست پزشکی در دنیای واقعی است. در حالی که کارایی غوطه وری بالینی در آموزش مهندسی زیست پزشکی



۱۲ کاربردهای واقعیت مجازی

الف) پلتفرم‌های XR یادگیری و تجربه احساسی را بهبود می‌بخشد. فناوری‌های XR با ایجاد تجربیات همه‌جانبه، بر احساسات کاربر تأثیر می‌گذارد. آن‌ها سطحی از تعامل را تسهیل می‌کنند که به درک مفاهیم جدید کمک می‌کند. کروکوس و همکاران نشان دادند که قصه‌های حافظه مجازی اثربخشی به خاطر سپردن اطلاعات را افزایش می‌دهند. در اینجا، VR در مقایسه با استفاده از یک صفحه نمایش دسکتاپ استاندارد منجر به یادآوری حافظه بهتری شد. در بین ۵ شرکت‌کننده، میانگین کلی عملکرد فراخوانی شرکت‌کنندگان در محیط VR، ۸۰٫۸ درصد بیشتر از نمایشگر دسکتاپ بود. غوطه‌ور شدن در یک محیط VR به کاربران حس آگاهی فضایی را افزایش می‌دهد؛ سازماندهی فضایی و حافظه را بهبود می‌بخشد [۲].

تحقیقات مبتنی بر علوم اعصاب نشان داده است که محتوای ارائه شده با استفاده از یک پلتفرم VR منجر به درگیری عاطفی بیشتر نسبت به تجربیات مسطح دو بعدی و ۳۶۰ می‌شود، با افزایش ۲۷ درصدی و ۱۷ درصدی در مطالعه ۱۵۰ شرکت‌کننده، به ترتیب؛ شناسایی نگاه و حرکات چشم شرکت‌کنندگان با ردیابی چشم، همراه با یک دستگاه نظارت بیومتریک برای اندازه‌گیری پاسخ الکترودرمال، تغییرات ضربان قلب، و روش‌های کدگذاری رفتار. مطالعه دیگری اثرات ادراک (نشانه‌های بصری و صوتی) در مقابل اطلاعات مفهومی (اطلاعات مربوط به ترس) را بررسی و اضطراب در یک محیط VR بررسی کرد. محققان دریافتند که افراد مبتلا به فوبیا به نشانه‌های بصری حساس‌تر بودند. این نمایش می‌تواند برای مطالعه فوبیا و اضطراب مبتنی بر نشانه مفید باشد. تجزیه و تحلیل ارتباط بین حضور (یعنی میزان احساس مشارکت کاربران در VR) و تجربه عاطفی نشان داد که آن‌ها به یکدیگر وابسته هستند، با همبستگی فزاینده‌ای معنادار با احساسات قوی‌تر. برخی از احساسات برانگیزاننده، از جمله ترس و اضطراب، در VR قوی‌تر از احساسات غیرتحریک‌کننده مانند آرامش و شادی هستند. مدل اسناد حضوری نشان داد که کاربران بر اساس میزان هیجانی که احساس می‌کنند و غوطه‌وری ارائه شده توسط VR، در مورد میزان حضور تصمیم می‌گیرند [۳-۱].

ماکراتنشی و لیلهولت، تأثیر VR همه‌جانبه را بر فرآیندهای عاطفی کاربران در حین استفاده از یادگیری واقعیت مجازی ارائه کردند. ابزارها در مقایسه با نسخه‌های دسکتاپ یک نظرسنجی تأثیر VR را بر عوامل غیرشناختی مانند حضور، انگیزه، لذت، یادگیری و سودمندی درک شده، همراه با عوامل شناختی مانند مزایای ذهنی و تفکر بازتابی ارزیابی کرد. شبیه‌سازی‌های VR شامل روش‌های مختلف تعامل، مانند گفتگو (با دستیار آزمایشگاه)، کنترل (اجازه دادن به کاربر برای انتخاب کردن) و دستکاری (حرکت اشیاء در اطراف صفحه توسط کاربران) بود. آزمون‌های t زوجی از بازخورد کاربران در مورد پارامترهای مختلف نشان داد که حضور، انگیزه، سهولت کنترل و لذت در VR افزایش می‌یابد. مدل‌سازی معادلات ساختاری رابطه بین غوطه‌وری در VR و نتایج یادگیری درک شده را توصیف کرد. عواملی مانند حضور، انگیزه، کنترل و مزایای شناختی نتایج یادگیری درک شده را بهبود بخشیدند. در حالی که تفکر بازتابی برای نتیجه یادگیری درک شده بین پلتفرم‌های VR و دسکتاپ بی‌تأثیری است. بنابراین، ابزار VR پتانسیل را در یادگیری الکترونیکی نشان داد زیرا با درگیر کردن، ایجاد انگیزه و برانگیختن

شکل ۱. واقعیت توسعه یافته (XR) برای کاربردهای زیست پزشکی و اصول اصلی کار

(A) واقعیت مجازی (VR): تجسم یک تصویر سه بعدی از ریه با استفاده از نمایشگر نصب شده روی سر (HMD) در VR.

(B) واقعیت افزوده (AR): واقعیت افزوده مبتنی بر تلفن هوشمند. این گوشی هوشمند طرح مغز را تقویت می‌کند. دنیای واقعی که توسط دوربین با پوشاندن تصویر مجازی مغز گرفته شده است.

(C) واقعیت مختلط (MR): تجسم یک تصویر سه بعدی از قفسه سینه با استفاده از عینک MR. کاربر می‌تواند با اشیاء واقعی و مجازی در محیط کاربری که از طریق عینک MR دیده می‌شود تعامل داشته باشد.

(D) ردیابی بدون نشانگر در AR: این شامل ترکیبی از داده‌های مکان (از سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS))، داده‌های واحد اندازه‌گیری اینرسی (IMU) (شامل یک شتاب‌سنج،ژیروسکوپ، و مغناطیس‌سنج) و بینایی کامپیوتری (برای ردیابی ویژگی‌های تصویر مانند عمق صحنه، سطح جسم و لیه‌های جسم).

(E) ردیابی مبتنی بر نشانگر در AR: ابتدا دوربین گوشی هوشمند با نشانگر واقعی صحنه تصویری را می‌گیرد. سپس سیستم بینایی کامپیوتری گوشی هوشمند نشانگر را از صحنه جدا می‌کند و سپس زمینه را حذف می‌کند. در مرحله بعد، یک سیستم مختصات مجازی یا نشانگر به عنوان مرجع ترسیم می‌شود و شی مجازی با توجه به سیستم مختصات در صحنه قرار می‌گیرد. سپس تصویر افزوده شده در گوشی هوشمند به کاربر نمایش داده می‌شود.

(F) درجات آزادی (DoFs) در VR: ردیابی VR می‌تواند 3DoF داشته باشد که بر اساس حرکت چرخشی کاربر است یا 6DoF که شامل حرکت چرخشی و انتقالی کاربر است.

(G) ردیابی اصول VR: دو ایستگاه پایه که به صورت مورب در سراسر اتاق قرار گرفته‌اند، داده‌های موقعیتی را از HMD و کنترلرها برای ردیابی حرکت کاربر دریافت می‌کنند. متخصصان پزشکی، مسیرهای بالقوه‌ای را برای توسعه پلتفرم‌های XR برای پروژه‌های تعاملی، آموزشی و اکتشافی فراهم می‌کنند [۱].



استفاده از کنترل‌کننده‌ها گرفته و بکشند تا آن را بچرخانند و آن را برای تمرکز بر روی یک منطقه خاص مورد علاقه، مقیاس کنند. پارامترهای نمایشگر مانند رنگ، روشنایی و شفافیت قابل تنظیم بودند. همانطور که در بسیاری از برنامه‌های کاربردی VR که در اینجا مورد بحث قرار گرفت، این برنامه گزینه‌ای را برای چندین کاربر فراهم کرد تا به طور همزمان با هم کار کنند [۱].

اگرچه ConfocalVR اجازه تجسم تصاویر با وضوح بالا را می‌داد، اما فاقد اندازه‌شناسی مبتنی بر تصویر، از جمله تعیین کمیت داده‌های نمایش داده شده از نظر فاصله، شدت یا مکان پیکسل بود. آسیب شناسان به کمک فناوری VR تصاویر کل اسلاید (WSIs) را با سهولت بیشتری در جهت یابی، اطمینان تشخیصی و کیفیت تصویر بررسی می‌کنند (شکل 2A). پلتفرم‌های WSI برای دیجیتالی کردن اسلایدهای شیشه‌ای با استفاده از سخت افزار، مانند اسکنرهای کل اسلاید استفاده می‌شود. آسیب شناسان در حال حاضر چالش‌هایی را در مشاهده و پیمایش اسلایدهای دیجیتالی به صورت دو بعدی روی مانیتور کامپیوتر با استفاده از ماوس کامپیوتر تجربه می‌کنند. امکان سنجی VR عملکرد مشابهی را در مقایسه با نمایشگر با کیفیت بالا به همراه داشت. در اینجا، VR قابلیت ناوبری را با استفاده از کنترلرهای فعال بهبود بخشید. با این حال، کیفیت تصویر و قابلیت اطمینان تشخیصی در مقایسه با نمایشگرهای معمولی به دلیل رزولوشن پایین هدست‌های واقعیت مجازی پایین‌تر از حد مطلوب بود [۱].

مایکروسافت هولولنز، یک MR HMD هولوگرافیک، توسط مهندسان و پزشکان برای مشاهده تصاویر سه بعدی، مانند ساختارهای تشریحی، به صورت تعاملی با وضوح بالاتر استفاده می‌شود. رابط های MR مبتنی بر هولولنز به جراحان و پرسنل پزشکی کمک کرد تا اندام‌های پیچیده را در طول جراحی‌ها به طور مجازی تجسم کنند. از هولولنز برای حاشیه‌نویسی نمونه‌ها در طول کالبد شکافی، تجسم و هدایت WSIs و برای تله پاتولوژی و همبستگی پاتولوژی-رادیولوژی در زمان واقعی استفاده شد (شکل 37 SIA). این دستگاه برای آسیب شناسی دیجیتال مناسب بود زیرا استفاده از آن آسان بود و از تصویربرداری با وضوح بالا پشتیبانی می‌کرد [۲].

دانش‌آموزان، یک محیط یادگیری ایده‌آل را در مقایسه با دستکتاب فراهم می‌کنند [۱].

ب) روندهای فعلی زیست‌درمانی در XR

XR تجسم داده‌ها و تجزیه و تحلیل سه بعدی تعاملی را امکان پذیر می‌کند.

فناوری‌های XR ابزاری را برای نگاه کردن به مدل‌های سه بعدی همانطور که هستند فراهم می‌کنند. یعنی اشیاء سه بعدی به جای نمایش‌های دوبعدی. بنابراین؛ داده‌های حجمی از فناوری‌های XR بهره زیادی می‌برند. به عنوان مثال، در مهندسی زیست پزشکی، VR و AR قابلیت‌های تجسم و تعامل با تصاویر میکروسکوپی، داده‌های مولکولی و مجموعه داده‌های تشریحی را به طور چشمگیری افزایش داده‌اند. میکروسکوپ AR گوگل (ARM) از یادگیری ماشینی برای تشخیص سرطان‌ها در زمان واقعی از تصاویر میکروسکوپی کل اسلاید استفاده کرد. سیستم ARM شامل یک میکروسکوپ میدان روشن تقویت شده، یک کامپیوتر و مجموعه‌ای از الگوریتم‌های آموزش عمیق آموزش دیده بود. در ARM، مدل یادگیری عمیق (DL) برای تشخیص سرطان پروستات و متاستاز غدد لنفاوی در سرطان پستان آموزش داده شده است. پیش‌بینی‌های DL حاصل بر روی نمونه میکروسکوپی به عنوان خطوط، نقشه‌های حرارتی یا اطلاعات بافتی با استفاده از AR پیش‌بینی شد. این سیستم به آسیب شناسان کمک می‌کند تا در زمان اسکن تصاویر کل اسلاید بزرگ برای وجود سرطان صرفه جویی کنند [۱].



یک تکنیک تصویربرداری در مقیاس نانو، میکروسکوپ گسترش، بود با VR ترکیب شده تا ساختارهای سلولی را بزرگ کرده و تجزیه و تحلیل کند آن‌ها برای تجسم با استفاده از میکروسکوپ نوری معمولی بسیار کوچک هستند، آنها ابزاری به نام ExMicroVR را پیشنهاد کردند که می‌تواند توسط حداکثر شش نفر به طور همزمان استفاده شود و امکان همکاری از راه دور بین دانشمندان را فراهم کند. میکروسکوپ انبساط حجم نمونه بافت را ۱۰۰ برابر افزایش می‌دهد و به راحتی می‌توان یافت‌ها، مولکول‌ها و برهمکنش‌های بین سلول‌ها را مشاهده کرد. تصاویر میکروسکوپ گسترش دوبعدی با VR به صورت سه بعدی با نمای ۳۶۰ با استفاده از یک رابط تعاملی ترکیب شدند. یکی دیگر از برنامه‌های ConfocalVR، پیچیدگی آن را مورد مطالعه قرار داد ساختار و آرایش سلولی و توزیع پروتئین با مولکولی. این برنامه تصاویر سلولی سه بعدی، مانند میکروسکوپ هم‌کانونی Z تصاویر پشت‌های را به صورت حجم‌های قرمز-سبز-آبی (RGB) تجسم کرد. در رابط ConfocalVR، کاربران می‌توانند تصویر نمایش داده شده را با



ابزارهای VR نیز برای کمک به عصب شناسان در ردیابی نورون‌ها در تصاویر مغز توسعه یافته‌اند (شکل ۲B). TeraVR برای تجسم و حاشیه‌نویسی نورون‌ها در تصاویر مغز در مقیاس تراوکسل ایجاد شد. ۳۴ بازسازی‌های عصبی مبتنی بر TeraVR در کل مغز موش، حاشیه‌نویسی‌ها را در مقایسه با تجسم‌های غیر VR (به عنوان مثال، ۲ بعدی یا ۳۶۰ با زدید) بهبود بخشید. برای افزایش بیشتر کارایی، یک مدل DL مبتنی بر U-Net در بازسازی‌ها آموزش داده شد تا خروجی آن بر اساس بازخورد کاربر اصلاح شود. علاوه بر این، سیستم Tera-VR امکان همکاری محققان را برای حاشیه‌نویسی مدل به طور همزمان از مکان‌های جغرافیایی مختلف فراهم کرد. یکی دیگر از ابزارهای ردیابی نورون VR، روابط فضایی نورون‌ها را در داده‌های مغزی کاوش و حل کرد. در اینجا کاربران با حفظ دقت، به سرعت نورون‌ها را با استفاده از VR در مقایسه با نرم‌افزار دسکتاپ پیشرفته ردیابی کردند [۳].

نیارت و همکاران یک رابط کاربری گرافیکی (GUI) برای تجسم و تجزیه و تحلیل موقعیت مکانی داده‌های میکروسکوپ سه بعدی در VR (شکل ۳B)، جدا از ردیابی سر با استفاده از هدست، سایر رابط‌های ورودی، مانند ردیابی دست با استفاده از Leap Motion، دوربین مادون قرمز استریوسکوپ یا یک گیم‌پد سنتی استفاده شد. کاربران دو کانال را در یک منطقه مورد علاقه (ROI) از پیش انتخاب شده برای تجسم داده‌های colocalized انتخاب کردند. VisionVR توسط arivis یک برنامه VR برای تجسم تصاویر میکروسکوپ سه بعدی است که مجموعه‌ای از ابزارها را برای اهدافی مانند تجسم، تجزیه و تحلیل و ردیابی ارائه می‌دهد (شکل ۲C). VisionVR که در ابتدا برای میکروسکوپ توسعه یافته بود، می‌تواند برای تجسم حجم در سایر سه بعدی یا چهار بعدی استفاده شود [۳].

تصاویر، مانند توموگرافی کامپوتری (CT) یا تصاویر تصویربرداری تشدید مغناطیسی (CAVE MRI) روش تجسم متفاوتی از اجزای سلولی در VR به جای HMD ها ارائه کرد (شکل ۳C). (EI) بازسازی سلولی سه بعدی از میکروسکوپ الکترونی (EM) آماده سازی بافت عصبی بر روی دیوارهای اتاق با استفاده از CAVE پیش بینی شد و به کاربران اجازه می‌داد وارد داخل شوند و در مدل حرکت کنند. درون مدل بسته نرم افزاری تجسم واقعیت مجازی دیگری به نام vLUME (تجسم جهان در یک محیط کوچک)، مجموعه داده‌های میکروسکوپ محلی سازی تک مولکولی سه بعدی (SMLM) را ارائه کرد.



شکل ۲. تجسم مبتنی بر VR و AR از داده‌های تصویربرداری تجربی علمی، ابزارهای جراحی و آناتومی، و رابط‌های مشترک برای آموزش و بهداشت از راه دور (A) تجسم کل اسلاید دیجیتال و ناوبری با استفاده از HMD در VR و یک مرورگر مبتنی بر وب برای تصویربرداری کل اسلاید روی دسکتاپ (B) تجسم کاربرد در حال نمایش یک نورون ابزار ردیابی برای مثال،

TeraVR می‌تواند داده‌های تصویربرداری کل مغز را در VR تجسم کند و مورفولوژی نورون‌ها را در مناطق مختلف مورد نظر (ROIs) بازسازی کند.

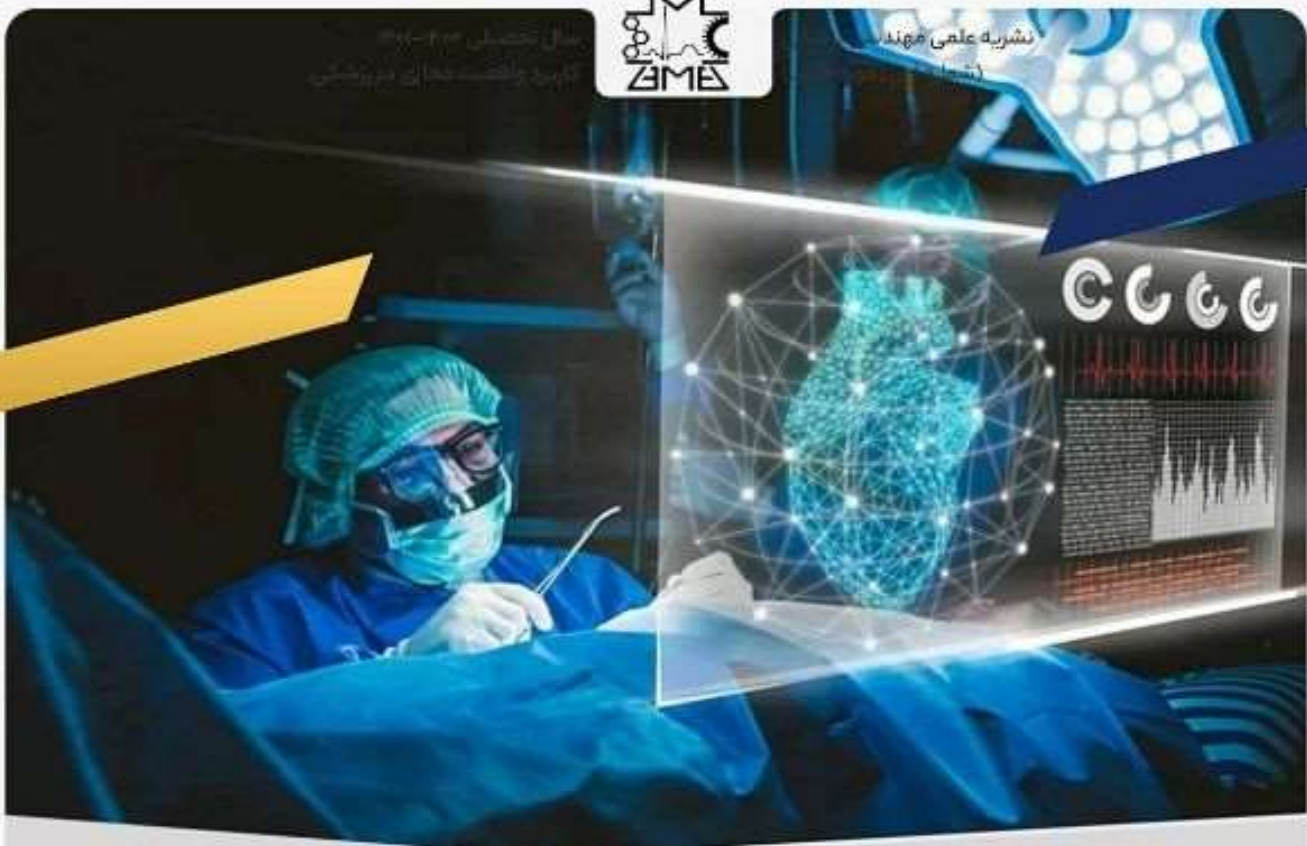
(C) تجسم و ناوبری یک تصویر میکروسکوپ الکترونی اسکن سه بعدی (SEM) با استفاده از نرم افزار VisionVR توسط arivis. (D و E) پزشکان می‌توانند از AR برای چرخاندن برخی موارد استفاده کنند.

آناتومی در جراحی مغز و جراحی قلب برای به دست آوردن تجسم کامل برای اجرای بهتر، برنامه ریزی و جراحی‌هایشان را توضیح دهند. (F) مطالعه آناتومی با استفاده از VR می‌تواند به پزشکان کمک کند تا فرآیندهای پزشکی را برای سایر متخصصان سلامت تجسم و توضیح دهند. یک دانشجوی پزشکی چندین اندام و سیستم اندام را در واقعیت مجازی تجسم می‌کند.

(G) قلم‌های AR را می‌توان برای دریافت تصویر سه بعدی استفاده کرد تا به دانش‌آموزان در تجسم و مطالعه بهتر مفاهیم کمک کند.

(H) از VR می‌توان برای ارزیابی‌های بالینی استفاده کرد که در آن پزشک و فرد مبتلا می‌توانند برای دریافت چکاپ وارد دنیای مجازی شوند [۱].





به عنوان مثال، آموزش روش های پانکراس با استفاده از جسد نیازمند برداشتن کبد برای تجسم پانکراس است [۱].

از سوی دیگر، پلتفرم های واقعیت مجازی می توانند بدن انسان را به صورت دیجیتالی تشریح کنند تا با استفاده از کنترل واقعیت مجازی با حرکات انگشتان، پانکراس را به طور مصنوعی از بین ببرند و به دانش آموزان اجازه می دهند در صحنه مجازی به سرعت به پانکراس دسترسی داشته باشند. صدای هماهنگ یکی دیگر از جنبه های مهم آنچه XR در زمینه آموزش پزشکی ارائه می دهد است. به عنوان مثال، دانش آموزان می توانند ضربان قلب را هنگام یادگیری در مورد اندام بشنوند و به آنها اجازه می دهد تا نحوه عملکرد دریچه ها و اناق ها در بدن انسان را بهتر درک کنند. شبیه سازهای پیشرفته، مانند RASimAs که توسط دانشگاه آخن توسعه یافته اند، از اسکن های افراد آسیب دیده واقعی برای شبیه سازی واکنش بافت ها استفاده می کنند که به جراحان اجازه می دهد تا سناریوهای جراحی بسیار واقعی را تجربه کنند و برنامه ریزی مناسب با آن را بیاموزند (شکل های ۲D و ۳D). برای مثال، واکنش های بافتی از شبیه ساز RASimAs دانش آموزان را قادر می سازد تا مهارت های مناسبی را برای دقت تزریق ایجاد کنند. واکنش های بافتی از RASimAs شبیه آنچه ممکن است هنگام چرخاندن سوزن سرنگ اتفاق بیفتد، و واکنش های حاصل به پزشک آموزش داد تا دقت ضربه زدن به عصب راست را بررسی کند. درک چگونگی رخ دادن برخی اشتباهات برای دانشجویان پزشکی بسیار ارزشمند است، به ویژه زمانی که نتایج فوری اقدامات آنها آشکار شود [۲].

R می تواند به عنوان یک رویکرد آموزشی برای انتقال دانش مورد استفاده قرار گیرد یک مطالعه مهارت های عملی و درک نظری ۶۹ شرکت کننده در مطالعه را پس از دریافت تمرین سنتی یا آموزش شبیه سازی واقعیت مجازی، ارزیابی کرد. گروه های آموزشی مرسوم روش

vLUME یک محیط VR کامل برای تجسم داده ها، تقسیم بندی و تعیین کمیت نقاط پیچیده سه بعدی ایجاد کرد. داده های ابری و شناسایی عیوب علاوه بر این، نرم افزار vLUME ویژگی های تجزیه و تحلیل تصویری دقیق مانند کاوش داده ها، مقایسه بین مجموعه داده ها، استخراج ROI، تجزیه و تحلیل مناطق فرعی سفارشی، و صادرات فیلم ها برای ارائه کرد.

ج) آموزش مجازی برای جراحی ها و دستگاه های زیست پزشکی

جراحی ها به مهارت های خاصی نیاز دارند که به تمرین شدید و آموزش اختصاصی نیاز دارند، اما این فرآیند می تواند برای کارآموزان پزشکی دشوار باشد. VR به دانشجویان پزشکی این فرصت را می دهد که قبل از انجام عمل جراحی روی یک فرد برای رسیدگی به این مشکل، یک روش کم خطر را تمرین کنند. شبیه سازهای مبتنی بر واقعیت مجازی مانند RASimAs، AnatomyX و SimSurgery دانش آموزان را آماده کرده اند. برای سناریوهای غیرمنتظره در طول اقدامات پزشکی با محبوبیت بیشتر، این شبیه سازها در دانشکده های پزشکی، دانش آموزان مهارت هایی مانند تفکر در محل، حل مسئله در یک محیط عملی و انجام وظایف در یک محیط استرس زا را توسعه می دهند. اگرچه برنامه های VR به دلیل هدست های مجزا باعث عدم همکاری می شوند، برخی از شبیه سازهای قبلاً ذکر شده با استفاده از اشاره گرها همکاری را تشویق می کنند تا دیگران بتوانند آنچه را که شخص در دنیای مجازی به آن اشاره می کند، ببینند [۱].

اگرچه VR ممکن است تجربه یادگیری مشابه تمرین بدنی روی جسد یا بدن واقعی انسان را ارائه ندهد، آموزش مبتنی بر VR دارای مزایای منحصر به فردی است. VR کار با اندام های عمیق مختلف را تسهیل می کند که ممکن است از نظر فیزیکی توسط دیگران مسدود شود و بنابراین مشاهده آنها در طول تمرینات جراحی معمولی دشوار است.

- شکل ۴. واقعیت مجازی در حال استفاده (در دانشگاه های اگسفورد و نورث هپتون)
(a) دانشجوی پرستاری با هدست واقعیت مجازی.
(b) انجام معاینه قلبی بر روی بیمار مجازی.
(c) ارائه یک تجربه واقعیت مجازی بر روی چندین صفحه برای یادگیری گروهی.
(d) پاسخ مردمک به نور در یک بیمار مجازی [۳].



د) دستورالعمل های میکروسکوپ مبتنی بر AR

در آزمایش AR، تصویری از یک میکروسکوپ را از یک کتاب درسی زیست شناسی یا درس تجربی به عنوان شی واقعی تعریف کردیم، مدل سه بعدی میکروسکوپ و اجزای آن با ویژگی های اشیاء مجازی بودند. در نتیجه، یک پایگاه داده برای ذخیره مواد آموزشی، مانند تصاویر یک میکروسکوپ، تصاویر مشاهدات با استفاده از میکروسکوپ، توضیحات عملکرد در متن، و دستورالعمل های صوتی برای کار با میکروسکوپ ایجاد شد. ما از تصاویر گرفته شده از کتاب درس آزمایشگاه میکروسکوپ برای تشخیص استفاده کردیم. صحنه های مجازی شامل یک مدل سه بعدی از میکروسکوپ و رفتار تعاملی آن بود. فرآیندهای تعامل میکروسکوپ مبتنی بر AR در شکل ۵ نشان داده شده است. کنترل های رابط کاربری (UI) برای نمایش بزرگنمایی های مختلف لنزهای شینی (به عنوان مثال، $\times 4$ ، $\times 10$ و $\times 40$) با انواع مختلف اسلایدها و جوی استیک ها برای شبیه سازی تعریف شده اند. عملکرد میکروسکوپ، و یک پنجره نمایش برای تصویر اسلاید [۴].

آزمایش عملکرد میکروسکوپ بر روی یک دستگاه تلفن همراه با استفاده از تعامل ژست یا صدا انجام شد. علاوه بر این، عملکرد هر جزء در میکروسکوپ مبتنی بر تحقیق بود. فناوری واقعیت افزوده مبتنی بر تصویر برای فعال کردن مدل های میکروسکوپ سه بعدی و رفتارهای متقابل متنظر با محتوای یک کتاب درسی زیست شناسی استفاده شد. ثبت بر اساس ویژگی های طبیعی برای سهولت استفاده بدون افزودن نشانگرهای انتزاعی محبوب است. تصویر میکروسکوپ در مواد آموزشی بیولوژیکی برای شناسایی استفاده شد. اطلاعات مربوط به ویژگی های تصویر تشخیص استخراج شد. باینریزه سازی بلادرنگ بر روی تصاویر رنگی گرفته شده توسط دوربین اعمال شد و سپس اطلاعات ویژگی های هر تصویر استخراج شد. پس از آن، با استفاده از الگوریتم تطبیق ویژگی، ویژگی های هر تصویر جریان ویدیویی با ویژگی های تصویر تشخیص مطابقت داده شد. پس از تطبیق موفقیت آمیز، ماتریس تبدیل بین تصاویر در زمان واقعی محاسبه شد. فرآیند ثبت در شکل ۵ نشان داده شده است.

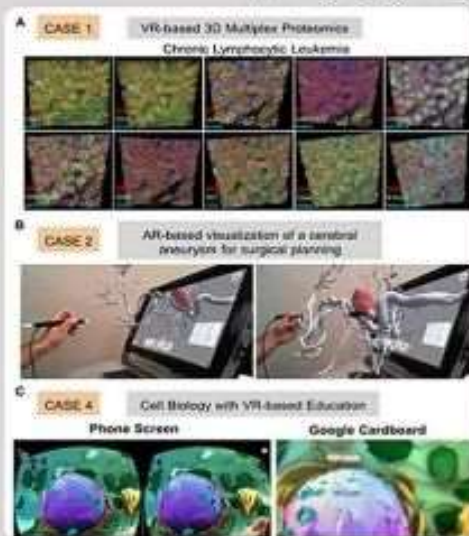
های عملیاتی استاندارد (SOPs) را می خواندند یا آموزش های واقعی را در آزمایشگاه دریافت می کردند. محققان دریافتند که شرکت کنندگانی که با استفاده از شبیه سازی VR آموزش دیده اند بهتر از کسانی که SOPها را در آزمون انطباق استاندارد (۳۹ درصد بهتر) و مهارت عملی خوانده اند، عمل کرده اند. ارزیابی (۴۱٪ بهتر) [۱].
با این حال، در مقایسه با افرادی که آموزش واقعی دریافت کردند، در آزمون استاندارد انطباق نمرات مساوی دریافت کردند و در آزمون مهارت های عملی ۲۱ درصد بدتر عمل کردند. محققان به این نتیجه رسیدند که آموزش شبیه سازی VR یک جایگزین مقرون به صرفه و استاندارد برای آموزش واقعی است. آنها پیشنهاد کردند که آموزش شبیه سازی VR می تواند جایگزین خواندن SOP و مکمل آموزش واقعی در استفاده از تجهیزات و روش ها شود.

شکل ۳. مطالعات موردی با استفاده از VR و AR

(الف) مورد ۱: تجسم مبتنی بر VR داده های تصویربرداری پروتئین چندگانه. تجسم داده های تصویربرداری CODEX بسیار مالتی پلکس (۱۸ نشانگر) به دست آمده از افراد مبتلا به لوسمی لنفوسیتی مزمن (CLL) در ConfocalVR۳۲ نشان داده شده است. برش هایی از هر مجموعه از نشانگرها به پشته های RGB با فرمت (nil) تبدیل شدند. اولین تصویر برای هر شرایط، کنترل پتل نمایشگر را نشان می دهد.

(ب) مورد ۲: تجسم مبتنی بر AR از یک آنوریسم مغزی برای برنامه ریزی جراحی. ایراتور از قلم به عنوان ابزاری برای کشیدن مدل عروقی به خارج از صفحه و به فضای AR استفاده می کند. رگ های مغزی طبیعی خاکستری، آنوریسم قرمز رنگ و صفحه گردن آنوریسم سیاه است. دو عکس فوری از عملکرد زمان واقعی این ابزار AR ارائه شده است.

(ب) مورد ۴: پلتفرم Google Cardboard مبتنی بر واقعیت مجازی برای آموزش زیست شناسی سلولی. سمت چپ نمای صفحه نمایش تلفن را نشان می دهد که یک صفحه نمایش تقسیم شده است، و سمت راست آنچه را می توان از طریق Google Cardboard مشاهده کرد، که یک نسخه سه بعدی تراز سمت چپ است. تصاویر مربوط به یک هسته در یک سلول گیاهی است [۱].





موقعیت زاویه دید دوربین بر اساس ماتریس تبدیل محاسبه شده به دست آمد، سپس تصویر جریان ویدئویی گرفته شده توسط دوربین، با صحنه مجازی سه بعدی در زمان واقعی ادغام شد. تصویر واقعی به عنوان پس زمینه استفاده می‌شود و صحنه مجازی روی آن قرار می‌گیرد. در نهایت، میکروسکوپ را می‌توان بر روی دستگاه تلفن همراه با استفاده از صفحه نمایش لمسی کارکرد[۴].

۳ نتیجه:

اگرچه فناوری XR چندین دهه است که وجود داشته است، محبوبیت آن تنها در چند سال گذشته افزایش یافته است. علی‌رغم وجود موانع، بسیاری از برنامه‌های XR در حوزه‌های مهندسی زیست پزشکی در حال توسعه هستند. در اینجا ما در مورد روندهای فعلی XR در پزشکی و زیست‌شناسی بحث کردیم. فناوری‌های XR، به ویژه VR، برای تجسم و تجزیه و تحلیل مدل‌های سه بعدی در مقیاس‌های مختلف استفاده می‌شوند.

از ساختارهای مولکولی تا آناتومیکی ادغام دستگاه‌های XR در کلاس درس یادگیری را افزایش می‌دهد، و بنابراین، XR برای آموزش مفاهیم بیولوژیکی ساختار سلولی و ساختار آناتومیک در سطوح دبیرستان و دانشگاه اجرا می‌شود. با پیشرفت‌ها، این پتانسیل را دارد که جایگزین بسیاری از تجربیات مبتنی بر جسد برای آموزش دانشجویان پزشکی در جراحی شود. علاوه بر این، فناوری XR وارد سلامت و درمان از راه دور شده است و به پزشکان و افراد مبتلا با مشاوره و درمان از راه دور کمک می‌کند. مطالعات موردی ارائه شده، سناریوهایی را مورد بحث قرار می‌دهد که در آن XR می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، مانند یادگیری مفاهیم در یک محیط VR با Google Cardboard، تجسم تصاویر پروتئین تک سلولی با استفاده از HMD، برنامه‌ریزی جراحی با استفاده از AR و VR. اگرچه استفاده گسترده از XR در زیست پزشکی در حال رشد است، اما به دلیل چالش‌های ترم افزاری و سخت افزاری هنوز به پتانسیل کامل خود دست پیدا نکرده است. بهبود تجربه کاربری و به حداقل رساندن عوارض جانبی نیز نگرانی‌هایی هستند که باید قبل از استفاده گسترده از فناوری XR به عنوان یک ابزار روزانه در عموم، مورد توجه قرار گیرند [۱-۲].

زهرا محمدی آسیابی



میینا کوره ساز



بیومکانیک

سیستم تنفسی

سیستم تنفسی انسان یکی از مهم‌ترین سیستم‌های بدن است که برای انجام فعالیت‌های روزانه و حفظ سلامتی لازم است. سیستم تنفسی انسان نقش بسیار مهمی در حفظ سلامت و عملکرد بدن دارد. بیومکانیک سیستم تنفسی، به‌عنوان یک حوزه مطالعاتی در علوم پزشکی و تحقیقات بالینی، به بررسی ساختار، عملکرد و اندازه‌گیری واکنش‌های فیزیولوژیکی سیستم تنفسی در پاسخ به تنفس عمیق و هوای می‌پردازد.

بینی، به دلیل وجود موانع بینی، هوا از نیمکت ناحیه بالایی وارد می‌شود. فرایند کلی تنفس شامل دو مرحله است، یک مرحله نفس کشیدن (آمدن هوا به ریه‌ها) و دیگری نفس دادن (خارج کردن هوا از ریه‌ها). در مرحله نفس کشیدن، عضلات موجود در دیافرگم (عضله منشأ بینی بین شکم و سینه) فشار مثبت را برای جابه‌جا کردن هوا به داخل ریه‌ها ایجاد می‌کنند. تنفس هنگامی شروع می‌شود که مغز به‌عنوان پاسخ به کمبود اکسیژن در بدن، اعلام می‌کند که نیاز به نفس کشیدن داریم. بعد از آن، عضلات موجود در طرفین قفسه سینه متصل به استخوان سینه و استخوان شانه، به‌شدت فعال شده و سبب افزایش حجم سینه و جذب هوای تازه به داخل ریه‌های ما می‌شود.

در مرحله دوم، یعنی نفس دادن، هوا از ریه‌ها خارج می‌شود. این اتفاق به‌وسیله کوتاه شدن عضلات صدریند، ستون فقرات و عضلات شکمی در یک حرکت هماهنگ با هم اتفاق می‌افتد. این حرکت باعث تنگ شدن حجم تنفسی می‌شود و همچنین کمک می‌کند که دی اکسیدکربن از ریه‌ها به خارج از بدن منتقل شود. هنگامی که هوا وارد ریه‌ها می‌شود، به‌سرعت به گونه‌های منظم و همگن توسط مجاری هوای ریه‌ها جابه‌جا می‌شود و به همین دلیل از حفظ تعادل بافت‌های ریه‌ها پرہیز می‌شود. به همین دلیل چرخه تنفسی انجام می‌شود که در آن بین هر نفس، گوشت‌های ریه‌ها با هوا به‌صورت متقارن جابه‌جا می‌شوند. در طی این فرایند کلی، بخار آب و دیگر مواد معلق موجود در هوا همچنین جذب می‌شوند و به رطوبت رساندن آن لجاجت‌های ناشی از تنفس را نیز کاهش می‌دهد.

در این مقاله، به بررسی بیومکانیک سیستم تنفسی به‌عنوان یکی از حوزه‌های مطالعاتی در علوم پزشکی و تحقیقات بالینی پرداخته می‌شود. این مقاله در ابتدا به شرح مختصری از ساختار و عملکرد اجزای سیستم تنفسی، پرداخته و در ادامه، با ارتباط سیستم تنفسی و بیومکانیک آشنا می‌شویم؛ سپس گرایش‌های بیومکانیک سیستم تنفسی با استفاده از تکنیک‌های بیومکانیکی، بررسی می‌شوند. هدف این مقاله، بررسی و ارائه دیدگاه‌های جدید و مفید در خصوص بیومکانیک سیستم تنفسی است.

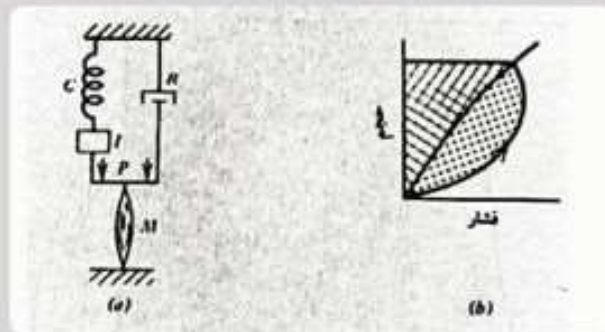
سیستم تنفس

سیستم تنفس بشر به‌منظور تامین اکسیژن به بدن و دفع دی اکسیدکربن به کار می‌رود. سیستم تنفسی علاوه بر مبادله CO_2 ، O_2 کارکردهای فیزیولوژیک دیگری نیز دارد. پایدار نگه داشتن PH (اسیدیته) یکی از کارکردهای اساسی خون است. نقش فرعی سیستم تنفسی مبادله گرما و برقراری توازن میان مایعات بدن از طریق گرم و مرطوب کردن هوایی است که تنفس می‌کنیم (دم). مکانیسم‌های تنفس، جریان کنترل شده‌ای از هوا را تولید می‌کنند که در جرف‌زدن، سرفه‌کردن، عطسه‌کردن، آه کشیدن، هق‌هق کردن، خندیدن، بوییدن و خمیازه کشیدن ضروری است. به‌علاوه، سد کردن راه هوا، فشار افزایش یافته‌ای برای خروج مدفوع و استفراغ کردن تولید می‌کند [1].

فرایند کلی تنفس

فرایند تنفس شامل دو نوع است: تنفس دهانی و تنفس بینی. در هر دو حالت، باید هوایی که استنشاق شده وارد راه‌های هوایی شود تا در آخر به مکان‌های تبادل گازی برسند و اکسیژن موردنیاز برای سلول‌ها و تولید انرژی را هضم کنند. در تنفس دهانی، هوا از دهان وارد می‌شود، در حالی که در تنفس

در جریان تنفس طبیعی، کاری در جریان بازدم صورت نمی‌گیرد. ماهیچه‌ها استراحت می‌کنند و فنرها به عقب می‌چند تا هوا را بیرون دهند و انرژی را در ضربه‌گیر R پراکنده کنند. هنگام ورزش سنگین ماهیچه‌ها برای بیرون دادن هوا به کار می‌افتند. کاربرد بازدم در جریان ورزش سنگین ممکن است تا ۵۲٪ کل انرژی بدن را به مصرف برساند. دم و بازدم سطحی سریع و دم و بازدم عمیق آهسته هر دو نسبت به تنفس طبیعی کارایی کمتری دارند. بیشتر جانوران آهنگ‌های تنفس خود را در حال آسایش تنظیم می‌کنند تا از کمترین توان استفاده کنند. در آهنگ‌های تنفسی پایین بیشتر کار در برابر نیروهای کشسانی شش و قفسه سینه انجام می‌شود. در آهنگ‌های تنفس سریع، کار در مقابله با نیروهای مقاومتی افزایش می‌یابد. روش دیگر برای تعیین کار انجام شده در تنفس، اندازه‌گیری O₂ اضافی مصرف شده با افزایش آهنگ تنفس در حالت استراحت است. میزان اکسیژن مصرف شده مستقیماً به کالری‌های غذایی (سوخته شده) بستگی دارد. فرض کنیم که اکسیژن اضافی در ماهیچه‌های تنفسی استفاده شده باشد. شکل ۲ یک منحنی معمول برای یک فرد طبیعی و یک منحنی برای بیمار مبتلا به آمفیزم شدید را نشان می‌دهد. فرد بیمار ممکن است با آهنگی سریع‌تر، اکسیژن بیشتری نسبت به آنچه که با تهویه افزایش یافته فراهم شده است، در کار تنفس مصرف کند؛ بنابراین، اندازه اکسیژن در جریان خون عمومی وی پایین می‌افتد. اگر انرژی بکاررفته در تنفس را که با روش مصرف اکسیژن به دست آمده است با کار انجام شده با استفاده از مدل شکل ۳ مقایسه کنیم، می‌توانیم کارایی مکانیسم تنفس را برآورد کنیم. به دلیل امکان خطا، کارایی برآورد شده از ۱۰-۵ درصد تفاوت دارند [۱].



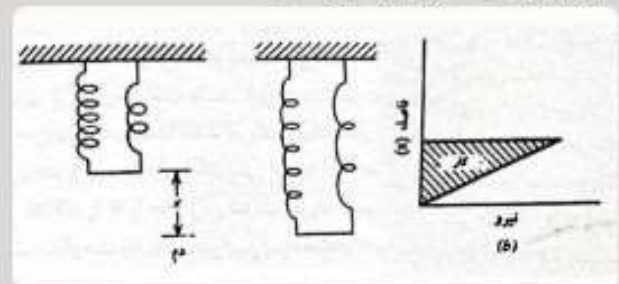
شکل ۳. (a) مدلی بهتر برای کاربرد و بازدم: C نشان دهنده دستگاه -قفسه سینه - دیافراگم، R مقاومت در برابر حرکت بافت و جریان گاز، M نشان دهنده متحرک، P فشار و M نشان دهنده ماهیچه‌های تنفسی است. (b) کار انجام شده. ناحیه هاشورخورده نشان دهنده کار در مقابله با فنر C و ناحیه نقطه دار نشان دهنده کار در مقابله با مقاومت R است.

بینی، به دلیل وجود موانع بینی، هوا از نیعمت ناحیه بالایی وارد می‌شود. فرایند کلی تنفس شامل دو مرحله است، یک مرحله نفس کشیدن (آمدن هوا به ریه‌ها) و دیگری نفس دادن (خارج کردن هوا از ریه‌ها). در مرحله نفس کشیدن، عضلات موجود در دیافراگم (عضله منشأ بینی بین شکم و سینه) فشار مثبت را برای جابه‌جا کردن هوا به داخل ریه‌ها ایجاد می‌کنند. تنفس هنگامی شروع می‌شود که مغز به‌عنوان پاسخ به کمبود اکسیژن در بدن، اعلام می‌کند که نیاز به نفس کشیدن داریم. بعد از آن، عضلات موجود در طرفین قفسه سینه متصل به استخوان سینه و استخوان شانه، به‌شدت فعال شده و سبب افزایش حجم سینه و جذب هوای تازه به داخل ریه‌های ما می‌شود.

در مرحله دوم، یعنی نفس دادن، هوا از ریه‌ها خارج می‌شود. این اتفاق به‌وسیله کوتاه‌شدن عضلات مندریند، ستون فقرات و عضلات شکمی در یک حرکت هماهنگ با هم اتفاق می‌افتد. این حرکت باعث تنگ شدن حجم تنفسی می‌شود و همچنین کمک می‌کند که دی اکسیدکربن از ریه‌ها به خارج از بدن منتقل شود. هنگامی که هوا وارد ریه‌ها می‌شود، به‌سرعت به گونه‌های منظم و همگن توسط مجاری هوای ریه‌ها جابه‌جا می‌شود و به همین دلیل از حفظ تعادل بافت‌های ریه‌ها پرہیز می‌شود. به همین دلیل چرخه تنفسی انجام می‌شود که در آن بین هر نفس، گوشت‌های ریه‌ها با هوا به‌صورت متقارن جابه‌جا می‌شوند. در طی این فرایند کلی، بخار آب و دیگر مواد معلق موجود در هوا همچنین جذب می‌شوند و به رطوبت رساندن آن لجاجت‌های ناشی از تنفس را نیز کاهش می‌دهند [۱].

کاردم و بازدم

بخش کوچکی از کل انرژی مصرف شده در بدن صرف عمل تنفس طبیعی می‌شود. کار اولیه تنفس را می‌توان به‌صورت کار انجام شده در کشیدن فنرهای دستگاه شش - دیواره قفسه سینه و دیافراگم (شکل ۱) در نظر گرفت که یا سطح سایه زده شده در شکل ۱ا متناسب است. با این حال، این نگرش ساده انگاشتن بیش از حد کار دو و بازدم است، مقاومت بافت‌ها و مقاومت جریان گاز گرما تولید می‌کند که می‌توان آن را با یک ضربه‌گیر نمایش داد [۱].

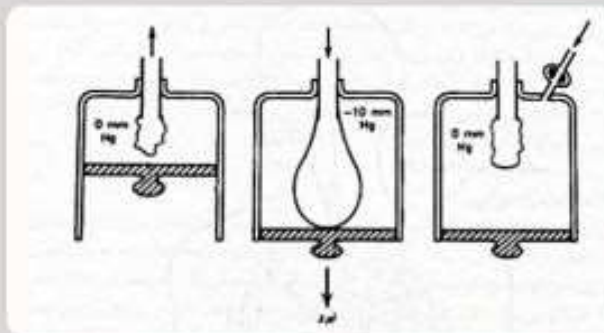


شکل ۱. مدلی برای کاربرد و بازدم: مکان فنرها در پایان چرخه تنفس



کنترل تنفس

در حالت طبیعی، تنفس امری ناخودآگاه است. گرچه سرعت تنفس را می‌توان به دلخواه تغییر داد. ولی شخص اکثراً از تنفس خود آگاه نیست؛ مگر وقتی که به آسم یا آمفیزم مبتلا باشد. کنترل فیزیولوژیک تنفس به عوامل بسیاری بستگی دارد. اما PH در مرکز تنفسی مغز کنترل اولیه را انجام می‌دهد. اگر یک شش از قفسه سینه خارج شود، تمام هوای آن خارج می‌شود (شبه بادکنکی که هوای آن خالی شده باشد) و تا (۱/۳) اندازه خود فرو می‌خوابد؛ شش را می‌توان به صورت میلیون‌ها بادکنک کوچک که همگی سعی دارد فرو بخوابند فرض کرد. شش‌ها در حالت طبیعی فرو نمی‌خوابند، زیرا در یک محفظه غیرقابل نفوذ به هوا یعنی قفسه سینه قرار گرفته‌اند. با حرکت دیافراگم و قفسه سینه، شش‌ها در تماس با آب‌های باقی می‌مانند. دو نیرو مانع فرو خوابیدن شش‌ها می‌شود: کشش سطحی بین شش‌ها و دیواره قفسه سینه و فشار هوای درون شش‌ها. کشش سطحی همانند کشش بین دو قطعه سلوفان یا نوار چسبیده به هم است. از آنجا که هوا نمی‌تواند به فضای داخلی جنبی برسد، چنانچه شش‌ها بر این نیرو برتری یابند و از دیواره قفسه سینه دور شوند، خلاء ایجاد می‌شود و چون هوای درون شش‌ها در فشار اتمسفر است، این هوا شش‌ها را دوباره به سوی دیواره قفسه سینه می‌راند. در حالت طبیعی، فشار منفی ۱۰-۵۰ تور در فضای داخلی جنبی وجود دارد. ماهیچه‌های بسیاری در تنفس نقش دارند. در زمان انقباض، ماهیچه‌های بین دنده‌ای، باعث باز شدن قفسه سینه می‌شود. با انقباض سیار ماهیچه‌های بین گردن و قفسه سینه نیز ممکن است قفسه سینه بزرگ شود. در حالت طبیعی غالباً تنفس با انقباض ماهیچه‌های دیافراگم انجام می‌شود و با این عمل و در نتیجه به پایین کشیده شدن دیافراگم، شش‌ها باز می‌شوند. زمانی که هوا را به درون فرو می‌بریم، دیافراگم را نیز به پایین می‌کشیم. این کار در شکل ۴ با فلش نشان داده شده است. به این ترتیب، فشار منفی کوچکی در شش‌ها ایجاد می‌شود و هوا را به درون جریان می‌یابد. زمانی که هوا را بیرون می‌دهیم، ماهیچه‌های دیافراگم را در حالت استراحت قرار می‌دهیم. نیروهای کشسان در شش‌ها باعث بازگشت دیافراگم به وضعیت طبیعی خود می‌شود و هوا بدون فعالیت ماهیچه‌ای به بیرون شش‌ها جریان می‌یابد. اگر ماهیچه‌های دیافراگم فلج گردد، ماهیچه‌های قفسه سینه برای تنفس وارد کار می‌شود [۱].



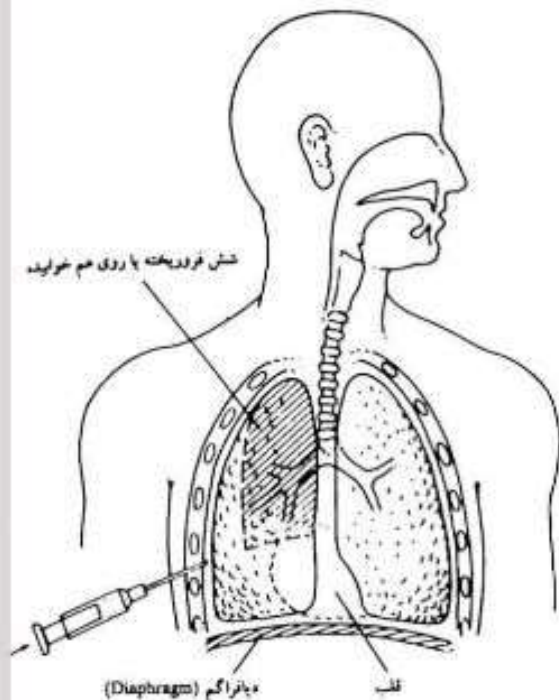
شکل ۴- مدلی ساده برای مکانیسم‌های تنفس. (a) در جریان بازدم، (b) در جریان دم، (c) در جریان پنوموتوراکس.

همان گونه که در شکل ۴ به طور شماتیک با درجه‌ی باز نشان داده شده است، اگر دیواره‌ی قفسه‌ی سینه سوراخ شود شش فرو می‌خوابد، دیافراگم پایین می‌رود و دیواره‌ی قفسه سینه باز می‌شود. این وضعیت پنوموتراکس نامیده می‌شود. از نظر پزشکی گاهی بهتر است که یکی از شش‌ها فرو بخوابد تا "استراحت" کند. از آنجاکه هر شش در بخش مسدود شده‌ی خود قرار دارد، فرو خواباندن فقط یک شش همان گونه که در شکل ۵ نشان داده شده است کاری نسبتاً ساده است. این کار که با وارد کردن سوزنی توخالی بین دنده‌ها (یک سوراخ بین دنده‌ای) برای جریان یافتن هوا به درون فضای داخل قفسه سینه ای میسر است. هوای محبوس در فضای میان شش و قفسه سینه، به تدریج جذب یافت‌ها می‌شود و شش پس از چند هفته به حالت طبیعی برمی‌گردد. گاهی یک شش خودبه‌خود و بدون هیچ دلیل مشخصی روی هم می‌خوابد. این وضعیت پنوموتراکس خودبه‌خودی بین دانشجویان کمابیش شایع است. همانند روش پزشکی، شش با جذب هوا به وضع طبیعی بازمی‌گردد [۱].

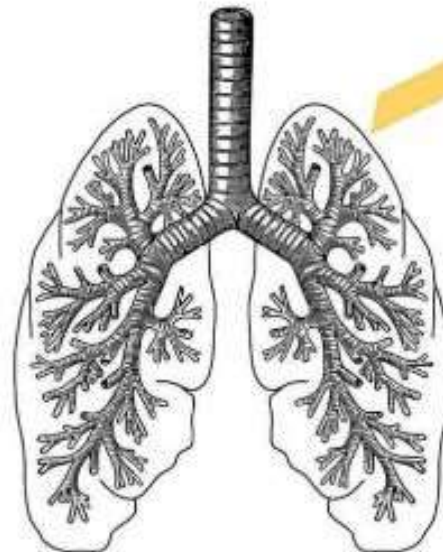
ساختار سیستم تنفس

سیستم تنفس انسان شامل سه قسمت اصلی است: ساختار بالایی تنفسی (شامل بینی، دهان، حنجره و لارنکس)، ساختار وسطی تنفسی (شامل تراشه بدن، برش میانی، برونش‌های اصلی و برونش‌های میانی) و ساختار پایینی تنفسی (شامل برونش‌های تنفسی کوچک و ساختارهای تبادل گاز مانند الوئول‌های ریه). این قسمت‌ها با یکدیگر در ارتباط بوده و وظایف متفاوت در فرایند تنفس را بر عهده دارند. هنگامی که ما هوایی را به داخل بینی می‌کشیم، هوا در مجرای بینی به گردش در می‌آید و توسط موکوس مرطوب شده و تمیزی می‌شود. سپس هوا به داخل حلق و سپس به زجاج هدایت می‌شود. زجاج علاوه بر این که ورود هوا به بدن را کنترل می‌کند، هم چنین صدای تنفس را تولید می‌کند [۱].

بعد از اینکه هوا به زجاج وارد شد، به تراشه‌ها می‌رود. تراشه‌ها به دو نوع اصلی تقسیم می‌شوند: تراشه‌های اصلی (چی و راست) که به صورت شاخه‌هایی به بیشتر برونش‌ها تبدیل شده‌اند و تراشه‌های خارجی (از جمله تراشه‌های نازک و طولانی در انتهای بیشتر برونش‌ها) که به طول و قطر کمتر تعبیه شده‌اند. هوا به این تراشه‌ها رسیده و سپس از طریق برگشتگه‌ها به ریه‌ها منتقل می‌شود. ریه‌ها همچنین بخش کلیدی ایفا می‌کنند چرا که بسیاری از مکانیزم‌های تنفسی در آن‌ها واقع شده‌اند. ریه‌ها شامل بافت‌های لوزالمعده هستند که دارای شبکه شعبه برش میانی و بروش می‌باشند. هنگامی که هوایی که در استنشاق شده است، به ریه‌ها وارد می‌شود، ابتدا از ساختار بالایی تنفسی گذر کرده و سپس به داخل تنفسی وارد می‌شود. از اینجا به بعد، تنفس مجاری تبدیل به سلول‌های بسیار کوچکی به نام الوئول‌ها می‌پردازد. الوئول‌ها از زنجیره‌ای از ساک‌های کوچک و واضح تشکیل شده‌اند و در واقع محرک واقعی تبادل گازی هستند. با تنفس و خروج دی‌اکسیدکربن از الوئول‌ها و ورود اکسیژن، هوای تنفسی تولید شده و با خون تعامل می‌کند [۲].



شکل ۵. پنوموتراکس سمت راست با ورود هوا بین دیواره‌ی قفسه سینه و شش ایجاد شده است. ناحیه هاشور زده نشان‌دهنده‌ی جذب بیرونی شش روی هم خوابیده است.



عضلات درگیر در سیستم تنفس

سیستم تنفس بشر، شامل استفاده از عضلات مختلف است که کمک می‌کنند تا نفس کشیده شود و هوای تنفسی در داخل و خارج شوند. عضلات مختلفی در سیستم تنفس شرکت دارند نظیر دیافراگم، عضلات صدریند، عضلات شناسه شانه‌ها و عضلات شکم.

عضلات نفس: عضلات نفس، شامل دیافراگم، عضلات صدریند، عضلات شناسه شانه و عضلات شکم هستند که در هنگام نفس کشیدن و دادن به صورت هماهنگ کار می‌کنند. این عضلات در هنگام نفس کشیدن به پایین حرکت می‌کنند و حجم ریه‌ها را بیشتر می‌کنند، هنگامی که در فرایند نفس دادن به بالا حرکت کرده و در تخلیه هوا از ریه‌ها نقش دارند.

دیافراگم: دیافراگم یک عضله قوی موجود در بین شکم و سینه است که به عنوان عضله نفس مشهور است. دیافراگم

در حین نفس کشیدن به پایین حرکت کرده و به همین دلیل فشار مثبتی در سینه ایجاد می‌دهد تا در ایجاد حجم جدید و جذب هوای تنفسی به ریه‌ها کمک کند.

عضلات صدریند: عضلات صدریند کمک می‌کنند تا پرونده‌ها و قدرت تنفسی در بدن افزایش یابد، حجم تنفسی افزایش پیدا کند و به عنوان ادامه دادن نفس کشیدن، نفس دادن و جذب اکسیژن استفاده می‌شوند.

عضلات شناسه شانه: عضلات شناسه شانه متصل به تمام قسمت‌های کمر، شانه و سست و بازوها، در شرایط شدید پاسخگویی هنگام نفس کوتاه می‌شوند و به ایجاد تعادل بین بافت‌های مختلف برای نفس کشیدن و نفس دادن و دفع دی‌اکسید کربن بدن کمک می‌کنند.

عضلات شکم: عضلات شکم تحت عنوان عضلات مخربه شناخته می‌شوند. این عضلات در سیستم تنفسی بیشتر به عنوان مسئول ایجاد فشار منفی برای نفس دادن شناخته شده‌اند، به منظور دفع دی‌اکسید کربن از بدن و خروج هوای تنفسی از ریه‌ها.

عضلات حنجره: حنجره یک قسمت از سیستم تنفس است که شامل تقاطع بین مجرای تنفسی و مجرای هضمی است. دو عضله مهم در حنجره عبارت‌اند از:

عضله تناسلی؛ این عضله در بخش عمقی حنجره واقع شده و در طی نفس کشیدن از بین می‌روند تا بتوان هوا به ریه‌ها منتقل کرد. هنگامی که می‌خواهیم حرف بزنیم، باید این عضلات را به کار برده و قصبه صوت را بسنه کنیم تا بتوانیم صدای خود را بدهیم.

عضلات طره‌ها؛ این عضلات به عنوان دیوارهای حنجره عمل می‌کنند. آنها در هنگام نفس کشیدن و دادن به حرکت می‌آیند و به بدن

کمک می‌کنند تا راه تنفسی را باز نگاه دارند و امکان انتقال هوا به ریه‌ها را میسر می‌کنند.

اگر نفس کشیدن و نفس دادن به دنبال یکدیگر نباشد، آذریکی از این عضلات در فرایند تنفس کار نکنند، به تنفس درست ختم نخواهد شد. با همه این‌ها، این عضلات در مراحل نفس کشیدن و نفس دادن برای درست کردن فشار مناسب و توجیه هوای تنفسی به ریه‌ها نیاز دارند. استفاده از عضلات و تعامل دوآدیوپتیکی بین آنها، برای ایجاد حرکات نفس کشیدن و نفس دادن در سیستم تنفس بشر بسیار ضروری است [۲].

ساختار ریه

هر کدام از ریه‌ها به منظور قرارگیری در قفسه سینه به صورت یک ساختار کره‌ای شکل درون صندلی ریه را ایجاد می‌کند. ریه درون یک کیسه‌ی لاشه‌ای موسوم به پلورا گرفته شده که در داخل آن خوشبختانه مایعی به نام مایع پلورال وجود دارد که به عنوان ضد زردونی برای اصطکاکات به کار می‌رود.

ساختار داخلی ریه‌ها: داخل هر ریه، ساختاری شامل بخش‌هایی از جمله برونش‌یوها، آلوئول‌ها، عروق خونی و اعصاب وجود دارد. برخی از این بخش‌ها عبارت‌اند از:

برونش‌یوها: راه برونش‌یوها ابتدا با یک سری خلالی شکل، سپس به شکل چهارچوب و در نهایت به دوتکه اصلی تقسیم می‌شوند (یکی به هر ریه). بخش فرعی‌های بیشتری نیز در برونش‌یوها وجود دارد که به صورت هرچه کوچک‌تر و به اندازه وسعت ریه‌هایی که می‌پوشند، به آنها ختم می‌شوند.

آلوئول‌ها: آلوئول‌ها به صورت عروق کوچکی شکل گرفته‌اند که برای نفوذ هوا به بخش‌های غیرفعال ریه‌ها به کار گرفته شده‌اند.

عروق خونی: عروق خونی درون ریه‌ها برای جریان خون به عنوان بخشی از سیستم خونی در وسعت آلوئول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. عروق خونی شامل عروقی بسیار کوچک هستند که از روده‌های ریه مشتق شدند.

اعصاب: سامانه اعصاب درون سطح ریه برای حرکت هوای موجود در مسیر تنفسی و همچنین جریان خون در عروق خونی ایجاد شده‌اند [۳].

عملکرد مکانیکی ریه

به‌طور کلی عملکرد مکانیکی ریه‌ها با تنفس مرتبط می‌شود. هنگامی که شما نفس می‌کشید، ارپرده شکم (عضلات خارجی شکم) و عضلات میانه‌ی زیرانی دائمی به وقوع می‌پیوندد تا فضا درون صندوق سینه شما افزایش یابد و هوا به دستگاه تنفسی وارد شود.



¹vocal cords.

²pharyngeal muscles.



تنفس خارجی شامل سه مرحله اصلی است؛ **تهویه**؛ هوای تنفسی باید وارد ریه‌ها شود. این روند با انقباض عضلات دیافرآگم و عضلات فضای سینه صورت می‌گیرد و باعث گسترش حجم تنفسی می‌شود.

گازگیری؛ در این مرحله هوای حاوی اکسیژن به داخل ریه وارد می‌شود و دی‌اکسیدکربن از محفظه جمع‌کننده ریه‌ها خارج می‌شود.

دفع؛ دی‌اکسیدکربن یا تنفس خارجی از بدن دفع می‌شود. تغییرات فشار داخل و خارج از ریه‌ها هنگام تنفس از اهمیت بالایی برخوردار است. در مرحله تنفس خارجی، قفسه سینه با تنفس عمیق به بالا و پایین حرکت می‌کند. همچنین، بخش‌های کوچک‌تر ریه‌ها هنگام تنفس بزرگ‌تر می‌شوند و بازگشت به اندازه اولیه خود را بعد از تنفس از دست می‌دهند.

در کل، عملکرد مکانیکی ریه‌ها به منظور جذب و توزیع هوا به طور کامل و بهتر می‌شود و برای این کار فشار هوای داخل و خارج از ریه‌ها در نحوه‌ای کنترل شده است [۴].

ارتباط بین بیومکانیک و عملکرد تنفسی

بیومکانیک به شیوهایی که بدن حرکت می‌کند و قوانین حرکت و کنترل حرکت را بررسی می‌کند. تنفس نیز به بخشی از حرکات بدن اشاره دارد که باعث جابه‌جایی هوا در دستگاه تنفسی می‌شود؛ بنابراین، بیومکانیک به طور مستقیم با عملکرد تنفسی مرتبط است. عملکرد تنفسی بسته به فشار و جریان هوایی درون ریه‌ها متفاوت است. به عنوان مثال، بیشتر بیماران مبتلا به بیماری‌های تنفسی، از جمله آسم و بیماری‌های مزمن انسدادی ریه، دچار کاهش فشار و جریان هوایی در راه‌های تنفسی خود هستند. این بیماران ممکن است مشکلاتی در حین تنفس داشته باشند. شرایط بیشتری تلاش برای تامین اکسیژن به بدن داشته باشند و حتی ممکن است دچار خستگی شوند. بنابراین، با بررسی بیومکانیک با عملکرد تنفسی می‌توان بهبود حالت‌های بیماری برای افرادی که دچار مشکلات تنفسی هستند، کمک کرد. به عنوان مثال، تمرینات وزنه‌برداری و تنفسی می‌تواند به عنوان یک روش درمانی در بیماری‌هایی مانند آسم و مزمن انسدادی ریه اثربخش باشد. تمریناتی که مرتبط با بهبود قدرت عضلات تنفسی، عملکرد تنفسی و توانایی تئوری هوا را تقویت می‌کنند و به افزایش جریان هوایی در راه‌های تنفسی کمک می‌کنند. به طور کلی، بیومکانیک به ما کمک می‌کند تا درک بهتری از حرکات مرتبط با تنفس پیدا کنیم و با دیدن وضعیت عضلات، فشار، جریان و قرارگیری بدن در شرایط مختلف، می‌توان کنترل بیشتری بر روی عملکرد تنفسی داشت [۵].

هنگامی که شما خارج می‌شوید، عضلات تنفسی کمر (عضلات داخلی شکم) و احشاء از فشار کاهش می‌یابد و هوا از ریه‌های شما به محیط خارجی وارد می‌شود [۴]. ریه‌ها از راه‌هایی به نام برونش‌ها به تنفس شما کمک می‌کنند و در طول این راه‌ها، هوا وارد دریچه‌هایی به نام الوئول‌ها می‌شوند. سپس اکسیژن در هوا از آئول‌ها به خون که در شریان‌های قرمز شما جریان دارد، منتقل می‌شود در حالی که دی‌اکسیدکربن از خون در مقابل اکسیژن به آئول‌ها منتقل شده و خارج می‌شود. این فرایند خنثی‌سازی، تبادل گاز و تمیزکنندگی آلودگی هوا را از راه آماده‌سازی هوای قابل تنفس برای بدن شما، ارائه می‌دهد. برای اینکه ریه‌ها بتوانند وظیفه خود را به بهترین شکل انجام دهند، به یک سری از عملکردهای مکانیکی نیاز دارند [۴].

۱- **تنفس طبیعی**؛ تنفس طبیعی توسط عضلات تنفسی انجام می‌گیرد که شامل عضلات دیافرآگم و عضلات بین دنده‌ای هستند. با تنفس، هوا از بین دو اقتصاد با ورود به ناحیه کم‌فشار غشایی بین پرده‌ها به اندازه کافی عمیق و منظم درون ریه‌ها نفوذ می‌کند.

۲- **تنفس اسپکاتیک**؛ این عملکرد مکانیکی ریه در واقع یک عکس العمل است و هنگامی اتفاق می‌افتد که به دلایلی مانند ذوب کامل پرده‌های ریه یا وجود یک سیالات بین پرده‌های ریه (به عنوان مثال خون در طی حمله قلبی) تنفس طبیعی امکان‌پذیر نباشد. در این شرایط، ریه‌ها به دلیل داشتن ساختار خاصی که شامل تکیه‌گاهی خود هستند و به تمامی طول پرده‌های ریه‌ها گسترش می‌دهند و سپس با نصب و حفظ ابعاد و شکل مجدد پرده‌ها می‌توان به تنفس لازم برای فعالیت‌های روزمره دست‌یافت.

۳- **شانه‌زدن**؛ شانه‌زدن همچنین می‌تواند یک عملکرد مهم مکانیکی ریه باشد؛ البته به صورت غیرقابل کنترل و تنها در صورتی که نیاز به اختلاط هوا با خون در قلب وجود داشته باشد. در این عملیات، حتی با جذب ۶٪ از هوای فعالیت‌های ورزشی، ۱٪ هوای نقره پایین پرده‌های ریه باقی می‌ماند. در این حالت دیگر در مرحله تنفس طبیعی نیستیم و تنها با شانه‌زدن (یا با استفاده از وسایل ایجادکننده فشار هوا مثل (Wusthof's Respiratory Device)) می‌توانیم فضاهای پایین‌تر ریه‌ها را تهویه کنیم.

هنگام تنفس، ریه‌ها عملکرد مکانیکی خود را با استفاده از جریان هوا و فشار هوای داخل ریه تنظیم می‌کنند. برای دقیق‌تر درک این فرآیند بهتر است به چندین مرحله تقسیم شود:

تنفس درونی؛ این فرایند شامل جذب هوا توسط بینی و دهان و همچنین تصفیه و گرم کردن آن توسط بینی، ناحیه آدامز و دیگر بخش‌های مجرای تنفسی می‌شود.

بیومکانیک سیستم تنفسی

تا به اینجا فهمیدیم سیستم تنفسی از بخش‌های مختلفی مانند بینی، حنجره، ریه‌ها و دیگر اجزای مربوط به تولید صدا تشکیل شده است. عملکرد صحیح سیستم تنفسی برای حفظ سلامت جسم بسیار حائز اهمیت است. به همین منظور بررسی بیومکانیک سیستم تنفسی، به معنای بررسی علمی نحوه عملکرد فیزیکی و شیمیایی تنفس است و می‌تواند منجر به شناخت عمیق‌تر از این سیستم شود و امکان بهبود وضعیت تنفسی افراد با مشکلات تنفسی فراهم شود [۵].

گرایش‌های بیومکانیک سیستم تنفسی

بیومکانیک سیستم تنفسی داری چندین گرایش است. در بیومکانیک دینامیکی، جریان هوا درون سیستم تنفسی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بیومکانیک مکانیکی، رفتار سیستم تنفسی در پاسخ به تحریکات زیاد یا کم در محیط بررسی می‌شود. در بیومکانیک جرم و تعادل، توانایی سیستم تنفسی برای حفظ تعادل و کارایی در حین تحریکات خارجی و بدنی بررسی می‌شود [۵].

بیومکانیک دینامیکی سیستم تنفسی

شاخه‌ای از بیومکانیک است که به مطالعه جنبش و عملکرد اعضای سیستم تنفسی در بدن انسان می‌پردازد. سیستم تنفسی شامل اعضای مانند بینی، حلق، برگشت‌ها، ریه‌ها و مجاری تنفسی است که در عملکرد تنفسی نقش دارند. مطالعه جریان هوا در مجاری تنفسی و اثر آن بر فشار و حجم ریه‌ها و سایر اعضای تنفسی انجام می‌شود. با استفاده از مدل‌سازی ریاضی و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، می‌توان تأثیر عوامل مختلفی مانند فشار خارجی، جریان هوا، حرکت اعضای تنفسی و... بر عملکرد سیستم تنفسی را بررسی کرد. در کل، بیومکانیک دینامیکی سیستم تنفسی به دانشمندان و محققان کمک می‌کند تا فرایند تنفسی را بهبود بخشند و درمان بیماری‌های تنفسی را بهبود ببخشند [۵].

بیومکانیک مکانیکی سیستم تنفسی

شاخه دیگری از بیومکانیک است که به مطالعه قوانین مکانیکی در سیستم تنفسی انسان می‌پردازد. در این حوزه، به بررسی قانون نیوتن و دینامیک جسم و تحلیل جنبش‌های سیستم تنفسی پرداخته می‌شود. برای مطالعه بیومکانیک مکانیکی سیستم تنفسی، از روش‌های متنوعی مانند شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، آزمایش‌های شناوری، دستگاه‌های تنفسی مکانیکی و سایر دستگاه‌های تجربی استفاده می‌شود. با استفاده از این روش‌ها، می‌توان عملکرد سیستم تنفسی در شرایط مختلفی مانند ورزش، بیماری‌های تنفسی، عوامل آلودگی هوا و... را بررسی کرد. بیومکانیک مکانیکی سیستم تنفسی به پزشکان و محققان کمک می‌کند تا فرایند تنفسی را بهبود بخشند، عواملی که باعث ایجاد بیماری‌های تنفسی می‌شوند را شناسایی کنند و درمان‌هایی کارآمدتر برای بیماری‌های تنفسی پیشنهاد دهند [۵].



بیومکانیک جرم و تعادل

بیومکانیک جرم و تعادل سیستم تنفسی به مطالعه اثرات جرم و تعادل بر روی عملکرد سیستم تنفسی می‌پردازد. سیستم تنفسی شامل ریه‌ها، مجاری تنفسی، عضلات تنفسی و سایر اجزایی است که در فرایند تنفسی نقش دارند. برای عملکرد صحیح سیستم تنفسی، جرم و تعادل این اجزا بسیار مهم هستند. یکی از مثال‌هایی که بیومکانیک جرم و تعادل سیستم تنفسی را بررسی می‌کند، اثر جرم بر روی تحرک ریه‌ها است. این موضوع به خوبی نشان می‌دهد که جرم و تعادل در سیستم تنفسی از چه اهمیتی برخوردارند. برای مثال، در صورتی که وزن بدن بیمار افزایش یابد، تحرک ریه‌ها و جریان هوا در مجاری تنفسی کاهش می‌یابد و ممکن است مشکلاتی مانند کاهش ظرفیت تنفسی، تنگی نفس و بیماری‌های تنفسی دیگر ایجاد شود. بیومکانیک جرم و تعادل سیستم تنفسی باتوجه به این موضوعات، به پزشکان و محققان کمک می‌کند تا اثرات افزایش و کاهش وزن بدن و تعادل در سیستم تنفسی را بررسی کنند و روش‌های بهتری برای پیشگیری و درمان بیماری‌های تنفسی پیشنهاد دهند [۵].

تأثیر بیومکانیک بر روی عملکرد تنفسی

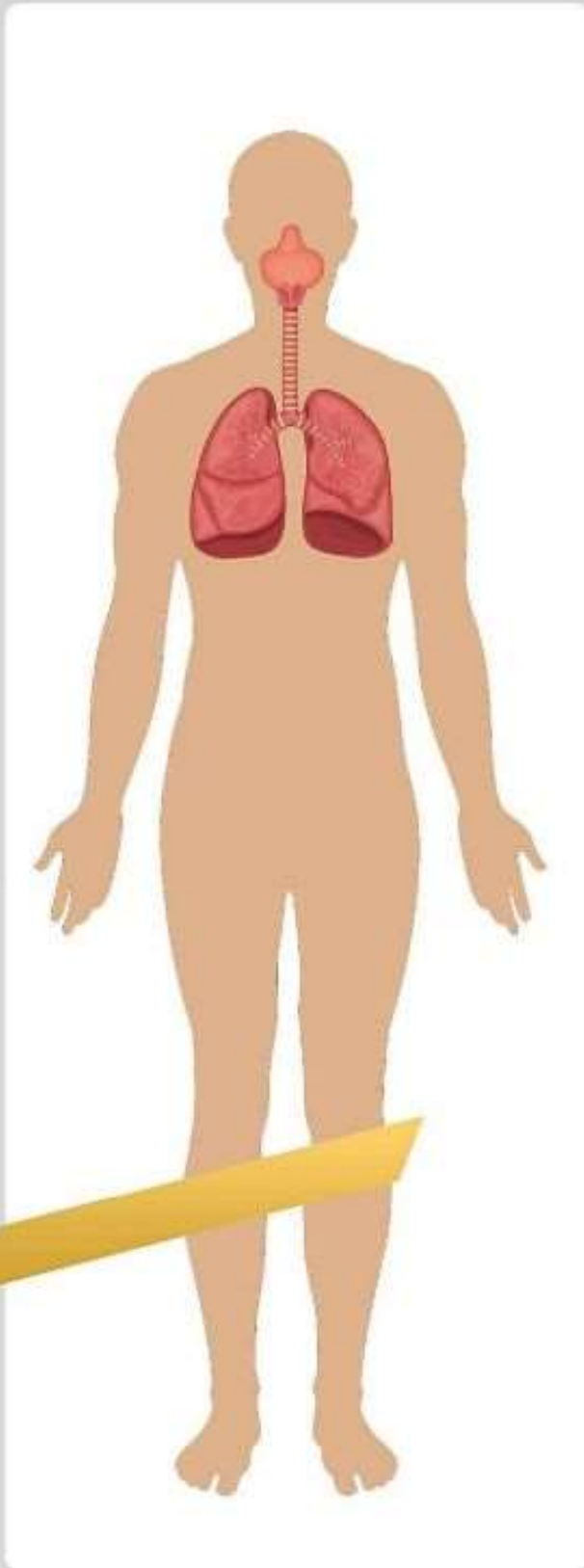
در بیومکانیک سیستم تنفسی، بیانیه‌هایی می‌توانند در مورد اثربخشی فشار و حرکت هوا در سیستم تنفسی و نحوه تأثیر آنها بر عملکرد تنفسی مطرح گردند. اثربخشی حرکت هوا در بینی و حنجره برای ایجاد تغییرات در دما و میزان رطوبت هوایی است همچنین در برخی افراد، دارای اثرات مخربی بر سیستم تنفسی می‌باشد، به عنوان مثال در بعضی از موارد مصرف پره‌های بینی باعث تشدید بیماری‌های درونی مرتبط با دستگاه تنفسی می‌شود. همچنین، فشار بین دهان و بینی در حین تنفس، روی ریه‌ها تأثیر دارد و باعث تحریک اعصاب حسی در سطح گلو، حلق و حتی چشم می‌شود. این تحریکات می‌تواند به عنوان یک درمان جایگزین در برخی از بیماری‌های تنفسی مانند آسم و برونشیت باشد [۶].

استفاده از تکنولوژی در بیومکانیک سیستم تنفسی

تکنولوژی‌های پزشکی و بیوتکنولوژی می‌توانند به جمع‌بندی اطلاعات و تحلیل بیومکانیک سیستم تنفسی کمک کنند. برای نمونه، با استفاده از دستگاه‌های سیگنال‌دهی بیوالکتریکی و ثبت فعالیت الکتریکی عضلات در تنوع رفتاری، تحلیل جریان هوا و تغییرات قطر لوله‌های تنفسی، بررسی دقیق‌تری از سیستم تنفسی و مشکلات مربوط به آن ارائه می‌شود و درمان‌های مناسبی برای درمان بیماری‌های مرتبط با تنفس طراحی می‌شود. بیومکانیک سیستم تنفسی می‌تواند به عنوان ابزار کمکی جهت بهبود عملکرد تنفسی در افراد با مشکلات تنفسی مورد استفاده قرار گیرد. با بررسی و شناخت عملکرد فیزیکی و شیمیایی تنفس، بیماران مبتلا به بیماری‌های تنفسی مانند آسم و برونشیت نیز می‌توانند درمان مناسبی دریافت کنند. از تکنولوژی‌های پزشکی و بیوتکنولوژی نیز می‌توان برای تحلیل بیومکانیک سیستم تنفسی و بهبود درمان بیماری‌های تنفسی، بهره برد [۶].

نتیجه

استفاده از بیومکانیک در تشخیص بیماری‌های سیستم تنفسی، به ویژه در شناسایی گرفتگی‌ها و عوارض مختلف، می‌تواند ابزار مؤثری برای پزشکان و متخصصان باشد. به دلیل این که بیومکانیک بر مبنای علمی قوی و نظریه‌پردازی دقیقی استوار است، این روش می‌تواند بهبودی و دقت بیشتری را در تشخیص بیماری‌های تنفسی به دنبال داشته باشد. در نتیجه، بیومکانیک به عنوان یک روش تشخیصی فعال در بخش تشخیص بیماری‌های تنفسی، بهبود قابل توجهی را در کیفیت درمان و نتایج پزشکی برای بیماران تحت درمان دارد.





سارا آزادی

پیوند بافت با لیزر

بسته شدن سریع زخم همیشه یک نقطه تحقیقاتی در زمینه جراحی بوده است. بخیه‌ها و منگنه‌ها مورد پذیرش همگان بوده و بطور مرسوم برای اتصال مجدد بافت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، تهاجمی بودن و عدم تطابق مکانیکی آن‌ها با بافت نرم بیولوژیکی سبب عوارض ترمیم زخم، عفونت‌ها و نشت مایع بعد از عمل می‌شود. طبق گزارشات، لیزر درمانی بافت، روش غیرتهاجمی و با زمان عملیاتی کم می‌باشد که برای تسریع و بهینه‌سازی روند ترمیم بافت بکار گرفته می‌شود. جوشکاری و لحیم‌کاری لیزری، دو رویکرد پیوند بافت با لیزر، از دهه‌ها پیش به عنوان روش‌هایی بالقوه و بسیار نویدبخش برای بستن زخم پیشنهاد شده‌اند. علیرغم چشم‌اندازهای امیدوارکننده، جوشکاری و لحیم‌کاری بافت لیزری به شدت به کنترل دقیق دما بستگی دارد و از این نقطه نظر، کاربرد و تأثیر آن تاکنون مختل شده است. محققان برای غلبه بر چنین کاستی‌هایی، لحیم‌کاری بافت لیزری هوشمند بکمک نانوذرات را پیشنهاد داده‌اند. این رویکرد، شامل ادغام نانودماسنجی‌ها و نانوذرات ترموپلاسمونیک می‌باشد. در واقع، این تکنیک، همجوشی بافت را بصورت ایمن، با کارایی بالا و بدون نشتی تسهیل کرده و در مقایسه با بخیه زنی یا منگنه کردن مرسوم، سبب افزایش مهر و موم‌سازی بافت و کاهش خطر عفونت می‌گردد.

مقدمه

ترمیم بافت، نیازی اساسی پس از آسیب جراحی یا عمل‌های جراحی است. در اکثر مواقع، روش‌های آزمایش شده بصورت مکانیکی از جمله بخیه‌ها، گیره‌ها و منگنه‌ها، وسیله‌ای ارزان، سریع و کارآمد برای ترمیم فراهم می‌سازند. از معایب این روش‌ها، جایگذاری یک جسم خارجی در بافت با پتانسیل ایجاد التهاب و اسکار است. همچنین، اگرچه بزرگ بودن مساحت ساختار مدنظر برای ترمیم، سبب سهولت بخیه‌زنی می‌شود، اما بخیه‌زنی در ریزجراحی از نظر فنی دشوارتر است. بنابراین ترمیم بافت در کاربردهای خاص، مستلزم فناوری مناسب و کم‌تهاجمی می‌باشد [۱].

پیوند بافت با لیزر (LTB) [۲]، روشی پیشرفته و نویدبخش به عنوان جایگزین تکنیک‌های متعارف نظیر بخیه‌ها، منگنه‌ها و گیره‌ها برای ترمیم زخم است. انواع بافت‌ها و نواحی جراحی که با لیزر پیوند داده می‌شوند، عبارتند از: (الف) وریدها و شریان‌ها در جراحی عروقی، (ب) بریدگی و پارگی‌های ناشی از جراحی با کاهش اسکار در جراحی‌های عمومی، پوست و پلاستیک، (ج) عمل‌های جراحی شامل دستگاه گوارش، ریه، کبد و کلیه و (د) جراحی‌های چشمی [۳].

تکنیک‌های پیوند بافت با لیزر، از مزایای متمایزی نسبت به بخیه‌های متعارف نظیر افزایش فوری استحکام زخم، بسته شدن محکم آن و حداقل اسکار و خوردگی بافت برخوردارند. در مقابل، آسیب حرارتی به

بافت بزرگترین نقص این تکنیک می‌باشد. برای غلبه بر این نقص، لحیم بیولوژیکی بین لایه‌های زخم و تحت تابش لیزر قرار داده می‌شود و به طور گزینشی تابش را جذب کرده و از آسیب حرارتی به بافت مجاور جلوگیری می‌کند [۳].

آسیب بافت به‌طور نمایی به دمای بافت و به‌طور خطی به زمان گرمایش بستگی دارد. بنابراین، تغییر جزئی در زمان گرمایش، ساختار بافت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گرمایش بیش از حد، ممکن است منجر به آسیب حرارتی شدید به بافت و گرمایش با دمای پایین منجر به اتصال ضعیف پیوندهای بافتی می‌شود. بنابراین، اندازه‌گیری دقیق دما برای پیوند لیزری موفقیت‌آمیز بافت‌ها بسیار مهم است. در این راستا، رویکرد لحیم‌کاری بافت لیزری هوشمند بوسیله نانودماسنجی یکپارچه برای غلبه بر کاستی‌های بحرانی پیوند بافت لیزری و کنترل و نظارت در جای دما معرفی شده است [۴].

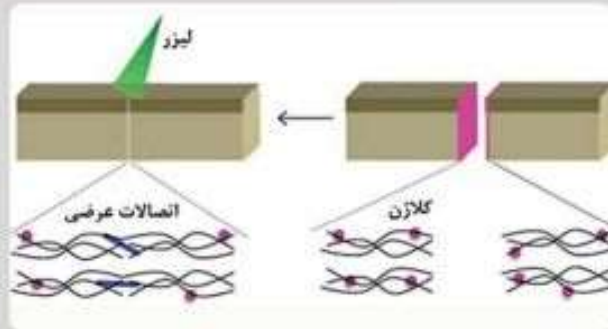
متن حاضر به ارزیابی توانایی پیوند بافت با لیزر پرداخته و توضیح مختصری از دو رویکرد اصلی آن، یعنی، جوشکاری بافت با لیزر (LTW) [۲] و لحیم‌کاری بافت با لیزر (LTR) [۳] ارائه داده است. سپس، کاستی‌ها و نواقص هر یک از روش‌ها بررسی کرده و برای رفع آن‌ها راهکارهای مناسبی پیشنهاد داده است. در آخر، پیوند بافت لیزری با بهره‌گیری از لحیم‌های پروتئینی و نانوساختارها را جایگزینی دلگرم‌کننده با کمترین آسیب به بافت معرفی کرده است.

¹Laser tissue bonding.

²Laser tissue welding.

³Laser tissue soldering.

جوشکاری بافت بیولوژیکی با لیزر دارای مزایایی از جمله: زمان عملیات کوتاه، بهبود سریع زخم، آسیب کمتر بافتی بوده و فاقد فرآیند برداشتن بخیه می‌باشد. شکل ۱ طرحواره‌ای از فرآیند جوشکاری بافت با لیزر را نشان می‌دهد [۸].



شکل ۱: طرحواره‌ای از فرآیند جوشکاری بافت با لیزر [۸].

علی‌رغم نتایج تحقیقاتی قابل توجهی که در سال‌های اخیر به دست آمده است، کاربرد فناوری جوشکاری لیزری به دلیل مساحت بزرگ آسیب حرارتی، استحکام پیوندی کم، اثرات لیزری غیریکپارچه و همچنین عدم بازتولیدپذیری بالای اثرات لیزری، محدود شده است. گرمایش بافت به عنوان نتیجه‌ای از جذب انرژی لیزر توسط رنگدانه‌ها و/یا آب بافت است. این تبدیل انرژی نوری به انرژی گرمایی، منجر به ایجاد تغییرات ساختاری ماکرومولکولی می‌شود که اساس جوش بافت فرض می‌گردد. تغییرات در درجه‌ی اول، در پروتئین‌های شبکه‌ی برون یاخته‌ای نظیر کلاژن رخ می‌دهند و سپس تغییرات در پیوند الکترواستاتیکی و کوالانسی بین پروتئین‌های ساختاری که نهایتاً مسئول تشکیل جوش بافت هستند [۹]، پیش می‌رود. مولکول‌های تغییر یافته در بافت بیولوژیکی (به ویژه کلاژن) می‌توانند با همسایگان خود پیوند ایجاد کرده و منجر به بستن بافت شوند [۴].

به منظور کاهش آسیب حرارتی و بهبود استحکام جوش، کنترل دمای جوش اهمیت ویژه‌ای دارد، چراکه دما به عنوان یک شاخص مهم انرژی ورودی در فرآیند جوشکاری لیزری می‌باشد. برای جراحی، لیزر باید در ناحیه نزدیک بریدگی بافت تحت دمای بهینه گرمایش عمل کند. دمای تطبیق می‌بایستی انعقاد (لخته‌سازی پروتئینی خون) را محقق ساخته و سبب قطع شدن خونریزی شود و اثر حرارتی را به حداقل برساند. به منظور دستیابی به اثر جوشکاری ایده‌آل، علاوه بر انتخاب طول موج لیزر مناسب، میزان گرمایش را نیز می‌توان با انتخاب حالت تابش (پیوسته یا پالسی) تغییر داد و همچنین با تنظیم شار لیزری بر روی سطح جوش می‌توان بصورت انتخابی بر روی یک مکان خاص، تابش دهی انجام داد [۱۰].

برهمکنش لیزر با بافت

برهمکنش لیزر-بافت، به نحوه اعمال انرژی لیزر بستگی دارد. با محدود کردن لیزر به پالس‌های کوتاه، می‌توان مقادیر زیادی از انرژی را در زمان کوتاه و فضای محدود، متمرکز کرد. این کار می‌تواند سبب گرمایش شدید و به دنبال آن تغییر فاز آب در سیستم‌های بیولوژیکی، نظیر تشکیل حباب و فرسایش نوری، شود. افزایش بیشتر انرژی لیزر با استفاده از پالس‌های کوتاه‌تر، در نهایت منجر به القای پلازما توسط فرسایش و از هم گسیختگی بافت بوسیله نور لیزر می‌شود [۵].

برهمکنش لیزر-بافت که در طول پیوند بافت‌های بیولوژیکی بواسطه لیزر صورت می‌گیرد، معمولاً فوتوترمال در نظر گرفته می‌شود. این برهمکنش با جذب فوتون‌های ساطع شده از منبع لیزری که تولیدکننده گرما در هدف می‌باشند، مشخص می‌شود. تغییرات حرارتی القاشده در بافت جراحی‌دار، منجر به پیوند بین لبه‌های مجاور آن می‌شود. گرما از طریق جذب انرژی لیزر توسط کروموفورهای درون‌زا مانند آب بافت در طول موج‌های مادون قرمز و هموگلوبین و ملانین در طول موج‌های مرئی تولید می‌شود.

گاهی اوقات پیوند فوتوشیمیایی بافت‌ها نیز به عنوان روشی جایگزین برای ترمیم بافت بدون استفاده مستقیم از حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرند. برهمکنش‌های فوتوشیمیایی، معمولاً در نراره‌های انرژی پایین قابل دستیابی می‌باشند که برای فعال‌سازی فرآیندهای شیمیایی مورد نیاز در بسته شدن بافت کافی هستند. این تکنیک از عوامل شیمیایی اتصال عرضی (مانند ریبوفلاوین، فلورسین و غیره) استفاده می‌کند که بر روی برش اعمال شده و پس از تابش دهی لیزری، اتصالات عرضی کووالانسی بین ساختارهای بافت بومی ایجاد می‌کنند [۶].

بطور کلی، پیوند بافت با لیزر توسط دو رویکرد صورت می‌گیرد: (۱) جوشکاری بافت با لیزر، (۲) لحیم‌کاری بافت با لیزر. در ادامه، به اختصار به توضیح هر یک از این تکنیک‌ها پرداخته شده است.

۳- جوشکاری بافت با لیزر

یکی از روش‌های متداول بستن زخم‌ها و شکاف‌ها در جراحی‌ها، بخیه زدن است. بخیه‌زنی تکنیک ایزران، انعطاف‌پذیر، قابل اعتماد، در دسترس بوده و قابلیت تطبیق با اکثر شرایط عمل را دارا می‌باشد. علی‌رغم این ویژگی‌ها، بستن بخیه یک تکنیک کامل نیست، چراکه علاوه بر دقت و ضربه جراح به بافت در حین بخیه‌زدن، بسیاری از عوامل فنی، نظیر موقعیت سوزن در نگهدارنده و شیب بافت در محل ورود سوزن، بر روی بخیه تأثیر می‌گذارند. افزون بر این، در صورت محکم نبودن بخیه‌ها، محل شکاف با خطر آلودگی و بازگشایی بافت‌ها مواجه می‌شود. تمام این مشکلات، جراحان را به جستجو روش‌های جایگزین بسته شدن بافت سوق می‌دهند.

از فناوری‌های نوظهور یا پذیرش بالینی گسترده‌تر برای جایگزینی تکنیک بخیه‌زنی، تولید جوش بین بافت‌ها با استفاده از انرژی لیزر است. جوشکاری بافت با لیزر، روشی است که با هدف مهر و موم کردن زخم‌ها و سوراخ‌ها در یک عمل جراحی بوسیله لیزر صورت می‌گیرد. مانند هر نوع روش بستن بافت، هدف نهایی از جوشکاری بافت لیزری، بستن و به هم چسباندن لبه‌های بافت با دوام بالا، بدون زخم و مقاوم در برابر عفونت است. در مقایسه با بخیه‌زنی سنتی،



رایج‌ترین لیزرهایی که در جوشکاری بافت مورد استفاده قرار می‌گیرند، لیزرهای آرگون، دی‌اکسید کربن و هستند. هر یک از این سیستم‌های لیزری بسته به طول موج، انرژی گرمایی متفاوتی تولید می‌کنند. عمق نفوذ لیزر با کاهش طول موج، افزایش می‌یابد. با تطبیق عمق نفوذ نوری با ضخامت بافت، گرمایش بافت از طریق دیواره صورت می‌گیرد[۱۱].

لحیم‌کاری بافت با لیزر

جوشکاری بافت لیزری را می‌توان با افزودن پروتئین به شکل "لحیم" به بافت بمنظور الحاق پیوند و افزایش استحکام آن بهبود بخشید. در طول چنین روش لیزری، لحیم پروتئینی در انتهای بافت بریده شده بطور متقاطع اعمال و متعاقباً، لیزر سبب گرمایش و ساختار شکنی پروتئین‌ها در دمای می‌شود. در نهایت، لحیم پروتئینی به بافت پیوند داده شده و آن را ترمیم می‌کند. در واقع، لیزر بواسطه‌ی لحیم پروتئینی سبب افزایش استحکام بافت و ایجاد یک مهر و موم ضد آب می‌گردد. لحیم‌های پروتئینی پس از تابش‌دهی لیزری، با رشته‌های کلاژن در هم تنیده شده و پیوند مولکولی ایجاد می‌کنند. شکل ۲ طرحواره‌ای از لحیم‌کاری بافت لیزری در مقایسه با بخیه‌زنی سنتی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. طرحواره‌ای از (الف) بخیه‌زنی سنتی و (ب) لحیم‌کاری بافت لیزری[۴].
محلول‌های پروتئینی مانند آلومین یا فیبرینون، به‌طور موفقیت آمیزی همراه با لیزرها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. آلومین بدلیل ارزان بودن و راحتی ساخت، یک ماده لحیم‌کاری عالی می‌باشد. لحیم‌های پروتئینی فعال شده با لیزر در عرض چند هفته قابل جذب بوده و کمتر موجب ایجاد اسکار می‌شوند. روش‌های لحیم‌کاری لیزری معمولاً سریع‌تر و آسان‌تر از روش‌های متداول بستن بافت هستند[۱۲].

لحیم‌کاری بافت لیزری هوشمند با نانوذرات

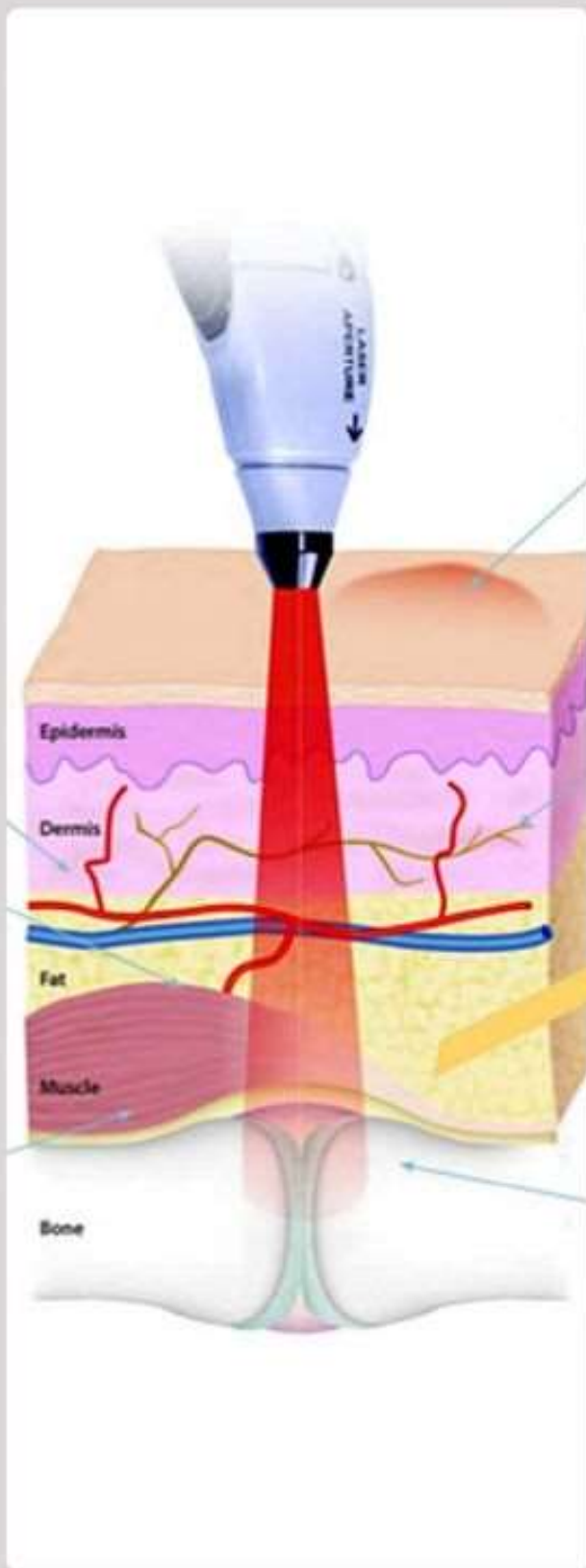
در اصل، لحیم‌کاری بافت لیزری جایگزین جذاب و کم‌تهاجمی برای همجوشی بدون درز بافت نرم است. با این حال، علی‌رغم مشاهدات تجربی نویدبخش، نظیر تسریع بهبودی و کاهش خطر عفونت، مسائل مهم مربوط به نظارت و کنترل دما در طول مدت لحیم‌کاری بافت و عوارض مرتبط، مانع از بهره‌برداری بالینی آن‌ها تا به امروز شده است. دماهای خیلی پایین منجر به اتصالی ناکافی لحیم پروتئینی و در نتیجه چسبندگی ضعیف بافت شده و در مقابل، دماهای بسیار بالا منجر به آسیب غیرقابل برگشت بافت و تأخیر در روند بهبودی می‌گردد. محققان، لحیم‌کاری بافت لیزری هوشمند بوسیله نانودماسنجی یکپارچه را به عنوان رویکردی امیدوارکننده و در عین حال ناشناخته برای غلبه بر کاستی‌های بحرانی لحیم‌کاری بافت لیزری و نظارت در جای دما معرفی کرده‌اند. طبق این رویکرد، افزودن نانوذرات ترموپلاستیک و نانودماسنجی به لحیم‌های پروتئینی، محصورسازی گرما و نظارت و کنترل غیرتهاجمی دما را امکان‌پذیر ساخته و روندی برای مهر و موم‌سازی بافت با کارایی بالا و بدون نشت، حتی در مکان‌های عمیق بافت، ارائه می‌دهد[۴].



شکل صفحه قبل مقایسه‌ای بین لحیم‌کاری پروتئینی متعارف با لیزر و لحیم‌کاری بافت لیزری هوشمند بگمک نانوذرات را بصورت طرحوار نشان می‌دهد

نتیجه‌گیری

روش‌های جایگزین بستن بافت، با توجه به نقش غالب جراحی‌های کم‌تهاجمی، رفته رفته اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. یکی از این روش‌ها، پیوند بافت با لیزر می‌باشد که دارای مزایای زیادی نسبت به بخیه‌های سنتی، نظیر مهر و موم ضد آب، آسیب کمتر در محل عمل، عدم واکنش بافت به جسم خارجی و اغلب کاهش زمان عمل است. بهترین اثر پیوند بافت توسط لیزر با کنترل دمای پیوند حاصل می‌شود، بطوریکه بافت پیوند داده شده را در ایده‌آل‌ترین حالت قرار داده و به شرط اطمینان از استحکام بافت پیوندی، کمترین آسیب حرارتی را ایجاد می‌کند. در سال‌های اخیر، حوزه گرمایش نانوذرات پلاسمونیک فعال شده با نور لیزر به دلیل کنترل مکانی و زمانی بی‌نظیر فرآیندهای بیولوژیکی در سطح مولکولی، سلولی و بافتی از تحویل دارو و ژن گرفته تا درمان فوتوترمال سرطان و بافت آسیب دیده، توجه تحقیقاتی زیادی را به خود جلب کرده است. بر اساس اصول گرمایش نانوذرات پلاسمونیک فعال شده با نور لیزر که در اینجا بررسی شد، کنترل و نظارت بردما در سطح مولکولی، سلولی و بافتی به سادگی با روشن کردن یک سوئیچ لیزری بطور فزاینده‌ای امکان‌پذیر است. این رویکرد با هدف غلبه بر سایر روش‌های پزشکی ترمیم بافت، در حال پیشرفت است.



مطهره نصیری



مصاحبه با آقای مهندس :

سید سجاد عابدی

دانشجوی دکتری بیومکانیک

۱) خودتونو معرفی می کنید ؟

تخت سلام می‌کنم خدمت دانشجویان محترمی که این پرسش و پاسخ را مطالعه می‌کنند. امیدوارم ارزش زمانی که به آن اختصاص خواهند داد را داشته باشد. سید سجاد عابدی شهری هستم دانشجوی سال چهارم دکتری بیومکانیک و موضوع مورد علاقه‌ی من بیومکانیک محاسباتی و روش‌های عددی است. همچنین افتخار دارم در دو درس نقشه‌کشی صنعتی و آشنایی با روش اجزای محدود در بیومکانیک، به عنوان مدرس در خدمت دانشجویان گرایش بیومکانیک باشم.

۲) نظرتون در مورد رشته مهندسی پزشکی چیه ؟

به نظر من اساساً علوم مهندسی در خدمت برطرف کردن نیازها و امیال جامعه هستند و به طور کلی این اهداف یا در راستای افزایش رفاه زندگی افراد است یا در خدمت حفظ جان و سلامتی افراد. در تمام علوم مهندسی این فرصت وجود دارد که به هریک از این اهداف پرداخته شود اما در رشته‌ی مهندسی پزشکی عموماً تمرکز بیشتری بر روی رفع نیازهای مربوط به سلامتی آحاد جامعه است. این موضوع را شاید بتوان وجه معیّزه‌ی رشته‌ی مهندسی پزشکی با سایر رشته‌های مهندسی دانست.

۳) چرا بیومکانیک را انتخاب کردید ؟

من در دوره‌ی کارشناسی رشته‌ی مهندسی مکانیک خوانده‌ام. بین گرایش‌های ممکن در رشته‌ی مهندسی مکانیک به خاطر همان مسائلی که در پاسخ سوال پیشین مطرح شد، رشته‌ی مهندسی پزشکی و گرایش بیومکانیک را انتخاب کردم. البته فکر می‌کنم سوال شما ناظر به مقایسه‌ی گرایش بیومکانیک و بیوالکترونیک بود که من در این دوره‌ی قرار نداشتم!

۴) چه معیارهایی در انتخاب رشته و گرایش باید مد نظر قرار بگیرد ؟

به نظر من تنها در انتخاب رشته و گرایش، بلکه در تمام سطوح زندگی، فرد بایستی در مسیری باشد که به آن عشق می‌ورزد. باید کاری را انجام دهد که دوست دارد و هدفی را دنبال کند که او را به وجد می‌آورد. فکر می‌کنم علاقه مهم‌ترین (و حتی به نظر منطقی‌ترین) فاکتور برای انتخاب رشته و گرایش است.

۵) نظرتون در مورد دانشکده مهندسی پزشکی دانشگاه سهند چیه ؟ (امکانات و زیرساخت‌ها، اساتید، پژوهش و...)

دانشکده‌ی مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی سهند دومین

دانشکده‌ی مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی سهند دومین دانشکده‌ی مهندسی پزشکی در دانشگاه‌های دولتی است. همین امر نشان می‌دهد که در این رشته‌ی نوپا در کشور ما، دانشگاه صنعتی سهند تا چه میزان پیشرو و صاحب‌نام است. بسیاری از اساتید دانشکده در حوزه‌ی تخصصی خود در سراسر کشور شناخته شده هستند. از حیث تنوع موضوعات پژوهشی به لطف طیف گسترده‌ای که در تخصص اساتید وجود دارد، تقریباً در اکثر حوزه‌های پژوهشی مهندسی پزشکی، در این دانشکده کارهای ارزشمندی انجام شده و می‌شود. از نظر زیرساخت و امکانات نیز با توجه به اینکه دانشکده تازه تأسیس است امکانات خوبی فراهم شده، هرچند هنوز مسیر طولانی‌ای برای رسیدن به سطح قابل مقایسه با برخی دیگر از دانشکده‌ها (همچون مهندسی شیمی یا مواد) وجود دارد.

۶) گرایش بیومکانیک در کشور ایران را از نظر پژوهشی چگونه ارزیابی می‌کنید ؟

من مدت کوتاهی است که مشغول امر پژوهش هستم و حوزه‌ی مطالعاتم در این مدت متمرکز بر موضوع تخصصی خودم بوده، لذا قطعاً اساتید محترم گروه که سابقه‌ی به مراتب بیشتر و گسترده‌ی مطالعاتی به مراتب وسیع‌تری نسبت به بنده دارند، می‌توانند پاسخ شایسته‌ای به این موضوع بدهند.

۷) گرایش بیومکانیک در کشور ایران را از نظر صنعتی چگونه ارزیابی می‌کنید ؟

در مورد این سوال هم من خودم را شایسته‌ی پاسخگویی نمی‌دانم چراکه ارتباط محدودی با صنعت مهندسی پزشکی داشته‌ام. اما به

۱۱۴) با توجه به اینکه در ایران تجهیزات با کلاس خطر بالاتر مثل پروتزها ساخته نمی‌شوند و وارد می‌شوند باید چه اقداماتی انجام بشه که فقط کار مورد نظر ختم به قالب‌گیری نشود؟

فکر می‌کنم جمله‌ی نخست چندان دقیق نیست و در ایران برخی پروتزها تولید می‌شود، برای تولید هر محصولی با نمونه‌ی خارجی بایستی ابتدا فناوری ساخت و دسترسی به مواد اولیه‌ی باکیفیت وجود داشته باشد و سپس هزینه‌ی تولید آن پایین‌تر از نمونه‌ی خارجی آن باشد.

۱۱۳) شبیه سازی حرکت بدن انسان در نرم افزار چه تاثیری می‌تواند داشته باشد در طراحی اجزا؟

شبیه‌سازی‌های کامپیوتری به طور کلی با این هدف به وجود آمدند که هزینه‌ی انجام آزمایش‌ها را کاهش دهند. در حوزه‌ی بیومکانیک، این شبیه‌سازی‌ها مزیت مضاعفی دارند چراکه اساسا برخی آزمایش‌ها بر روی انسان زنده قابل انجام نیست. شبیه‌سازی‌ها حرکت بدن که می‌تواند به صورت RBM یا حرکت جسم صلب باشد یا با در نظر گرفتن خواص مکانیکی و برای بررسی پاسخ مکانیکی بدن انسان، می‌توانند اطلاعات ارزشمندی از رفتار اجزای گوناگون بدن به دست دهد که کسب این اطلاعات به صورت آزمایشگاهی یا غیرممکن است یا پرهزینه. تصور کنید که یک کلاه ایمنی موتورسوار طراحی کرده‌اید، چطور می‌توانید بررسی کنید که آیا موتورسوار با این کلاه در تصادفات از آسیب‌های مغزی ایمن می‌ماند یا خیر؟ محک زدن این طراحی جدید تنها با استفاده از شبیه‌سازی ممکن است.

۱۱۲) چگونه می‌توانیم از علم بیومکانیک در طراحی خانه‌های هوشمند یا وسایل نقلیه هوشمند استفاده کنیم؟

نمی‌دانم.

۱۱۱) محیط چه تاثیری بر عملکرد حرکتی بدن می‌تواند داشته باشد؟

موجودات زنده بیوسته در حال هماهنگ کردن خود با محیط پیرامون هستند. این هماهنگی در مقیاس‌های گوناگونی از حیث اندازه‌ای و زمانی اتفاق می‌افتد. مطالعه‌ی این تطبیق‌پذیری و تطوّر ناشی از آن موضوع جذابی در پژوهش‌های بیومکانیک است.

۱۱۰) نظر شما راجع به الهام گرفتن از طبیعت (مثلا حرکات بدن حیوانات) در بیومکانیک چیست؟

واضح است که انسان در تمام طول تاریخش از طبیعت الهام می‌گرفته و در زمان‌هایی این الهامات با ساخت افزارهایی که از حیث ساختار و یا عملکرد مشابه سایر اجزای طبیعت بوده بروز پیدا می‌کرده است. امروزه این الهامات حتی در حوزه‌ی الگوریتم‌های جستجو نیز بروز پیدا کرده و الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای ملهم از موجودات زنده یا سایر اتفاقات طبیعی معرفی شده‌اند. به هر حال ایده‌ها در خلا به وجود نمی‌آیند و حتما متأثر از محیط هستند.

طور کلی باید در نظر داشت صنایع مهندسی پزشکی در کشور ما صنایع پایه نیستند، یعنی چه از حیث اهمیت استراتژیک و چه از حیث ایجاد تحرک در صنعت کشور در رده‌های بعدی نسبت به پالایشگاه‌ها، پتروشیمی‌ها، صنایع فلزی، صنایع دفاعی و حتی صنایعی مانند سیمان و سایر مصالح ساختمانی قرار می‌گیرند. هرچند با این وجود، بنا به اهمیتی که در حوزه‌ی سلامت دارند همواره بر نیاز بر توسعه‌ی این صنایع تأکید می‌شود. از طرفی، در حوزه‌ی صنعت درهم‌تنیدگی وجود دارد، به این معنا که مثلا در صنایع دفاعی یا صنایع خودروسازی نیازهایی وجود دارد (به عنوان مثال کلاه جنگی یا سایر تجهیزات دفاعی شخصی در صنایع دفاعی یا تامین امنیت راننده، سرنشینان و سایر در تصادفات یا ارگونومی صندلی‌ها و... در صنایع خودروسازی) که می‌تواند از سوی متخصصین مهندسی پزشکی پاسخ داده شود.

۸) به نظر شما یک مهندس خبره بیومکانیک چه مهارت‌هایی باید داشته باشد؟

به نظر من مهم‌ترین مهارت یک مهندس در هر رشته‌ای، خلاقیت است. آنچه که باعث می‌شود که مهندس بتواند یک مسئله را حل کند در حایکه پیش از او دیگران از حل آن عاجز بوده‌اند، فاکتور خلاقیت است. اگر خلاقیت را بدن برنده‌ای فرض کنیم، دانش و تجربه دو بال این برنده هستند که می‌توانند آن را به پرواز دریاورند.

۹) آیا می‌توان اندام مصنوعی را طراحی کرد که عملکرد بهتری نسبت به اندام طبیعی آن داشته باشد؟

نخست اینکه می‌توان هر چیزی را تخیل کرد، مثلا چشمی ساخته شود که قابلیت زوم کردن داشته باشد! اما آیا تا کنون ساخته شده؟ من تردیدم. آیا ممکن است ساخته شود؟ چراکه نه! دوم اینکه عملکرد جنبه‌های مختلفی دارد. مثلا در پای ما خار می‌رود و درد می‌کشیم اما هر پای مصنوعی‌ای از این نظر عملکرد بهتری دارد. آیا از سایر جهات نیز چنین است؟

سوم اینکه، هدف اصلی در طراحی پروتزها بازگرداندن استقلال افراد دارای معلولیت و فراهم کردن امکان انجام فعالیت‌های پیش از معلولیت برای آن‌هاست. به نظر من این هدف زیبا و انگیزه‌بخش است و هنوز هم به طور کامل محقق نشده است.

۱۰) چقدر می‌توانیم از علم بیومکانیک در طراحی وسایل ورزشی مناسب‌تری استفاده کنیم؟

این موضوع یکی از دغدغه‌های بیومکانیک ورزشی است که همواره پژوهش‌هایی در مورد آن در حال انجام است. اساسا دانش بیومکانیک می‌تواند هر وسیله یا ابزاری که کاربر آن انسان باشد را مورد مطالعه قرار دهد و طراحی آن را متناسب با نیازها و قابلیت‌های انسانی بهبود بخشد (مشابه مثال‌های ارائه شده در پاسخ سوال هفتم).

۱۱) چقدر مواد مختلف در ساخت اندام مصنوعی و عملکرد آن تاثیر دارد؟

قطعاً یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد مطالعه در پروتزها، جنس آن‌هاست که تأثیر بسزایی در عملکرد، فرآیندهای ساخت و در نهایت هزینه‌ی تمام شده آن‌ها دارد. به عنوان مثال توسعه‌ی مواد پلیمری و روش‌های ساخت چاپ سه‌بعدی در دهه‌های اخیر توانسته در برخی موارد به خوبی جایگزین آلیاژهای فلزی گران‌قیمت شده و هزینه‌ی نهایی پروتزها را کاهش دهد.





۱۷) بیومکانیک چه نقشی بر روی تاثیرات پیری بر بدن انسان می‌تواند داشته باشد؟

این موضوع دو وجه دارد. در وجه اول تلاش بر این است تا با بکارگیری دانش بیومکانیک بررسی کنیم پیری چه تغییراتی در ساختار و عملکرد اجزای بدن ایجاد می‌کند و وجه دوم این است که چطور می‌توان این تغییرات را کنترل کرد. باید این موضوع را در نظر داشت که عملکرد اجزای بدن ترکیبی از فرآیندهای شیمیایی، الکتریکی و مکانیکی است، لذا برای درک کامل این موضوعات زیستی در سطوح و مقیاس‌های گوناگون، نیاز به مطالعات ترکیبی و در نظر گرفتن انواع فرآیندهای مذکور وجود دارد.

۱۸) پیشنهاد شما به افرادی که قصد دارند گرایش بیومکانیک را انتخاب کنند چه؟

فکر می‌کنم دانشجویان باید با شور و اشتیاق با زمینه‌های مختلف مورد مطالعه در بیومکانیک آشنا شوند و حتماً می‌توانند موضوعات و مسائلی را بیابند که کنج‌گاو آن‌ها را تحریک کند و سپس با کسب دانش و یادگیری ابزارهای مورد نیاز در مسیر حل مسئله‌ی مورد نظرشان گام بردارند.

من نزدیک به هفت سال است که در این دانشکده تحصیل می‌کنم و این اقبال را داشته‌ام که از محضر تمام اساتید گروه استفاده کنم. به تمام دانشجویانی که عشق به دانش دارند توصیه می‌کنم که فرصت تحصیل را جدی بگیرند و با اشتیاق به دنبال کسب دانش و تجربه از اساتید باشند. شاید این موقعیت در فرصت محدود کلاس‌های درسی پیش نیاید اما مطمئن باشید تمام اساتید با دانش دانشکده از شوق به یادگیری شما استقبال می‌کنند و می‌توانند مسیرهای جذاب و آینده‌داری پیش پای شما قرار دهند. همچنین توصیه می‌کنم ارتباط خود را با دانشجویان تحصیلات تکمیلی تقویت کنند و از تجارب علمی و کاری آن‌ها استفاده کنند تا بتوانید دید وسیع‌تری نسبت به رشته‌ی خود کسب کنید.

۱۹) سخن پایانی؟

ممنون از اینکه من را برای پاسخ به این سوالات قابل داتستید. بی هیچ توافقی مطمئن هستم که بسیاری از این سوالات می‌توانند پاسخ‌های شایسته‌تری از جانب اساتید و سایر دانشجویان تحصیلات تکمیلی دریافت کنند و امیدوارم با تلاش‌های ارزشمند شما دوستان انجمن علمی، این فرصت برای دانشجویان فراهم شود که از سایر نظرات نیز بهره‌مند شود.



بررسی نانوذرات در سیستم های داروسازی

و کاربرد آن در کووید-۱۹



سوگند خادم

۱) سیستم های داروسازی:

سیستم های داروسازی فناوری هایی را توصیف می کنند که داروها را به داخل یا در سراسر بدن حمل می کنند. این فناوری ها شامل روش تحویل است، مانند قرصی که می بلعید یا واکسنی که تزریق می شود. سیستم های داروسازی همچنین می توانند نحوه بسته بندی داروها را توصیف کنند (مانند میسل یا نانوذره) که از دارو در برابر تخریب محافظت می کند و به آن اجازه می دهد به هر کجای بدن که نیاز دارد برود. حوزه تحویل دارو در چند دهه گذشته پیشرفت چشم گیری داشته است و نوآوری های بزرگتری در سال های آینده پیش بینی می شود [1].

تحقیقات کنونی در مورد سیستم های تحویل دارو را می توان در دو دسته کلی توصیف کرد: مسیرهای تحویل و وسایل نقلیه تحویل [1].

۱-۱) مسیرهای تحویل:

داروها را می توان به روش های مختلفی مصرف کرد (از طریق بلع، استنشاق، جذب از طریق پوست یا تزریق) هر روشی دارای مزایا و معایبی است و نمی توان از همه روش ها برای هر دارویی استفاده کرد. بهبود روش های تحویل فعلی یا طراحی روش های جدید می تواند استفاده از داروهای موجود را افزایش دهد [1].

۱-۲) وسایل نقلیه تحویل:

وسایل نقلیه داروسازی راه های مختلفی را نشان می دهند که داروها را می توان بسته بندی کرد تا دارو بتواند با خیال راحت در بدن حرکت کند. برخی از نمونه های رایج وسایل نقلیه داروسازی شامل میسل، لیپوزوم یا نانوذرات است [1].

مزایای وسایل نقلیه تحویل دارو

۱- وسایل نقلیه مختلف داروسازی می توانند هدف گیری دارو را با کمک به دارو دقیقاً به جایی که باید برود، بهبود بخشند.
۲- تحقیقات در این فضا به دلایلی مانند اندازه یا شکنندگی، امکان توسعه راه های جدیدی را برای بسته بندی داروهای که مصرف آنها سخت است، می دهد.

۲) اهداف برای تحویل دارو:

یکی از چالش های اصلی در تحویل دارو این است که داروها پس از رسیدن به بافت هدف، باید توانایی کشتن انتخابی سلول های بیمار را بدون تأثیر بر سلول های سالم داشته باشند. به نظر می رسد نانوذرات پتانسیل افزایش غلظت درون سلولی داروها و کاهش سمیت را دارند. براین اساس، آنها می توانند به عنوان سیستم های حامل دارو موثر باشند [۲].

۲-۱) اهداف سلولی و درون سلولی:

هدف گیری درون سلولی تامین مواد فعال به بخش ها یا اندامک های خاص درون سلول است. مکانیسم هایی که توسط آنها یک عامل فعال می تواند به سلول هدف برسد عبارتند از: انتشار ساده یا استفاده از ماشین های سلولی [۲].
اندوسیتوز مسیر اصلی ورود یک عامل فعال به سلول هدف است. تحویل سیتوپلاسمی روش دیگری برای داروسازی داخل سلولی است. گیرنده های استروئیدی در سیتوپلاسم وجود دارند، بنابراین تحویل دارو در نزدیکی یا در محل های گیرنده می تواند به یک اثر درمانی بهبود یافته دست یابد و علاوه بر این، اثرات جانبی را کاهش دهد.

¹Routes of Delivery.

²Delivery Vehicles.



استفاده برای واکسن های mRNA COVID-19، نانوذرات لیپیدی است که از محموله mRNA شکننده محافظت می کند و تحویل آن به سلول ها را تسهیل می کند [1].

۴) کووید ۱۹:

کرونا ویروس ها متعلق به ویروس mRNA هستند و ممکن است با یک ژنوم RNA معمولاً بزرگ، برآمدگی های گلوب مانند از سطح، و یک استراتژی تکثیر بسیار منحصربه فرد مشخص شوند که همچنین جهش را در برخی از سوبه ها و کشنده برای انسان نشان می دهد. هنوز واکسن موثری برای درمان این بیماری در دسترس نیست، بنابراین تحویل دارو در مکان مناسب در زمان مناسب برای کاهش میزان مرگ و میر و درمان افراد مبتلا بسیار مهم است. [۳]

نانوذرات تفاوت قابل توجهی را در محیط کشت کروناویروس قبل و حین ابتلا به ویروس کرونا نشان می دهند. نانوذرات همچنین یک فعالیت بازدارندگی قابل توجه یا چرخه حیات ویروسی یعنی ۵۵ ساعت را نشان می دهند [۳].



شکل ۱- شمایکی از covid-19

۵) نانوتکنولوژی:

نانوتکنولوژی دستکاری ماده است که شامل دگرگونی های فیزیکی و شیمیایی به منظور تولید مواد در مقیاس نانو است [۲]. کلمه "نانو" که از لاتین گرفته شده است به معنای "کوئوله" است و از نظر ریاضی میلیاردمین قسمت یک متر است. نانوتکنولوژی شامل مطالعه، طراحی، ایجاد، سنتز، خصوصیات، دستکاری و کاربرد مواد، دستگاه ها و سیستم ها از طریق کنترل ساختار مواد در مقیاس نانو، بهره برداری از پدیده ها و خواص ماده در مقیاس اتمی یا مولکولی است. هنگام دستکاری ماده در مقیاس نانو، خواص مواد تغییر می کند. به عنوان مثال، اثرات کوانتومی غالب هستند، مساحت سطح افزایش می یابد، و خواص حرارتی، الکتریکی و مغناطیسی مواد متفاوت است. نانوتکنولوژی به عنوان رشته ای در پزشکی در حال ظهور است که انتظار می رود مزایای درمانی قابل توجهی برای بهبود فراهمی ز سستی داروها به همراه داشته باشد [۴].

مکانیسم دیگر هدف گیری هسته ای است که برای تحویل عوامل فعال به طور خاص در هسته سلول استفاده می شود. برای جلوگیری از آسیب اکسیداتیو، تجویز داروهای میتوکندری برای تحویل آنتی اکسیدان ها به میتوکندری مهم است [۲].

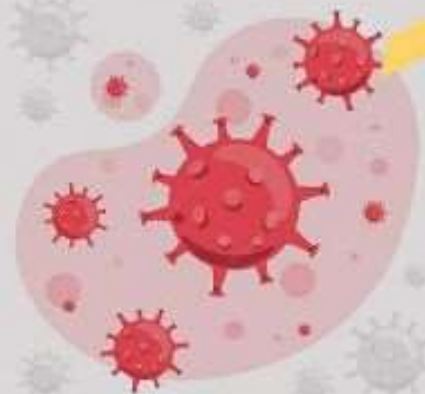
۶-۲) هدف گیری مغز:

NP همچنین می تواند برای وارد کردن داروها به مغز استفاده شود. سد خونی مغزی (BBB) یک سد انتخابی بسیار نفوذپذیر است که خون در گردش را از مایع خارج سلولی مغز در سیستم عصبی مرکزی (CNS) جدا می کند. BBB توسط سلول های اندوتلیال مغز که به هم متصل هستند تشکیل می شود و با اتصالات محکم اجازه نمی دهد بسیاری از داروها وارد مغز شوند. تجویز نانوذرات برای درمان برخی اختلالات CNS مفید است، زیرا برخی از NP ها قادر به عبور از BBB هستند. انتقال NP از طریق BBB از طریق مسیرهای پاراسلولی یا بین سلولی اتفاق می افتد [۲].

۳) هم اکنون، چگونه از سیستم های دارورسانی در عمل پزشکی استفاده می شود؟

پزشکان در طول تاریخ سعی کرده اند مداخلاتی را در مناطقی از بدن که مستقیماً تحت تأثیر بیماری قرار گرفته اند انجام دهند. به جای ارائه داروها به صورت سیستمیک، که کل بدن را تحت تأثیر قرار می دهد، برخی از داروها را می توان به صورت موضعی تجویز کرد، که می تواند عوارض جانبی و سمیت دارو را کاهش دهد و در عین حال تأثیر درمان را به حداکثر برساند. یک پماد ضد باکتری موضعی (که روی پوست استفاده می شود) برای درمان عفونت موضعی یا تزریق کورتیزون برای تسکین درد در مفصل می تواند از برخی از عوارض جانبی سیستمیک این داروها جلوگیری کند. راه های دیگری برای رسیدن به دارورسانی هدفمند وجود دارد، اما برخی از داروها را فقط می توان به صورت سیستمی تجویز کرد [۱].

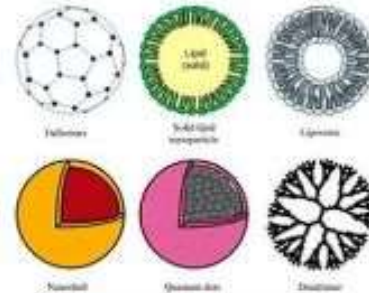
نوعه ای از یک سیستم تحویل دارو شامل اجزای یک واکسن است که به آن کمک می کند تا در داخل بدن حرکت کند. واکسن ها با ارائه دستورالعمل هایی به سیستم ایمنی بدن ما برای شناسایی و حمله به یک پاتوژن عمل می کنند. این "دستورالعمل ها" - مانند mRNA، در مورد برخی از واکسن های COVID-19 - باید بسته بندی شود تا توسط بدن تجزیه نشود و بتواند به هدف خود برسد. بسته بندی مورد



۱-۶ نانو ذرات:

نانوذرات (NPs) ذرات کلونیدی جامد با اندازه‌های ۱ تا ۱۰۰۰ نانومتر هستند که از ماکرومولکول‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که در آنها عوامل درمانی می‌توانند جذب، به دام افتاده یا به صورت کووالانسی متصل شوند. مزایای متمایز ارائه شده توسط نانوذرات جامد در توسعه دارو را می‌توان به پایداری فیزیکی آنها و همچنین امکان اصلاح مواد فرموله کننده به منظور دستیابی به ویژگی‌های رهایش کنترل شده نسبت داد. توانایی فرمولاسیون NP ها برای دستیابی به رهایش پایدار، فرصتی را برای افزایش چرخه عمر داروهایی که حق ثبت اختراع آنها در خطر انقضا است، ارائه می‌دهد و فرمولاسیون‌هایی با فرکانس دوز پایین تر ایجاد می‌کند [۲].

نانوذرات مورفولوژی‌های مختلفی دارند، از جمله فولین‌ها، نانوذرات لیپیدی جامد (SLN)، لیپوزوم‌ها، حامل‌های لیپیدی نانو ساختار، نانو پوسته‌ها، نقاط کوانتومی، نانوذرات سوپراپارامغناطیس، دندریمرها، و غیره. برخی از نمونه‌های نانوذراتی که در سیستم‌های دارویی ارزیابی شده‌اند در شکل شماره ۲ به نمایش گذاشته شده است [۲].



شکل ۲- ارزیابی نانو ذرات در سیستم‌های دارویی

نانوذرات به طور گسترده در کاربردهای تشخیصی و درمانی پزشکی، به ویژه در حسگرهای زیستی، DDS، مهندسی بافت و توسعه مواد بیومیمتیک استفاده می‌شوند. نانوذرات می‌توانند به شکل PNP ها، نانوامولسیون ها، لیپوزوم ها و NP های فلزی باشند [۴]. ویژگی‌های PNP بر اثربخشی و کارایی کاربردها مانند اندازه نانو، بار سطحی، وضعیت سطح، حل‌الیت بهتر، به دام افتادن بالا، راندمان بارگذاری و نوع پلیمر تاثیر می‌گذارد. عملکرد سطحی DDS چند منظوره و هوشمند خواهد بود و فرصت‌های جدیدی را برای تعامل با محیط‌های پیچیده سلولی و بیولوژیکی ارائه می‌کند [۲].

۱-۶-۱ نانو ذرات زیست پلیمری:

زیست پلیمرها را می‌توان به عنوان واحدهای مونومر زیست مولکولی تعریف کرد که به صورت کووالانسی برای تشکیل یک مولکول بزرگ به هم متصل می‌شوند. آنها امکان پذیرترو مناسب تر هستند زیرا سرطان را نیستند. انواع مختلفی از پلیمرهای زیستی وجود دارد که می‌توانند در داروسازی موثر و تهیه نانوذرات زیست تخریب پذیر از جمله هیپارین، نشاسته محلول، ژلاتین، پلی وینیل پیرولیدون، پلی وینیل استات، سلولز، ژلاتین، استفاده شوند [۳].

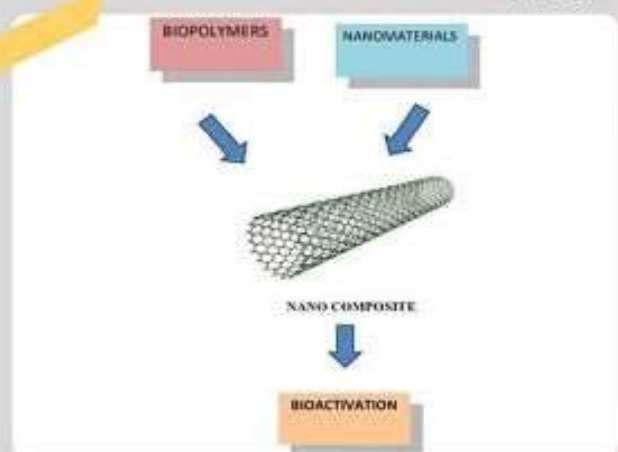
۱-۶-۱-۱ سنتز نانو ذرات زیست پلیمری:

روش‌های مختلفی برای سنتز DDS ایجاد شده با نانوذرات زیستی

استفاده می‌شود، به عنوان مثال، خشک کردن با اسپری، الکترو پاشش حل شونده، مجموعه‌های سورفکتانت خود مونتاژ شده لایه به لایه، استخراج سیال فوق بحرانی، میکروامولسیون [۳]. در بین تمام روش‌های ذکر شده، همه روش‌ها دارای مزایا و معایب خود هستند. در این بین، حل‌زدایی روش ساده‌ای برای ساخت نانوذرات مبتنی بر پروتئین توسط حلال‌هایی مانند اتانول یا استون است. در این روش حل‌زدایی، نانوذرات پلیمری زیستی با اختلاط حلال‌ها در محلول آبی با هم زدن مداوم تولید می‌شوند. ابعاد نانوذرات را می‌توان با کنترل سرعت جریان مقدار یا حجم یک عامل حل‌کننده حفظ کرد [۳].

تکنیک الکترواسپری یک تکنیک متوسط، تک مرحله‌ای و چند منظوره با عملکرد و قابلیت اطمینان بیشتر است. برای تولید ذرات با اندازه نانومتر/ میکرومتر، از نیروی الکترواستاتیک برای شکستن مایع از یک حرم ماکروسکوپی استفاده می‌کند. خشک کردن انجمادی روشی مناسب برای ترکیباتی است که به گرما و فشار حساس هستند، ذرات متخلخل خشک شده با تصعید حلال‌ها به دست می‌آیند. اما این روش یک ایراد دارد، روشی زمان‌بر و پرهزینه است و ذره‌ای که به دست آمده دارای اندازه است عموماً بزرگتر است. روش جدید خودآرایی لایه به لایه چند لایه می‌تواند برای تشکیل فیلم چند لایه متوالی مفید باشد که از یک طرف به سمت دیگر آنگریز تکمیل می‌شود، برهمکنش‌های الکترواستاتیکی و پیوند هیدروژنی از جمله فیلم‌ها هستند [۳].

ویژگی‌های نانوسکوپیگ مانند ضخامت، ویژگی‌های سطح و ترکیب یک فیلم را می‌توان با فعل و انفعالاتی به دست آورد که به رسوب لایه‌های متناوب از مواد زیستی با بار مخالف و کنترل دقیق برای ایجاد کمک می‌کند. در نهایت، با استفاده از امولسیفایرها یا سورفکتانت‌ها، می‌توان ریزامولسیون‌ها را با پراکندگی یک پلیمر زیستی در دو فاز غیرقابل اختلاط مایعات سنتز یا تهیه کرد. نانومواد به دست آمده با این روش معمولاً از نظر توری شفاف هستند، دارای خاصیت انحلال پذیری دارویی بالا، ایزوتروپیک و پایداری ترمودینامیکی هستند (شکل شماره ۳) [۳].



شکل ۳- تهیه نانوکامپوزیت با استفاده از پلیمرهای زیستی

بنیادی جامد و ایمن مخاطی را در برابر آنتی ژن ها تحریک می کند. از آنجایی که چیتوسان یک ماده سعی کم است، چشمی تعریف وابسته به چیتوسان پس از اعمال چیتوسان بر روی سطح قرینه خرگوش مقاومت فوق العاده ای از خود نشان داده است. به غیر از استفاده از چیتوسان NP برای بهبود انتقال آرام بخش با استفاده از نانو ذرات بصری پوشیده شده با چیتوسان نیز استفاده می شود زیرا ظرفیت ارتقاء نفوذ قرینه را نشان می دهد [۳].

۶-۲ نقش نانو ذرات زیست پلیمری (چیتوسان):

چیتوسان یک نانوذره پلیمری زیستی بسیار متمرکز شده است. چیتوسان یک آمینو پلیمر کاربردی است که کیتین را به عنوان پیش ساز دارد و بعد از سلولز دومین پلی ساکارید رایج در طبیعت است. NPS مبتنی بر چیتوسان در بیماری های مختلف از جمله مغز، عفونت های چشمی، بیماری های ریوی، بیماری های گوارشی و سرطان کاربردهای مختلفی داشته است. علاوه بر راه دهانی، بینی، ریوی یا وژینال برای دارورسانی، راه مخاطی امکان پذیرتر است و با سمیت کم، خواص فیزیکی مناسب و چسبندگی مخاطی خوب، قابل توجه است.

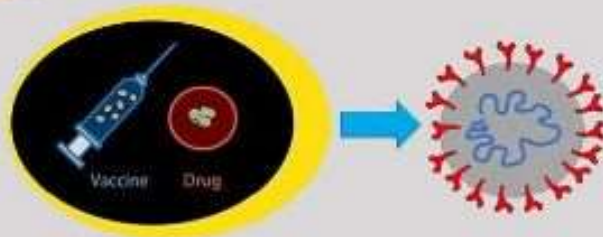
چیتوسان می تواند داروها را با مکانیسم های زیر تحویل دهد:

(الف) تورم، (ب) انتشار و (ج) فرسایش.

در دارورسانی ریوی، داروها می توانند مستقیماً به ریه ها برسند که ممکن است سطح بزرگی را ایجاد کند که به عنوان مزیت نانو ذرات چیتوسان اضافه می شود، از این رو می توان از آن در درمان COVID-۱۹ استفاده کرد. لایه های مختلف ریه ها از جمله پوشش اپیتلیال، لایه مخاطی، سلول های اپیدرمی و لایه مخاطی شاخه ای می توانند تحویل دارو از طریق ریه را محدود کنند. Bioavanta Bosti، فناوری پلیمری Chitosan را در بیماران COVID-۱۹ توسعه داده است، Novo-chizol را توسعه می دهد [۳].

چیتوسان NP (نانو ذرات) تمایل شدیدی به تجمع در تومورهای مختلف نشان داد، یکی از توضیحات بالقوه پشت این شگفتی ممکن است شکستگی عروق تومور باشد. ذرات در اندازه نانو را می توان به صورت داخل وریدی کنترل کرد. گروه های پلیمری چیتوسان به طور قابل توجهی مضرات کمتری نسبت به پلی ال لیزین دارند و PEI ایمنی کمتری دارد و به پتانسیل جهش نیاز دارد. این وسیله دارو را در سراسر فیلم سلولی ارتقا می دهد. برای ایجاد کارایی ترانسفکشن، سلول های متمرکز بر لیگاندها به ذرات چیتوسان متصل شدند. نانو ذرات چیتوسان-TPP پتانسیل زیادی را به عنوان ناقول برای انتقال امن تر و باهوش تر siRNA نشان می دهند [۳].

نانو ذرات چیتوسان علاوه بر این به عنوان ناقول غیر ویروسی برای انتقال با کیفیت یا به عنوان ناقول انتقال برای ذرات پروتئین استفاده شده است. چیتوسان به طور گسترده برای کاربرد برای ایمن سازی مخاط DNA مورد بررسی قرار گرفته است. یک آنتی بادی آنفولانزای DNA مبتنی بر چیتوسان توسط illum و همکاران ایجاد شده است. که نشان دهنده سطح بالای عامل خنثی کننده در موش پس از سازماندهی داخل بینی بود. به نظر می رسد که رابطه ایمن سازی با بخشی از چارچوب های ذرات به عنوان نانو ذرات، جذب آنتی ژن توسط بافت های لنفاوی مخاطی را ارتقا می دهد، به این ترتیب واکنش های





کنترل اعضای مصنوعی

با استفاده از EMG

نگین اشرفیان



محمد محمدی



پیش گفتار

هنگامی که دست و پا قطع می‌شود پروتز یا اندام مصنوعی نقش مهمی را در توان بخشی ایفا خواهد کرد. پروتزها ابزاری هستند که با پوشیده می‌شوند و یا از طریق جراحی روی بدن کاشت و ثابت می‌شوند. استفاده از سیگنال‌های EMG برای کنترل پروتزهای رباتیک، یک موضوع تحقیقاتی نوظهور در این زمینه در دهه گذشته است که برای پرداختن به کارکرد جدید پروتز و سازگاری با محیطها و زمینه‌های مختلف بوده است. سیگنال‌های کنترل عصبی عضلانی را می‌توان از ماهیچه‌ها ثبت کرد که به آنها سیگنال‌های الکترومایوگرافی (EMG) گفته می‌شود. کنترل مایوالکترونیک یک تکنیک پیشرفته است که به تشخیص، پردازش، طبقه‌بندی و کاربرد سیگنال‌های مایوالکترونیک برای کنترل ربات‌های کمک‌کننده‌ی انسان یا دستگاه‌های توان بخشی مربوط می‌شود. رویای انسانی که یک اندام مصنوعی را طوری کنترل می‌کند که انگار که اندام بیولوژیکی و طبیعی خودش است، برای چندین دهه محققان زیست‌پزشکی را مجذوب خود کرده است. در مرکز این ایده، ارتباط مستقیمی بین سیستم عصبی انسان و محرک‌های پروتز وجود دارد که به کاربر امکان فرمان به اندام مصنوعی را می‌دهد. کنترل‌کننده‌های پروتز خودمختار فعلی برای کمک به حرکات و گام‌های چرخ‌های برودیک در محیط‌های قابل‌پیش‌بینی کافی هستند، اما در خصوص کارهای روزانه همه‌جانبه که نیاز به هماهنگی با قصد کاربر دارند، کافی نیستند. از سوی دیگر، کنترل مایوالکترونیک می‌تواند راه‌حلی ساده و قابل‌اجرا برای رفع این محدودیت‌ها باشد، چراکه این سیستم بسیار انعطاف‌پذیر و سازگار با

وظایف و محیط‌های متغیر است. الکترومایوگرافی راهی برای رمزگشایی سیگنال‌های وابران محیطی از عضلات موجود در بقیه اندام‌ها ارائه می‌کند. سیگنال‌های EMG سیگنال‌های کنترلی رایج برای پروتزهای اندام فوقانی هستند و بیش از ۵۰ سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مقابل، کنترل EMG پروتزهای رباتیک اندام تحتانی هنوز در مراحل اولیه است [۱].

مواد و روش‌ها

امروزه با در نظر گرفتن سلیقه افراد معلول و نیازمند به پروتزها در زیبایی ظاهری و نشان دادن جلوه خوب از خود، افراد به دنبال پروتزهایی زیبا و درعین حال متحرک می‌روند. این پروتزها به دودسته تقسیم می‌شوند: دسته‌ای غیرفعال و دسته‌ای فعال که از دسته فعال می‌توان دست متحرک، پای متحرک و... نام برد. پروتزهای متحرک با استفاده از سیگنال‌های EMG و پردازش این سیگنال‌ها فعالیت خود را انجام می‌دهند. بسته به هر پروتز و دامنه فعالیت خود سیگنال‌های مختلفی را اندازه‌گیری می‌کنند. دستگاه‌هایی با انواع ورودی‌ها، مانند سیگنال‌های الکترومایوگرافی EMG، مقاومت‌های سنجش نیرو و سونچ‌های کشش و فشار کنترل می‌شوند که در میان آنها پروتزهای مایوالکترونیک رایج‌ترین هستند [۲۷]. این پروتزها از سیگنال EMG حاصل از انقباض عضلات باقی‌مانده برای انجام حرکات استفاده می‌کنند. می‌توان آن‌ها را با راحتی بیشتر و مشکل کمتر با آزادی عمل بالا کنترل کرد؛ با این حال مشکل دیگری مطرح می‌شود که در ابتدا نیز به آن اشاره شد و آن نیز ظاهر زیبای پروتزها هست. قطعات مورد استفاده در این پروتزها معمولاً از نوع سنگین‌وزن هستند، درعین حال ضد آب نیستند و همین‌طور به دلیل فعالیت‌های

از جمله روش کنترل روشن خاموش (on-off control) یک روش ساده هست که با استفاده از یک آستانه از پیش تعریف شده و همین‌طور از سیگنال‌های صاف و اصلاح شده استفاده می‌کند. در این روش کنترل، اندام مصنوعی سرعت ثابتی داشته به‌گونه‌ای که موتورهای روشن و خاموش می‌شوند و با سرعت ثابتی حرکت خواهند کرد [۲۲]. اصطلاح کنترل متناسب (proportion control) به یک روش کنترل پروتوز اشاره دارد که در آن داده‌هایی مثل نیرو، سرعت، موقعیت یا عملکرد پروتوز به پیوسته با سیگنال EMG جمع‌آوری شده از عضلات اندام‌های فرد قطع عضو مرتبط هستند که باعث می‌شود حرکات طبیعی‌تر و روان‌تر در عین حال دقیق‌تر از روش کنترل روشن خاموش به ما می‌دهد [۲۳]. روش دیگر در کنترل پروتوز، روش کنترل هم‌زمان (simultaneous-control) است که به افراد این امکان را می‌دهد که در زمان واقعی پروتوز را کنترل کنند و در عین حال روان‌تر از دیگر پروتوزها خود را نشان می‌دهد و در نتیجه باعث رضایت‌مندی افراد زیادی می‌شوند [۲۴]. روش دیگر که به عنوان روش پیشرفته از آن یاد می‌شود رویکردهای یادگیری عمیق (Deep Learning) است که از آن استفاده می‌شود که نیازی به مرحله انتخاب ویژگی ندارند و در عین حال از دقیق ترین و قوی‌ترین روش‌ها هستند [۲۵]. امروزه با پیشرفت علم و هوش مصنوعی ساخت اندام مصنوعی به روش یادگیری عمیق مورد انتظار هست به‌گونه‌ای که با فراگیر شدن این زمینه تا سال‌های آینده اندام مصنوعی ساخته شده در دنیا دیگر از کیفیت پایینی برخوردار نیستند و طرف‌داران زیادی را به سمت خود جلب خواهند کرد [۱].

کنترل مایو الکتریک حالت روشن و خاموش و حالت FSM

ماشین حالت محدود (FSM) روشی هست که برای تعداد حرکات از قبل تعریف شده محدودی مناسب هست این روش برای تشخیص هدف هماهنگ‌کردن کنترل مجموعه اعمالی در پروتوزهای عصبی هست [۳]. اکستانسورها یا عضلات بازکننده انگشت (Ext EMG) و فلکسورها یا عضلات خم‌کننده (Flex EMG) یک‌گد باینری دوبیتی هستند که برای هدایت سیستم در حالت‌ها ارائه می‌کند. بیت اول که گد حرکت فلکسور را نشان می‌دهد و بیت دوم که گد حرکت اکستانسورها را نشان می‌دهد در حالی که X به معنای (مهم نیست) در نظر گرفته می‌شود [۲۶]. در سال ۲۰۱۸ بهرام مقدم و همکاران، از ترکیب کنترل مایو الکتریک روشن و خاموش با روش فازی / مشتق مناسب (fuzzy/PD) برای موقعیت گرفتن و کنترل نیروی گرفتن پروتوز استفاده کرد. در مرحله اول حلقه کنترل خارجی سیگنال EMG دوکاناله ثبت شد. سپس بلوک بعدی این سیگنال را بهبود بخشید و دامنه نویز آن را کاهش می‌دهد. در مرحله بعد سیگنال EMG قبل از عبور از میدل آنالوگ به دیجیتال با استفاده از فیلتر پایین گذر یک سو و صاف شد [۲۲]. در سال ۲۰۱۹، لئونه و همکاران یک روش طبقه‌بندی مجموعه ای را برای تعیین وضعیت‌های دست / مچ مورد نظر و سطوح نیروی دلخواه در طول عملکردهای گرفتن ایجاد کردند. آنها از یک ماشین حالت محدود برای کنترل و سازماندهی سه طبقه بندی کننده بر اساس NLR (الگوریتم رگرسیون لجستیک غیرخطی) استفاده کردند. استراتژی FSM تنها می‌تواند در مجموعه‌های محدود از حالت‌ها و یک حالت در یک زمان باشد و یک سری ورودی دریافت کند. بالاترین طبقه‌بندی‌کننده NLR، طبقه‌بندی حرکات دست / مچ، برای تمایز کلاس ژست‌های مورد نظر بین هفت ژست مختلف اعمال شد.

زیاد و سنگین روزمره باید روزانه شارژ شوند. مشکل دیگر نیز متریال استفاده شده در ساخت آنها هست به دلیل ساختار ضعیفی که دارند باید باظرافت از آن‌ها استفاده شود [۲۰،۲۱].

معمولاً مشکل اساسی افراد اتصال الکترودها به سطح اندام‌هایشان هست. این مشکل به خاطر آن هست که بعضی از افراد برخی از قسمت‌های اندام مورد نظرشان یا زخمی هست یا اندازه متفاوتی دارد؛ در نتیجه برای اتصال الکترودها به مشکل برمی‌خورند. این یکی از مشکلات اساسی این حوزه محسوب می‌شود. اگرچه پیشرفت‌های زیادی در این حوزه اتفاق افتاده است؛ اما این معایب باعث شده‌اند که این پروتوزها محبوبیت چندانی نداشته باشند [۲۰،۲۱] و افراد بیشتر به دنبال پروتوزهای غیرفعال حرکت نمایند و افراد کمی به پروتوزهای فعال (متحرک) روی آورند.

انواع EMG

دو نوع EMG وجود دارد: EMG سطحی و EMG داخل عضلانی. EMG سطحی عملکرد عضلات را با ثبت فعالیت ماهیچه‌ای از سطح بالای عضله روی پوست به دست می‌آورد. EMG داخل عضلانی می‌تواند با استفاده از انواع مختلف الکترودهای ثبتی انجام بگیرد. در ادامه به کارکرد EMG سطحی در حوزه پروتوزها خواهیم پرداخت.



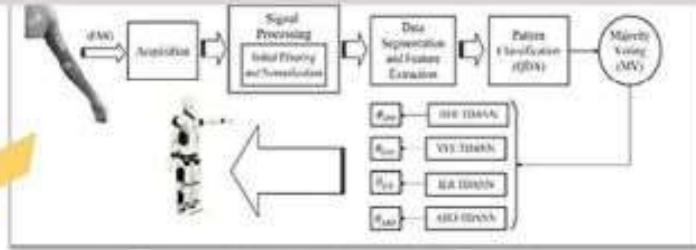
شکل ۱ انواع روش‌های اندازه‌گیری EMG

رابطه‌های عصبی

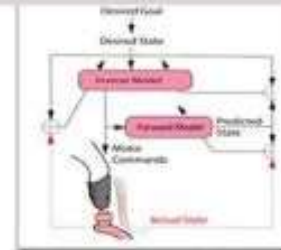
یکی از حیاتی‌ترین جنبه‌های پروتوز عصبی کنترل، حس دقیق و قوی فعالیت عصبی عضلانی است. اندام‌ها رابط سوکت پروتوزهای اندام تحتانی هستند که در معرض نیروهای تحمل وزن، تجمع عرق یا تغییر در حجم اندام، حسگرهای EMG را به چالش می‌کشد. پروتوزهای اندام از الکترودهای EMG سطحی دو قطبی برای ضبط سیگنال‌های کنترل عصبی عضلانی استفاده می‌کنند. یکی از چالش‌های اصلی این رویکرد، اتصال الکترودهای EMG در سوکت پروتوز هست. رابطه‌های حسگر EMG که قابل کاشت هستند می‌توانند کاهش‌دهنده محدودیت‌های همراه با الکترودهای سطحی دو قطبی باشند. سنسورهای EMG داخل عضلانی بی‌سیم هستند امروزه برای انتقال سیگنال‌های فعالیت ماهیچه‌ای از ماهیچه‌های باقی‌مانده به پروتوز ساخته شده استفاده می‌شود. یکی دیگر از فناوری‌های امیدوارکننده، EMG سطحی با چگالی بالا و انعطاف‌پذیر است. ممکن است اطلاعات بیشتر و واضح‌تری از فعالیت‌های عضلانی باقیمانده برای کنترل پروتوز فراهم کند. EMG با چگالی بالا اولین بار برای افراد قطع عضو برای تأیید عصب‌دهی مجدد عضلات باقی‌مانده استفاده شد. در مطالعات دیگر از EMG با چگالی بالا برای حذف مشکلات حرکتی در راه رفتن و اندازه‌گیری عضلات استفاده کرده‌اند. تراکم بالا EMG پتانسیل قابل توجهی را برای پروتوزهای آینده نشان می‌دهد توسعه کنترل از طریق ادغام فعال‌سازهای واحد حرکتی فردی با کنترل پروتوز، هدف قراردادن مکان‌های خاص عضلانی به راحتی و حذف مصنوعات ناشی از حرکت قابل درک است.

روش استفاده از سیگنال EMG

روش‌های مختلفی جهت کنترل پروتوزهای مایو الکتریک وجود دارد.



شکل ۳ فلوجارت روش کنترل مایو الکتریک متناسب



شکل ۲ چهارچوب کنترل حرکت انسان

روش های کنترل EMG

سیگنال‌های EMG ثبت شده از عضلات agonist باقیمانده بسیار کوچک هستند. معمولاً سیگنال‌های EMG به طور متناسب پارامتر مفصلی را افزایش می‌دهد. یکی از چالش‌های این رویکرد این است که عضله باقیمانده antagonist گاهی اوقات به طور ناخواسته همان طور که فرد قطع عضو قصد دارد منقبض می‌شود. برای فعال کردن عضله antagonist تنها، باعث ایجاد یک مشکل سطح مشارکت غیرارادی می‌شود. فعالیت مشترک غیرارادی توانایی افراد قطع عضو را محدود می‌کند. ورودی‌های EMG چندکاناله از طریق تجزیه و تحلیل اجزای اصلی یا فاکتورسازی غیرمنفی برای به دست آوردن motor core جدا شده که نشان دهنده کنترل ارادی برای هر حرکت مورد مطالعه قرار گرفته است. این الگوریتم‌های رمزگشایی ممکن است به افراد قطع عضو کمک کند. برای افراد قطع عضو transfemoral، کنترل مستقیم EMG وجود دارد که برای راه رفتن روی زمین و درعین حال بالارفتن یا پایین آمدن از پله آزمایش شده است. برای افراد قطع عضو transfemoral، کنترل مستقیم EMG وجود دارد. یکی از مزایای کنترل مستقیم EMG این است که محدود به وظایف حرکتی ریتمیک نیست. متأسفانه کارهای محدودی برای درک افراد قطع عضو انجام شده است. مطالعات نشان داد که قطع عضو transtibial می‌تواند تنظیمات وضعیتی، پیش‌بینی‌کننده را روی یک پروتز کنترل شده با EMG ایجاد کند [1].

کنترل وضعیت مایو الکتریک متناسب

فانگر، تعریف رابط کاربری با تشخیص نیت تناسبی را بدین صورت مطرح کرد که چنانچه کاربر بتواند به صورت پیوسته و کارآمد در بازه های زمانی پیوسته با تغییر فرمان‌های کنترلی، حداقل یکی از درجات آزادی پروتز خود (نیرو، سرعت، مکان و یا هر متغیر مکانیکی دیگر وابسته به تسلط کاربر بر پروتز) را کنترل کند، روش کنترلی به کار رفته، کنترل تناسبی نام دارد [2]. لغت تناسبی در اینجا نباید با کنترل تناسبی حوزه کنترل اشتباه شود. در حوزه کنترل، لغت کنترل تناسبی به معنی سیگنال خروجی کنترل متناسب با میزان خطا در یک حلقه‌ی بسته است، اما در اینجا تشخیص تناسبی در مسیر پیشرو سیستم کنترلی قرار داشته و به معنی متناسب بودن سیگنال کنترلی با سطح خواسته کاربر برای تغییر در یک متغیر قابل کنترل در پروتز است. در این تعریف لزومی ندارد ورودی و خروجی کنترل کننده به صورت تناسبی باهم در ارتباط باشند و تنها باید یک ارتباط پیوسته بین آنها برقرار باشد [3]. در کنترل مایو الکتریک متناسب هم ولتاژ موتور به نسبت مستقیم با سیگنال EMG تغییر می‌کند؛ بنابراین به فرد قطع عضو توان کنترل سرعت و نیروی گرفتن را می‌دهد [4]. هوگان و همکارانش در ۱۹۸۰ بیانیه ریاضی را برای یک پردازنده سیگنال مایو الکتریک بهینه پیشنهاد کردند. این ویژگی به عنوان

ریشه میانگین مربع (RMS) نیز شناخته شد [4]. در سال ۱۹۸۴ ایوانزو و همکارانش پیشنهاد استفاده از لگاریتم غیرخطی و برآوردگر خطای حداقل میانگین مربع خطی به جای یکسوکننده تمام موج و فیلتر پایین گذر را دادند. سپس از فیلتر کالمن برای تخمین سیگنال کنترل استفاده کردند [5] و روش‌های زیاد دیگری هم مورد آزمایش قرار گرفتند. در سال ۱۹۹۳، هاجتز و همکاران، مجموعه‌ای از ویژگی‌های حوزه زمان (TD) را برای کنترل یک پروتز چندمنظوره توسط یک کانال EMG بدون نیاز به تلاش اضافی از سوی کاربر، توسعه دادند. در اینجا شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network) برای طبقه بندی استفاده شد [6]. در سال ۲۰۰۹، جیانگ و همکارانش درجات آزادی چندگانه (DOF) را با استفاده از الگوریتم فاکتورسازی ماتریس غیرمنفی (NMF) و مقدار میانگین مربع EMG سطحی (MSV) چند کانالی پیشنهاد کردند. طوری که دوازده نفر سالم در این آزمایش شرکت کردند. نتایج نشان داد که تخمین نیرو با استفاده از MSV برای کنترل هم‌زمان و متناسب موفق بود [7].

داده برداری و پیش برداش سیگنال‌های الکترومایوگرام

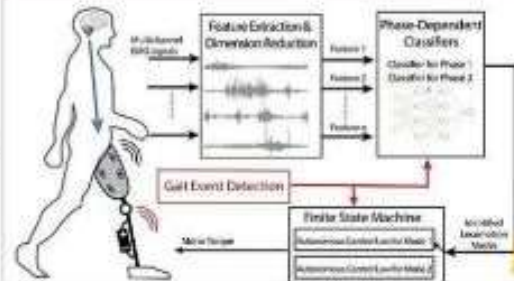
این قسمت به ضروری ترین مسائل طراحی یک بستر تست داده برداری دقیق، فرکانس‌های قطع برای فیلترهای استفاده شده به منظور از بین بردن نویز موجود در سیگنال‌ها و الگوریتم‌های مورد نیاز پیش پردازش داده می‌پردازد. هدف از این بخش فراهم آوردن سیگنال هایی با کیفیت بالا است که در آن اطلاعات مورد نیاز وضعیت خاصی از شانه، برای مشخص کردن فرمان کنترلی متناظر، با استفاده از روش کنترل میوتکس تناسبی در ربات پیرو سسورنا ۳ به دست آید [1].

کاهش نویز سیگنال

سیگنال‌های الکترومایوگرافی به واسطه دامنه کوچک که معمولاً کمتر از ۱ میلی ولت است، به نویز حساس هستند. اولین مرحله در پیش پردازش سیگنال‌های الکترومایوگرام، کاهش نویزهای موجود در این سیگنال برای افزایش دقت تخمین است. به دلیل تغییرات فرکانس پایین سیگنال به واسطه جابه جایی الکترودها و یا سیم‌های متصل به الکترودها که محدودهای بین ۰ تا ۲۰ هرتز را در برمی‌گیرد، فرکانس قطع بالا در فیلترهای بالاگذری که برای این سیگنال‌ها استفاده می‌شود معمولاً بین ۵ تا ۲۰ هرتز است. برای پیدا کردن سیگنال قطع پایین برای فیلتر پایین گذر این سیگنال، با استفاده نمودار چگالی توان طیف فرکانسی مشخص می‌شود که انرژی غالب این سیگنال که در حدود ۹۵٪ توان سیگنال است کمتر از فرکانس ۵۰ الی ۵۰۰ هرتز قرار گرفته است [8]. در نتیجه فرکانس‌های بالای ۵۰۰ هرتز نویزدار نظر گرفته می‌شود. فیلتری که برای این منظور استفاده شده است، باترورث فیلتر مرتبه سوم با باند فرکانسی، ۲۰ تا ۴۵۰ هرتز است [9].

*Makransky and Lilleholt.

شکل ۴ بلوک دیاگرام روشهای کنترلی EMG



ثبت داده‌های الکترومایوگرافی و حرکتی

دستگاهی که برای ثبت داده‌های فعالیت ماهیچه‌ها به کار رفته، سنسور ایوبیو ۱۶ بی می‌باشد. این دستگاه دارای ۸ کانال داده‌برداری بوده که اطلاعات را از طریق بلوتوث و به صورت بی‌سیم به رایانه منتقل می‌کند. این سنسور دارای یک آمپلی‌فایر نویز پایین به همراه یک میدل آنالوگ به دیجیتال با سرعت ۲۴ کیلو بایت بر ثانیه است که قابلیت داده‌برداری با فرکانس ۱ کیلوهرتز را دارد [۱۰]. این الکترودها مدل اف آر جی و ا نو متعلق به شرکت اسکین نکت بوده که به خاطر اندازه کوچک آن، الکتروده نوزاد نام دارد و در این پژوهش برای داده برداری دقیق‌تر مناسب هستند. مفصل شانه دارای سه درجه آزادی است که در کنترل مایو الکتریک این سه درجه آزادی به چهار کلاس تقسیم‌بندی می‌شوند: اداکشن / اداکشن، فلکشن / اکستنشن افقی، فلکشن / اکستنشن عمودی، چرخش داخلی / خارجی [۱۱]. در آزمایشی، کاربر یک فرد مذکر با ۲۵ سال سن و بدون هیچ‌گونه معلولیت حرکتی انتخاب شد. باتوجه به اینکه سیگنال‌ها الکترومایوگرام اخذ شده از افراد مختلف با یکدیگر متفاوت خواهد بود، بنابراین با استفاده از سیگنال‌های اخذ شده از یک فرد خاص نمی‌توان الگوی حرکت کلی برای واسطه‌های کاربری که مورد استفاده همه افراد واقع شود، تعریف نمود. در واقع برای اینکه این واسطه کاربری برای هر فرد به کار رود می‌بایست به صورت جداگانه با استفاده از داده‌های آموزشی همان فرد، مدل‌های طبقه‌بندی و تخمین زوایا را آموزش داد. کاربر در حالت ایستاده قرار گرفته و آزاو خواسته شد تا حرکات مشخص برحسب اراده‌ی خود به صورت تصادفی، در فضایی که تمامی فضای کاری هر درجه آزادی را در بر می‌گیرد، انجام دهد. این حرکات شامل حرکات سینوسی با فرکانس‌های کم، متوسط و بالا و ثابت نگه‌داشتن بازو در یک زاویه خاص بود. بین ۱۵ تا ۲۰ سری داده برای هر درجه آزادی شانه داده‌برداری شد که مدت‌زمان داده‌برداری در هر نوبت بین ۴۵ تا ۶۰ ثانیه بود و همچنین بعد از هر سری داده، ۱ دقیقه استراحت برای جلوگیری از خستگی ماهیچه‌های کاربر در نظر گرفته شد [۱].

تشخیص نیت از روی سیگنال الکترومایوگرام

تشخیص نیت در این روش از دوقطای طبقه‌بندی کلاس‌های حرکتی شانه و تخمین پیوسته زوایای مفصلی با استفاده از شبکه عصبی در حالت خارج از خط خواهد بود. برای افزایش دقت طبقه‌بندی نیز از الگوریتم رای اکثریت استفاده شده است. نتایج این بخش برای حالت برخط مورد استفاده قرار خواهند گرفت [۱].

کنترل هم‌زمان مایو الکتریک

شکاف بزرگی بین پروتزه‌های صنعتی و آکادمیک وجود دارد و این پروتزه‌ها تا رسیدن به اندام طبیعی راه زیادی در پیش دارند. به علت

عدم کنترل هم‌زمان پروتز اکثر کاربران ترجیح می‌دهند از اندام‌های مصنوعی استفاده نکرده و با ناتوانی‌های خود کنار بیایند. فعال کردن چندین درجه آزادی (DOFs) به طور هم‌زمان در اکثر حرکات روزمره ضروری است؛ اما در پروتزه‌های صنعتی به صورت متوالی فعال نمی‌شوند. به همین دلیل در سال‌های اخیر توجه بیشتری به کنترل هم‌زمان شده است. روش‌هایی مثل تشخیص الگو، یادگیری عمیق، رگرسیون و فاکتورسازی ماتریس غیرمقی‌ارائه شده است [۱۲]. در سال ۱۹۷۳، هربرتس و همکارانش، ایده‌ای را مطرح کردند. آنها هفت حرکت دست (DOF) را با استفاده از یک شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network) طبقه‌بندی کردند. بعدها هیچ نتیجه کمی برای این مطالعه گزارش نشد، اما آنها گزارش دادند که امکان کنترل چندین درجه آزادی به طور هم‌زمان وجود دارد [۱۳]. تاکنون تکنیک‌های مختلفی برای کنترل هم‌زمان بر اساس تشخیص الگو استفاده شده است. ساده‌ترین تکنیک اضافه‌کردن حرکات ترکیبی به عنوان کلاس‌های جداگانه است. به عنوان مثال، در [۱۴] LDA در این رویکرد استفاده شد و نشان داده شد که این روش می‌تواند چندین درجه آزادی را به طور هم‌زمان کنترل کند. تکنیک دیگر استفاده از طبقه‌بندی‌کننده‌های باینری متعدد، با نام مستعار روش یک در مقابل یک است. در این رویکرد، چندین طبقه‌بندی برای تمایز بین دو کلاس حرکت آموزش داده می‌شوند و از اکثریت رای برای تصمیم‌گیری نهایی استفاده می‌شود [۱۵ و ۱۶]. استراتژی دیگر از طبقه‌بندی‌کننده‌های متعدد برای تمایز بین یک کلاس و ترکیب همه کلاس‌های دیگر استفاده می‌کند. در برخی از مطالعات، از روش‌های رگرسیون مبتنی بر تشخیص الگو برای تشخیص حرکات به طور مداوم استفاده شده است که این روش‌ها امکان کنترل هم‌زمان و متناسب را فراهم می‌کند [۱۷]. سه DOF در نظر گرفته شد. این مطالعه نشان داد که در مقایسه با ANN روش پیشنهادی در DOF اداکشن اداکشن بهتر است و در سایر DOF‌ها تفاوت معناداری بین این دو روش وجود ندارد. دو روش از نظر زمان پردازش با هم مقایسه شدند که نشان داد زمان پردازش روش پیشنهادی کمتر از ANN است. در سال ۲۰۲۰، پیازا و همکارانش روش رگرسیون وزنی احتمال (PWR) را در زمینه کنترل هم‌زمان و متناسب پیشنهاد کردند [۱۸].

کنترل مایو الکتریک مبتنی بر تشخیص الگو

سیگنال‌های EMG سطحی توسط الکترودهایی که بر روی پوست قرار می‌گیرند ثبت می‌شوند. این الکترودها اغلب با پیش تقویت‌کننده‌های مینیاتوری همراه هستند تا سیگنال‌های کوچک را متمایز کنند. سیگنال‌ها بعد از دیجیتالی‌شدن به یک کنترل‌کننده کننده که شامل چهار ماژول اصلی است، منتقل می‌شوند:



۱. بخش‌بندی داده‌ها: شامل تکنیک‌هایی است که برای مدیریت داده‌ها قبل از استخراج ویژگی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۹].
۲. استخراج ویژگی: ویژگی‌ها، به‌جای سیگنال‌های خام، به یک طبقه بندی کننده برای بهبود کارایی طبقه‌بندی وارد می‌شوند [۱۹].
۳. طبقه‌بندی: یک مازول طبقه‌بندی الگوهای سیگنال را تشخیص می‌دهد و آنها را به دسته‌های از پیش تعریف شده طبقه‌بندی می‌کند. طبقه‌بندی‌کننده باید به اندازه کافی هوشمند باشد چرا که سیگنال‌های بیولوژیکی پیچیده هستند [۱۹].
۴. کنترل‌کننده: دستورات خروجی را بر اساس الگوهای سیگنال و طرح‌های کنترل تولید می‌کند. اگرچه برخی از طرح‌های کنترل حلقه بسته، مانند اجتناب از مانع، می‌توانند با استفاده از بازخورد حسی اجرا شوند، کنترل مایوالتریک از نظر ساختاری از کمبود بازخورد رنج می‌برد. بازخورد سطح بالا، مانند اطلاعات بصری یا حسی، می‌تواند کیفیت کنترل و مهارت را بهبود بخشد. با توجه به محدودیت‌هایی که در اعمال بازخورد به سیستم عصبی عضلانی وجود دارد، ترکیب داده‌های اعمال شده در سیگنال‌های EMG سطحی و بازخورد حسی مکمل، می‌تواند عملکرد کنترل را بهبود بخشد. پس می‌بینیم که هر مازول دارای یک کاربرد مهم و اجتناب ناپذیر است. با این حال، در برخی موارد ممکن است مازول‌ها حذف یا با هم ادغام شوند [۱۹].

نتیجه‌گیری

با گذشت زمان و پیشرفت فناوری در طراحی سیستم‌های رباتیک و ادغام آن با صنعت طراحی پروتزهای متحرک برای افراد معلول و نوان انقلاب بزرگی اتفاق افتاده است به‌گونه‌ای که وقتی به این فکر می‌کنیم که یک ورزشکار معلول چگونه حرفه‌ای خود را کنار بگذارد و با این ناتوانی خود کنار بیاید بسیار غمگین‌کننده است به‌گونه‌ای که در دهه‌های گذشته پروتزهای ثابت (نامتحرک) هرچند در زندگی افراد تحول ایجاد می‌کرد؛ ولی احساس ناخوشایندی به افراد می‌داد که نمی‌توانستند مثل افراد عادی زندگی کنند؛ اما امروزه با استفاده از سیگنال EMG افراد قادر خواهند بود که فقط با فکر کردن به انجام کاری که می‌خواهند انجام دهند. پروتز شروع به حرکت کند به‌عنوان مثال فردی که دست خود را از دست داده بود نمی‌توانست دیگر کاری با آن دست انجام دهد و فقط می‌توانست برای حفظ زیبایی ظاهرش از پروتزهای ثابت استفاده کند کمی در مورد این موضوع فکر کنید که در گذشته شخصی که از پروتز ثابت استفاده می‌کرد برای نقض عضو دست خود و بخواهد با همان دست یک لیوان آب بردارد، نمی‌تواند؛ اما امروزه با استفاده از سیگنال‌های EMG و ساخته شدن پروتزهای متحرک فرد فقط باید دست خود را به سمت لیوان برده و به بازو بست شدن انگشتان دست خود فکر کند تا بتواند لیوان را بردارد. این موضوع راجع به پای مصنوعی نیز صادق است به این گونه که فردی که از پروتز ثابت استفاده می‌کند نمی‌تواند به درستی حرکت کند و در راه رفتن به مشکل برمی‌خورد؛ اما امروزه با به وجود آمدن پروتزهای متحرک از جمله پای مصنوعی، با استفاده از سیگنال EMG پای آسیب دیده و تجزیه تحلیل کردن ماشین یادگیری عمیق داخل پروتز متحرک فرد می‌تواند با تمرین‌های ساده و درعین حال کم‌زمان به جایی برسد که انگار پای خود را دوباره به دست آورده است. از سیگنال EMG که در سیستم ماشین یادگیری عمیق استفاده می‌شود به‌گونه‌ای که فرد



پس از چندباره انجام یک فعالیت زمان بازخورد همان فعالیت برای دفعات بعدی کاهش می‌یابد که نتیجه‌ی آن می‌شود انجام حرکات با سرعتی همانند سرعت خود بدن. از روی دیگر در صنعت زیبایی نیز پروتزهای متحرک حرفی برای گفتن دارند؛ ولی به دلیل داشتن موتورهای فراوان و پیچیدگی جهت تجزیه و تحلیل داده‌های EMG، وزنشان زیاد است که ممکن است برای افرادی که برای اولین بار است از آنها استفاده می‌کنند مشکل به وجود آورد؛ اما مشکلی نیست که نشود با آن کنار آمد. در کل به این نتیجه می‌رسیم که پروتزهای متحرک نقش پررنگی را در زندگی افراد معلول و ناتوان ایجاد می‌کند و آنان را به سمت بودن در جامعه دعوت می‌کند و به آنان احساس عادی بودن می‌دهد.



الگو سازی دستگاه شنوایی

آیدا ذاکری



نحوه عملکرد دستگاه شنوایی

دستگاه شنوایی از دو قسمت تشکیل شده است: دستگاه محیطی (گوش خارجی، گوش میانی، گوش داخلی و عصب شنوایی) و دستگاه مرکزی (مسیرهای شنوایی در ساقه مغز و قشر شنوایی) [۶].

دستگاه شنوایی محیطی

نحوه عملکرد دستگاه شنوایی محیطی اینگونه است که امکان انتقال صدا از دهانه گوش خارجی به نخستین نورون های عصب شنوایی را فراهم می کند. هر بخش از این دستگاه در انتقال صدا نقش دارد. گوش خارجی در لاله گوش، تنها قسمت قابل مشاهده آن است، و از کانال شنوایی خارجی تشکیل شده است. اصلی ترین نقش آن دریافت امواج صوتی و ارسالش به پرده گوش است [۶].

گوش میانی از پرده گوش، سه استخوان (چکشی، سندان و رکابی) و شیپور استاش تشکیل شده است. گوش میانی از طریق پرده گوش به گوش خارجی و از طریق دریچه های گرد و بیضی شکل به گوش داخلی متصل می شوند. هنگامی که یک موج صوتی از طریق کانال شنوایی خارجی ارسال می شود، پرده گوش را می لرزاند، سپس پرده گوش ارتعاشات را از طریق استخوان های گوش میانی به قسمت بعدی می فرستد. در اصل استخوانچه چکشی ارتعاش ایجاد شده را به سندان منتقل کرده و این استخوانچه هم باعث به حرکت در آمدن استخوانچه رکابی می شود. استخوان رکابی ارتعاشات را بوسیله دریچه بیضی به گوش داخلی می فرستد [۶].

گوش میانی علاوه بر انتقال ارتعاشات صوتی، به محافظت از گوش داخلی نیز کمک می کند. اگر گوش بیش از حد در معرض سرو صدا

قرار بگیرد، عضله متصل به رکابی (عضله استاپدیوس) منقبض می شود تا لرزش های رکابی را کاهش داده و از گوش داخلی محافظت کند. به این عمل رفلکس صوتی یا رفلکس استاپدیوس می گویند. گوش میانی همچنین حاوی شیپور استاش است که فشار دو طرف پرده گوش را متعادل می کند [۶].

گوش داخلی از دو بخش دهلیز و حلزون گوش تشکیل شده است. دهلیز مسئول تعادل است، در حالی که حلزون وظیفه شنیدن را برعهده دارد. حلزون گوش دارای یک ساختار مارپیچی است که اندام کورتی را در خود جای داده است. این اندام حاوی مژک است که در مایعی بنام پریلینف قرار می گیرد. وقتی استخوانچه های گوش میانی ارتعاشاتی را به این مایع منتقل می کنند، باعث حرکت مژک ها می شوند. این عمل در مژک ها یک تحریک عصبی را که از طریق عصب شنوایی به مغز ارسال می شود فعال می کند [۶].

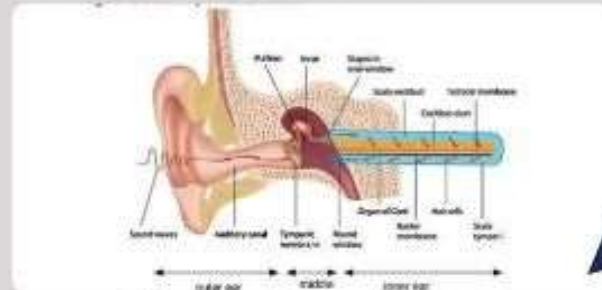
دستگاه شنوایی مرکزی

دستگاه شنوایی مرکزی اجازه می دهد صدا از نخستین نورون های عصب شنوایی به مغز منتقل شود. این دستگاهی است که مسئول تفسیر اطلاعات شنیداری است. دستگاه محیطی از طریق رشته های عصبی آوران، که از اندام کورتی به قشر شنوایی منتقل می شوند، و رشته های عصبی وابران، که با روش مخالف کار می کنند، با شنوایی مرکزی ارتباط برقرار می کند. سلولهای اندام کورتی به دو دسته مویی خارجی و مویی داخلی تقسیم می شوند. این دو نوع سلول به رشته های عصبی مرتبط هستند که دو عصب شنوایی را تشکیل می دهند (عصب زوج ۸). سپس اطلاعات عصب شنوایی از طریق چندین

روند شنوایی ما واقعاً ما را به منظره صوتی محیط اطرافمان متصل می‌کند. شنوایی ما توانایی شگفت‌انگیزی در شناسایی و درک کمترین نشانه‌های صوتی را به ما ارائه می‌دهد. در حقیقت، مغز ما توانایی ذخیره شباهت‌های عمیق الگوهای صوتی مانند موسیقی، صدای افراد، صداهای خطرناک و صداهای محیطی را دارد. این شباهت‌ها شناخت و پردازش صداهای آشنا و ناآشنا را برای ما بسیار آسان می‌کند [6].

شنوایی یک پدیده بسیار پیچیده است که شامل تعداد زیادی متغیر مرتبط با یکدیگر است که اندازه‌گیری آن در داخل بدن دشوار است. به منظور بررسی چنین فرآیندی در شرایط ساده و کنترل شده، مدل‌های انتقال صدا در طول چندین دهه تحقیق توسعه یافته‌اند. ارزش الگو سازی دستگاه شنوایی تنها برای توضیح عملکرد طبیعی دستگاه شنوایی و در نظر گرفتن مشاهدات تجربی و بالینی نیست، بلکه برای شبیه‌سازی انواع شرایط پاتولوژیک که منجر به آسیب شنوایی و کاهش شنوایی می‌شود، و همچنین برای توسعه ایمپلنت‌های شنوایی، محافظ‌های موثر گوش و اقدامات برای پیشگیری خطر مورد استفاده قرار می‌گیرد. درک ما از فرآیند شنوایی از مطالعات تجربی و تحقیقات بالینی ناشی شده است. با این حال، یک مکمل مهم برای مشاهدات بالینی و تحقیقات مدل حیوانی، توسعه مدل‌های تحلیلی و عددی دستگاه شنوایی است. مدل‌سازی برای مطالعه آن جنبه‌هایی از شنوایی که آشکار کردن آنها از آزمایش‌ها دشوار است، ضروری است. یک مدل ممکن است برای تعیین مکانیسم‌های اساسی در پشت فرآیند شنوایی و بررسی انواع شرایط پاتولوژیک که منجر به کاهش شنوایی می‌شود استفاده شود [5].

صدای با شدت بالا (مثلاً قرار گرفتن در معرض انفجار در ارتش) بیش از ۱۷۰ دسی‌بل SPL می‌تواند منجر به آسیب گوش و کاهش شنوایی شود. علاوه بر مطالعات روند طبیعی شنوایی، مطالعات تحقیقاتی در مورد آسیب شنوایی برای درک بهتر، پیشگیری و مقابله با اثرات بسیاری از عوامل موثر در کاهش شنوایی ضروری است. با این حال، انجام مطالعات ارزیابی کمی آسیب شنوایی به دلایل بسیاری چالش برانگیز است. به عنوان مثال، ایجاد آسیب شنوایی در داخل بدن، چه در مدل‌های حیوانی و چه در انسان، نگرانی‌های اخلاقی را ایجاد می‌کند و با ملاحظات عملی محدود می‌شود. مدل‌سازی مجدداً یک رویکرد مهم است که می‌تواند به درک بهتر خطر از دست دادن عملکرد شنوایی پس از قرار گرفتن در معرض نویز با شدت بالا و توسعه تجهیزات حفاظت شخصی شنوایی و سایر اقدامات متقابل خطر برای شنوایی کمک کند [5].



شکل ۱. نمایی از دستگاه شنوایی محیطی گوش

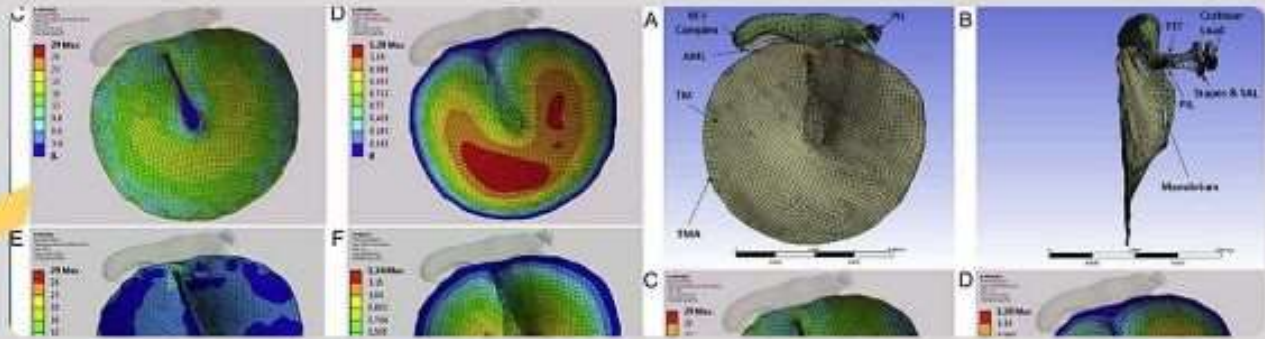
هسته در ساقه مغز به مغز ارسال می‌شود. (هسته‌های حلزونی، هسته فوقانی (olivary)، لمبیسکوس جانبی، colliculus تحتانی و ...). این هسته‌ها امکان پردازش بیشتر پیام شنوایی را فراهم می‌کنند. مسیرهای شنوایی علاوه بر انتقال اطلاعات صوتی، اطلاعاتی درباره فرکانس صدا، شدت و مکان صوت در فضا را به مغز ارائه می‌دهند [6].

روند پردازش صوت در مغز

در اصل، گوش‌های ما محرک صوتی وارد شده از طریق مجاری گوش ما را به شکلی از کد عصبی که مغز بتواند آن را رمزگشایی، پردازش و درک کند، تغییر می‌دهند [6].

مرحله‌های شنیدن:

۱. صدا به مجرای گوش منتقل و باعث حرکت پرده گوش می‌شود.
۲. پرده گوش به وسیله صداهای مختلف مرتعش می‌شود.
۳. این ارتعاشات صوتی از طریق استخوانچه‌ها به حلزون گوش منتقل می‌شوند.
۴. ارتعاشات صدا باعث می‌شود که مایع حلزون همانند موج‌های اقیانوس حرکت کند.
۵. حرکت مایعات به نوبه خود سلول‌های مویی را تحریک می‌کند. عصب شنوایی تمام سیگنال‌های عصبی ایجاد شده توسط سلول‌های مویی را می‌گیرد. سلول‌های مویی در انتهای حلزون گوش، فرکانس صوتی کم و سلول‌های مویی در انتهای مخالف، فرکانس صوتی زیاد را منتقل می‌کند.
۶. عصب شنوایی سیگنال‌ها را به مغز منتقل می‌کند و سپس مغز آنها را به صداهای قابل تشخیص و معنی دار ترجمه می‌کند. در



شکل ۲

مدل اجزای محدود غشای تمپان چینجیلا (A, B). توزیع تنش معادل فون میزس (C) و جایجایی (D) در حالت باز و توزیع تنش معادل فون میزس (E) و جایجایی (F) در حالت محافظ. همه نتایج نسبت به زمانی است که به حداکثر تنش رسیده است. (برگرفته از گان و همکاران، ۲۰۱۶) [۱].

مدل های پارامتر گوش بیرونی

کانال گوش با استفاده از روش های پارامتری توده ای برای بررسی اثر کلی این ساختار نشریعی بر انتقال صدا به تمپان مدل سازی شده است. در فرکانس های پایین، کانال گوش را می توان به عنوان یک حفره ساده با دیواره سفت و سخت در نظر گرفت که فقط با حجم آن مشخص می شود. در فرکانس های بالاتر، طول موج شروع به مقایسه با طول کانال می کند و الگوهای موج ایستاده در طول کانال شروع به شکل گیری می کنند. به راحتی می تواند به عنوان یک ترکیب جرم-فنشار برای تولید اولین فرکانس طبیعی مدل شود و یا کانال را می توان به صورت تحلیلی به عنوان یک خط انتقال یکنواخت مدل کرد (وینر و راس، ۱۹۴۶). یک معادله شیپور اصلاح شده یک بعدی می تواند برای مدل سازی اثر عدم یکنواختی ابعاد کانال عرضی و همچنین اثر امیدانس صوتی توزیع شده غشای تمپان مورد استفاده قرار گیرد. استینسون (۱۹۸۵) معادله شاخ اصلاح شده را حل کرد و توزیع فشار را در امتداد انحنای کانال گوش پیش بینی کرد. گاهانا و نلسون (۲۰۰۷، ۲۰۰۶) با استفاده از یک تکنیک اسکالر لیزری سه بعدی، یک شبکه دقیق از سر، گوش و هندسه گوش خارجی تولید کردند. پاسخ فرکانسی هر مدل با حل معادله هلمهولتز با استفاده از روش المان مرزی به دست آمد. استینسون و دایگل (۲۰۰۵) میدان صوتی ایجاد شده در امتداد محور مرکزی و مقاطع عرضی را در یک مدل دقیق از کانال گوش انسان با استفاده از دو رویکرد محاسبه کرد: یک معادله شاخ تحلیلی و یک روش عنصر مرزی برای پیش بینی اندازه فشار صوت در امتداد انحنای کانال گوش در فرکانس های مختلف [۴].

الگو های عددی گوش بیرونی

اثر ابعاد کانال عرضی غیر یکنواخت و امیدانس صوتی پراکنده غشای تمپان نیز با استفاده از مدل های اجزای محدود مکانیکی و صوتی جفت شده بررسی شده است. به عنوان مثال، کوپک و همکاران (۲۰۰۲) اثرات یک کانال کم و بیش واقعی (منحنی، اما پرده گوش به روشی واقعی کج نشده) را با یک کانال استوانه ای ساده مقایسه کرد. در ۷ کیلوهرتز، تغییر فشار در سراسر پرده گوش کمتر از ۲ دسی بل بود. در فرکانس های بالاتر، طول موج با ابعاد کانال عرضی قابل مقایسه می شود و فشار شروع به تغییر در سراسر کانال می کند (استینسون و دایگل، ۲۰۰۵). در فرکانس های بسیار بالا،

جهت گیری دقیق و شکل انتهای کانال در غشای تمپان نیز مهم می شود. رابیت و هلمز (۱۹۸۸) این اثر را به صورت تحلیلی با استفاده از تقریب مدلسازی کردند. تاک لی و همکاران (۲۰۰۸) از یک رویکرد المان محدود تطبیقی ویژه برای تسهیل محاسبات در فرکانس های بالا استفاده کردند. در اکثر مدل سازی های کانال گوش، منبع صدا با اندازه گیری فشار صدا با یک میکروفون کاوشگر در داخل کانال مشخص می شود، که می تواند در برخی شرایط اثرات قابل توجهی داشته باشد (زیبان و همکاران، ۲۰۱۲). در مدل سازی پاسخ گوش به صدای میدان آزاد با میکروفون خارج از کانال، لازم است شکل پینا (Hudde and Schmidt, ۲۰۰۹) و شاید حتی شکل و ابعاد کل سر در نظر گرفته شود [۴].

مدل های عددی غشای تمپان و گوش میانی

با شروع از اولین مدل FE از غشای تمپان گربه که توسط Funnell و Laszlo (۱۹۷۸) اجرا شد، چندین مدل FE برای بررسی رفتار استاتیک یا دینامیکی زیر مجموعه های گوش میانی یا کل بخش گوش میانی در شرایط عادی یا پاتولوژیک استفاده شده اند (Funnell and Ladak, ۱۹۹۶) مدل قبلی غشای تمپان گربه (Funnell et al., ۱۹۸۷) را با افزودن نعایش های صریح از استخوانچه ها و بار حلقونی اصلاح کردند. در مدل ۱۹۹۶، غشای تمپان به عنوان یک پوسته مخروطی منحنی مدل سازی شد، که برای بررسی انتقال صدا در گوش میانی گربه طبیعی برای فرکانس های زیر ۱ کیلوهرتز مورد استفاده قرار گرفت و سپس برای شبیه سازی اثرات دو نوع جراحی گوش میانی اصلاح شد. در وادا و همکاران (۱۹۹۲) یک مدل FE گوش میانی انسان شامل غشای تمپان، استخوانچه ها با محور چرخشی ثابت و امیدانس حلقونی برای اولین بار اجرا شد. اعتبار مدل بعداً (وادا و همکاران ۱۹۹۶) با گنجاندن رباط های اینکودال قدامی و خلفی، تمپانی تانسور و تاندون های استپدیال خلفی، حفره گوش میانی (به عنوان یک جامد مستطیلی)، و کانال گوش (به عنوان یک لوله صلب) افزایش یافت. و پاسخ فرکانسی به یک تحریک صوتی برای فرکانس های زیر ۳ کیلوهرتز به دست آمد. سپس این مدل با افزودن رباط ها، تاندون ها، مفصل اینکودوستاپدیال، کانال گوش خارجی و حفره های گوش میانی اصلاح شد (در سال ۲۰۰۸، مدل های سه بعدی حفره های گوش میانی و بخشی از کانال گوش از تصویربرداری microCT توسط Tuck-Lee و همکارانش معرفی شدند. اثر سوراخ شدن و ترمیم نیز مورد بررسی قرار گرفت. مدل، گان و همکاران (۲۰۱۶) و وانگ و گان (۲۰۱۶) از یک مدل FE سه بعدی از TM چینجیلا و گوش میانی برای محاسبه توزیع تنش در TM و جایجایی TM با امواج فشار ضربه ای استفاده کرد [۱].

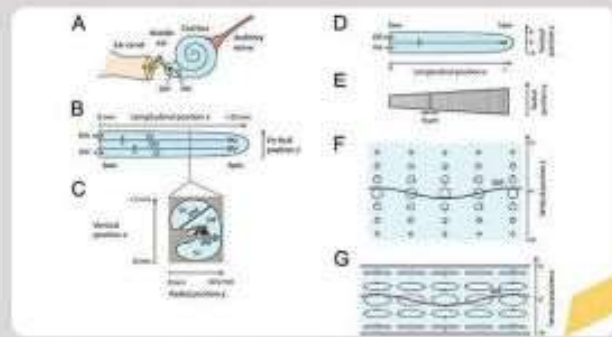
انتشار موج در حلزون گوش (F) برای طول موج کوچک، $\lambda \ll h$ ، در این حالت مسیر ذرات مایع دایره ای است و دامنه آنها به طور تصاعدی از BM دور می شود. سر هر فلش نشان دهنده موقعیت یک ذره در یک زمان معین است. (G) زمانی که $\lambda > h$ و حرکت عمده در جهت طولی رخ می دهد (برگرفته از رایجنباخ و هادسپت، ۲۰۱۴ [۲]).

الگو های تحلیلی دستگاه شنوایی کل

تحقیقات مربوط به مدل های کل دستگاه شنوایی انسان برای درک مکانیسم های انتقال صدا، ارزیابی درمان های کاهش شنوایی، توسعه دستگاه ها و پروتزهای قابل کاشت یا شبیه سازی شرایط پاتولوژیک است. تعداد کمی از الگو های دستگاه شنوایی کامل تا به امروز توسعه یافته اند. یک مدل شبکه ارتعاشی یک بعدی در پیش بینی داده های تجربی اندازه گیری شده بر روی استخوان تمپورال انسان موفق بود (Kringelbotn ۱۹۸۸). اخیراً، فنگ و گان (۲۰۰۴) یک مدل پارامتریک توده ای از گوش انسان متشکل از توده های معلق توسط داش پات ها و فربهایی که هوای داخل کانال خارجی، غشای تمپان و سه استخوانچه گوش میانی را نشان می دهند، ارائه کرد. پنج پارامتر مدل، یعنی سختی حلقه TM، سختی مفصل رگابی، سختی حلقه رگابی و رباط های گوش میانی، تأثیر قابل توجهی بر رفتار دینامیکی مدل نشان دادند. یک الگوی دستگاه شنوایی بسیار جامع تر توسط ارتش ۲۵ سال پیش ساخته شد [۱].

الگوهای عددی دستگاه شنوایی کامل

الگوهای اجزای محدود گوش انسان در سال های اخیر بر اساس تصاویر microCT تکامل زیادی یافته اند. در سال ۲۰۰۴، گان و همکاران [۱] از یک مدل FE سه بعدی از گوش انسان که شامل مورفولوژی دقیق کانال گوش خارجی، حفره گوش میانی و استخوانچه های گوش میانی است برای مطالعه اثر ضخامت و سختی پرده تمپان، مواد مفصل داخل استپدی و بار حلزونی بر انتقال صوتی-مکانیکی استفاده کردند. تجزیه استخوانی انسان از همین مدل برای بررسی تأثیر سوراخ های پرده تمپان استفاده شده است. نتایج نشان داد که تغییر فشار گوش میانی به نوع سوراخ و محل و فرکانس مربوط است. این مدل با معرفی یک مدل حلزون بدون سیم پیچ با دو کانال سیال مستقیم که توسط غشای پایه جدا شده اند با خواص مواد ارتوتروپیک و تغییرات ابعادی در طول آن بیشتر بهبود یافت. این مدل برای مطالعه عملکرد انتقال گوش میانی در شرایط عادی و پاتولوژیک، افزایش فشار صوت در گوش میانی و امیدانس ورودی حلزون در پاسخ به تحریک صدا استفاده میشود. تجزیه و تحلیل های انجام شده اجازه شفاف سازی بیشتر الگوی ارتعاشی غشای پایه را در حضور تحریکات هدایت شده استخوانی (BC) و هدایت شده با هوا (AC) داد. شکل A.۶، ویژگی های ثابت غشای پایه برای تحریک های BC و AC نشان می دهد که غشای پایه فقط توسط مولفه ای از فشار سیال که نا متقارن است هدایت می شود و اینکه غشای پایه فقط به تحریک ایجاد شده در دو پنجره بدون در نظر گرفتن اینکه آیا اینها توسط BC یا AC تولید می شوند پاسخ می دهد [۱].



شکل ۳

کاربیکاتورهای ساده شده نشان دهنده: (الف) ساختار گوش، (ب) برآمدگی طولی حلزون به شکل بدون پیچ آن، (ج) بخش عرضی حلزون و ساختارهای داخلی؛ (د) مدل دوبعدی حلزون بدون پیچ با SV و SM متحد شده در یک اتانک. (E) نمای سطحی غشای پایه با نمایش شماتیک از رشته های کلاژن که از لبه عصبی به لبه غیر عصبی در حال اجرا هستند.

مدل های تحلیلی هیدرودینامیک حلزون گوش

نتیجه مستقیم کار تجربی فون بکسی بر روی مکانیسم های شنوایی توسعه مدل های تحلیلی برای توضیح هیدرودینامیک حلزون و مکانیک ارتعاش غشای پایه بود. اکثر مدل های اولیه (Ranke ۱۹۵۰ و Zwislocki ۱۹۴۸) بر اساس ساختار حلزونی سه بعدی متشکل از ۲ محفظه اشباع از مایع، دهلیز اسکالا و تمپانی اسکالا که در هلیکوترا به هم متصل شده اند، بودند. در نظر گرفته شد که سیال در چنین اتانک های سه بعدی به دلیل جابجایی یک بعدی رگاب ها حرکت می کند. در مدل زویسلوکی (۱۹۴۸)، حرکت سیال در داخل محفظه منجر به موج صوتی طولی یا صفحه ای با طول موج بزرگتر از ابعاد مقطع حلزون می شود [۲].

از آنجایی که خواص حلزون گوش، به ویژه سختی BM، در طول آن متفاوت است، خواص این موج آهسته وابسته به موقعیت و وابسته به فرکانس است. این ویژگی ها را می توان در هر موقعیت در امتداد حلزون با یک عدد موج پیچیده مشخص کرد. قسمت واقعی سرعت موج را تعیین می کند و قسمت خیالی تضعیف فضایی موج را تعیین می کند. از آنجایی که امیدانس پارتیشن حلزون به عنوان یک دستگاه مرتبه دوم مدل سازی می شود، هدف از توصیف پاسخ تونویک حلزون به آسانی به دست آمد. از معادله نایر-استوکس برای توصیف هیدرودینامیک اطراف لنت و موج سطحی که در حد فاصل بین بافت نرم BM و اندولنت افزایش می یابد، استفاده کردند. اول، زمانی که طول موج بسیار کوچکتر از ارتفاع کانال ها باشد، سرعت و فشار سیال به طور تصاعدی با فاصله عمودی از غشاء کاهش می یابد. ذرات سیال تحت حرکت دایره ای قرار می گیرند، که برای یک موج حرکت رو به جلو (TW) در جهت عقربه های ساعت در زیر و خلاف جهت عقربه های ساعت بالای BM است. حرکت نزدیک دیواره حلزون اساساً صفر است، بنابراین این مرزها تأثیری بر موج ندارند. در حالت محدود کننده دوم، طول موج از ارتفاع محفظه ها بسیار فراتر می رود؛ ذرات سیال در مسیرهای بیضی شکل حرکت می کنند، که حرکت عمده در جهت طولی رخ می دهد. باز هم، مولفه طولی سرعت به سختی به موقعیت عمودی بستگی دارد [۲].



حرکت شناسی (kinesiology)

فاطمه صمیمی ایلخچی



متین درویشی



مقدمه:

به طور کلی این علم به شناخت اعضا و مفاصل بدن انسانها و جانداران پرداخته و ویژگیهای حرکتی آنها را بررسی مینماید. از این علم در علوم مختلف به عنوان اساس شناخت نوع حرکت و محرومیتها و یا قابلیتهای هر قسمت از حرکت استفاده می شود. نحوه حرکت بدن ما بر هر کاری که انجام می دهیم تاثیر می گذارد و فعالیت های مان می تواند کم و بیش به پیشگیری از بیماری، ارتقای سلامت جسمی و روانی و افزایش سلامت جامعه کمک کند. فعالیت های بدنی ما بر جوامع ما هم از نظر فرهنگی و هم از نظر اقتصادی تاثیر می گذارد. مردم را گرد هم می آورد، الهام بخش، بشردوستی و عدالت اجتماعی است و رشد مالی منطقه ای، ملی و بین المللی را به پیش می برد.

حرکت شناسی (Kinesiology) چیست؟

حرکت شناسی به معنای "مطالعه ای حرکت" و دارای ریشه لغوی یونانی است. حرکت شناسی از اصول مکانیک، آناتومی اسکلتی عضلانی و فیزیولوژی عصبی عضلانی استفاده می کند. این اصطلاح همچنین توسط پزشکان مکمل برای توصیف شکلی از درمان استفاده می شود که از نظارت بر عضلات (بیوفیدبک) برای بررسی آنچه ممکن است باعث ایجاد «عدم تعادل» در بدن شود و تلاش برای از بین بردن این عدم تعادل استفاده می کند. این شاخه مطالعاتی توسط دکتر جرج گودهارت آغاز شد که یک کاپروپراکتیک بود، اما بعدها مجذوب شیوه های طب سنتی چینی هم چون طب سوزنی شد تا فرایند مدل بیماری به مثابه اختلال جریان انرژی در بدن و نه وجود فیزیکی را تبیین کند [۲۰].

حرکت شناسی مکانیک حرکت انسان و چگونگی تاثیر آنها بر سلامت و رفاه انسان را مطالعه می کند. در ادامه متن چگونگی یک رویکرد جامع را با اصول آناتومی، بیومکانیک و روان شناسی ترکیب کنند تا به افزایش یا ترمیم تحرک فیزیکی بیماران کمک کنند [۲۱].

مطالعه علم حرکت شامل مباحث بیومکانیک، علوم تربیتی، مدل سازی و شبیه سازی، پزشکی ورزشی، مهارت های حرکتی و روان شناسی است، شما یاد خواهید گرفت که مکانیسم های جذاب حرکت انسان را بر اساس دیدگاه علمی توصیف و توضیح دهید. انتقال به حوزه های مختلف کاربرد (به عنوان مثال ارتوپدی، فناوری تجهیزات ورزشی) یک جهت گیری عملی دوره را امکان پذیر می کند [۲۱].

کینزیولوژی، عضلات را به اندام های خاصی نسبت می دهد و از آزمایش دستی عضله برای ارزیابی سلامت بیمار بهره می برد. در حالی که در پزشکی معمول از تست عضله به عنوان ابزار تشخیص سلامت ساختاری و عملکردی واحد عصبی عضلانی استفاده می شود، کینزیولوژی کاربردی از این روش برای فهم ناهماهنگی های مربوط به اندام ها، احساس و یا تغذیه بهره می برد [۲۱].

این آزمایش، قوت یا ضعف یک عضله را برای دریافت اطلاعات درباره انجام مربوطه و نیاز بدن به یک ماده مغذی خاص به کار می گیرد. آزمایش عضلانی به وسیله نگه داشتن عضله در انقباض ایزومتریک در برابر مقاومت اعمال شده از بیرون انجام می شود؛ نه انقباض ارادی علیه شئی ثابت، این روش، کنترول نام دارد و از آزمون های محرک در کنترول عضلانی استفاده می شود [۲۱].

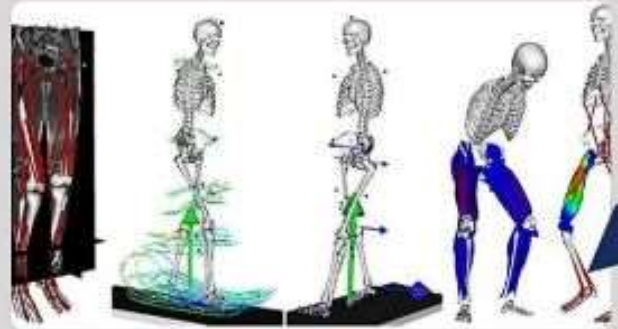
۳. آنتاگونیست عضله یا گروهی از ماهیچه‌ها است که حرکتی خلاف نوع عضله اصلی دارند. هدف تثبیت مفصل در حین حرکت است.
۴. عضلات تثبیت‌کننده برای نگه داشتن قسمت متحرک بدن در جای خود کار می‌کنند.
۵. هم‌افزایی یا تلاش هماهنگ: دو نوع هم‌افزایی وجود دارد. کمک به هم‌افزایی زمانی رخ می‌دهد که عضلات در یک حرکت با هم منقبض شوند.
- هم‌افزایی واقعی زمانی اتفاق می‌افتد که عضله‌ای برای کمک به دیگری و تثبیت حرکت منقبض شود [۲۹].

ویژگی‌های حرکت شناسی:

- بررسی تاریخچه پزشکی بیمار، مشاهده‌ی تحرک آن‌ها و انجام تست‌های تناسب‌اندام و استرس برای تعیین توانایی‌های فعلی آن‌ها.
- ایجاد یک برنامه درمانی فردی برای بیمار برای کمک به بهبودی.
- آموزش نحوه انجام صحیح تمرینات درمانی به بیماران و راهنمایی آن‌ها تا زمانی که بتوانند به طور مستقل آن‌ها را انجام دهند.
- ایجاد یک برنامه تناسب‌اندام و تناسب‌اندام برای مشتریانی که می‌خواهند سلامت کلی خود را بهبود بخشند و به اهداف تناسب‌اندام شخصی دست یابند.
- نظارت بر پیشرفت بیمار، اندازه‌گیری شاخص‌های سلامت و تنظیم برنامه درمانی در صورت لزوم.
- ارجاع بیماران به پزشک یا بیمارستان برای تجویز یا جراحی در صورت لزوم [۳].

چرا حرکت شناسی مهم است؟

- حرکت‌شناسی یک رشته مطالعاتی ارزشمند با پتانسیل فراوانی است که افراد می‌توانند سلامت جسمی، سلامت روانی و سلامت عمومی خود را کشف کنند.
- برخی از مزایای مرتبط با حرکت‌شناسی شامل موارد زیر است:
 - درک بهتر از سلامت انسان و ارتباط آن با فعالیت بدنی
 - افزایش آگاهی و بهبود مدیریت مسائل بهداشت روانی از طریق فعالیت بدنی
 - ارتقای تندرستی از طریق ایجاد عادات سبک زندگی سالم و تغذیه
 - تقویت قدرت عضلانی و بهبود مهارت‌های حرکتی
 - کسب علم در علوم حرکت و حرکت انسان
 - بهبود مشکلات سلامت جسمانی مرتبط با بیماری‌های مختلف [۴].



- این شکل از تست عضلانی دستی، مشکل را شناسایی می‌کند؛ چه در مقوله جسمی (مربوط به دستگاه عصبی، عضلانی یا اسکلتی)، احساسی یا حوزه بیومکانیک (متابولیک) و چه در حوزه غیرارگانیکی روانی، یا بیماری‌هایی که برخاسته یا مربوط به سیستم حمایتی نیست. متخصصان کینزیولوژی کاربردی مدعی هستند سلامت جسمی، احساسی، روانی و روحی را با تشخیص و درمان این مشکلات، بهبود می‌بخشند. حرکت‌شناسان تلاش می‌کنند قدرت‌های شفا بخش یا نیروهای حیاتی خود بدن را به کار گیرند. آن‌ها از طب سوزنی چینی و کایپراکتیک حمایت می‌کنند [۲۹].
- این روش‌ها نیز نسبتاً بر مبنای کینزیولوژی کاربردی هستند و قدرت عضلات را ارزیابی می‌کنند؛ بنابراین برگرفته از شکل غربی پزشکی نیستند و بدن را بیشتر به عنوان یک سیستم انرژی در نظر می‌گیرند. درجات حرکت‌شناسی محبوبیت زیادی پیدا کرده‌اند زیرا می‌توانند در زمینه‌های متعددی مانند سلامت (بدن و ذهن)، تناسب‌اندام، ورزش و تفریح به کار گرفته شوند. کاربردهای حرکت‌شناسی در سلامت انسان شامل بیومکانیک و ارتوپدی، قدرت و آمادگی جسمانی، روش‌های توان بخشی مانند فیزیوتراپی و کاردرمانی، ورزش و تمرین است. کسانی که در زمینه حرکت‌شناسی کار می‌کنند عضلات را از نظر نحوه عملکرد به پنج دسته تقسیم کرده‌اند:
۱. محرک اصلی که آگونیست نیز نامیده می‌شود، عضله اصلی درگیر در یک حرکت است.
 ۲. دستیار حرکت دهنده عضله یا گروهی از عضلات است که به منظور حمایت از حرکت با عضله اصلی کار می‌کنند.



انواع حرکت شناسی

حرکت شناسی کاربردی (AK):

حرکت شناسی کاربردی سیستمی است که جنبه های ساختاری، شیمیایی و ذهنی سلامت را با استفاده از آزمایش دستی عضلات همراه با سایر روش های استاندارد تشخیص ارزیابی می کند. یک سیستم غیرتهاجمی ارزیابی عملکرد بدن که در هنرهای درمانی منحصربه فرد است، در وجود نسبتا کوتاه خود به یک حرکت یویا در مراقبت های بهداشتی تبدیل شده است. اصطلاحات ترکیبی «کاربردی» و «کینزیولوژی» اساس این سیستم را توصیف می کنند که استفاده از آزمایش دستی عضلات برای ارزیابی عملکرد بدن از طریق یویایی سیستم اسکلتی عضلانی است. درمان ها ممکن است شامل تحریک مفصل، درمان های مختلف میوفاشیال، تکنیک های جمجمه، مهارت های فریدین و طب سوزنی، تغذیه بالینی، مدیریت رژیم غذایی، مهارت های مشاوره، ارزیابی محرک های محیطی و روش های مختلف رفلکس باشد. [۵].

مثلث سلامت سه علت اساسی مشکلات سلامت را فهرست می کند. آنها ساختاری، شیمیایی و ذهنی هستند و ساختار به عنوان پایه سه گانه است. به معنای واقعی کلمه، همه ی مشکلات سلامتی، اعم از عملکردی یا پاتولوژیک، با یک بخش یا تمام بخش های سه گانه درگیر هستند. حرکت شناسی کاربردی پزشک را قادر می سازد تا تعادل عملکردی سه گانه را ارزیابی کند و ناهماهنگی ها را تشخیص داده و درمان کند. [۵].

پزشکی که از سه گانه سلامت آگاه است و هر بیمار را از هر سه طرف ارزیابی می کند، توانایی او را در یافتن علت اساسی مشکل سلامتی بیمار افزایش می دهد. مهارت های حرکت شناسی کاربردی توسط هیئت استاندارد های کالج بین المللی حرکت شناسی کاربردی توسعه یافته و تایید شده است. این مهارت ها در بسیاری از رشته ها از جمله کارپوراکتیو، استتوپاتی، پزشکی، دندان پزشکی، طب سوزنی، بیوشیمی، روان شناسی، همیوپاتی، طبیعت درمانی و غیره اصلاح شده است. [۵].

حرکت شناسی کاربردی یک سیستم معاینه است که عملکرد طبیعی و غیر طبیعی بدن را ارزیابی می کند و به گرد هم آوردن بسیاری از رشته های درمانی مکمل کمک می کند. این به بهترین وجه با اختلالات عملکردی ایجاد شده مقابله می کند با اختلال در فیزیوپاتولوژی به جای آسیب شناسی ساختاری که در آن زمینه ای وجود دارد فایده آناتومیکی یا بیوشیمیایی که باعث بیماری می شود. شرایط عملکردی به دلیل تغییر فعالیت در سیستم عصبی و عصبی عضلانی ایجاد می شود. [۵].

شرایط بالینی رایج عبارتند از: درد کمر و گردن، درد عمومی بدن، اختلالات گوارشی، شرایط خود ایمنی، خستگی و فرسودگی و حالت های اضطراب و افسردگی. زیرا حرکت شناسی کاربردی می تواند تعیین کند که چه درمانی وضعیت تغییر یافته را به آن باز می گرداند عملکرد مناسب، شکل بهینه درمان می تواند اغلب با این روش معاینه تعیین می شود [۵].

حرکت شناسی بالینی:

شامل آناتومی عملکردی و فیزیوتراپی است. آناتومی عملکردی: با مفصل، استخوان ها، رباط ها، حرکات اساسی و ماهیچه ها سروکار دارد.

آزمایشگاه آنالیز حرکتی است که شامل تجهیزات (RCCK) مرکز تحقیقات حرکت شناسی بالینی تخصصی برای اندازه گیری حرکت انسان از راه رفتن، دویدن، نشستن تا تعادل و ایستادن است.

تجهیزات پیشرفته که عمدتاً برای تحقیقات توان بخشی بالینی استفاده می شود، تجزیه و تحلیل بیومکانیکی و مشاهده ای حرکت را به روش های مختلفی امکان پذیر می کند. سیستم ضبط حرکت، حرکت انسان را به صورت سه بعدی تجزیه و تحلیل می کند و شامل ۸ دوربین مادون قرمز و ۲ دوربین فیلم برداری دیجیتال پرسرعت است. [۶]

تجهیزات شامل:

سیستم طیفسنجی مادون قرمز نزدیک ما، اندازه گیری غیرتهاجمی تغییرات هموگلوبین را ممکن می سازد. NIRS -

سیستم سینماتیک پیشرفته VICON MX -

کیستلر سکوها را برای اندازه گیری واکنش زمین وادار می کند.

Pedar X و کفی های Emed Pedography پلت فرم -

برای آنالیز عملکرد عضلانی KinCom دینامومتر اینزوکنتیک -

برای تجزیه و تحلیل ویدئویی فعالیت بیومکانیکی Silicon CoachTM و MATLAB © -

برای نظارت بر عملکرد قلبی تنفسی Cosmed K5b۷ -

برای ارزیابی وضعیت اکسیژن رسانی و طیفسنجی مادون قرمز نزدیک آرینیس (NIRS) - همودینامیک عضله

برای تصویربرداری از آناتومی اسکلتی عضلانی Diasus @ - سونوگرافی

نوروتزیومتر برای ارزیابی و تعیین حس پوست

مرحله نظارت بر فعالیت (SAM) -

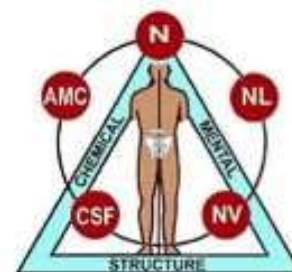
- چرخه ارگومتر و تردمیل برای اندازه گیری حرکت یا تناسب اندام [۶].

فیزیوتراپی:

فیزیوتراپیست متخصص پزشکی است که با بیماران در دوران نقاهت کار می کند و به آن ها کمک می کند تا درد خود را مدیریت کنند، تحرک و تعادل خود را بهبود بخشند و عملکرد حرکتی کامل خود را بازیابند. فیزیوتراپیست ها برای هر بیمار برنامه های سفارشی ایجاد می کنند که به آن ها کمک می کند تا عملکردهای فیزیکی کامل خود را بازیابی کنند. فیزیوتراپیست ها اغلب رویکردی جامع برای درمان خود دارند، به این معنی که آن ها به سلامت جسمی و روانی بیمار می پردازند. آنها با بیماران در هر سنی از کودکان نوبا گرفته تا افراد مسن کار می کنند و از درمان های فعال و غیرفعال برای بهبود سلامت خود استفاده می کنند.

درمان های فعال شامل کشش های فیزیکی، تمرین های تناسب اندام و پیاده روی و تمرینات وضعیت بدن است. برخی از درمان های

Triad Of Health



تکنیک‌های درمانی: حرکت‌شناسان از تکنیک‌های فیزیکی مانند تعریفات تناسب‌اندام و کشش عضلانی برای تقویت بدن بیمار و تسریع بهبودی استفاده می‌کنند. در مقابل، فیزیوتراپیست ممکن است از تکنیک‌های دیگری مانند ماساژ عضلانی، حمام، تحریک الکتریکی عصب از طریق پوست و شاک ویو درمانی استفاده کند.[۳].

مقرون به صرفه بودن: بسیاری از طرح‌های بیمه درمانی درمان فیزیوتراپی را پوشش می‌دهند، اما درمان حرکتی را پوشش نمی‌دهند، بنابراین فیزیوتراپی گزینه مقرون به صرفه‌تر است. فیزیوتراپی هم‌چنین زمانی مناسب‌تر است که بیمار نیازی به توان‌بخشی فیزیکی گسترده نداشته باشد که باعث دسترسی بیشتر به آن می‌شود.[۳].

صنعت مرتبط: هم فیزیوتراپیست‌ها و هم حرکت‌شناسان در صنعت سلامت مرتبط هستند و معمولاً در بیمارستان‌ها کار می‌کنند، اما در زمینه‌های مختلف حوزه پزشکی مرتبط هستند. یک حرکت‌شناس در تحقیقات تناسب‌اندام و پزشکی رایج‌تر است، در حالی که فیزیوتراپیست‌ها در کلینیک‌های صنعتی و پزشکی ورزشی رایج هستند.[۳].

تخصص‌های حرکت‌شناسی:

۱- بیومکانیک:

بیومکانیک مطالعه ساختار و عملکرد سیستم‌های بیولوژیکی با استفاده از روش‌های مکانیک است؛ بنابراین بیومکانیک از تخصص رشته‌هایی مانند مهندسی، آناتومی، هوافضا، توان‌بخشی، پزشکی، ارتوپدی، علوم ورزشی و بسیاری دیگر استفاده می‌کند تا ساختار و حرکت حیوانات، انسان و گیاه را مطالعه کند. همچنین بیومکانیک علم درک چگونگی تعامل عضلات و نیروهای خارجی برای تأثیرگذاری بر حرکت و عملکرد فیزیکی است. با تجزیه و تحلیل نیروهای مختلفی که در طول فعالیت بر بدن ما وارد می‌شوند، بیومکانیک می‌تواند راه‌هایی را برای بهبود کارایی کلی ما شناسایی کند.

مکانیک را می‌توان به موارد زیر تقسیم کرد:

استاتیک: استاتیک مربوط به اجسام در حال حرکت یکنواخت یا در سکون است.

دینامیک: دینامیک مربوط به اجسامی است که در حال شتاب یا کاهش سرعت هستند. سیستم‌های دینامیکی را می‌توان به سینتیک و سینماتیک تقسیم کرد.

سینتیک: سینتیک نیروهایی هستند که باعث حرکت می‌شوند. (به عنوان مثال عضلات).

گراناش سینماتیک: سینماتیک علم حرکت اجسام در فضا است. به عنوان مثال نوع، مکان، جهت، سطوح حرکت. این شامل حرکت یک نقطه روی بدن (مانند مرکز ثقل)، موقعیت چند بخش (مانند اندام فوقانی) یا موقعیت یک مفصل یا حرکاتی است که بین سطوح مفصلی مجاور رخ می‌دهد. سینماتیک بیشتر به موارد زیر تقسیم می‌شود:

استئوسینماتیک: به حرکات استخوان‌ها می‌پردازد.

آرتروسینماتیک: حرکاتی که بین سطوح مفصلی رخ می‌دهد می‌پردازد.

[۷، ۸، ۹]

غیرفعال که استفاده می‌کنند عبارت‌اند از ماساژ عضلانی، تحریک عضلانی و درمان اولتراسوند.

فیزیوتراپیست‌ها هم‌چنین با افراد مبتلا به بیماری‌های مزمن و کسانی که با ناتوانی‌های جسمی متولد شده‌اند کار می‌کنند. آن‌ها هم‌چنین در تمام مراحل مراقبت پزشکی، از پیشگیری و آموزش گرفته تا درمان و مراقبت‌های پس از آن، مرتبط هستند [۳].



وظایف فیزیوتراپیست‌ها:

- طراحی برنامه‌های درمانی مختص بیمار که تحرک و انعطاف‌پذیری آنها را بهبود می‌بخشد
- راهنمایی بیمار در راه صحیح انجام هر تمرین و تنظیم روتین در صورت لزوم
- استفاده از درمان‌های سردوگرم، مانند یخ یا گرمای مادون قرمز، برای کاهش درد فیزیکی و درد عضلات بیمار
- ماساژ بافت‌های نرم بیمار با استفاده از تکنیک‌های کششی یا میوفاسیال برای تحریک جریان خون و تسریع بهبودی
- استفاده از تکنیک‌هایی مانند تحرک مفصل، طب سوزنی و استئوپاتی برای بهبود تحرک بیمار
- نظارت بر بهبودی بیمار، تنظیم برنامه درمانی آن‌ها و انجام معاینات دوره‌ای بیمار را بهبود یافته [۳].

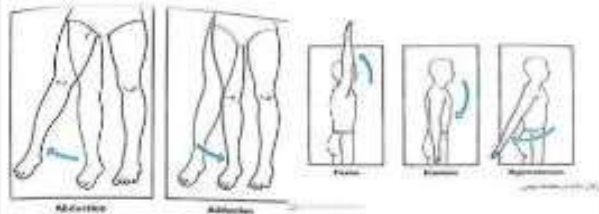
تفاوت‌های حرکت‌شناسان با فیزیوتراپیست‌ها:

محدوده‌ی وظایف: حرکت‌شناسان و فیزیوتراپیست‌ها در نقش‌های خود مسئولیت‌های مشابهی دارند، اما در نحوه به‌کارگیری این مهارت‌ها برای سودمندی بیمار تفاوت هستند. یک حرکت‌شناس بر بهبود سلامت کلی و تناسب‌اندام بیمار تمرکز می‌کند، در حالی که یک فیزیوتراپیست بر درمان یک آسیب یا شرایط فیزیکی خاص تمرکز می‌کند.[۳].

نوع درمان: حرکت‌شناسان از روش‌های درمانی فعال استفاده می‌کنند که باعث تقویت و سفت‌شدن عضلات می‌شود. در مقایسه، فیزیوتراپیست‌ها از تکنیک‌های غیرفعال استفاده می‌کنند که به تلاش کمی از بیمار نیاز دارد و معمولاً هدف آن ترمیم عضلات یا استخوان‌های آسیب‌دیده است.[۳].

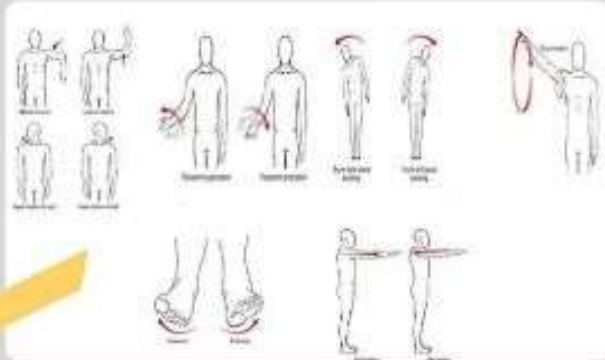
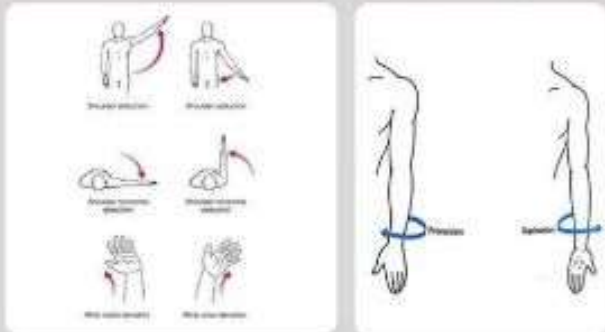
توانایی تشخیص بیمار: فیزیوتراپیست‌ها می‌توانند بیمار را مبتلا به شرایط اسکلتی - عضلانی را تشخیص دهند و برنامه‌ای را ایجاد کنند که شامل تکنیک‌های ماساژ و دستکاری عضلانی است. در مقابل، تشخیص در حیطه کاری یک حرکت‌شناس نیست و آنها فقط یک ارزیابی ذهنی از بیمار خود انجام می‌دهند تا به آنها در ایجاد یک برنامه توان‌بخشی و درمانی کمک کنند.[۳].

ابداکشن: دور کردن
ادداکشن: نزدیک کردن



هنگامی که تنه به طرفین حرکت می‌کند، از اصطلاح خمش جانبی استفاده می‌شود. تنه می‌تواند به صورت جانبی به سمت راست یا چپ خم شود. دور حرکتی است که یک الگوی دایره‌ای و مخروطی شکل را توصیف می‌کند. این شامل ترکیبی از چهار حرکت مفصلی است: (۱) فلکشن، (۲) ابداکشن، (۳) اکستنشن و (۴) ادداکشن.

اگر سطح قدامی به سمت داخل به سمت خط وسط حرکت کند، به آن چرخش میانی می‌گویند. گاهی اوقات از آن به عنوان چرخش داخلی یاد می‌شود. برعکس، اگر سطح قدامی از خط وسط به سمت خارج حرکت کند، به آن چرخش جانبی یا چرخش خارجی می‌گویند. چرخش مساعد به عنوان سوپیناسیون و پرونیشن گفته می‌شود. در سوپیناسیون، کف دست رویه جلو یا قدامی است. در پرونیشن، کف دست رویه عقب یا به سمت عقب است. وارونه حرکت دادن کف پا به سمت داخل در مچ پا است و انحراف حرکت بیرونی است. انقباض عمدتاً یک حرکت خطی در امتداد یک صفحه موازی با زمین و دور از خط وسط است و عقب بردن عمدتاً یک حرکت خطی در همان صفحه اما به سمت خط وسط است. [۴، ۷، ۸ و ۹]



اصطلاحات پایه:

وضعیت استاندارد آناتومیک: موقعیت آناتومی بدن، حالت ایستاده تمام‌قد بدن یا قرارگیری کف دست‌ها رویه جلو و باز شدن اندک پاها از یکدیگر است. این حالت ایستادن معمول بدن نیست؛ اما به عنوان موقعیت آغازین و مرجع برای بیان حرکت بخش‌های بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به سمت خط وسط بدن: Medial

دورتر از خط وسط بدن: Lateral

نزدیک‌تر به سر: Superior

دورتر از سر: Inferior

به سمت جلوی بدن: Anterior

به سمت پشت بدن: Posterior

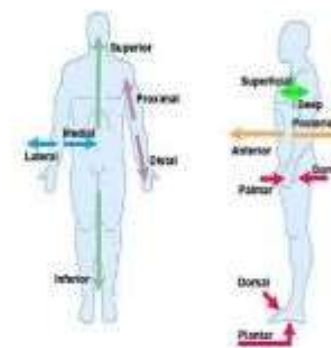
به سمت سر (سری): Cranial

به سمت دم (دمی): Caudal

به طرف سطح بدن: Superficial

به طرف عمق بدن: Deep

دورتر از مبدا (مثال: مچ دست نسبت به آرنج دیستال است): Distal
نزدیک‌تر به مبدا (مثال: زانو نسبت به مچ پا پروکسیمال است): Proximal [۴، ۷، ۸ و ۹].



فلکشن: خم شدن

اکستنشن: باز شدن

هایپراکستنشن: باز شدن بیش از حد



۲- فیزیولوژی ورزش:

فیزیولوژی ورزش واکنش‌های متابولیکی و تغذیه‌ای بدن به فشارهای محیطی، مانند دمای شدید یا ورزش را مطالعه می‌کند [۴].

۳- کنترل موتور:

از طریق کنترل حرکتی می‌توانیم بفهمیم که مغز چگونه حرکات عضلانی را برای دستیابی به دقت و ظرافت در کارهایی مانند رانندگی وسیله نقلیه یا نواختن ساز فرموله می‌کند [۴].

دانشکده کنترل حرکتی پایه‌های شناختی، عصبی فیزیولوژیکی و بیومکانیکی حرکات ارادی و کنترل وضعیتی را بررسی می‌کند. بیماران مبتلا به اختلالات عصبی از جمله سکته مغزی، بیماری پارکینسون و تورپاتی‌های خاص نیز به‌منظور درک بهتر میانی عصبی مکانیسم‌های کنترل حرکتی پایه و به‌منظور درک اختلال عملکرد حرکتی و بازیابی عملکرد مورد بررسی قرار می‌گیرند. تحقیقات مداخله‌ای به تسهیل بهبودی حرکتی پس از آسیب سیستم عصبی می‌پردازد. روش‌های تجربی شامل ردیابی حرکت و آنالیز سینماتیک، آنالیزهای بیومکانیکی، الکترومیوگرافی، الکتروفیزیولوژی مغز و تصویربرداری، شبیه‌سازی‌های مبتنی بر حرکت و کنترل هستند، اما محدود به آن نمی‌شوند [۴].

۴- فعالیت بدنی و ارتقای سلامت:

فعالیت بدنی و ارتقای سلامت عمیقاً به این موضوع می‌پردازد که چگونه رفتارهای سبک زندگی شامل فعالیت بدنی به سلامت کلی کمک می‌کند و به‌طور مثبت بر رفاه طولانی‌مدت فرد تأثیر می‌گذارد [۴].

۵- روان‌شناسی ورزش:

روان‌شناسی ورزشی رشته‌ای است که به زیربنای روان‌شناسی فعالیت‌های ورزشی از جمله انگیزه و مدیریت استرس می‌پردازد، همچنین بر پویایی تیم، تکنیک‌های هدف‌گذاری و سایر زمینه‌های مرتبط تمرکز دارد [۴].

۶- تمرینات ورزشی:

دستور کار آزمایشگاه تحقیقاتی آموزش ورزشی (ATRL) بر بررسی ارائه خدمات سلامت بالینی به افراد فعال بدنی از جمله آسیب‌شناختی، پیشگیری، ارزیابی و درمان شرایط سلامت ورزشی و ارتوپدی متمرکز است. موضوعات خاص تحقیق عبارت‌اند از: ناپایداری‌های مکانیکی و عملکردی مفاصل، روش‌های درمانی بالینی، پیامدهای کیفیت زندگی مرتبط با سلامت، آموزش تمرینات ورزشی و اپیدمیولوژی آسیب‌های ورزشی [۴].

۷- علم ورزش:

برنامه تاریخ و فلسفه ورزش برپویایی‌های اخلاقی، فلسفی، تاریخی و فرهنگی متمرکز است که ورزش و فعالیت بدنی را شکل می‌دهد. محققان در این زمینه بررسی می‌کنند که چگونه این اعمال فیزیکی با ابعاد فرهنگی، اجتماعی، نژادی، جنسیتی و سیاسی تجربه انسانی تلاقی می‌کنند تا نقش ورزش و تربیت‌بدنی را در زندگی انسان ایفا کنند [۱۰].

۸- تناسب‌اندام و تغذیه:

حرکت‌شناسان یاد می‌گیرند که آگرزی را متوقف کنند و مکمل‌ها، ویتامین‌ها و ورزش را برای کمک به بیماران برای حفظ ذهن و بدن سالم ترکیب کنند [۱۰].

۹- حرکت‌شناسی و فیزیوتراپی:

متخصصان به افراد کمک می‌کنند تا سلامت جسمی و روانی خود را از طریق ماساژ، بازتاب درمانی، ریکاور درمانی، درناژ لنفاوی و سایر تکنیک‌ها حفظ کنند [۱۰].

نوار حرکت شناسی چیست؟

نوار حرکتی یک نوار درمانی است که برای حمایت از عضلات، مفاصل و کمک به کاهش درد استفاده می‌شود. اغلب توسط مربیان ورزشی، ورزشکاران و فیزیوتراپیست‌ها استفاده می‌شود [۱۲].

پارچه چسبناکی است که این روزها در سرتاسر ورزشکاران می‌بینید. این نوار در دهه ۱۹۷۰ K-tape توسط دکتر کنزو کاس به عنوان جایگزینی برای نوارهای ورزشی سفت و سخت سنتی طراحی شد. هنگامی که استفاده می‌شود، نوار به گونه‌ای طراحی شده است که با پوست حرکت می‌کند و کشیده می‌شود و در عین حال درد و تورم را کاهش می‌دهد و تعادل و هماهنگی را بهبود می‌بخشد. به دلیل خاصیت ارتجاعی آن، ما همچنین از آن برای نشان دادن وضعیت بدن یا کمک به تخلیه استرس‌های شکم باردار استفاده می‌کنیم. مارک‌های زیادی وجود دارد که عبارت‌اند از:

KT, Kinesio, TheraTape, SpiderTech, and RockTape." – Dr. [11] Patrick Silva

نوار حرکت شناسی اغلب برای موارد زیر استفاده می‌شود:

- کاهش یا تسکین درد
- افزایش جریان خون
- کاهش تورم
- کاهش التهاب
- ادعاهای دیگر در مورد فعال شدن ماهیچه‌ها، مکانیسم‌های گردش خون و حس عمقی [۱۲].

مزایا:

- نوار ورزشی کینزیولوژی گردش خون و گردش لنفاوی را در حین التیام بهبود می‌بخشد.
- از آسیب‌ها جلوگیری می‌کند و عملکرد عضلانی را بهینه می‌کند.
- درد عضلانی، خستگی و گرفتگی را کاهش می‌دهد.
- کمک به کاهش ررم و التهاب.
- محدود کردن گشاد شدن بیش از حد و انقباض بیش از حد بافت عضلانی.
- بهبود دامنه حرکت و عملکرد مفاصل با افزایش ثبات.
- مناسب برای ورزش‌ها یا رویدادهای شدید در فضای باز [۱۳ و ۱۴].

مشاغل حرکت شناسی

مسیرهای شغلی متعددی با افزایش تقاضا برای کارشناسان حرکت شناسی باز شده است. این متخصصان اکنون در محیط‌های مختلف، از کاردرمانی گرفته تا فیزیوتراپی و آموزش شخصی خدمت می‌کنند. فرصت‌ها همیشه در حال رشد هستند.

کارشناس / فیزیوتراپیست:

فارع‌التحصیلان حرکت شناسی می‌توانند مسیر شغلی پرباری را به عنوان کاردرمانگر یا فیزیوتراپیست دنبال کنند. کاردرمان‌گران با کمک به افراد دارای معلولیت، آسیب‌ها و بیماری‌ها در فعالیت‌های روزانه از طریق ابزارهای درمانی به آن‌ها کمک می‌کنند. در همین حال، فیزیوتراپیست‌ها از ماساژدرمانی، رژیم‌های ورزشی و روتین‌های کششی استفاده می‌کنند تا به افرادی که پس از بیماری یا آسیب دیدگی بهبود می‌یابند، قدرت و تحرک خود را بازیابند.

معلم تربیت بدنی:

معلمان تربیت بدنی در زمینه حرکت شناسی بسیار آموزش دیده‌اند و به آن‌ها اجازه می‌دهد تا به دانش‌آموزان در مورد اهمیت فعالیت بدنی و نحوه کمک آن به یک سبک زندگی سالم آموزش دهند.

متخصص حرکات انسانی:

متخصصان حرکات انسانی، از جمله فیزیوتراپیست‌ها، کاردرمان‌گران، مربیان ورزشی، و فیزیولوژیست‌های ورزشی، برای سلامتی و پیشگیری از آسیب در افراد در هر سنی تلاش می‌کنند.

پزشکان از روش‌های دستی برای کاهش درد و تحرک رشد در میان افرادی که از شرایط اسکلتی عضلانی یا ناراحتی مزمن رنج می‌برند، استفاده می‌کنند.

کاردرمان‌گران به افراد کمک می‌کنند تا توانایی‌های از دست‌رفته ناشی از شرایط پزشکی یا صدمات را از طریق فعالیت‌های بدنی تخصصی بازیابی کنند.

مربیان ورزشی از ورزشکاران در دستیابی به جاه‌طلبی‌های خود حمایت می‌کنند و در عین حال خطر آسیب را با استفاده از برنامه‌های تناسب اندام به حداقل می‌رسانند.

فیزیولوژیست‌های ورزشی برنامه‌های ورزشی را بسته به سن، وضعیت سلامت فعلی و شیوه‌های زندگی فرد تنظیم می‌کنند و بر اساس ویژگی‌ها و نیازهای فرد هدفشان به‌زیستی بهتر است.

حرکت شناسان با سایر متخصصان مراقبت‌های بهداشتی کار می‌کنند تا الگوهای حرکتی بیماران را ارزیابی کنند و طرح‌های درمانی را ایجاد کنند که در عین بهبود کیفیت کلی زندگی، بهبودی و بهبودی از آسیب یا بیماری را بهبود می‌بخشد. آن‌ها همچنین با مربیان شخصی برای ایجاد رژیم‌های ورزشی ایمن همکاری می‌کنند که نیازهای هر مشتری را برآورده می‌کند و در عین حال به آن‌ها کمک می‌کند تا به اهداف تناسب اندام خود برسند [۴].



هوش مصنوعی و حرکت انسانی

آزمایشگاه پزشکی ورزشی و تجزیه و تحلیل حرکت که در دانشکده آموزش و توسعه انسانی دپارتمان حرکت شناسی و علوم ورزشی قرار دارد، در حال انجام تحقیقاتی پیشرفته است که بر روی فناوری‌های جایگزین بدون نشانگر تصویربرداری حرکتی تمرکز دارد تا جایگزین اپتیکال سنتی (نشانگر) شود. تحقیقات ما به منظور بهبود توانایی اندازه‌گیری دقیق حرکت انسان در محیط طبیعی، از جمله محیط‌های کلینیک و خانه، بدون نیاز به نشانگرها یا دستگاه‌های خارجی انجام می‌شود. چشم‌انداز ما ارائه یک روش کارآمد برای پزشکان، مربیان و متخصصان حرکت است تا تجزیه و تحلیل‌های بیومکانیکی کامل را در محیط‌های بالینی یا ورزشی به دست آورند. از این طریق، ما امیدواریم که بتوانیم تصمیم‌گیری عینی برای تقویت عملکرد ورزشی، کاهش آسیب‌های اسکلتی عضلانی، بهبود مداخلات پس از جراحی و کمک به مدیریت اختلالات حرکتی مزمن ارائه دهیم [۱۵].

جمع‌بندی:

حرکت‌شناس بر مطالعه حرکت انسان تمرکز می‌کند حوزه مطالعاتی او حدس زدن عناصر مکانیکی مختلف درگیر در حرکت انسان است. حرکت‌شناسان کل سیستم اسکلتی عضلانی و روش‌های مختلف پیچیده‌ای را که در آن کار می‌کنند مطالعه می‌کنند. فیزیوتراپیست بیمارانی را درمان می‌کند که به دلیل تصادف، بیماری، جراحی یا پیری از کاهش آمادگی جسمانی و تحرک رنج می‌برند. فیزیوتراپی اساساً حرفه ارائه خدمات مراقبت‌های بهداشتی به بیمارانی برای توسعه و بازیابی توانایی‌های عملکردی است.



پدرآمدترین مشاغل حرکت شناسی کدام‌اند؟

مربی ورزشی - ۴۴۰۰۰ دلار در سال
مربیان ورزشی با یک پزشک کار می‌کنند و به افراد در هر سنی (به ویژه ورزشکاران) برای پیشگیری، شناسایی و درمان آسیب‌ها کمک می‌کنند.

کاپوپراکتور - ۵۸۵۰۰ دلار در سال
کاپوپراکتیک‌ها مشکلات سلامتی ناشی از مشکلات اسکلتی عضلانی و سیستم عصبی را تشخیص و درمان می‌کنند.

ماساژ درمانگر - ۴۳۰۰۰ دلار در سال
ماساژ درمانگران از تکنیک‌های لمس و ماساژ روی عضلات بافت نرم بدن استفاده می‌کنند. کار آن‌ها باعث تسکین درد، تسریع بهبودی، کاهش استرس و در مجموع آرامش بیمارانی می‌شود.

فیزیوتراپیست‌ها (PTs) - ۷۰۵۰۰ دلار در سال
فیزیوتراپیست‌ها (PTs) به تشخیص و درمان افراد مبتلا به مشکلات سلامتی کمک می‌کنند که آن‌ها را از حرکت یا انجام فعالیت‌های روزانه باز می‌دارد.

درمانگر تفریحی - ۴۴۰۰۰ دلار در سال
درمانگران تفریحی از طریق فعالیت‌های تفریحی مانند موسیقی، رقص، شنا، بازی و غیره به افراد کمک می‌کنند تا از آسیب‌ها یا بیماری‌ها بهبود یابند.

کار درمان‌گر - ۸۰۰۰۰ دلار در سال
کار درمان‌گران از فعالیت‌های روزانه برای درمان افراد آسیب‌دیده یا ناتوان استفاده می‌کنند. کار آن‌ها به افراد کمک می‌کند تا مهارت‌های اساسی مورد نیاز برای کار یا زندگی روزمره را بهبود بخشند [۱۵].

بهترین مدارس یا کالج‌های حرکت شناسی در جهان

- دانشگاه ایالتی میشیگان، ایالات متحده
- دانشگاه پورتسموث، انگلستان
- دانشگاه بریتیش کلمبیا، کانادا
- دانشگاه موناخ، استرالیا
- دانشگاه ایالتی کانزاس، ایالات متحده
- دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا، ایالات متحده
- دانشگاه تورنتو، کانادا
- دانشگاه رجینا، کانادا [۱۵]



میکروفلوئیدیک ها (ریز سیال شناسی)

در پزشکی

زهرا صادقی



سنا جسور



مقدمه

استخراج مولکول های زیستی (DNA و RNA) و بررسی ژنتیکی آن ها در پزشکی و پزشکی قانونی اهمیت بسیار زیادی دارد! اما با این حال محدودیت های آن از قبیل حساسیت، ماهیت کار، هزینه بالا، نیاز به تکنسین های بسیار ماهر، نیاز به خودکارسازی و قابلیت حمل سامانه با فناوری های موجود، رفع نشده است. در حال حاضر نیاز به ادغام روش های آماده سازی و تشخیص نمونه وجود دارد. برای رفع این محدودیت ها، بیش تر مطالعات بر ارتقای فناوری های تشخیصی تمرکز کرده اند و در این زمینه پیشرفت های چشمگیری نیز حاصل شده است. یکی از این فناوری ها، میکروفلوئیدیک است. ویژگی های مطلوبی مانند خودکارسازی در تهیه نمونه، قابلیت کار در حجم کمی از نمونه و همچنین به حداقل رساندن هزینه و زمان پردازش حلال ها از برتری های این فناوری در استخراج دی ان ای و پروتئین است.

ریز سیال شناسی یا میکروفلوئیدیک با رفتار کنترل دقیق و نگهداری سیالاتی سروکار دارد که به لحاظ هندسی به مقیاس کوچکی (معمولاً کوچک تر از میلی متر) محدود شده اند. رفتار سیالات در محدوده میکروسکوپی می تواند از رفتار بزرگ سیالات (ماکروفلوئیدیک) در خصوص ویژگی هایی مانند کشش سطحی، انشاف انرژی و شروع مقاومت سیال در برابر سیستم متفاوت باشد. میکروفلوئیدیک درباره ی چگونگی تغییر این رفتارها در مقیاس های کوچک (اندازه ی کانال حدود ۱۰۰ نانومتر تا ۵۰۰ میکرومتر) مطالعه می کند. استفاده از مقدار ناچیزی از نمونه ها و شناساگرها و جداسازی و شناسایی با وضوح و حساسیت بالا، هزینه ی کم، زمان کوتاه برای تجزیه و تحلیل و اثرات کم

بر روی دستگاه های تجزیه باعث استفاده چشمگیر از میکروفلوئیدیک در تجزیه و تحلیل شد.

در دو دهه ی گذشته محققان مطالعات بسیاری برای ارائه ی اجزای میکروفلوئیدیک جدید برای انتقال سیالات، کنترل جریان سیالات و جداسازی مولکول ها در حجم های خیلی کوچک سیالات انجام داده اند؛ به طوری که امروزه انواع مختلفی از میکروپمپ ها، میکرو همزن ها، میکرو شیرها و میکرو دریچه ها در کاربردهای میکروفلوئیدیک ارائه شده اند. میکروپمپ ها سیالات را با یک رفتار پیوسته ذخیره می کنند، میکرو دریچه ها جهت جریان یا شیوه ی حرکت مایعات پمپ شده را تعیین می کنند. اغلب فرایندهایی که به طور معمول در آزمایشگاه انجام می شوند، بر روی یک تراشه ی کوچک به منظور افزایش کارایی و تحرک و همچنین کاهش حجم نمونه و واکنش دهنده، به صورت مینیاتوری یا کوچک شده درآورده و استفاده می شوند.

جداسازی DNA

دی ان ای یک عامل حمل کننده ی محتوای اطلاعات ژنتیکی (تقریباً در همه ی موجودات زنده) است. دی ان ای را جیمز واتسون و فرانسیس کریک در سال ۱۹۵۳ مشخص و کل ساختار آن را آشکار کردند. اکتشاف آن ها از این جهت پراهمیت بود که نهایتاً دی ان ای به عنوان مولکول ارثی اعلام شد؛ چرا که تا پیش از آن تصور به این بود که پروتئین مولکول ارثی است. تاریخچه ی دی ان ای در واقع به سال ۱۸۶۹ میلادی برمی گردد که فردریش میشر - دانشمند اهل سوئیس - آن را به عنوان ماده ای لزج از هسته ی سلول جدا کرد. امروزه استخراج دی ان ای

شیعیایی مرسوم، استخراج مایع - مایع و همچنین فناوری استخراج فاز جامد بر روی سامانه‌ی مبتنی بر میکروفلوئیدها برای استخراج دی‌ان‌ای روی تراشه به طور گسترده‌ای بحث شده است و جایگزین مناسبی خواهد بود. این امر شامل استفاده از مواد زیست‌شناختی مناسبی برای ساخت دستگاه‌های میکرو با کمک میکروفلوئیدیک، ادغام فناوری استخراج فاز جامد (پلی‌دی‌منیل سیلوکسان) برای استخراج سریع اما پیچیده‌ی دی‌ان‌ای و همچنین اجرای سامانه بر روی تراشه است که فناوری میکروفلوئیدیک را با یک حسگر خودکار کارآمد تشخیص دی‌ان‌ای تلفیق کند [۱].

بررسی جداسازی و تخلیص DNA

ما به بررسی اصول کارکرد روش‌های شیعیایی معمولی استخراج دی‌ان‌ای، از جمله استفاده از استخراج مایع-مایع و به دنبال آن توسعه‌ی استخراج فاز جامد، همچنین پیشرفت‌های اخیر در مورد کوچک‌سازی استخراج آزمایشگاهی در دستگاه‌های میکروفلوئیدی به سامانه‌ی بیوحسگر آزمایشگاهی بر روی تراشه می‌پردازیم [۱].

روش‌های مرسوم مبتنی بر استخراج مایع / مایع

استخراج مایع / مایع یک روش شیعیایی است که به طور سنتی برای استخراج و جداسازی ترکیبات جداگانه بر پایه‌ی حل‌الیت بین دو مایع مخلوط‌کننده که در آن استخراج ترکیب از یک مایع به فاز مایع دیگر با استفاده از انواع دستگاه‌ها و تجهیزات انجام می‌شود، به کار می‌رود. در استخراج دی‌ان‌ای استخراج مایع/مایع مبتنی بر دست‌کاری PH مطلوب برای استخراج دی‌ان‌ای در یک حلال آلی است؛ از نظر فنی به همین دلیل به عنوان استخراج حلالی هم شناخته می‌شود. این روش در انواع نمونه‌های زیست‌شناختی از جمله خون، ادرار، خاک و بافت‌های گیاهی استخراج شده در یک طرح تحلیلی استفاده می‌شود. دانستن خصوصیات شیعیایی نمونه‌ی زیست‌شناختی امکان انتخاب صحیح از بین حلال‌های آلی را فراهم می‌آورد که عامل اصلی جداسازی موفقیت‌آمیز و تصفیه‌ی دی‌ان‌ای است. معیارهای اساسی هر جداسازی دی‌ان‌ای موفقیت‌آمیز همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، چنین است:

- ۱) لیز سلولی با روش‌های فیزیکی یا شیمیایی مانند سانتیفریوژ، فراصوت و عملیات گرمایش.
- ۲) حذف مجتمع نوکلئوپروتئین و سایر آلاینده‌ها مانند لیپیدهای غشایی و اسیدهای نوکلئیک و به دنبال آن، استخراج دی‌ان‌ای.
- ۳) بازیابی دی‌ان‌ای با استفاده از اتانول یا ایزوپروپانول یا ترکیبی از هر دوی این‌ها [۱].



به یک روش اساسی در زیست‌شناسی مولکولی تبدیل شده است؛ به طوری که کیت‌های تجاری و روش‌های گوناگونی برای استخراج دی‌ان‌ای وجود دارند که با استفاده از مواد شیعیایی و مشابه روش‌های مورد استفاده‌ی میسر تولید شده‌اند. از آنجایی که می‌توان دی‌ان‌ای را از انواع مختلف نمونه‌های زیست‌شناختی مانند خون، حیوان، گیاه، باکتری و قارچ استخراج کرد، روش استخراج دی‌ان‌ای را می‌توان بر اساس نوع نمونه و غلظت نهایی دی‌ان‌ای مورد نیاز تعیین کرد. این روش‌ها می‌تواند شامل استفاده‌ی پیشرفته از پشته‌بان‌ها و کیت‌ها باشد که به طور اختصاصی برای نمونه‌های تحقیقاتی تهیه می‌شوند، تا حداکثر عملکرد و دی‌ان‌ای خالص را به دست آورند [۱].

خالص‌سازی و پیش تغلیظ نوکلئیک‌اسیدها (به ویژه دی‌ان‌ای)، مورد نیاز اغلب برنامه‌های کاربردی تجزیه و تحلیل ژنتیکی و همچنین یک مرحله‌ی بسیار مهم آماده‌سازی نمونه در تجزیه‌های بالینی و پزشکی قانونی است. در آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی بازده استخراج بالا برای تجزیه و تحلیل نمونه‌هایی با تعداد کم نسخه و نمونه‌های دی‌ان‌ای بسیار تخریب شده مهم است؛ زیرا موفقیت تحلیلی ذاتاً وابسته به توده‌ی نوکلئیک‌اسیدهای بازیابی شده است. علاوه بر این، حجم شست‌وشوی کم (که اساساً نوکلئیک‌اسید تغلیظ شده هستند) برای تجزیه و تحلیل پایین دست، مؤثرتر و نتایج با کیفیت بالاتر مهم هستند؛ با این وجود در بسیاری از زمینه‌های علمی به ویژه در زمینه‌های پزشکی و پزشکی قانونی نیاز به یک روش یکپارچه‌ی حساس، نیرومند و قابل اعتماد برای استخراج دی‌ان‌ای وجود دارد که سریع و مقرون به صرفه باشد. برای غلبه بر این مسائل با روش‌های



شکل ۱. مراحل مربوط به استخراج اولیه، دی‌ان‌ای سه فرایند عمده یا جمع‌های آبی نشان داده شده است [۷].

این تخریب یک باخته به دلیل از میان رفتن غشای بیرونی آن است و ممکن است به وسیله‌ی سازوکارهای ویروسی، آنتی‌بی‌ی یا اسیدی رخ دهد. بسیاری که دارای سلول‌های لیز شده باشد را لیزات می‌نامند.

توسعه و روند فناوری استخراج فاز جامد (SPE)

ضعف شیوهی استخراج مایع / مایع این است که در آن به حجم نسبتاً زیادی از حلال های آلی با خلوص بالا و الزامات دفع گران نیاز است که مشکلات دفع را نیز به همراه دارد. همچنین استخراج مایع / مایع به تحلیلگران آموزش دیده نیاز دارد. با توجه به این پیچیدگی ها، فناوری های استخراج فاز جامد (SPE) برای ارائه ی روش های جایگزین استخراج دی ان ای ایجاد شده اند. در مقایسه با نسل قبلی خود یعنی فناوری استخراج مایع / مایع که مبتنی بر تغییر pH محلول برای استخراج دی ان ای در یک حلال آلی از طریق انواع دستگاه ها و تجهیزات است، فناوری SPE از میل ترکیبی و همچنین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی اصلاح حل شده یا معلق در مایع که تحت عنوان فاز متحرک شناخته می شود، برای جداسازی دی ان ای از اجزای ناخواسته ی موجود در مخلوط هنگامی که از جاذب عبور می کند، بهره می برد. (همان طور در شکل زیر مشاهده می شود.) فناوری SPE برای نخستین بار در اوایل دهه ی هشتاد میلادی با استفاده از جاذب های پیوند دهنده ی سیلیکا برای پردازش نمونه، استفاده و به سرعت رواج یافت؛ زیرا یک روش سریع و کارآمد برای جداسازی و تصفیه ی دی ان ای در مقایسه با فناوری استخراج مایع / مایع است و امروزه در بسیاری از روش های آماده سازی نمونه برای استخراج دی ان ای به دلیل تنوع مواد مختلف به عنوان جاذب به کار گرفته می شود. در نتیجه جاذب ها در تعیین جداسازی کارآمد دی ان ای مهم اند؛ بنابراین انواع مختلفی از مواد جاذب برای بهبود انتخاب پذیری و یا ویژگی نسبت به دی ان ای هدف، ظرفیت جاذب بالاتر و افزایش پایداری فیزیکی - مکانیکی برای اطمینان از عملکرد بالای دی ان ای با کمترین ضرر، ضروری هستند. امروزه فناوری SPE با کیت های استخراج دی ان ای در بازار موجود است [۱].

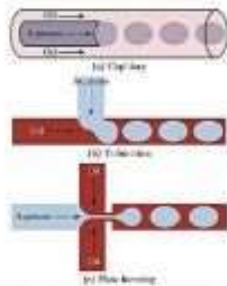
فیزیک میکروفلوئیدیک ها

ابتدا فناوری میکروفلوئیدی در زمینه ی ریززیست شناسی برای انجام سنجش های مختلف زیست شناختی شامل حجم بسیار کمی از نمونه ها و معرف ها به کار گرفته شد. با توجه به ویژگی قانع کننده ی میکروفلوئیدها برای کاربرد در ریزتجزیه ها، به زودی تبدیل به ابزاری معتبر برای بسیاری از تحلیل ها در زمینه های دیگر زیست شناختی خواهد شد. توانایی دست کاری در خواص سیال، امکان ات بی شماری را در ایجاد و بازآفرینی دستگاه های میکروفلوئیدی با خصوصیات سیال مشخص از تجهیزات معمول برای استفاده از استخراج دی ان ای فراهم کرده است. عدد رینولدز کم (کمتر از ۱۰) برای استخراج دی ان ای در شرایط بهینه مهم است؛ از آنجایی که حتی کوچک ترین تغییر در شکل و زبری سطح می تواند جریان های بسیار متفاوتی داشته باشد، بر کارایی استخراج آن مؤثر است. عدد رینولدز همچنین رابطه ی بین نیروهای اینرسی و نیروهای گرانور را در یک محلول نشان می دهد. یک

معادله ی دیگر که نقشی حیاتی در کسب اطمینان از ذره ی اختلاط مؤثر برای سلول ها بازی می کند تا به طور کامل با معرف های شیمیایی که برای لیز شدن و آزاد کردن اسید نوکلئیک ها در محیط محلول هستند مؤثر باشد، عدد پکلت ($Pe=U/D$) است. هنگامی که عدد رینولدز کوچک است (که معمولاً در سامانه های ریز سیالی این گونه است) جریان آشفته نیست و اختلاط جریان به وسیله ی جابه جایی قابل توجه نیست. در چنین مواردی اختلاط از راه نفوذ مهم می شود؛ برای بیان یک میزان از انتقال نفوذی در برابر انتقال جابه جایی، عدد پکلت (U/D) به عنوان نسبت انتقال جابه جایی (U_h) به انتقال نفوذی (D) تعریف می شود [۱].

میکروسیالات قطره ای

میکروسیالات قطره ای به تولید، دست کاری و کاربرد قطرات در دستگاه های میکروسیال می پردازد. برخلاف میکروسیال های جریان پیوسته، میکروسیال قطره ای بر ایجاد قطرات مجزا با استفاده از فازهای غیرقابل امتزاج تمرکز می کند. قطرات به عنوان ریز راکتورهای مجزا عمل می کنند، بنابراین واکنش در هر قطره را می توان بدون گفتگو بین نمونه ها یا معرف ها انجام داد. میکروسیالات قطره ای همچنین بستری را برای انجام بسیاری از واکنش ها فراهم می کند و پتانسیل بیشتری را در کاربردهای توان عملیاتی بالا ارائه می دهد. به طور کلی، قطرات معمولاً با استفاده از سه استراتژی تولید اصلی تولید می شوند: جریان مشترک، پیوند و تمرکز جریان [۳].

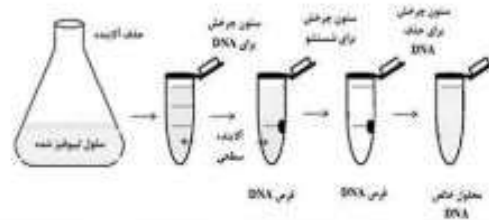


تصاویری از سه استراتژی اصلی میکروسیال مورد استفاده برای تولید قطرات

میکروسیالات قطره ای قادر است بیش از ۱ میلیون قطرات پیکو لیتر تک پراکنده را در چند دقیقه تولید کند، بنابراین می توان به راحتی به پردازش و آزمایش موازی دست یافت. و همچنین داده های بزرگ را می توان به طور مؤثر به دست آورد؛ بنابراین، میکروسیالات قطره ای بستری را برای انجام بسیاری از واکنش ها فراهم می کند و پتانسیل بیشتری را در کاربردهای توان عملیاتی بالا ارائه می دهد [۳].

بیشرفت های جدید در سیستم عامل های میکروفلوئیدیک ها (میکروسیال)

اجزای اصلی سکوهای میکروسیال شامل مواد سازنده ی آن ها و روش هایی است که برای کنترل جریان سیال استفاده می شود. در حالی که میکروسیال ها کاربردهای زیادی در تشخیص پزشکی POC دارند، محدودیت هایی برای کاربرد آن نیز وجود دارد. اول، هزینه های ساخت و سازگاری مواد دو ملاحظه ی عمده در توسعه ی مواد هستند؛ یعنی مواد و پردازش های جدیدی که بر محدودیت های موجود غلبه کنند. دوم، اکثر روش های کنونی برای کنترل سیال، به قطعات گران قیمت و پیچیده ای نیاز دارند که مستقیماً قابل استفاده در خارج از محیط آزمایشگاهی نیستند [۲].



توسعه مواد جدید

۱. تراشه های مبتنی بر کاغذ.
* ساخت میکروسیال مبتنی بر کاغذ و انگوسازی سطح
** بازخوانی و نمایش به منظور استفاده تحت عنوان یک پلتفرم
سنجش
 ۲. تراشه های ترموپلاستیک
 ۳. دستگاه های میکروسیال با استفاده از پلیمرهای دیگر
- #### معاملات های جدید برای دست کاری سیال روی تراشه
۱. روش های تحویل مایعات
 ۲. سوپاپ هایی برای کنترل سیال
 ۳. میکروسیالات دیجیتال و میکروسیالات مبتنی بر قطره

توسعه مواد جدید

الاستومر پلی دی متیل سیلوکسان (PDMS) ماده ای محبوب است که از زمان معرفی آن برای سنجش های مختلف تشخیصی و بیوشیمیایی استفاده می شده است. از آنجایی که این ماده از نظر نوری، شفاف است و اتوفلورسانس پایینی را نشان می دهد، برای تعداد زیادی از آنالیزهای بیولوژیکی مناسب است. علاوه بر خواص فیزیکی، سهولت روش های ساخت PDMS به کاربرد گسترده ای آن به عنوان ماده ای برای نمونه سازی سریع تراشه های میکروسیال کمک می کند. یکی از متداول ترین روش های ساخت PDMS، قالب گیری ماکت است که امکان الگو برداری در اندازه های کوچک تر از میکرون را فراهم می کند. همچنین این روش سریع و ساده است و نیازی به امکانات گران قیمت ندارد. علاوه بر این، کاربرد آن با توسعه ای روش های ساده برای ادغام اجزای فعال مانند شیرها و پمپ ها افزایش می یابد. با این حال، در حال حاضر تجاری سازی این روش ساخت PDMS به دلیل تولیدات در مقیاس آزمایشگاهی نادر است؛ بنابراین شکاف بین شیوه های دانشگاهی (تئوری) و صنعتی هنوز وجود دارد. علاوه بر این، خواص شیمیایی PDMS مثلاً تورم حلال آلی و داشتن سطح آب گریز، دامنه ای کاربردهای آن را محدود می کند [۲].

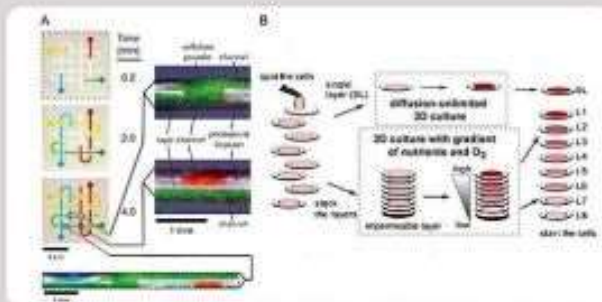
برای رفع برخی از این محدودیت ها، مواد جدیدی برای تراشه های میکروسیال مانند کاغذ و پلاستیک های مهندسی شده، مانند کوپلیمرهای سیکلوالوفین (COC) و پرفلوروپولی تر قابل درمان (PFPE) در چند سال اخیر توسعه یافته اند. در مقایسه با ساخت تراشه های PDMS، ساخت تراشه های کاغذی یا ترموپلاستیک نیازی به زیرساخت اتاق تمیز برای ساخت Masters ندارد؛ بنابراین این فناوری های جدید به راحتی در تولید با مقیاس بالا اعمال می شوند که برای تجاری سازی سودمند است. این فناوری های جدید همچنین مزایای متعددی برای تشخیص نقطه ای مراقبت (POC) دارند. اول این که خود مواد و روش های ساخت در مقایسه با شیشه و سیلیکون ارزان بوده و در نتیجه می توان آن ها را در حجم های زیاد با هزینه ای کم تولید کرد. دوم، این مواد یکبار مصرف بوده و بدین ترتیب به از بین بردن آلودگی متقاطع نمونه های بیولوژیکی کمک می کند و به دلیل یکبار مصرف بودن نیازی به کالیبراسیون یا نگهداری مجدد ندارند. سوم، کاغذ و پلاستیک هر دو سبک وزن هستند و حمل و نقل و نگهداری آن ها آسان است؛ بنابراین انتظار می رود این دستگاه های جدید توسعه یافته، مراقبت های بهداشتی در کشورهای در حال توسعه را که تجهیزات گران قیمت و بزرگ در دسترس ندارند، بهبود بخشند [۲].

تراشه های مبتنی بر کاغذ

اخیراً میکروسیالات مبتنی بر کاغذ به عنوان جایگزینی برای PDMS با سایر مواد ارزان قیمت برای کاربردهای مختلف توسعه یافته است. علاوه بر مزایای ذکر شده در بخش قبلی، تشخیص مبتنی بر کاغذ معمولاً به پردازش نمونه و منابع انرژی خارجی یا تجهیزات برای هدایت حرکت سیال نیاز ندارد. جریان در چنین سیستم هایی عمدهً توسط اعمال مویرگی و خروج مایع به فضای بین الیاف های کاغذ هدایت می شود. اگرچه کاغذ دارای خواص مواد مفیدی است، نوارهای کاغذی که در حال حاضر برای تشخیص تجاری شده اند (مانند نوارهای ایمونوگنوماتوگرافی) در توانایی های خود برای انجام سنجش های کمی، محدود هستند و نمی توانند حالتی پلکس شوند و در عین حال، حالتی پلکس کردن به ویژه در غربالگری، رایج و مفید است. برای بهبود کارایی، پیشرفت های اخیر بر روی دستگاه های میکروسیالی POC یکپارچه برای سنجش های چندگانه روی کاغذ متمرکز شده اند. یکی از سیستم های مولتی پلکس معمولی مبتنی بر کاغذ، دستگاه تحلیل کاغذ میکروسیال سه بعدی (mPAD) است (شکل A). با چیدن لایه هایی از کاغذ طرح دار و نوار دوطرفه ای مقاوم در برابر نفوذ آب، می توان mPAD سه بعدی را ساخت. نوار طرح دار با سوراخ، کانال ها را در لایه های مختلف کاغذ به هم متصل می کند و در نتیجه امکان توزیع جریان عمودی را علاوه بر جریان جانبی فراهم می کند. این mPAD سه بعدی مخلوط نمونه را از نقاط تک ورودی جدا می کند و مخلوط را در آرایه هایی از مناطق تشخیص در ۲ دقیقه توزیع می کند. این دستگاه برای سنجش گلوکز و پروتئین استفاده می شود که ۴ نمونه ای مختلف را برای حداکثر ۴ آنالیز مختلف آزمایش می کند. در مثالی دیگر یک سیستم کشت سلولی سه بعدی یا پشتیبانی از کاغذ را با انباشتن و جداسازی لایه های کاغذ آغشته به سوسپانسیون سلولی در هیدروژل ماتریکس خارج سلولی ایجاد کرد (شکل B). این ساختار چندلایه امکان کشت انواع سلول های متعدد با شیب کنترل شده ای اکسیژن و مواد مغذی را در هندسه های سه بعدی فراهم می کند. این سیستم برای تجزیه و تحلیل پاسخ های بیوشیمیایی و ژنتیکی در سلول ها برای سنجش های زیستی مبتنی بر بافت مورد استفاده قرار گرفت و همان طور که سازندگان استدلال می کنند، می تواند در غربالگری با کارایی بالا و کشف دارو مورد استفاده قرار گیرد. یکی از مزیت های نشان داده شده توسط این سازوکار این است که ظرفیت های سنجش تراشه های سه بعدی مبتنی بر کاغذ را می توان با مونتاژ چند نوع کاغذ با قابلیت های مختلف، افزایش داد [۳].



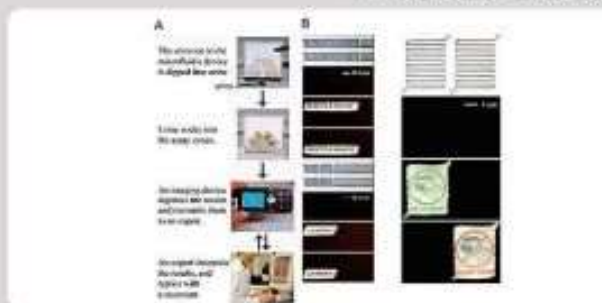
کاربردهای اخیر برای دستگاه‌های ترموپلاستیک، جداسازی اسیدهای نوکلئیک مبتنی بر استخراج فاز جامد (SPE) برای شناسایی باکتری‌ها است. معلمانایس و همکاران یک دستگاه میکروسیال پلیمری در یک پلی اوفین حلقوی با منیت داغ ساختند. این دستگاه برای تهیه نمونه و تشخیص سریع ارگانیسم‌های عفونی بر روی یک تراشه استفاده شد. برای شناسایی باکتری‌های گرم منفی (اشربشیا کلای) و گرم مثبت (باسیلوس سوبتیلیس و انتروکوکوس فکالیس) DNA ژنومی در یک ستون SPE در مقیاس میکرو پس از لیز کردن باکتری‌ها روی تراشه جدا شد. به طور مشابه، Sauer Budge و همکاران یک دستگاه میکروسیال پلیمری ساخته شده در پلیمر سیکلو الفین (COP) با قالب‌گیری تزریقی را توسعه دادند. این سیستم یک آزمایشگاه کاملاً یکپارچه بر روی تراشه‌ای است که لیز باکتری، جداسازی و غلظت اسید نوکلئیک، PCR و تشخیص فلورسنت نقطه‌ای پایانی را انجام می‌دهد. برخلاف دستگاه‌های چندکاره معمولی، این تراشه‌ی پلیمری به انواع مواد متعدد و مراحل مونتاژ متعدد نیاز ندارد که در نهایت باعث کاهش هزینه‌ی تراشه‌ها و بهبود امکان‌سنجی در کاربردهای POC می‌شود. علاوه بر این، این سیستم به طور خودکار سیالات، چرخه‌ی دما و تشخیص نوری را با استفاده از تکنیک سونئچینگ شیر دور کنترل می‌کند. برای تراشه‌های ترموپلاستیک انتخاب مواد مناسب و روش‌های ساخت مهم است. دو ترموپلاستیک رایج مورد استفاده پلی متیل متاکریلات (PMMA) و پلی‌کربنات (PC) هستند. ریزتراشه‌های PMMA را می‌توان در تجزیه و تحلیل DNA، پروتئین‌ها و الیگوساکاریدها استفاده کرد؛ زیرا PMMA از نظر مکانیکی پایدار و از نظر نوری شفاف، دارای فلورسانس کم است و اصلاح سطح آن برای کاربردهای جداسازی نسبتاً ساده است. به طور مشابه PC در تجزیه و تحلیل DNA نیز به کار می‌رود؛ به ویژه برای PCR به دلیل هدایت حرارتی پایین آن در مقایسه با سیلیکون یا شیشه. با این حال PC و PMMA به راحتی توسط اکثر حلال‌های آلی تجزیه می‌شوند. علاوه بر این، PC در فشارهای بالا لایه‌لایه می‌شود. روش‌های ساخت دستگاه‌های میکروسیال پلیمری عمدتاً بر اساس همانندسازی یک فلز (به عنوان مثال آلایز نیکل) یا سیلیکون اصلی، عمدتاً قالب گیری تزریقی و برجسته‌سازی گرم است. Bhattacharyya و Klapperich اخیراً یک فرایند ساخت نقش برجسته مستقیم از یک استاد SU 8 را توسعه داده‌اند که نمونه‌سازی سریع را نیز با این مواد ممکن می‌سازد. هم قالب‌گیری تزریقی و هم برجسته‌سازی داغ نقش مهمی در تجاری‌سازی دستگاه‌های میکروسیال، به ویژه برای تشخیص POC دارند. به دلیل فرایندهای تثبیت شده و ابزارهای تجاری در دسترس، قالب‌گیری تزریقی بسیار توسعه یافته و ارزان است و طیف وسیعی از تجهیزات و راه‌حل‌های اتوماسیون برای تولید انبوه تراشه‌های میکروسیال در دسترس هستند. [۲]



(A) دستگاه تحلیل کاغذ میکروسیال سه بعدی (۳D mPAD)

(B) سیستم کشت سلولی سه بعدی

شکل زیر نمونه‌هایی از تمایش و بازخوانی سیستم برای دستگاه‌های مبتنی بر کاغذ را نشان می‌دهد.



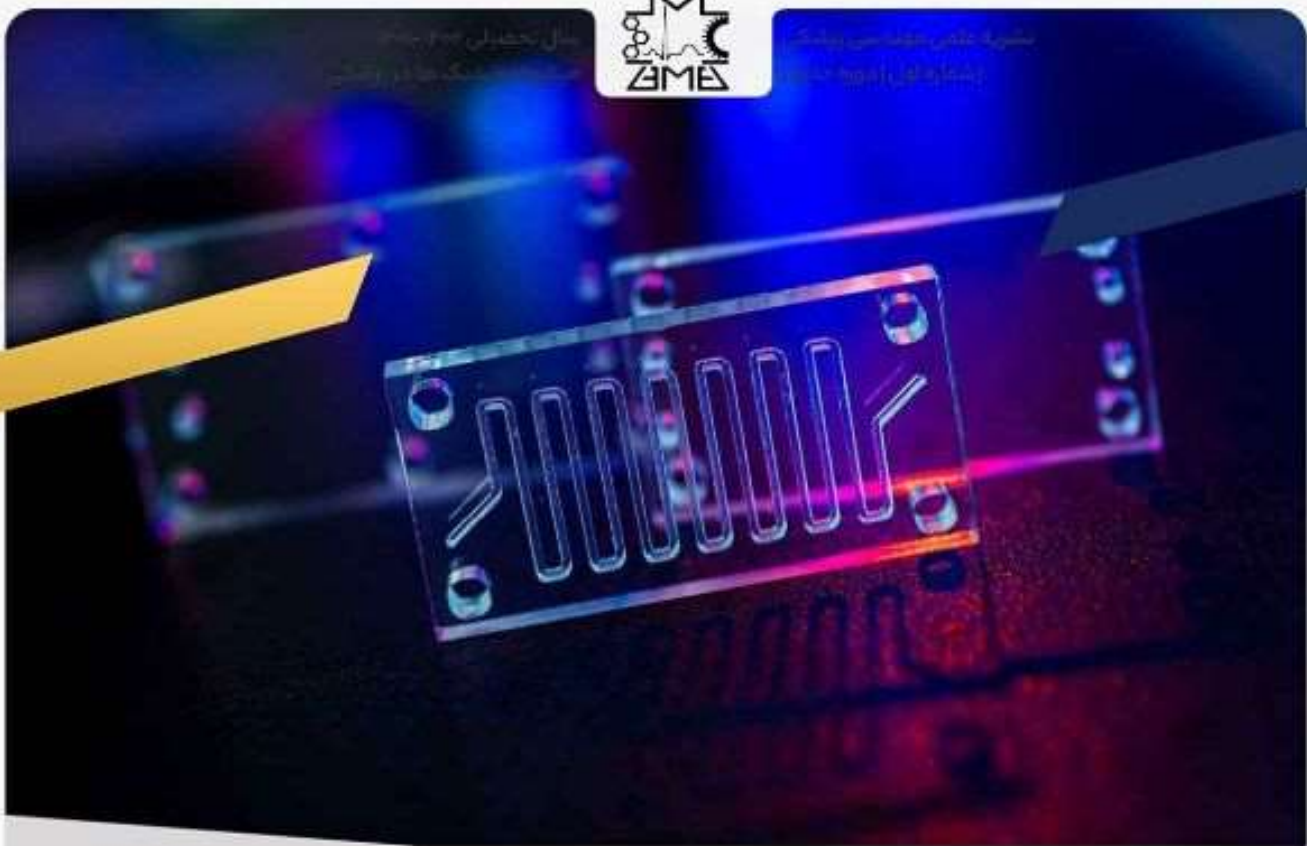
(A) یک تراشه‌ی مبتنی بر کاغذ که با روش رنگ‌سنجی برای پزشکی از راه دور ساده یکپارچه شده است.

(B) نمایشگر ترموکروماتیک.

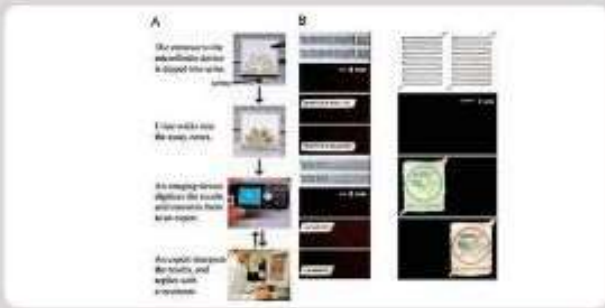
تراشه‌های ترموپلاستیک

ترموپلاستیک‌ها دسته‌ی دیگری از مواد هستند که می‌تواند برای ساخت حسگرها مورد استفاده قرار گیرند؛ مانند کاغذ روی دستگاه‌های تراشه. ترموپلاستیک‌ها به دلیل هزینه‌ی کم و یک پارمصرف بودن، مزایای متعددی برای پیشرفت‌های اخیر و پیشرفت‌های احتمالی آینده‌ی میکروسیال‌ها برای POC دارند. علاوه بر این، پلیمر را می‌توان با استفاده از تکنیک‌های قالب‌گیری نگراری مانند قالب‌گیری تزریقی یا منبت‌کاری که ساده هستند و در تولید انبوه تکرارپذیری دقیقی از خود نشان می‌دهند، ساخت. استفاده از تراشه‌های ترموپلاستیک را می‌توان به کاربردهایی در دمای بالا مانند واکنش زنجیره‌ای پلیمر (PCR) تعمیم داد؛ زیرا معمولاً نقطه ذوب بالایی دارند. یکی از





میکروسیال‌های دیجیتال در خارج از تنظیمات آزمایشگاهی معمول مورد بحث قرار می‌گیرند [۲].
 شکل زیر یک پلتفرم مبتنی بر دیسک فشرده (CD) است که از نیروی گریز مرکز برای هدایت جریان استفاده می‌کند.
 (A) شماتیک یک دیسک با مجموعه‌ای از دستگاه‌های میکروسیال. دیسک با سرعت زاویه‌ای (ω) می‌چرخد.
 (B) شماتیک نزدیک از یک دستگاه روی تراشه. نیرو تابعی از سرعت مطلق، سرعت زاویه‌ای و موقعیت شعاعی است.
 (C) یک شیر مویرگی، که در آن جریان سیال توسط تعادل بین PC فشار مویرگی و نیروی ایجاد شده توسط CD چرخان در واحد سطح (Po) کنترل می‌شود.
 (D) دریچه‌ای که با استفاده از یک بخش آب‌گریز طرح‌دار (ناحیه خاکستری تیره‌تر) ایجاد شده است. اثرات آب‌گریز مانع از عبور محلول‌های آبی از زیر یک Po خاص می‌شود.
 (E) استفاده از هندسه برای منقبض کردن کانال، تأثیر نیروهای مویرگی را افزایش می‌دهد.

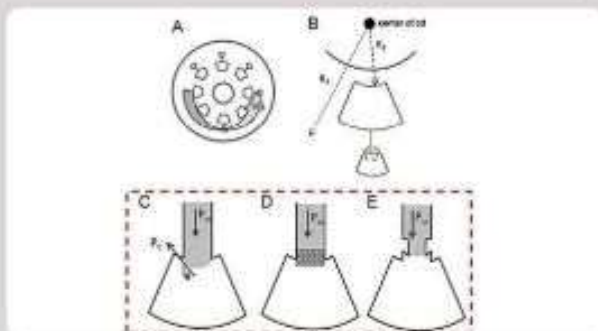


دستگاه‌های میکروسیال با استفاده از پلیمرهای دیگر

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، یکی از چالش‌های استفاده از دستگاه‌های PDMS در شیمی تجزیه و بیوشیمی این است که PDMS متورم شده و گاهی اوقات در حلال‌های آلی متلاشی می‌شود. مانند PDMS، کاربرد تراشه‌های ترموپلاستیک در برخی از سنجش‌های شیمیایی و بیولوژیکی شامل حلال‌های آلی غیرقطبی به دلیل حل‌الیت آن‌ها محدود است. رواند و همکاران دستگاه‌های میکروسیال با PFPE را توسعه دادند که مقاومت بیشتری در برابر تورم در حلال‌های آلی معمولی و پایداری ساختاری بیش‌تری دارند. علاوه بر این همانند PDMS، PFPE دارای نفوذپذیری در برابر گاز بالا، انعطاف‌پذیری بالا و سمیت کم است که برای سنجش بیولوژیکی مطلوب است. برای ساخت ریزتراشه‌های مبتنی بر پلیمرهای قابل تصحیح نوری، معمولاً از یک روش نانوآمپرنت با وضوح بالا استفاده می‌شود. بارتولو و همکاران یک روش نمونه‌سازی ساده را برای ساخت برجسته‌های ریز-الگو ایجاد کردند و آن‌ها را برای تشکیل دستگاه‌های میکروسیال پلاستیکی در چند دقیقه مونتاژ کردند. این روش برای سنجش‌های مبتنی بر سلول، بافت ساده و همه‌کاره است [۲].

معماری‌های جدید برای دستکاری سیال روی تراشه

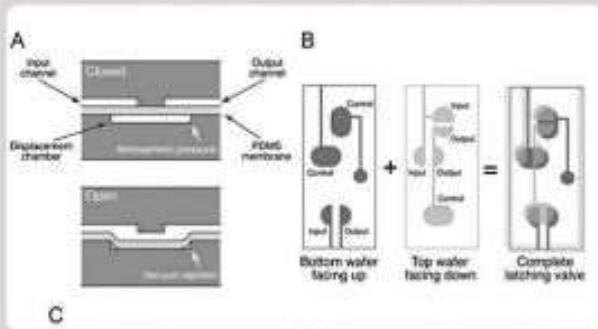
معماری‌های جدید برای کنترل مایعات به منظور حضور گسترده‌ی دستگاه‌های میکروسیال در کلینیک‌های کوچک پزشکی، مناطق بدون کلینیک یا توسط تیم‌های نظامی و واکنش اضطراری ضروری است. بسیاری از معماری‌های موجود در حال حاضر به تجهیزات آزمایشگاهی بزرگ و گران قیمت برای سیال متکی هستند. این بخش پیشرفت‌های اخیر به سمت این هدف را با توجه به تحویل مایع، دست کاری و کنترل پوشش می‌دهد. در این قسمت روش‌های تحویل مایع، کنترل دریچه‌ها (فعال و غیرفعال) و استفاده از قطرات برای



شکل رویه رو روش های میکروسیال دیجیتال برای دست کاری قطرات و روش استفاده از قطره برای انجام عملیات سریال را نشان می دهد (ایمونواسی ساندویچ).

(A) نور برای گرم کردن انتخابی جلوی یک قطره حاوی نانوذرات فتوت رسال استفاده می شود. همان طور که بخار روی سطح جلوی قطره متراکم می شود، به سمت جلو حرکت می کند.

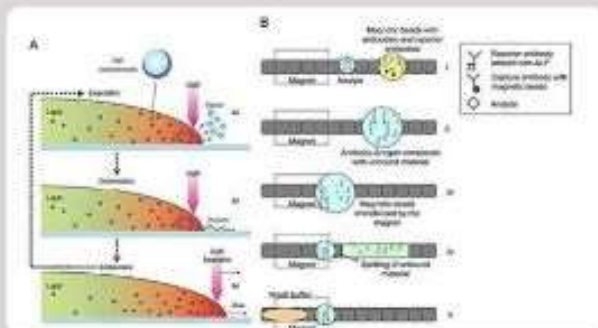
(B) در روش ایمونواسی ساندویچی دیجیتال، قطرات از طریق EWOD دست کاری می شوند و نمونه مورد نظر (که به دانه های مغناطیسی متصل شده اند) توسط یک آهن ربا بی حرکت شده و تجزیه و تحلیل می شوند. مراحل به شرح زیر است: (1) توزیع معرف، (2) انکوباسیون، (3) بی حرکت کردن دانه های مغناطیسی، (4) حذف مایع رویی و شستشو و (5) افزودن بافر شستشوی تازه



شکل رو به رو فعال کردن دریچه های ضامن برای کنترل بسیاری از کانال ها به صورت مالتی پلکس را نشان می دهد.

(A) شمانیک سطح مقطع شیر. اعمال خلأ به محفظه ی جابه جایی، دریچه را باز می کند.

(B) یک مجموعه ی شیر قفل. یک خلأ کوتاه یا پالس فشار به کانال ورودی اعمال می شود. دریچه از خلأ یا فشار به دام افتاده برای نگه داشتن شیر به ترتیب باز یا بسته استفاده می کند این ها را می توان به صورت سری ترکیب کرد تا کانال های زیادی را با یک ورودی کنترل کند.



شکل رو به رو فعال کردن دریچه های ضامن برای کنترل بسیاری از کانال ها به صورت مالتی پلکس را نشان می دهد.

(A) شمانیک سطح مقطع شیر. اعمال خلأ به محفظه ی جابه جایی، دریچه را باز می کند.

(B) یک مجموعه ی شیر قفل. یک خلأ کوتاه یا پالس فشار به کانال ورودی اعمال می شود. دریچه از خلأ یا فشار به دام افتاده برای نگه داشتن شیر به ترتیب باز یا بسته استفاده می کند این ها را می توان به صورت سری ترکیب کرد تا کانال های زیادی را با یک ورودی کنترل

نتیجه گیری

در بسیاری از زمینه های علمی به ویژه در زمینه های پزشکی و پزشکی قانونی نیاز به روشی یک پارچه، حساس، نیرومند و قابل اعتماد برای استخراج دی ان ای وجود دارد که سریع و به صرفه باشد. به طور گسترده ای در مورد روش های شیمیایی مرسوم استخراج مایع / مایع و همچنین فناوری استخراج فاز جامد بر روی سامانه های مبتنی بر میکروفلوئیدیک جهت استخراج دی ان ای روی تراشه بحث شده و جایگزینی مناسب محسوب می شوند. این امر شامل استفاده از مواد زیست شناختی مناسب برای ساخت دستگاه های میکرو با کمک میکروفلوئید، ادغام فناوری استخراج فاز جامد در PDMS برای استخراج سریع اما دقیق دی ان ای و همچنین اجرای سامانه هایی بر روی تراشه است که فناوری میکروفلوئید و یک حسگر را برای کامل کردن خودکار و بسیار کارآمد تشخیص دی ان ای تلفیق می کند [1].

اگرچه بیش تر سامانه های میکرو برای ارزیابی ظرفیت و بهره وری استخراج، نیاز به ارزیابی مؤلفه دارند؛ اما انگیزه و الزامات موجود در آن ارزیابی ممکن است برای کاربردهای مختلف متفاوت باشد؛ به عنوان مثال کارایی استخراج یا لا در آزمایشگاه بالینی هنگام تشخیص حداقل بیماری باقی مانده و عوامل عفونی از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا نوکلئیک اسیدهای هدف اغلب در تعداد کمی های پایین موجود هستند. در آزمایشگاه های پزشکی قانونی، بازدهی استخراج بالا برای تجزیه و تحلیل نمونه هایی با تعداد کم نسخه (اثبات ردیابی) و نمونه های دی ان ای تخریب شده مهم است؛ زیرا موفقیت تحلیلی ذاتاً وابسته به توده ی نوکلئیک اسیدهای بازیابی شده است. علاوه بر این حجم شست و شوی کم (که اساساً نوکلئیک اسیدهای تغلیظ شده هستند) برای تجزیه و تحلیل پایین دست مؤثرتر و نتایج باکیفیت بالاتر مهم هستند [1].

نتیجتاً ظرفیت، کارایی استخراج، حجم شست و شوی کم، حداقل آلودگی و انعطاف پذیری حجم نمونه ی ورودی برای توسعه ی هر سامانه ی تصفیه برای کاربردهای بالینی و پزشکی قانونی ضروری است؛ در حالی که انگیزه ی چنین الزاماتی متفاوت است. باین حال انتقال فناوری تحلیلی، سرعت تجزیه و تحلیل هر نمونه از مسائل اساسی این حوزه هستند. برای هر نوع کاربرد سرعت پیشرفته امکان پردازش چند برابر و موازی نمونه ها را فراهم می کند و خودکارسازی باعث کاهش زمان تجزیه و تحلیل و میزان کار مفید می شود که در سامانه های آماده سازی نمونه ی جدید تقاضا می شود و این تقاضا همچنان ادامه خواهد یافت [1].





رابط بین مغز و کامپیوتر

مهلا یوسفی



مبین حبیبی



تاریخچه:

یک فناوری نوین است که امکان برقراری ارتباط مستقیم بین مغز انسان و دستگاه‌های الکترونیکی را فراهم می‌کند. این فناوری در سال‌های اخیر به دلیل پتانسیل زیادش در کاربردهای پزشکی، نظامی، و بازی‌های رایانه‌ای مورد توجه قرار گرفته است.

تاریخچه BCI به سال ۱۹۲۴ بازمی‌گردد، زمانی که اولین امواج مغزی با استفاده از الکترودهای سطحی ثبت شد. اما این تکنولوژی برای استفاده در BCI به کار گرفته نشد. در دهه ۱۹۷۰، آلفرد برگ* با ارائه یک روش برای کنترل سیگنال‌های بیعارانی که در کما بودند، ابتدای تحقیقات در زمینه BCI را گسترش داد. در سال ۱۹۸۸، تحقیقاتی توسط جان اتان والپا* در دانشگاه کلمبیا در مورد استفاده از سیگنال‌های مغزی برای کنترل کامپیوترها آغاز شد. سپس در سال ۱۹۹۰، فرانک گوشارد* از دانشگاه آریزونا برای اولین بار از EEG برای کنترل تلویزیون استفاده کرد. در سال‌های بعدی، با پیشرفت فناوری‌های پردازش سیگنال مغزی و توسعه روش‌های جدیدی مانند BCI-P300-based، استفاده از BCI در کاربردهای گوناگون به‌ویژه در پزشکی بیشتر شد. امروزه، تحقیقات در زمینه BCI همچنان ادامه دارد و به دنبال روش‌های نوینی برای بهبود کارایی و کاربرد این فناوری در زمینه‌های مختلف می‌باشد.

این رابط بر اساس برانگیختگی‌های الکتروفیزیولوژیکی مغزی که به وسیله الکترودهایی که به سر فرد نصب می‌شوند، ثبت می‌شود، کار می‌کند. سپس این اطلاعات توسط الگوریتم‌های مربوطه تجزیه و تحلیل شده و به دستورهایی تبدیل می‌شوند که کامپیوتر با دستگاه دیگری به آن‌ها پاسخ مناسب دهد. استفاده از رابط بین مغز

و کامپیوتر در حال حاضر در زمینه‌های مختلفی از جمله پزشکی، روان شناخت، مهندسی پوشیدنی‌ها و بازیابی حرکتی بیماران، تحقیقات علمی و آموزشی و... مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱].

بنیان‌گذاران BCI

برای پاسخ به این سؤال، لازم است به چندین نفر و گروه در این زمینه اشاره کرد:

- ولفگانگ فوش*، بنیان‌گذار مفهوم BCI و پژوهشگر در حوزه علوم مغز و عصبی، اولین گروه BCI را در سال ۱۹۹۰ در دانشگاه فرایبورگ، آلمان، تشکیل داد.
 - جان دونوگهو*، پزشک و محقق نوبلی ایرلندی، ایده استفاده از سیگنال‌های الکتریکی مغز را برای کنترل روبات‌ها در سال ۱۹۶۲ مطرح کرد.
 - جان دونوگهو و ویلیام کاپلین*، در سال ۱۹۸۸ برای اولین بار با استفاده از سیگنال‌های EEG فعالیت مغزی یک فرد را کنترل کردند و آن را در حرکت دادن یک تیر در بازی تتریس استفاده کردند.
 - فراد ریداریان*، در سال ۲۰۰۴ یک نوع BCI را توسعه داد که با استفاده از سیگنال‌های EEG، محرک‌های تصویری را برای کنترل حرکت چشم به کار می‌برد.
 - جان دونوگهو و کن بوال*، در سال ۲۰۱۳ یک رابط مغز و رایانه طراحی کردند که با استفاده از نورپردازی، سیگنال‌های مغزی را تحریک کرده و باعث کنترل حرکت یک فرد شد.
- به‌طور کلی، تاریخچه BCI بسیاری از پژوهشگران و محققان با استفاده از فناوری‌های مختلف برای ارتقای این فناوری پیشرفت کرده‌اند[۳،۴].

*BCI (Brain-Computer Interface); *BAI Alfred A. Borach; *Jonathan Valpa; *Frank Goshard; *Wolfgang Pau; *John Donoghue; *BWilliam Kaplin; *Fereydoun H. Ki; *Ken Bowles.

۲. کاهش خطر عفونت؛ استفاده از BCI به عنوان رابط بین فرد و دستگاه، باعث کاهش خطر عفونت و ابتلا به بیماری‌های مربوط به استفاده از دستگاه‌های پزشکی می‌شود.

۳. سرعت بیشتر؛ استفاده از BCI برای کنترل دستگاه‌ها، به صورت بسیار سریع و دقیق انجام می‌شود و از طریق این روش، فرد قادر به کنترل دستگاه با سرعت بالاتری می‌باشد.

۴. کاهش هزینه‌ها؛ استفاده از BCI برای کنترل دستگاه‌ها، می‌تواند هزینه‌های بهداشتی را کاهش دهد. یکی از دلایل این موضوع این است که فرد نیازی به مراجعه به پزشک ندارد و برای کنترل دستگاه، می‌تواند از خانه خود استفاده کند.

۵. ارتباط انسان - کامپیوتر بهتر؛ با استفاده از BCI، ارتباط بین انسان و کامپیوتر بهبود یافته و فرد می‌تواند با استفاده از فعالیت‌های مغزی خود، دستگاه را به صورت دقیق و بدون نیاز به استفاده از دست وارد کنترل کند.

۶. دقت بالا؛ BCI به دلیل استفاده از فعالیت‌های مغزی کاربر، دارای دقت بالایی است و می‌تواند کمک کند تا با اطمینان بیشتری عملیات مختلفی مانند کنترل ربات‌ها، بیمارستان‌های هوشمند و غیره انجام شود [۹، ۸، ۷، ۶، ۵].

معایب:

اما در کنار مزایا، این فناوری نیز با معایبی همراه است. به عنوان مثال، یکی از مشکلاتی که می‌تواند در طراحی و استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر بروز کند، عدم دقت بالای سیگنال‌های ضبط شده از مغز است که می‌تواند باعث اختلال در کنترل و برنامه‌ریزی دستگاه‌های الکترونیکی شود. همچنین، این فناوری هنوز به صورت تجربی و در حال آزمایش است و به دلیل هزینه‌های بالای تحقیق و توسعه، هنوز در دسترس عموم قرار نگرفته است.

از دیگر معایب آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. محدودیت در قابلیت استفاده؛ آنها هنوز در حال تحقیق و توسعه هستند و معمولاً نیاز به دستگاه‌های پیچیده دارند که قابلیت استفاده آنها توسط عموم مردم محدود است و از آنجایی که فناوری BCI هنوز در مراحل ابتدایی خود قرار دارد، عملکرد آن هنوز نمی‌تواند با دقت و سرعت بالایی صورت بگیرد و نیاز به پیشرفت بیشتری دارد.

۲. دقت پایین؛ آنها هنوز نمی‌توانند با دقت بالایی فعالیت‌های مغزی را تشخیص دهند و در نتیجه دقت کنترل و برخورد با دستگاه‌ها پایین است. در برخی از موارد، کاربری BCI به دلیل محدودیت‌های فنی و فیزیولوژیکی کاهش می‌یابد. برای مثال، انتقال سیگنال‌های مغزی از طریق پوست سر ممکن است با مشکلات فنی مواجه شود و باعث ایجاد نویز شود.



اطلاعاتی درباره رابط بین مغز و کامپیوتر

این فناوری با استفاده از سیستم‌های الکتروفیزیولوژیکی مثل الکتروانسفالوگرافی (EEG)، الکترومیوگرافی (EMG) و الکتروانوکرافی (ENG) امکان ضبط فعالیت‌های مغزی و عضلانی را فراهم می‌کند و این اطلاعات را به دستگاه‌های کامپیوتری ارسال می‌کند. با استفاده از این تکنولوژی، می‌توان عملکردهای مختلفی را از جمله کنترل پروتزها، کنترل بازی‌های کامپیوتری، تشخیص فعالیت‌های مغزی و مشکلات عصبی، تشخیص و جلوگیری از تصادفات خودرو، بهبود زبان و حافظه و کاربردهای دیگر را به کار گرفت. از طریق استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر، می‌توان به واسطه‌ی سیگنال‌های الکتریکی مغز، کارهایی را انجام داد که بسیاری از مردم به طور طبیعی قادر به انجام آنها نیستند. این فناوری در حال توسعه است و امیدواریم که در آینده بتواند برای بهبود کیفیت زندگی افراد استفاده شود [۴].

مزایا و معایب رابط بین مغز و کامپیوتر

مزایا:

رابط بین مغز و کامپیوتر دارای مزایا و معایبی است. در زمینه مزایای این تکنولوژی می‌توان به امکان کنترل مؤثرتر پروتزها و کمک به افرادی که به علت ناتوانی جسمی نمی‌توانند به طور مستقیم از قسمت‌های مختلف بدن خود استفاده کنند، اشاره کرد. همچنین، برای کاربردهای پزشکی نظیر تشخیص بیماری‌های عصبی و مغزی، برطرف کردن بی‌خوابی، درمان افسردگی و تشخیص و درمان بیماری پارکینسون نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از دیگر مزایای آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. کمک به افراد دارای مشکلات جسمی؛ می‌تواند به افرادی که دچار ناتوانی هستند یا به دلیل حادثه‌ای جسمی قادر به حرکت نیستند، کمک کند تا با استفاده از فعالیت‌های مغزی خود، به کنترل دستگاه‌های مختلف (مانند ویلچر) بپردازند و عدم نیاز به استفاده از اعضای بدن (مانند دست‌وپا) برای کنترل دستگاه است. این باعث می‌شود که افرادی که به دلیل معلولیت حرکتی از این اعضا استفاده نمی‌توانند، بتوانند با استفاده از فعالیت‌های مغزی، کنترل را بر روی دستگاه‌های مختلف برقرار کنند.



- بررسی عملکرد مغزی: می‌تواند به محققان کمک کند تا عملکرد مغزی فرد را در برابر محرک‌های مختلف بررسی کنند و مشاهده کنند که فعالیت مغزی فرد چگونه به تغییرات مختلف پاسخ می‌دهد.
- بررسی بیماری‌های عصبی: می‌تواند به عنوان یک ابزار برای بررسی بیماری‌های عصبی مانند سکنه مغزی، پارکینسون و اسکیزوفرنی استفاده شود. با استفاده از BCI، محققان می‌توانند علائم مشخصی که با بیماری همراه هستند را کشف کرده و تغییرات فعالیت مغزی را بررسی کنند.
- بررسی تمرکز و توجه: می‌تواند به عنوان یک ابزار برای بررسی تمرکز و توجه فرد به کار یا وظیفه مورد نظر استفاده شود. با تحلیل فعالیت مغزی فرد، می‌توان تغییرات در سطح توجه و تمرکز را بررسی کرد.
- بررسی خلق و خو: می‌تواند به عنوان یک ابزار برای بررسی خلق و خو و حالت روحی فرد شود. با استفاده از BCI، می‌توان تغییرات در فعالیت مغزی فرد در پاسخ به محرک‌های مختلف را بررسی کرد و نشان داد که فرد در چه حالتی است [۲].

انواع رابط بین مغز و کامپیوتر

رابط بین مغز و کامپیوتر در حال حاضر دو نوع اصلی دارد:

۱. رابط‌های غیرتهاجمی:

BCI های غیرتهاجمی یا Non-invasive BCIs، از طریق حسگرهای مستقر خارج از مغز، مانند الکترودهای EEG یا حسگرهای نوری، از سیگنال‌هایی بیرونی مغز استفاده می‌کنند تا فعالیت‌های مغزی را بررسی کنند. در این روش، هیچ نیازی به نفوذ به داخل مغز و جراحی مغز برای قراردادن الکترودها یا حسگرهای دیگر نیست. این روش از لحاظ امنیتی ایده آل است؛ زیرا بدون نفوذ به داخل مغز، ریسک عفونت و مشکلات دیگر کاهش می‌یابد. اما با توجه به اینکه سیگنال‌هایی از حسگرهای بیرونی مغز گرفته می‌شوند ضعیف هستند، دقت این روش در مقایسه با BCI های تهاجمی پایین‌تر است. در این نوع رابط، از سیگنال‌های الکتریکی یا مغناطیسی مغزی برای کنترل دستگاه‌های الکترونیکی استفاده می‌شود. در این روش، الکترودها روی سر یا پوست قرار داده می‌شوند و سیگنال‌های مغزی به وسیله آنها دریافت و به دستگاه‌های الکترونیکی منتقل می‌شوند. این روش برای تحقیقات علمی و تشخیص بیماری‌های عصبی استفاده می‌شود. این دسته از BCI ها، معمولاً با استفاده از سنسورهای خارجی مانند الکترودهای سطحی، EEG، MRI، فعالیت نوری و سیستم‌های مغز - کامپیوتری بدون سیم کاری می‌کنند [۱۰].

۳. مشکلات قابلیت اطمینان: با توجه به حساسیت و پیچیدگی دستگاه‌های BCI، ممکن است این دستگاه‌ها با مشکلات قابلیت اطمینان مواجه شوند که ممکن است باعث عوارض و خطرات جدی برای کاربران شود.

۴. کاربرد محدود: این فناوری هنوز در حال توسعه است و ممکن است به دلیل محدودیت‌های فنی، توانایی استفاده از آن در برخی بیماری‌ها محدود باشد.

۵. محدودیت در قابلیت استفاده برای بیماران با ناتوانی: برای بیمارانی که به دلیل ناتوانی نمی‌توانند حرکت کنند، می‌توانند مفید باشند، اما به دلیل نیاز به تمرین و آموزش، این دستگاه‌ها ممکن است برای برخی از بیماران مناسب نباشند و نیازمند به تعامل با محیط است و برای استفاده موثر از آن، باید محیط مناسبی فراهم شود. همچنین برای استفاده از BCI، فرد باید بتواند سیگنال‌های مغزی مربوط به فعالیت مورد نظر را تولید کند. در برخی از موارد، مانند بیماری‌های نورولوژیکی شدید، این امر ممکن نیست و برای استفاده از BCI، فرد باید توانایی کنترل فعالیت مغزی خود را داشته باشد. این به معنای این است که برخی از افراد، مانند کودکان کوچک و بیمارانی که قادر به کنترل فعالیت مغزی خود نیستند، نمی‌توانند از BCI استفاده کنند.

۶. عدم تطبیق با برخی کاربران: ممکن است برای برخی افراد با مشکلات عصبی یا جسمی کار نکند و در نتیجه، برای کاربرانی با محدودیت‌های حرکتی مفید نباشد.

۷. هزینه‌ها: در حال حاضر هنوز در مراحل تحقیقاتی قرار دارند و به دلیل پیچیدگی تکنولوژی آنها، قیمت بالایی دارند.

۸. پیچیدگی و نیاز به آموزش: سیگنال‌های مغزی پیچیده‌اند و پردازش آنها برای استفاده در BCI ها نیازمند تحلیل و فهم کامل آنها است؛ بنابراین، تحلیل و پردازش این سیگنال‌ها برای برخی افراد ممکن است دشوار باشد و به همین جهت نیازمند آموزش و تمرین مداوم است. این آموزش ممکن است زمان‌بر و خسته‌کننده باشد.

به طور کلی، رابط بین مغز و کامپیوتر یک فناوری نوین و پیشرفته است که در آینده می‌تواند بسیاری از مسائل پزشکی و فناوری را حل کند؛ ولی هم‌چنان نیاز به تحقیقات بیشتر و پیشرفت‌های بیشتری در زمینه‌ی طراحی و به‌کارگیری آن داریم.

رابط بین کاربرد مغز و کامپیوتر در تحقیقات علمی

استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر در تحقیقات علمی بسیار متنوع است و می‌تواند به دلایل مختلفی صورت گیرد، برخی از کاربردهای آن در تحقیقات علمی عبارت‌اند از:





۲. رابط‌های تهاجمی:

BCI تهاجمی (Invasive BCI) یا BCI داخلی، به روش‌هایی اطلاق می‌شود که الکترودهای سیگنال مغزی را مستقیماً درون بافت مغز قرار می‌دهند تا به سیگنال‌های مغزی دسترسی پیدا کنند. در این نوع رابط، الکترودها به طور مستقیم درون مغز قرار می‌گیرند. در این روش، سیم‌های الکتریکی را می‌توان به طور مستقیم در مغز جای داد و سیگنال‌های مغزی را از طریق این سیم‌ها برداشت کرد. این روش برای کنترل دستگاه‌های الکترونیکی با استفاده از امواج مغزی به کار می‌رود. این روش به دلیل خطرات زیادی که دارد و همچنین نیاز به جراحی و دخالت مستقیم در مغز، فقط در مواردی مانند کنترل پروتزهای بدنی استفاده می‌شود.

برخلاف BCI غیرتهاجمی، در این روش باید به مغز جراحی شود تا الکترودهای مورد نیاز در آن قرار داده شوند. به دلیل این که این روش برای قراردادن الکترودها به مغز نیاز به جراحی دارد، می‌تواند مخاطره جدی برای بیماران ایجاد کند. اما BCI تهاجمی از دقت بالاتری نسبت به BCI غیرتهاجمی برخوردار است و به دلیل نزدیکی الکترودها به مغز، سیگنال‌های بهتری از فعالیت مغزی به دست می‌آیند که باعث بهبود دقت در تشخیص الگوهای فعالیت مغزی مرتبط با انتقال اطلاعات به دستگاه‌ها می‌شود. یکی از کاربردهای اصلی BCI تهاجمی، استفاده در پروتزهای مغزی است که به بیماران با ناتوانی‌های شدید حرکتی کمک می‌کند تا با استفاده از فعالیت مغزی، پروتز را کنترل کنند. هر یک از این نوع رابط‌ها دارای مزایا و معایبی هستند و هر کدام به طور مختصر در بخش قبلی مورد بررسی قرار گرفتند [۳].

کاربرد رابط بین مغز و کامپیوتر نحوه استفاده از آن:

کارکرد رابط بین مغز و کامپیوتر از دو جنبه مهم تشکیل شده است: یک جنبه برای درک فعالیت‌های مغزی و دیگری برای کنترل دستگاه‌های الکترونیکی با استفاده از فعالیت‌های مغزی.

جنبه درک فعالیت‌های مغزی: با استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر، فعالیت‌های مغزی به طور غیرمستقیم و غیرتهاجمی قابل درک و سنجش می‌شود. برای مثال، در تحقیقات علمی، این رابط برای بررسی و بررسی عملکرد مغز و نحوه پردازش اطلاعات در مغز، استفاده می‌شود.

جنبه کنترل دستگاه‌های الکترونیکی: با استفاده از فعالیت‌های مغزی، می‌توان کنترل دستگاه‌های الکترونیکی مانند کامپیوتر، گوشی هوشمند، پروتزهای بدنی و... را به کمک فعالیت‌های مغزی، انجام داد. به عنوان مثال، در صنعت بازی‌های ویدئویی، این تکنولوژی به صورت مستقیم در بازی‌هایی مانند بازی‌های فکری و استراتژیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، این رابط برای کمک به افرادی

که ناتوانی در حرکت بدن دارند، نیز استفاده می‌شود تا با استفاده از فعالیت‌های مغزی، بتوانند دستگاه‌های پروتزی را به درستی کنترل کنند. برای استفاده از رابط مغز و کامپیوتر، ابتدا باید اطلاعات فعالیت‌های مغزی را با استفاده از تکنیک‌های مختلفی مانند الکتروانسفالوگرافی (EEG)^۱، مغناطیس‌افزایی تصویربرداری (MRI)^۲، تصویربرداری مغزی تک فوتونی (SPECT)^۳ و پوزیترون امیسیون تصویربرداری (PET Scan)^۴، جمع‌آوری کنید. سپس با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی، این اطلاعات مغزی تحلیل و تفسیر می‌شوند و به دستورات قابل فهم توسط دستگاه‌های الکترونیکی تبدیل می‌شوند. سپس دستگاه الکترونیکی، بر اساس این دستورات، عملیات مورد نظر را انجام می‌دهد.

به عنوان مثال، در صنعت بازی‌های ویدئویی، با استفاده از رابط مغز و کامپیوتر، فعالیت‌های مغزی فرد در پاسخ به سوالات و مسائل مختلفی که در بازی وجود دارد، اندازه‌گیری می‌شود و با توجه به این فعالیت‌های مغزی، دستورات لازم برای پاسخ به سوالات و مسائل بازی به دستگاه الکترونیکی داده می‌شود. همچنین، در بعضی از موارد، این رابط مغز و کامپیوتر به عنوان راهی برای کمک به افرادی که ناتوانی در حرکت بدن دارند، نیز استفاده می‌شود تا با استفاده از فعالیت‌های مغزی، بتوانند دستگاه‌های پروتزی را به درستی کنترل کنند [۴].

کاربرد رابط بین مغز و کامپیوتر در پزشکی:

رابط مغز و کامپیوتر در پزشکی برای تشخیص و درمان بسیاری از بیماری‌ها و اختلالات عصبی استفاده می‌شود. مواردی که این رابط در پزشکی به کار می‌رود عبارت‌اند از:

۱. کمک به افرادی که ناتوانی در حرکت بدن دارند: در بیمارانی که به دلیل اختلالات عصبی از قبیل لوکوموتور آتاکسی، نارسایی نخاعی، صرع، سکته مغزی و آسیب دیدگی نخاعی، نمی‌توانند به روش‌های معمول کنترلی بدن استفاده کنند، رابط مغز و کامپیوتر به عنوان راهی برای کنترل دستگاه‌های پروتزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲. تشخیص و درمان بیماری‌های عصبی: در بیماری‌هایی مانند سکته مغزی، آسیب دیدگی مغزی، بیماری پارکینسون، اسکروز چندگانه و بیماری‌های عصبی دیگر، رابط مغز و کامپیوتر برای تشخیص و درمان بیماری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳. کمک به افراد مبتلا به اختلالات روانی: در اختلالاتی مانند افسردگی، اضطراب و اختلالات خوردن، رابط مغز و کامپیوتر می‌تواند برای کمک به بیماران استفاده شود. با استفاده از رابط مغز و کامپیوتر، فعالیت‌های

شده‌اند. این دستگاه‌ها براساس کاربرد و نوع به‌کارگیری می‌توانند متفاوت باشند. برخی از دستگاه‌های مرتبط با رابط مغز و کامپیوتر عبارتند از:

۱. دستگاه الکتروانسفالوگرافی (EEG): این دستگاه امواج مغزی و فعالیت‌های الکتریکی مغز را اندازه‌گیری می‌کند و این اطلاعات را به کامپیوتر منتقل می‌کند تا بتوان از این طریق رابط مغز و کامپیوتر را پیاده کرد.

۲. دستگاه MRI تصویربرداری با رزونانس مغناطیسی: این دستگاه تصاویر سه‌بعدی از ساختار مغز و نحوه فعالیت آن را به دست می‌آورد که به ارائه اطلاعات بهتر برای پیاده‌سازی رابط مغز و کامپیوتر کمک می‌کند.

۳. دستگاه تصویربرداری نزدیک به مادون قرمز یا (fNIRS): این دستگاه از نور فرابنفش استفاده می‌کند تا تغییرات در جریان خون مغزی و اکسیژن‌رسانی را اندازه‌گیری کند که به رابط مغز و کامپیوتر کمک می‌کند.

۴. دستگاه تحریک عصبی یا (tDCS): این دستگاه‌ها برای تحریک مستقیم مغز و تغییر فعالیت‌های آن استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، تحریک عصبی مغزی برای بهبود حافظه و درمان اختلالات روانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵. تشدید عصبی: این دستگاه‌ها به منظور انتقال اطلاعات بین مغز و کامپیوتر به کار می‌روند و با تشدید سیگنال‌های مغزی، بستر مناسبی برای انتقال اطلاعات به دستگاه کامپیوتر ایجاد می‌کنند.

هم چنین، باید گفت که دستگاه‌های رابط مغز و کامپیوتر در حال توسعه هستند و در آینده ممکن است شکل و شمایل آن‌ها تغییر کند [۱].



مغزی. بیماران اندازه‌گیری شده و به‌عنوان راهی برای تشخیص بیماری و همچنین برای کمک به بیمار در بهبود وضعیت روانی‌اش استفاده می‌شود.

۴. تحقیقات در علوم عصبی: رابط مغز و کامپیوتر در تحقیقات علوم عصبی نیز بسیار مفید است و می‌تواند برای بررسی عملکرد مغز و همچنین بیماری‌های عصبی مانند صرع، پارکینسون، آلزایمر، افسردگی و اضطراب مورد استفاده قرار گیرد. تحقیقات در این حوزه می‌تواند با استفاده از تکنولوژی‌های BCI، به شناخت بهتر از فعالیت‌های مغزی و تاثیرات درمانی مرتبط با آن، کمک کند.

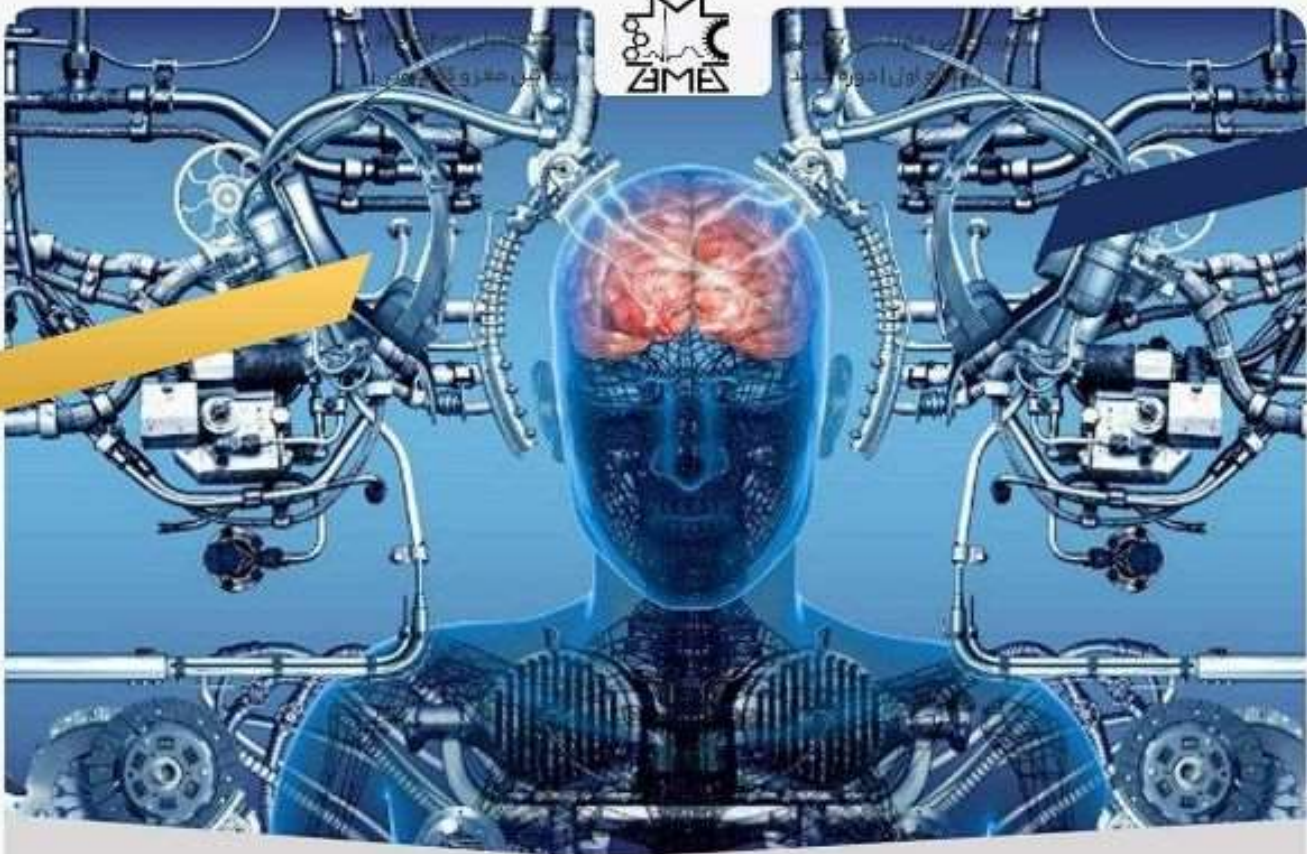
به‌عنوان مثال، درمان‌های نوروفیدبک با استفاده از BCI در برخی از بیماری‌های عصبی مفید بوده است. همچنین، این تکنولوژی می‌تواند در تشخیص بیماری‌های عصبی و پیشگیری از آن‌ها نیز مفید باشد [۴].

کاربرد رابط بین مغز و کامپیوتر در مهندسی پزشکی:

در مهندسی پزشکی، استفاده از سیگنال‌های مغزی و رابط مغز-کامپیوتر به‌منظور تشخیص بیماری‌های مغزی، کنترل پروتزهای اندامی، درمان بیماری‌های عصبی، بهبود عملکرد مغزی و کنترل درد مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال، با استفاده از رابط مغز-کامپیوتر، بیمارانی که ناتوانی حرکتی دارند، می‌توانند از طریق فرستادن سیگنال‌های مغزی، پروتز اندامی خود را کنترل کنند. همچنین، درمان بیماری‌هایی مانند بیماری پارکینسون، صرع و افسردگی نیز با استفاده از سیگنال‌های مغزی و رابط مغز-کامپیوتر مورد بررسی قرار گرفته است. در کل، رابط مغز-کامپیوتر در مهندسی پزشکی به‌عنوان یک ابزار تشخیصی و درمانی بسیار مهم واقع می‌شود [۴].

دستگاه‌های مرتبط با رابط بین مغز و کامپیوتر:

دستگاه‌های بسیاری برای برقراری رابطه بین مغز و کامپیوتر طراحی



در کدام کشورها توسعه پیدا کرده است؟

توسعه رابط مغز - کامپیوتر یا BCI، به صورت جهانی صورت گرفته است و در بسیاری از کشورها، از جمله ایالات متحده آمریکا، ژاپن، کره جنوبی، کانادا، آلمان، انگلستان، استرالیا و... پژوهش و تحقیقات فراوانی در این زمینه صورت گرفته است. باین حال، برخی از شرکت ها و سازمان ها، مانند Kernel و NeuroPace در ایالات متحده آمریکا، Emotiv و NeuroSky در استرالیا و ژاپن، و MindMaze در سوئیس، برای توسعه تجاری BCI شهرت دارند.

هزینه استفاده از آن چقدر است؟

هزینه استفاده از رابط مغز - کامپیوتر (BCI) بستگی به بسیاری از عوامل دارد، از جمله نوع دستگاه BCI، نوع بیماری یا اختلال مغزی، جایگاه جغرافیایی و میزان پوشش بیمه توسط بیمه، هزینه های نگهداری و تعمیر و غیره. در بسیاری از موارد، هزینه های استفاده از دستگاه BCI بالا هستند و ممکن است برای برخی افراد قابل دسترسی نباشد. باین حال، همیشه سعی می شود تکنولوژی BCI را با هزینه مناسب تر و بهتر به دسترسی عموم قرار داد، به طور کلی، هنوز هزینه استفاده از BCI برای بسیاری از بیماران بالاست، اما امیدواریم در آینده با توسعه روش های جدید، هزینه استفاده از آن کاهش یابد. هزینه های استفاده از BCI ممکن است بسیار گران باشد، زیرا دستگاه های BCI پیچیده و فناوری های پیشرفته ای استفاده می کنند. این دستگاه ها معمولاً برای تحقیقات پزشکی و پژوهش های علمی تولید می شوند و در مواردی برای درمان بیماری های خاصی استفاده می شوند. هزینه دستگاه های BCI به وسعت و پیچیدگی آن ها بستگی دارد. برای مثال، یک دستگاه EEG بسیار ساده می تواند با قیمتی کمتر از ۱۰۰ دلار تهیه شود، در حالی که یک دستگاه BCI با فناوری های پیشرفته و قابلیت های بیشتر، ممکن است به هزینه های صدها هزار

دلار یا حتی بیشتر فروخته شود. علاوه بر این، هزینه های دیگری مانند هزینه تحلیل داده ها، نرم افزار، مراقبت های پزشکی و مدیریت بیماری نیز می توانند به هزینه های کلی بیماری افزوده شوند. در مواردی که دستگاه های BCI برای تحقیقات علمی به کار می روند، هزینه های تحقیقات نیز باید در نظر گرفته شود که می تواند بسیار بالا باشد. به همین دلیل، بسیاری از پژوهشگران و تحقیقاتی که در این زمینه فعالیت می کنند، به دنبال حمایت مالی از سازمان های دولتی یا خصوصی هستند.

تکنولوژی های مورد استفاده در رابط بین مغز و کامپیوتر

برای استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر نیاز به تکنولوژی خاصی دارید. این تکنولوژی شامل دستگاه های EEG (الکتروانسفالوگرافی)، fMRI (تصویربرداری تابش مغناطیسی توافقی) و سایر روش های تصویربرداری مغز می شود. همچنین نرم افزارها و الگوریتم های پردازش سیگنال مغزی نیز جزء تکنولوژی های لازم برای استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر هستند. این تکنولوژی ها به طور مستمر در حال بهبود و توسعه هستند و بهبود عملکرد و کارایی رابط بین مغز و کامپیوتر را بهبود می بخشند.

جدول مرتبط با رابط بین مغز و کامپیوتر

جدول مقایسه رابط مغز و کامپیوترهای تجاری:

ردیف	رابط مغز و کامپیوتر	نوع و مشخصات حرکت	نوع کاربری کاربردی	قیمت (هزار دلار)
۱	BrainGate	۳٪	کوب	۳۰۰
۲	Neural Prostheses	کوب	کوب	۲۰۰
۳	NeuroLink	کوب	کوب	۲۰۰
۴	NeuroCybernetics Prosthesis	۳٪	نیمه اتوماتیک	۳۰۰
۵	BrainGate 2	۳٪	کوب	۲۰۰
۶	BrainGate	۳٪	نیمه اتوماتیک	۳۰۰

جدول مقایسه انواع دستگاه های مغزی

نوع سیگنال	گروه ها	امپلیفیکاتور BCI	داده فرکانس	نوع سیگنالدهی	نوع سیگنال
EMG	زایمانی، حرکت	نوار موج EMG	8-11Hz	نوع سیگنالدهی	EMG
EEG	توجه، تمرکز	نوار موج EEG	13-30Hz	نوع سیگنالدهی	EEG
MEG	توجه، تمرکز، تصمیم گیری	نوار موج MEG	8-100 Hz	نوع سیگنالدهی	MEG
FM	زایمانی، خواب آرام	نوار موج FM	4-7 Hz	نوع سیگنالدهی	FM
DBS	خواب، تحریک عصبی	نوار موج DBS	0.5-4Hz	نوع سیگنالدهی	DBS

جدول زیر، یک مقایسه بین سیستم BCI مختلف است.

گروه ها	سیگنال الکتریکی	روش پردازش	نوع سیگنال	سیستم BCI
کارمان و سنگه، الکولادزکی ۲۰۰۸	حرکت شناختی، بازیگ	بافتل خطی، ماتریسی	EEG و الکتروکاردیوگرافی	BCI برای کنترل حرکتی
آرناشاد، کاپورزی ۲۰۱۱	تفکر، تصمیم گیری	ماتریسی، کلاسیک	EEG	BCI در بازی و آموزش (مربوط به کتبی)
بارو، ولف، مازاری	حرکت شناختی، بازیگ	مربوط به خطی، ماتریسی	EEG	BCI برای بازی و آموزش (مربوط به کتبی)
آرناشاد، کاپورزی ۲۰۱۱	تفکر، تصمیم گیری	ماتریسی، کلاسیک	EEG	BCI برای بازی و آموزش (مربوط به کتبی)
پروچا، مازاری، کاپورزی ۲۰۱۱	تفکر، تصمیم گیری	ماتریسی، کلاسیک	EEG	BCI برای بازی و آموزش (مربوط به کتبی)
پروچا، مازاری، کاپورزی ۲۰۱۱	تفکر، تصمیم گیری	ماتریسی، کلاسیک	EEG	BCI برای بازی و آموزش (مربوط به کتبی)

جدول زیر، مقایسه بین چندین روش سیگنالدهی مغزی مختلف است.

مزایا	معایب	دقت زمانی	دقت فضایی	تکنیک سیگنالدهی
کم	محدود، بیضی	بالا	پایین	الکتروکاردیوگرافی (ECG)
بالا	محدود، بیضی	بالا	پایین	مغناطیس مغزی (MEG)
بالا	بیضی	پایین	بالا	توموگرافی کامپیوتری (CT)
بالا	محدود، بیضی	پایین	بالا	توموگرافی پوزیترون (PET)
معتدل	محدود، بیضی	بالا	پایین	توموگرافی پوزیترون (PET)

جدول زیر، مقایسه بین چندین روش کنترل واکتس های مغز مختلف در محیط های BCI است.

مزایا	نوع های سیگنال	نوع سیگنال	نوع سیگنال
دسترسی، سهولت، سهولت	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ
تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ
تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ
تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ

زبان از جدول مقایسه BCI جدول مقایسه ای فوق العاده است. این جدول انواع الکتریکی های اندام های دست را با انواع سیگنال های مغز را با انواع سیگنال های مغز مقایسه می کند. سیگنال های مغز به دو دسته تقسیم می شود.

جدول زیر، مقایسه بین چندین روش سیگنالدهی مغزی مختلف است.

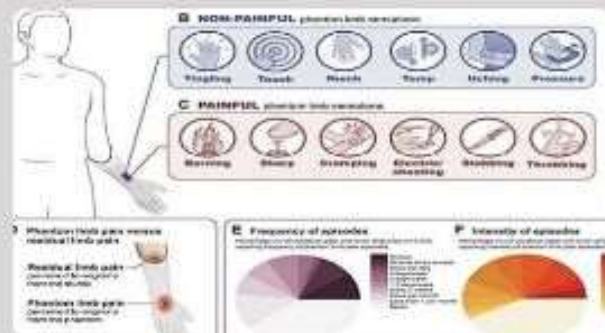
نوع سیگنال	نوع سیگنال
تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ
تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ
تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ
تفکر، تصمیم گیری، بازیگ	تفکر، تصمیم گیری، بازیگ

مبحث ویژه

درد کاذب یا فانتوم پین

درد فانتوم (Phantom Pain)، یک نوع درد مزمن است که پس از دست دادن یک عضو یا عضویت بدن به ویژه اندام های بازو و پا احساس می شود و دریدن باقی می ماند. معمولاً در مواردی اتفاق می افتد که یک شخص یک عضو از دست داده باشد، اما هنوز در مکانیزم های مغزی ذخیره شده است.

علت این درد نامفهوم و مرتبط با مکانیزم های عصبی ناشناخته است. در بسیاری از موارد، درمان درد فانتوم با داروهای مختلف و یا درمان های فیزیکی مانند فیزیوتراپی، درمان با لیزر و غیره، مؤثر نبوده است. در این مورد، رابطه بین مغز و کامپیوتر می تواند به عنوان یک راهکار جدید برای درمان درد فانتوم استفاده شود. با استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر، امکان کنترل عصبی بر روی عضو فراهم می شود و می توان دردهای فانتومی را کاهش داد [۱۲، ۱۳].



شکل ۵- درد باقی مانده اندام احساس می شود که منشأ آن از کنده است. درد اندام فانتومی که از فانتوم نشأت می گیرد.

رابطه BCI با phantom pain

برای درمان این پدیده، رویکردهای مختلفی از جمله استفاده از رابط مغز - کامپیوتر (BCI) مطرح شده است. یکی از روش های درمان درد فانتوم با استفاده از BCI، استفاده از فعالیت های مغزی برای کنترل دردهای فانتومی است. برای کاهش درد فانتوم، از این فناوری برای کنترل درد استفاده می شود. در این روش با استفاده از سیگنال های الکتروانسفالوگرافی (EEG) و سیگنال های ایجاد شده توسط فعالیت های مغزی، برای کنترل درد فانتوم استفاده می شود. به عنوان مثال، فرد می تواند با فکر کردن به حرکت دست، سیگنال EEG را ارسال کند و سیستم BCI با استفاده از الگوریتم های پردازش سیگنال، حرکت دست مورد نظر فرد را تشخیص داده و به جایگاه دقیق دست فرد در واقعیت مجازی منتقل می کند. این کار باعث می شود فرد به نوعی به یک عضو دیجیتالی در واقعیت مجازی دسترسی پیدا کند و با استفاده از آن به دنبال کاهش درد فانتوم باشد.

هر چند که استفاده از BCI برای کنترل درد فانتوم تاکنون در مراحل اولیه مطالعات قرار دارد و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد، اما نتایج اولیه نشان می دهد که این روش می تواند به عنوان یک روش مؤثر برای کنترل درد فانتوم استفاده شود. برای مثال، با تمرین فعالیت های مغزی مرتبط با حرکت عضو قبل از دست دادن آن، برای کنترل یک عضو مصنوعی، می توان به کاهش درد فانتوم کمک کرد.

استفاده از BCI برای درمان Phantom Limb Pain به دو صورت انجام می شود: به صورت فعال و پاسیو.

Phantom pain (Phantom limb pain).

معرفی چند کتاب در مورد رابط بین مغز و کامپیوتر

- Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice, Jonathan Wolpaw, Elizabeth Winter Wolpaw
- Brain-Computer Interfaces Handbook: Technological and Theoretical Advances, Chang S. Nam, Anton Nijholt, Fabien Lotte
- Technology and Applications, Brain-Computer Interfaces, Christoph Guger, Brendan Allison, Gunter Edlinger
- Brain-Computer Interfaces: Applying our Minds to Human-Computer Interaction, Jennifer G. Sarno, C. Grosz
- Brain-Computer Interfaces: Lab Experiments to Real-World Applications, Desney S. Tan, Anton Nijholt
- Brain-Computer Interfaces: Revolutionizing Human-Computer Interaction, Rajesh P. N. Rao, R. Jacob Vogelstein

معرفی چند کتاب فارسی در این زمینه

به دلیل محدود بودن منابع در زمینه رابط بین مغز و کامپیوتر و BCI در فارسی، تعداد کتاب‌هایی که به طور مستقیم به این موضوع مرتبط هستند کم است. اما چندین کتاب در زمینه علوم شناختی و عصب روان شناختی که به بررسی ارتباط مغز و کامپیوتر می‌پردازند، موجود هستند. برخی از این کتاب‌ها عبارت‌اند از:

- "عصب روان‌شناسی شناختی" نوشته محمدرضا نقوی
- "علوم شناختی" نوشته داوید باد، مایکل گاسکل، و دنیل شوارتز
- "علوم شناختی مقدماتی" نوشته محمدرضا نقوی و سید مرتضی میرحسینی

نتیجه‌گیری

در این بحث در مورد رابط بین مغز و کامپیوتر با BCI صحبت کردیم. این دستگاه امکان برقراری ارتباط مستقیم بین مغز و دستگاه کامپیوتر را فراهم می‌کند. این رابط بر اساس برانگیختگی‌های الکتروفیزیولوژیکی مغزی کار می‌کند. از طریق استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر، افراد می‌توانند با استفاده از تمرینات مربوطه، مغز خود را برای کنترل دستگاه‌ها آموزش دهند. استفاده از رابط بین مغز و کامپیوتر در حال حاضر در زمینه‌های مختلفی از جمله پزشکی، روان‌شناسی، مهندسی پوشیدنی‌ها و بازیابی حرکتی بیماران، تحقیقات علمی و آموزشی و... مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه، رابط بین مغز و کامپیوتر به عنوان یک فناوری پیشرفته و کاربردی، برای حل مسائل و مشکلات مختلف از جمله بیماری‌ها و ناتوانی‌های حرکتی، در سطح شخصی و جامعه، مورد استفاده قرار می‌گیرد.



۱. در روش فعال، بیمار می‌تواند با استفاده از سیگنال‌های الکتریکی تولید شده توسط فعالیت‌های مغزی خود، کنترل حرکت یک عضو مجازی در یک سیستم واقعیت مجازی را بر عهده داشته باشد. بدین ترتیب، او می‌تواند به تمرین کنترل حرکت‌های مجازی بپردازد. این تمرین می‌تواند به عنوان یک جایگزین برای حرکت‌های واقعی کاربرد داشته باشد و ممکن است در کاهش درد فانتوم بیمار مؤثر باشد.
 ۲. روش دیگر پاسیو است. در این روش بیمار از یک دستگاه BCI استفاده می‌کند که به طور مستقیم با عضو مجروح در تعامل نیست، ولی بر روی بخش‌های مشخصی از مغز اثر می‌گذارد. بر اساس سیگنال‌های الکتریکی تولید شده توسط مغز، دستگاه BCI، تحریک الکتریکی را بر روی بخش‌های مختلفی از بدن بیمار اعمال می‌کند که ممکن است به کاهش درد فانتوم کمک کند.
- البته لازم به ذکر است که برای کاربرد درمانی با BCI در Phantom Limb Pain، هنوز نیاز به بررسی‌های بیشتر و آزمایش‌های بالینی بیشتری داریم [۱۲، ۱۳].

دروس و رشته‌های دانشگاهی مرتبط با این بحث

- در رشته‌های مختلف می‌توان دروس مرتبط با رابط بین مغز و کامپیوتر پیدا کرد. بعضی از این دروس شامل موارد زیر می‌شوند:
۱. دروس در رشته مهندسی برق و کامپیوتر و مهندسی پزشکی؛ شامل دروسی مانند پردازش سیگنال، کنترل سیستم‌ها، الگوریتم‌های هوش مصنوعی، مدل‌سازی سیستم‌ها، سیستم‌های هوشمند، پردازش تصویر، سیستم‌های خودکار، سیستم‌های هوشمند مهندسی و نرم‌افزار.
 ۲. دروس در رشته علوم پزشکی؛ شامل دروسی مانند علوم تشخیصی، علوم پایه، علوم اعصاب، علوم دارویی، علوم روان‌شناختی و علوم فیزیولوژیکی.
 ۳. دروس در رشته روان‌شناسی؛ شامل دروسی مانند روان‌شناسی، روان‌شناسی انجام عمل، روان‌شناسی تجربی.
 ۴. دروس در رشته ریاضیات و آمار؛ شامل دروسی مانند آمار پیشرفته، مدل‌سازی آماری، آنالیز داده‌ها، آمار نرمال، آمار پیشرفته، آمارهای نرمال و آمارهای غیرخطی.
- این دروس در دانشگاه‌های مختلف و در مقاطع مختلف تدریس می‌شوند.



بیوگرافی مختصری از دانشمندان بنیان گذار و فعال در زمینه رابط بین مغز و کامپیوتر جان دونوگهو

جان دونوگهو (John Donoghue) پزشک و محقق نوپای ابرلندی است که در زمینه‌های رابط مغز و کامپیوتر و نوروساینس فعالیت دارد. یکی از پیشروان تحقیقات در زمینه BCI بوده است. وی در دانشگاه پران در سال ۲۰۰۲ برنامه BrainGate را آغاز کرد که به کمک آن بیمارانی با ناتوانی‌هایی مانند پاراپلژی و آرتزایمر و اسکروز علانمی را از خود نشان دادند. در این برنامه، سیگنال‌های مغزی بیماران با استفاده از الکترودهایی که درون مغز بیماران قرار داده شده بود، ضبط و پردازش می‌شد. سپس با استفاده از یک رابط کاربری، این سیگنال‌های مغزی به حرکت‌های ماشین یا روبات تبدیل می‌شد. این روش ابتدا در موش‌ها آزمایش شد و پس از موفقیت آن، بر روی انسان‌ها نیز آزمایش شد. در حال حاضر، این برنامه برای بسیاری از بیماران با ناتوانی‌های حرکتی موثر بوده و به آنها امکان ارتباط با دنیای اطراف و کنترل اشیاء را می‌دهد. وی در حال حاضر به‌عنوان استاد پزشکی و علوم شناخت در دانشگاه پران فعالیت می‌کند و همچنین مدیریت مرکز تحقیقاتی "وایرلا" را برعهده دارد. وی ایده استفاده از سیگنال‌های الکتریکی مغز را برای کنترل روبات‌ها در سال ۱۹۶۴ مطرح کرد.

فرادرهیداریان

فرادرهیداریان (Fereydoun H. Kia) یک دانشمند ایرانی-آمریکایی است که در زمینه رابط مغز و کامپیوتر فعالیت می‌کند. وی در سال ۲۰۰۴، نوعی از رابط مغز و کامپیوتر (BCI) را با استفاده از سیگنال‌های EEG و با استفاده از محرک‌های تصویری برای کنترل حرکت چشم توسعه داد.

فرادرهیداریان، در سال ۲۰۰۴ یک نوع BCI را توسعه داد که با استفاده از سیگنال‌های EEG، محرک‌های تصویری را برای کنترل حرکت چشم به کار می‌برد.

کن بوال

کن بوال (Ken Bowles)، دانشمند مغز و اعصاب و مهندس برق و کامپیوتر، عضو گروه تحقیقاتی رابط مغز و رایانه در دانشگاه واشنگتن بوده است. او در حوزه پردازش سیگنال‌های مغزی، رابط مغز و کامپیوتر و برق‌های پزشکی فعالیت دارد و مدرک دکترای خود را در دانشگاه کالیفرنیا، برکلی دریافت کرده است. جان دونوگهو و کن بوال، در سال ۲۰۱۳ یک رابط مغز و رایانه طراحی کردند که با استفاده از نورپردازی، سیگنال‌های مغزی را تحریک کرده و باعث کنترل حرکت یک فرد شد.

جانانان والیا

در سال ۱۹۸۸، تحقیقاتی توسط (Jonathan Wolpaw) در دانشگاه کلمبیا در مورد استفاده از سیگنال‌های مغزی برای کنترل کامپیوترها آغاز شد. سپس در سال ۱۹۹۰، فرانک گوشارد از دانشگاه آریزونا برای اولین بار از EEG برای کنترل تلویزیون استفاده کرد.

دکتر جانانان والیا در دانشگاه کلمبیا در طی سال‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ تحقیقاتی در زمینه BCI انجام داد. او و تیمش به تدریج توانستند رابط‌هایی را برای کنترل کامپیوتر با استفاده از سیگنال‌های مغزی توسعه دهند. در همان دوره، دکتر فرانک گوشارد از دانشگاه آریزونا نیز با استفاده از EEG، برای اولین بار موفق به کنترل تلویزیون شد.

فرانک گوشارد

فرانک گوشارد (Frank Guanella) یک مهندس برق و علوم کامپیوتر اهل آمریکا بود که در دانشگاه آریزونا تحصیل کرده و در آنجا به تحقیقات در حوزه رابط مغز و کامپیوتر (BCI) پرداخت. او به‌عنوان یکی از پیش‌گامان استفاده از سیگنال‌های مغزی برای کنترل دستگاه‌های الکترونیکی شناخته می‌شود. در سال ۱۹۹۰ برای اولین بار از EEG برای کنترل تلویزیون استفاده کرد.

ولفگانگ فوش

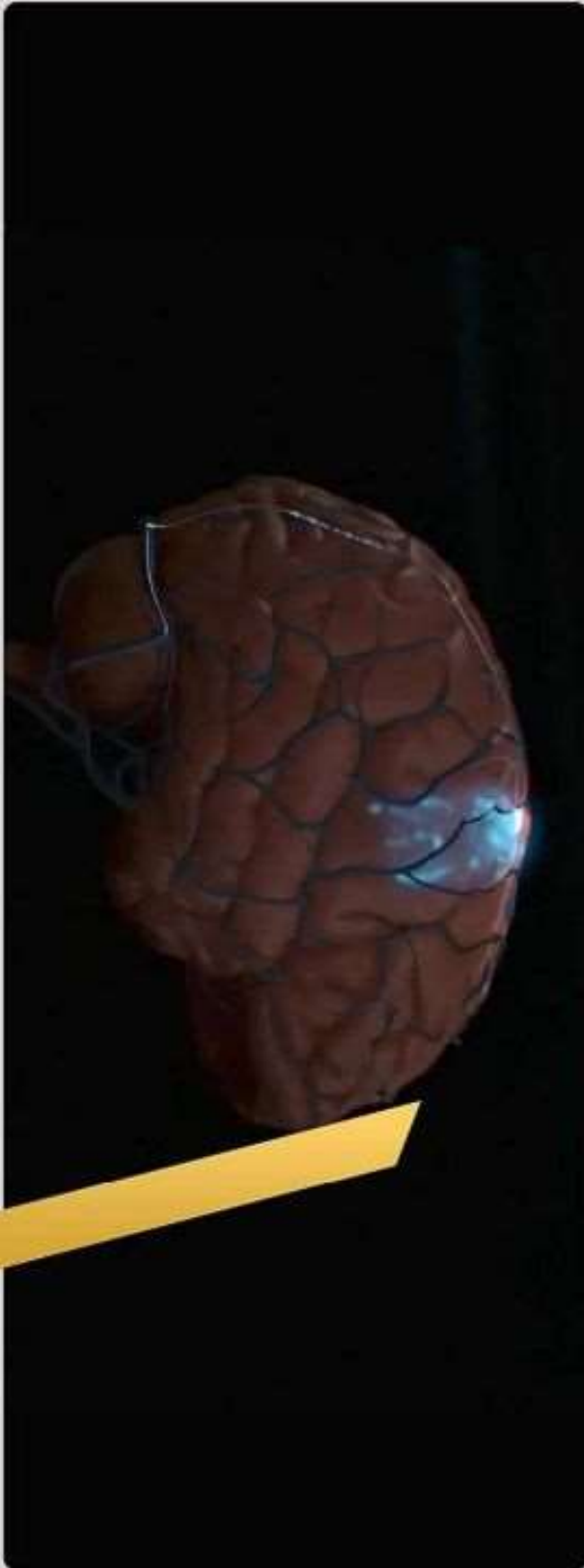
ولفگانگ فوش (Wolfgang Fusch)، پژوهشگر و بنیان‌گذار مفهوم رابط مغز-کامپیوتر (BCI) است که در سال ۱۹۹۵ در دانشگاه فرایبورگ، آلمان، اولین گروه BCI را تشکیل داد. وی در زمینه‌های مختلفی از جمله علوم مغز و عصبی، فیزیولوژی، الکتروفیزیولوژی و مهندسی برق فعالیت داشته است. فوش به‌عنوان یکی از پیش‌گامان تحقیقات در حوزه BCI شناخته شده و به توسعه و پیشرفت این فناوری کمک زیادی کرده است.

ویلیام کاپلین

ویلیام کاپلین یک محقق و دانشمند در حوزه رابط مغز و کامپیوتر است. وی به‌عنوان استادیار پزشکی در دانشگاه جانز هاپکینز و همچنین عضو هیات علمی دانشگاه کارولینای شمالی فعالیت می‌کند. او در زمینه پژوهش‌های رابط مغز و کامپیوتر و بررسی کاربردهای آن در حوزه‌های پزشکی و فناوری فعالیت دارد. وی همچنین مؤسس شرکت Cortera Neurotechnologies است که در زمینه توسعه رابط مغز و کامپیوتر فعالیت می‌کند.

آلفرد برگ

آلفرد برگ (Alfred E. Berger) یک محقق برجسته در حوزه علوم اعصاب و دانشمند آمریکایی بود. او در دانشگاه کالیفرنیا، برکلی و دانشگاه کالیفرنیا، سان دیگو تحصیل کرد و در سال ۱۹۶۷ به‌عنوان یک پژوهشگر در بخش فیزیولوژی دانشگاه کالیفرنیا، سان فرانسیسکو به کار گرفته شد. او بیشتر بر روی تحقیقات مرتبط با سیستم عصبی مرکزی و کنترل حرکتی تمرکز داشت و در زمینه‌های مختلفی مانند بیوفیدبک، کنترل عصبی حرکتی، تشخیص بیماری‌های مغزی و BCI فعالیت داشت.



امیرحسین حتم خانی



مصاحبه با آقای مهندس :

سرهند حسین پور

مدیر بازاریابی شرکت پداسیس

سلام وقت شما بخیر باشه ، خیلی خوشحالیم که ما رو در این شماره از نشریه مهندسی پزشکی همراهی می کنید

۱- پداسیس رو معرفی می کنید ، از تاریخچه تاسیس ، از فعالیت ها و اهدافش برامون بگید ؟

پداسیس که مخفف پویندگان دانش سیستم های توان افزای پاسارگاد هست از سال ۱۳۹۴ تاسیس شده است. زمینه فعالیت شرکت طراحی و ساخت تجهیزات پیشرفته ریاتیک است. در واقع ما اولین و تنها تولیدکننده ریات اسکلت بیرونی پایین تنه در خاورمیانه هستیم. محصول ما یک تجهیز کمک حرکتی هست و با نام "اکسپوید" تجاری سازی شده است.

۵- نحوه جذب و استخدام در پداسیس به چه شکلی هست ؟

فاکتورهای مهمی برای استخدام نیرو در پداسیس در نظر گرفته می شود ولی مهم ترین اون ها تحصیلات و تخصص افراد در زمینه های کاری مورد نیاز هست.

۶- چه مهارت های در پداسیس مدنظر شما هست ؟

در تیم های مختلف شرکت که شامل فنی، الکترونیک، تحقیق و توسعه و بازاریابی هست مهارت های مختلف در زمینه تخصصی تیم مورد نیاز هست ولی به طور کلی داشتن روحیه کار تیمی، توانایی برقراری ارتباط موثر، مدیریت زمان، داشتن انگیزه و سازگاری برای فعالیت در پداسیس بسیار مهم هستند.

۷- چند مباحثی که در دانشگاه تدریس می شود در صنعت به کار میاد ؟

وقتی افراد بعد از فارغ التحصیلی وارد صنعت می شوند ناگزیر هستند که از اصولی که در رشته تخصصی خودتون در دانشگاه یاد گرفتند استفاده کنند ولی نمی شود گفت که تمام محتوایی که در درس دانشگاهی تدریس می شود در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد. تجربه کردن و آزمون و خطا هم بخش مهمی از فعالیت در صنعت هست.

۸- نحوه کارآموزی در پداسیس به چه شکلی هست ؟

افرادى که تعایل دارند در شرکت ما کارآموزی داشته باشند، رزومه شون را از طریق ایمیل برای ما ارسال می کنند. بعد از بررسی بهشون اطلاع داده می شود که می توانند برای کارآموزی تشریف بیاورند یا نه. کارآموزی در تیم های مختلف انجام می شود و بسته به حیطه تخصصی تیم آموزش های لازم انجام می شود.

۶- از صنعت مهندسی پزشکی برامون بگید ؟

صنعت مهندسی پزشکی در زمینه ریاتیک و به خصوص ریات های اسکلت بیرونی به طور گسترده ای در دنیا مورد توجه قرار گرفته و در حال پیشرفت است. کشورهای مختلفی مثل آمریکا، ژاپن، اسپانیا، نیوزلند و غیره ریات های اسکلت بیرونی مختلفی رو تولید و تجاری سازی کردند.

۳- این مسیر چه چالش ها و سختی هایی داره ؟

یکی از چالش هایی که در تولید ریات اسکلت بیرونی وجود دارد قیمت این ریات هاست که در تمام دنیا قیمت بالایی داره. در این ریات ها از موتور گریکس هایی با فناوری پیشرفته استفاده شده که سرعت و قدرت بالا رو در عین کوچکی و سبکی برای کاربر به همراه دارد. به همین دلیل که فناوری اسکلت بیرونی در کل دنیا فناوری گرونی به حساب میاد. با این وجود ما سعی کردیم تقریباً با یک سوم قیمت نمونه خارجی اکسپوید رو تولید و به توان بیان عرضه کنیم.

۴- از اکسپوید برامون بگید ؟

اکسپوید یک ریات کمک حرکتیه که افرادی که اختلال حرکتی در پایین تنه دارند (به خصوص افراد آسیب نخاعی) می توانند از آن استفاده کنند. تا به حال، علاوه بر توان یاب های آسیب نخاعی، افرادی که مبتلا به بیماری هایی مثل MS، CP، ASL و غیره هستند و دچار اختلال حرکتی پایین تنه شدند از اکسپوید استفاده کردند. اکسپوید روی لباس های کاربر پوشیده میشود و با استفاده از ۴ موتور فعال در مفصل لگن و زانو ها می تواند افراد را از حالت نشسته به ایستاده و برعکس ببرد و با الگوی طبیعی راه رفتن افراد را راه ببرد.



۹- در مورد نحوه تبلیغات و جذب مشتری در پداسیس بگید؟

آگاهسازی مردم و توان یابان درباره ربات و ارتباط گرفتن آن‌ها با شرکت برای تهیه ربات از طریق برنامه‌های تلویزیونی با حضور ما و گزارش های اخبار در شبکه‌های مختلف رسانه ملی است. علاوه بر اون وب سایت و فعالیت در شبکه‌های اجتماعی مثل اینستاگرام، لینکدین و توئیتر هم راه‌های دیگه جذب مشتری در شرکت ما هستند.

۱۰- بخش تحقیق و توسعه پداسیس چه فعالیت‌هایی داره؟

ارتقا ربات از نظر نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و همچنین اضافه کردن کارگردهای جدید به ربات مانند پله نوردی که اخیراً به صورت محدود رونمایی شد از فعالیت‌های تیم تحقیق و توسعه در پداسیس هست.

۱۱- آیا شما برنامه‌ای برای صادرات تجهیزات به خارج از کشور دارید؟

بله قطعاً. انشالله در آینده صادرات محصول به خارج از کشور و به خصوص کشورهای حوزه‌ی خلیج فارس را شروع می‌کنیم. فعلاً در حال تامین زیرساخت‌ها برای خدمات پس از فروش و نگهداری ربات در کشورهای دیگر هستیم.

۱۲- چشم انداز پداسیس برای آینده چیه؟

امیدواریم بتوانیم با تلاش حداکثری باعث پیشرفت صنعت اسکلت بیرونی در ایران بشویم تا به سهم خودمون کیفیت زندگی توان‌باب‌ها رو افزایش بدهیم.

۱۳- حرف آخر؟

انشالله با حمایت نهادهای دولتی تهیه ربات برای توان‌یابان تسهیل بشود و تعداد زیادی از این عزیزان در جامعه بتوانند از اکسوپد استفاده کنند و راه رفتن برایشان فقط یک رویا باقی نماند.

محدثه چرخ زرین



آیدا پور دولتی



بیوانفورماتیک

ژنومیک

عمق و گستردگی اطلاعات موجود در جامعه علمی و تحقیقاتی کنونی، فرصت خوبی را برای بهره برداری از این اطلاعات فراهم آورده است. در این میان، حوزه بیوانفورماتیک به عنوان یک زمینه علمی به نسبت جدیدی که نقش مهمی در مطالعات زیستی دارد، توجه زیادی از رشته های مختلف مانند فن آوری اطلاعات، ریاضیات و علوم زیستی نوین را در سال های اخیر به خود جلب کرده است [۸]. دست یابی به تکنولوژی های جدید در علوم زیستی و پزشکی، همچون توالی یابی نسل بعد، زمینه پیشرفت سریع تر از پیش مطالعات را فراهم نموده است. از این رو، حجم بسیار عظیمی از اطلاعات اولیه فراهم می گردد و همچنان نیز رو به افزایش است. طراحی سیستم های پیشرفت های که تلفیقی از محاسبات کامپیوتری، علم آمار، تکنولوژی اطلاعات و هوش مصنوعی باشند، جهت ذخیره، پردازش و تفسیر این اطلاعات روبه افزایش، الزامی است. علوم ذکر شده با عنوان ابزارهای بیوانفورماتیک جهت حل مسائل پیچیده زیستی و نتیجه گیری منطقی به خدمت گرفته می شوند. ژنومیک، ترانس کریپتومیک، پروتئومیک و متابولومیک، زمینه های اصلی مطالعات بیوانفورماتیک تلقی می گردند [۹].

ها به عنوان زیست شناسی محاسباتی نامیده می شود. زیرشاخه های موم در بیوانفورماتیک و زیست شناسی محاسباتی عبارتند از:

”توسعه و اجرای برنامه های کامپیوتری که امکان دسترسی کارآمد، مدیریت و استفاده از انواع مختلف اطلاعات را فراهم می کند.

”توسعه الگوریتم های جدید (فرمول های ریاضی) و معیارهای آماری که روابط بین اعضای مجموعه داده های بزرگ را ارزیابی می کند. به عنوان مثال، روش هایی برای تعیین مکان یک ژن در یک توالی، پیش بینی ساختار و/یا عملکرد پروتئین، و خوشه بندی توالی های پروتئین در خانواده هایی از توالی های مرتبط وجود دارد.

هدف اولیه بیوانفورماتیک افزایش درک فرآیندهای بیولوژیکی است. با این حال، آنچه آن را از سایر رویکردها متمایز می کند، تمرکز آن بر توسعه و بکارگیری تکنیک های محاسباتی فشرده برای دستیابی به این هدف است. مثال ها عبارتند از: تشخیص الگو، داده کاوی، الگوریتم های یادگیری ماشین و تجسم. تلاش های تحقیقاتی عمده در این زمینه شامل هم ترازی توالی، یافتن ژن، موتاژ ژنوم، طراحی دارو، کشف دارو، هم ترازی ساختار پروتئین، پیش بینی ساختار پروتئین، پیش بینی بیان ژن و برهمکنش های پروتئین-تغاسل پروتئین، مطالعات ارتباط ژنومی، مدل سازی تکامل و تقسیم سلولی / میتوز [۱].

بیوانفورماتیک در حال حاضر مستلزم ایجاد و پیشرفت پایگاه های داده، الگوریتم ها، تکنیک های محاسباتی و آماری و تئوری برای حل مشکلات رسمی و عملی ناشی از مدیریت و تجزیه و تحلیل داده های بیولوژیکی است.

مقدمه:

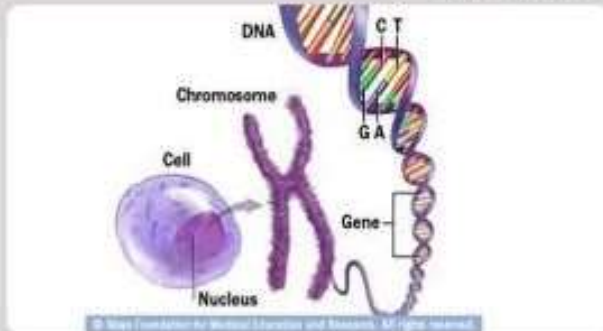
با شروع فن آوری های توالی یابی یا توان بالا، آسیب شناسی ژنتیک مولکولی از یک تخصص مبتنی بر بصری به یک تخصص مبتنی بر انفورماتیک تبدیل شده است. افزایش قابلیت ها و کاهش هزینه های توالی سنجی، محاسبات داده ها و ذخیره سازی داده ها، توالی یابی در مقیاس بزرگ (انژوم ها و ژنوم ها) را قادر می سازد تا برای طیف وسیعی از بیماران قابل دسترسی باشد. اینها شامل تشخیص شرایط ژنتیکی نادر، تجزیه و تحلیل عمیق جفت های نومور-طبیعی، و غربالگری افراد ظاهراً سالم است. افزایش حجم داده ها همچنین نمایه حوزه رو به رشد بیوانفورماتیک بالینی را افزایش داده است. این مقاله به جزئیات فرآیندهای زیربنایی بیوانفورماتیک بالینی در جریان کار ژنتیک مولکولی فعلی می پردازد و چارچوبی اساسی از الزامات مورد نیاز برای پیاده سازی بیوانفورماتیک بالینی در توالی یابی ژنومی را در اختیار شما قرار می دهد [۷].

اهداف:

برای مطالعه چگونگی تغییر فعالیت های سلولی طبیعی در حالات مختلف بیماری، داده های بیولوژیکی باید ترکیب شوند تا تصویری جامع از این فعالیت ها ایجاد شود. بنابراین، زمینه بیوانفورماتیک به گونه ای تکامل یافته است که مهم ترین کار در حال حاضر شامل تجزیه و تحلیل و تفسیر انواع مختلف داده است. این همچنین شامل توالی های نوکلئوتیدی و آمینو اسیدی، حوزه های پروتئینی و ساختارهای پروتئینی است. فرآیند واقعی تجزیه و تحلیل و تفسیر داده

داده های ژنتیکی چیست؟

ماده اولیه بیوانفورماتیک داده های ژنتیکی و بیان ژن مربوطه است. اما، داده های ژنتیکی چیست؟ این کل خصوصیات DNA یک موجود زنده است، هم ارثی و هم قابل وراثت. در حالی که از دوران مندل، رویکرد مطالعه این ویژگی ها بیشتر غیرمستقیم بود (تحلیل پیوند، کربوتایپ و غیره)، فناوری توالی یابی خایگزین این رویکردها در قرن شد. توالی یابی عبارت است از اشاره به اسیدهای نوکلئیک (A, T, C, G, U) به ترتیب صحیح که یک پلیمر اسید نوکلئیک (DNA/RNA) را تشکیل می دهد [۵].



(شکل ۲) اسپه های نوکلئیک (A.T.C.G.U) در DNA

با داده های ژنتیکی چه کنیم؟

هر موجودی دارای ژن ها و عناصر ژنتیکی مخصوص گونه است. فن آوری توالی یابی و تجزیه و تحلیل ژنتیکی که هر روز سریعتر و ارزان تر می شود، برای افزایش کیفیت زندگی به روش های مختلف استفاده می شود. به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل ژنتیکی می تواند برای اثبات وجود یک موجود زنده استفاده شود. ممکن است در ابتدا عجیب به نظر برسد. بنابراین این مثال را بررسی کنید. راحت ترین راه برای فهمیدن اینکه آیا یک فرد مبتلا به مالتاریا (پلاسمودیوم) در خون است، انجام آنالیز ژنتیکی مبتنی بر PCR است، زیرا ممکن است برخی از انواع پلاسمودیوم در زیر میکروسکوپ مشاهده نشوند. (کاجان، ۲۰۰۸) [۵].

ممکن است تصور کنید که می خواهید تعدادی از موجودات را طبقه بندی کنید. این نوع سازمان ها برای تعیین رابطه بین گونه ها برای علم طبقه بندی و کاربردهای آن (پیدا کردن آنتی بیوتیک های جدید برای باکتری ها، گیاهان با مقاومت بویود یافته و غیره) مورد نیاز است. طبقه بندی و درختان فیلوژنتیک با استفاده از ویژگی هایی مانند رنگ و اندازه در دوره ارسطو انجام شد. امروزه دانشمندان از ویژگی های بسیار واقعی مانند ژنوم ها (کل اطلاعات DNA یک موجود زنده) استفاده و مقایسه می کنند. بیوانفورماتیکان برای انجام این کار باید در مورد ژنتیک برای شناخت الگوهای ژنتیکی، آماری برای

در طول چند دهه گذشته، پیشرفت های سریع در فناوری های تحقیقاتی ژنومی و دیگر مولکولی و پیشرفت های فناوری اطلاعات برای تولید حجم عظیمی از اطلاعات مرتبط با زیست شناسی مولکولی ترکیب شده اند. بیوانفورماتیک نامی است که به این رویکردهای ریاضی و محاسباتی داده شده است که برای درک درستی از فرآیندهای بیولوژیکی استفاده می شود.

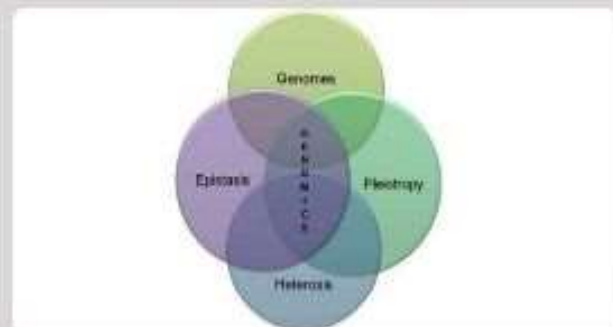
فعالیت های رایج در بیوانفورماتیک شامل نقشه برداری و تجزیه و تحلیل توالی های DNA و پروتئین، تراژ کردن توالی DNA و پروتئین برای مقایسه آنها، و ایجاد و مشاهده مدل های سه بعدی ساختارهای پروتئینی است [۱].

بیوانفورماتیک چیست؟

بیوانفورماتیک مخفف "اطلاعات بیولوژیکی" است. این به عنوان ترکیبی از علوم زیستی و علوم رایانه در نظر گرفته می شود و امروزه بسیاری از دانشمندان ترجیح می دهند از اصطلاح "زیست شناسی محاسباتی" استفاده کنند. این شاخه از علوم با شروع پروژه ژنوم انسان محبوبیت بیشتری پیدا کرد. بیوانفورماتیک زیست شناسی، علوم رایانه و فناوری اطلاعات را برای تشکیل یک رشته واحد با هم ادغام می کند. این حوزه بسیاری از علوم بیولوژی به خصوص زیست شناسی مدرن، از جمله ژنومیک، ترانسکریپتومیکس، پروتئومیکس، ژنتیک و تکامل را پوشش می دهد. هدف نهایی این رشته امکان کشف بینش های بیولوژیکی جدید و ایجاد چشم اندازی جهانی است که از طریق آن بتوان اصول منسجم زیست شناسی را تشخیص داد [۶].

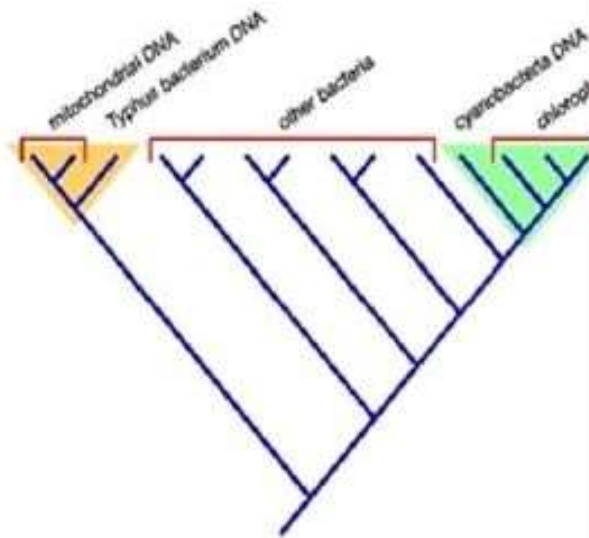
ژنومیک چیست؟

ژنومیک مطالعه کل ژنوم موجودات است و عناصری از ژنتیک را در بر می گیرد. ژنومیکس از ترکیبی از DNA نوترکیب، روش های توالی یابی DNA و بیوانفورماتیک برای توالی یابی، جمع آوری و تجزیه و تحلیل ساختار و عملکرد ژنوم ها استفاده می کند. تفاوت آن با "ژنتیک کلاسیک" در این است که به جای یک ژن یا یک محصول ژنی در یک زمان، مکمل کامل مواد ارثی یک موجود زنده را در نظر می گیرد. علاوه بر این، ژنومیکس برهمکنش های بین جایگاه ها و آلل های درون ژنوم و سایر برهمکنش ها مانند اپیستازیس، پلیوتروپی و هتروزیس تمرکز دارد (شکل ۱). ژنومیکس از در دسترس بودن توالی های DNA کامل برای کل موجودات استفاده می کند و با کار پیشگامانه فرد سانگرو فناوری جدیدتر توالی یابی نسل بعدی امکان پذیر شد [۳].

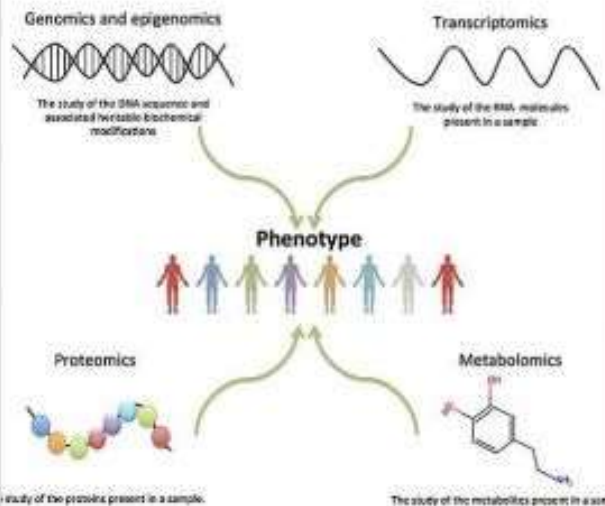


(شکل ۱) ژنومیکس ژنوم موجودات کامل و سایر برهمکنش های درون ژنومی را مطالعه می کند.





(شکل ۳) نوشته ها از چپ به راست (a) میتوکندری (DNA b) باکتری تیفوس DNA (c) باکتری های دیگر (d) سیانوباکتری DNA (e) کلروپلاس DNA



(شکل ۴) ژنومیکس عملکردی مطالعه چگونگی کار ژنوم، رونوشت ها (ژن ها)، پروتئین ها و متابولیت ها برای تولید یک فنوتیپ خاص است.

پیروی و سازماندهی این الگوها و علوم کامپیوتر برای مدیریت و محاسبه این الگوها در رایانه ها بداند. در مثالی دیگر، تصویری را که می خواهید مراحل تکاملی را که میتوکندری طی کرده است، درک کنید. این بیوانفورماتیکان هستند که تغییرات تکاملی آن را در زمان با ردیابی آثار ژنتیکی کوچک دنبال می کنند (گری و همکاران، ۱۹۹۹). بیوانفورماتیکان با مقایسه ژنوم باکتری ها با ژنوم های میتوکندریایی با استفاده از تجزیه و تحلیل های ژنتیکی و آماری، شواهدی را برای اندوسیمبیوز ارائه کردند. به طور مشابه، ردیابی گونه و مهاجرت به عقب در زمان، که در حال سفر به عقب در تکامل است، نیاز به بیوانفورماتیک قوی دارد [۵].

ژنومیک مقایسه ای:

هسته اصلی تجزیه و تحلیل ژنوم مقایسه ای، ایجاد تطابق بین ژن ها (تحلیل ارتولوژی) یا سایر ویژگی های ژنومی در موجودات مختلف است. این نقشه های بین ژنومی است که ردیابی فرآیندهای تکاملی مسئول واگرایی دو ژنوم را ممکن می کند. انبوهی از رویدادهای تکاملی که در سطوح مختلف سازمانی عمل می کنند، تکامل ژنوم را شکل می دهند. در پایین ترین سطح، جهش های نقطه ای بر نوکلئوتیدهای فردی تأثیر می گذارد. در سطح بالاتر، بخش های کروموزومی بزرگ دچار تکرار، انتقال جانسی، وایزگی، جابجایی، حذف و درج می شوند [۱].

در نهایت، کل ژنوم ها در فرآیندهای هیبریداسیون، پلی یلوئیدی شدن و اندوسیمبیوز نقش دارند که اغلب منجر به گونه زایی سریع می شود. پیچیدگی تکامل ژنوم چالش های هیجان انگیزی را برای توسعه دهندگان مدل ها و الگوریتم های ریاضی ایجاد می کند، که به طیفی از تکنیک های الگوریتمی، آماری و ریاضی متوسل از الگوریتم های دقیق، اکتشافی، پارامتر ثابت و الگوریتم های تقریبی برای مدل های مبتنی بر مارکوفیومی، الگوریتم های زنجیره ای مونت کارلو برای تحلیل بیزی مسائل براساس مدل های احتمالی می شوند.

بسیاری از این مطالعات بر اساس تشخیص همسانی توالی برای اختصاص توالی به خانواده های پروتئینی است [۱].

ژنومیک عملکردی:

ژنومیکس عملکردی مطالعه چگونگی مشارکت ژن ها و نواحی بین ژنی در فرآیندهای بیولوژیکی مختلف است. یک محقق در این زمینه معمولاً ژن ها یا مناطق را در مقیاس "گستره ژنوم" (یعنی همه یا چند ژن / منطقه به طور همزمان) مطالعه می کند، با این امید که آنها را به فهرستی از ژن ها یا مناطق کاندید محدود کند تا در آن تجزیه و تحلیل و جزئیات بیشتر شود.

هدف ژنومیکس عملکردی تعیین این است که چگونه اجزای منفرد یک سیستم بیولوژیکی با هم کار می کنند تا یک فنوتیپ خاص را تولید کنند. ژنومیکس عملکردی بر بیان پویای محصولات ژن در یک زمینه خاص، به عنوان مثال، در یک مرحله رشد خاص یا در طول یک بیماری تمرکز دارد. در ژنومیک عملکردی، ما سعی می کنیم از دانش فعلی خود در مورد عملکرد ژن برای ایجاد مدلی استفاده کنیم که ژنوتیپ را به فنوتیپ پیوند می دهد [۳].

بسته به آنچه که ما روی آن تمرکز می کنیم چندین رویکرد ژنومیک عملکردی خاص وجود دارد:

سطح DNA (ژنومیک و اپی ژنومیک)
سطح RNA (ترانسکریپتومیکس)
سطح پروتئین (پروتئومیکس)
سطح متابولیت (متابولومیک)

رونوشت، پروتئومیکس و متابولومیک با هم رونوشت ها، پروتئین ها و متابولیت های یک سیستم بیولوژیکی را توصیف می کنند و انتظار می رود ادغام این داده ها مدل کاملی از سیستم بیولوژیکی مورد مطالعه را ارائه دهد [۳].

در این متن ما بر روی رویکردهای سطح DNA و RNA تمرکز می کنیم که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

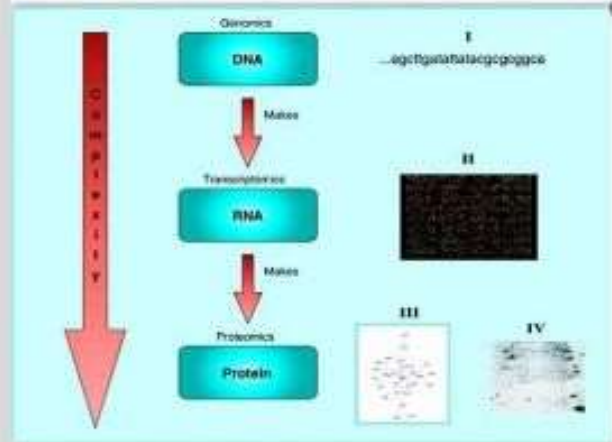
تجزیه و تحلیل و تفسیر داده های بیولوژیکی، اطلاعات را نه تنها در سطح ژنوم، بلکه در سطح پروتئوم و رونوشت در نظر می گیرد (شکل ۵). پروتئومیکس تجزیه و تحلیل مقدار کل پروتئین ها (پروتئوم) بیان شده توسط یک سلول است و ترانسکریپتومیکس به تجزیه و تحلیل رونوشت های RNA پیام رسان تولید شده توسط یک سلول (ترانسکریپتوم) اشاره دارد. فناوری ریزآرایه DNA سطح بیان ژن ها را تعیین می کند و شامل ژنوتیپ و توالی یابی DNA می شود. آرایه های بیان ژن امکان تجزیه و تحلیل همزمان سطوح بیان RNA پیام رسان هزاران ژن در تومورهای خوش خیم و بد خیم مانند کلونید و ملانوم را فراهم می کند. پروقایل های بیان تومورها را طبقه بندی می کند و اهداف درمانی بالقوه را ارائه می دهد [۴].

تحقیقات پروتئین بیوانفورماتیک از پروتئین مشروح و پایگاه داده های الکتروفرورز دو بعدی استفاده می کند. پس از جداسازی، شناسایی یک پروتئین، چالش بعدی در بیوانفورماتیک، پیش بینی ساختار آن است. زیست شناسان ساختاری همچنین از بیوانفورماتیک برای مدیریت داده های گسترده و پیچیده از کریستالوگرافی اشعه ایکس، رزونانس مغناطیسی هسته ای و تحقیقات میکروسکوپ الکترونی برای ایجاد مدل های سه بعدی از مولکول ها استفاده می کنند [۴].

ژنومیک بیماری

با ظهور توالی یابی نسل بعدی، ما در حال به دست آوردن داده های توالی کافی برای نقشه برداری از ژن های بیماری های پیچیده از جمله ناباروری، سرطان سینه یا بیماری آلزایمر هستیم. مطالعات ارتباط گسترده ژنوم یک رویکرد مفید برای مشخص کردن جهش های مسئول چنین بیماری های پیچیده ای است. از طریق این مطالعات، هزاران گونه DNA شناسایی شده است که با بیماری ها و ویژگی های مشابه مرتبط هستند. علاوه بر این، امکان استفاده از ژن ها در پیش آگهی، تشخیص یا درمان یکی از ضروری ترین کاربردها است. بسیاری از مطالعات در مورد راه های امیدوارکننده برای انتخاب ژن های مورد استفاده و مشکلات و مشکلات استفاده از ژن ها برای پیش بینی حضور یا پیش آگهی بیماری بحث می کنند [۱].

مطالعات ارتباط ژنومی با موفقیت هزاران گونه ژنتیکی رایج را برای بیماری ها و صفات پیچیده شناسایی کرده است. با این حال، این گونه های رایج تنها بخش کوچکی از وراثت پذیری را توضیح می دهند. گونه های نادر ممکن است برخی از وراثت پذیری های گمشده را به حساب آورند. مطالعات توالی یابی کل ژنوم در مقیاس بزرگ به سرعت میلیون ها ژنوم کامل را توالی یابی کرده است و چنین مطالعاتی صدها میلیون گونه نادر را شناسایی کرده است. حاشیه نویسی های



(شکل ۵) نمودار شماتیک نشان دهنده پیچیدگی پردازش داده های ژنومی است. تجزیه و تحلیل و تفسیر داده های بیولوژیکی اطلاعات را در هر سطح از ژنوم (محتوای ژنتیکی کل) تا پروتئوم (محتوای پروتئین کل) و رونوشت (محتوای RNA پیام رسان کل) سلول در نظر می گیرد. تصاویر شماره I-IV در سمت راست نمودار نمونه های مرتبط DNA را نشان می دهند (تصویر A نوکلئوتیدهای جفت باز است)، RNA (تصویر B یک ریزآرایه است که سطوح بیان ژن را نشان می دهد)، و پروتئین (تصویر C ساختاری از یک پروتئین واحد است؛ تصویر IV یک الکتروفرورز ژل دو بعدی است که جداسازی تمام پروتئین های یک سلول را نشان می دهد - هر نقطه مربوط به یک زنجیره پروتئینی متفاوت است)



طول عمر و قرار گرفتن در معرض مواد سرطان زا، متأسفانه از هر ۴ نفر یک نفر با سرطان مواجه می شود. برای درمان موفقیت آمیز سرطان، مناسا نومور، مرحله و تغییرات ژنتیکی باید مشخص باشد. با طب شخصی، درمان کاملاً با توجه به ویژگی های نومور تغییر می کند. تعریف نومور به بیولوژیست های مولکولی در آزمایشگاه مرطوب و بیوانفورماتیکان در آزمایشگاه کامپیوتر نیاز دارد. تعریف نومورها که به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد، فقط نوک کوه یخ است. برای حفاری قسمت ناپیدای کوه یخ، ما به دنبال پارامترهایی هستیم که به تشخیص نومورها - نشانگرهای ریستی کمک می کند. همه شرکت ها، موسسات و تیم های تحقیقاتی پیشرو از بودجه و منابع انسانی باورکردنی برای تحقیق و توسعه نشانگرهای ریستی استفاده می کنند. در این فرآیند، بیوانفورماتیکان هستند که آزمایش ها را نهایی کنند. مانند ریزآرایه هایی که زیست شناسان مولکولی شروع می کنند که در ادامه به یکی از آنها اشاره خواهد شد [۵].

بیوانفورماتیک برای ژنومیک سرطان

پیشرفت ها در فن آوری های توالی یابی با توان بالا، توالی یابی مقرون به صرفه یک ژنوم انسانی را با سرعت بی سابقه ای ممکن کرده و تلاش های علمی را که قبلاً هرگز تصور نمی شد، تسهیل می کند. این پیشرفت ها زمینه ژنومیک سرطان را متحول کرده و امکان توصیف مولکولی کامل ژنوم های سرطانی را فراهم می کند. با این حال، وعده افشای پیچیدگی سرطان خود را به سطح دیگری از پیچیدگی وامی دارد، وظیفه مدیریت و یکپارچه سازی حجم عظیمی از داده هایی که به عنوان بخشی از چنین آزمایش هایی تولید می شود. نیاز به مدیریت ذخیره مجموعه داده های توالی بزرگ به گونه ای وجود دارد که بتوان به آسانی به آنها دسترسی پیدا کرد و به اشتراک گذاشت، اما مهمتر از آن، نیاز به تجزیه و تحلیل کامل و کارآمد آنها وجود دارد. پیشرفت ها و پیشرفت ها در سخت افزار رایانه و قدرت پردازش، مشکلات ذخیره سازی و دسترسی به داده ها را از بین برده است. علاوه بر این، الگوریتم ها و نرم افزارهای بیوانفورماتیک، که به طور خاص برای تجزیه و تحلیل داده های ژنومی سرطان طراحی شده اند، اکنون می توانند به طور جامع جهش ها را در یک نمونه سرطان تعایه کنند، امتیاز احتمالی را برای نقش خود به عنوان محرک های بیماری و شناسایی اهداف بالقوه عملی ارائه دهند. اگرچه اعتبار سنجی عملکردی جهش های محرک فرضی یک ضرورت باقی خواهد ماند، اما پیشرفت های مستمر در فناوری های توالی یابی و ابزارهای تجزیه و تحلیل نوید ارائه آلایر محاسباتی قابل اعتماد فرایند های از ژنوم های سرطان را می دهد [۲].

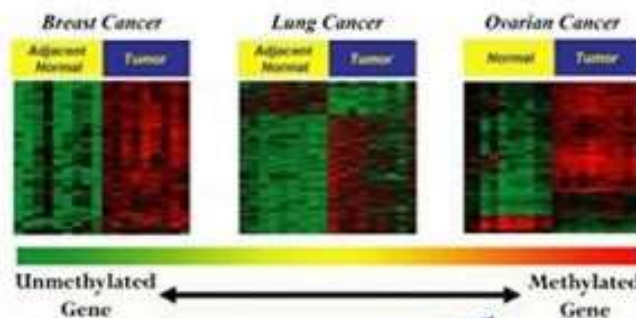
عملکردی تأثیر یا عملکرد یک نوع ژنتیکی را پیش بینی می کند و به اولویت بندی انواع عملکردی نادر کمک می کند، و ترکیب این حاشیه نویسی می تواند به طور موثر قدرت ارتباط ژنتیکی تجزیه و تحلیل واریانت های نادر در مطالعات توالی ژنی کل را افزایش دهد. برخی از ابزارها برای ارائه تجزیه و تحلیل ارتباط همه جانبه نادر برای داده های توالی یابی کل ژنوم، از جمله ادغام داده های ژنوتیپ و حاشیه نویسی های عملکردی آن ها، تجزیه و تحلیل ارتباط، خلاصه نتایج و تجسم ایجاد شده اند. متاتالیز مطالعات توالی یابی کل ژنوم یک راه حل جذاب برای مشکل جمع آوری نمونه های بزرگ برای کشف انواع نادر مرتبط با فنوتیپ های پیچیده ارائه می دهد [۱].

چگونه از اطلاعات ژنتیکی در پزشکی استفاده کنیم؟

اطلاعات ژنتیکی بین افراد یک گونه متفاوت است. اگرچه این تنوع به گونه ها کمک می کند تا سازگار شوند و زنده بمانند، اما باعث می شود برخی افراد مستعد ابتلا به بیماری های خاص یا بیماری های ژنتیکی باشند. مطالعات ژنتیکی پیشرفته ای برای پیوند دادن بیماری ها به ژن ها یا جهش های مسئول انجام می شود. با تجزیه و تحلیل ژنوم یک فرد، می توانید مشخص کنید که او حامل کدام بیماری یا خطر ابتلا به آن است. متخصصان ژنتیک ممکن است خودشان از این ابزارهای بیوانفورماتیک استفاده کنند، اما بیشتر اوقات یک بیوانفورماتیک درگیر می شود. تکنیک های توالی یابی که به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد، به یک رویکرد بسیار رایج برای تشخیص ژنتیکی تبدیل شده است. (ایلو مینا اخیراً توالی ژنوم کل ۱۰۰۰ دلاری را ارائه کرده است). زمینه تشخیص ژنتیک در ترکیه بسیار توسعه یافته است و از سوی کشورهای همسایه بسیار مورد تقاضا است. با این حال، همانطور که قبلاً اشاره کردیم، نگهداری داده های ۳ میلیاردی هیچ کاربرد عملی ندارد. ما به بیوانفورماتیکان نیاز داریم تا دانش معناداری را از میان این داده های عظیم انتخاب کنند [۵].

داده های ژنتیکی بین سلول های یک ارگانیسم چند سلولی نیز متفاوت است. بازرترین آنها تفاوت بین گامت ها است. اگر ۳/۴ از فرزندان یک زوج به دلیل یک بیماری ارثی به عنوان جنین بمریزند، لقاح باید در شرایط آزمایشگاهی، غربالگری و انتخاب جنین سالم انجام شود. این تکنیک در ترکیه مانند سایر کشورها به درستی اعمال می شود. اگر بیماری جدید یا نادر است، مسئول ابتدا باید بیماری را تعریف کند. این نوع موقعیت ها چهارراهی برای تحقیق و ترجمه هستند، جایی که کاربردهای بیوانفورماتیک مورد نیاز است [۵].

از بین سلول هایی که تنوع ژنتیکی را در یک ارگانیسم نشان می دهند، خطرناک ترین آنها سلول های سرطانی هستند. با افزایش





ژنومیک سرطان ریه

اگرچه برداشتن جراحی این تومورها به عنوان یکی از موثرترین درمان‌ها در نظر گرفته می‌شود، اما اکثر بیماران مبتلا به سرطان ریه در مرحله پیشرفته بیماری در زمان تشخیص مراجعه می‌کنند و کاندیدای برداشتن جراحی نیستند. به طور کلی، پیش‌آگهی سرطان ریه بسیار ضعیف است و میزان بقای ۵ ساله تنها حدود ۱۶ درصد است که در چند دهه گذشته تغییر قابل توجهی نداشته است. بنابراین، جستجوی مسیرهای درمانی جدید برای این مرگبارترین بیماری حیاتی می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در درک پاتوژنز مولکولی سرطان ریه منجر به راهبردهای درمانی جدیدی شده است. تصور می‌شود که توسعه سرطان‌های ریه در اکثر موارد، اگرچه در همه موارد، ناشی از جهش‌های ژنی است. تجزیه و تحلیل دقیق در سطح مولکولی برای شناسایی این جهش‌های ژنی یا تغییرات در سرطان ریه، بینشی را برای درک بیماری فراهم می‌کند و برای ایجاد درمان هدفمند شخصی اساسی است. درمان هدفمند شخصی مبتنی بر جهش‌های ژنی خاص نشان داده است که موثر است و اعتقاد بر این است که یکی از جهت‌گیری‌های جدید درمان در مقابله با این بیماری است. در انکولوژی مدرن، نیاز فرآیندهای ای به تسهیل توسعه و پیاده‌سازی نشانگرهای زیستی مبتنی بر جهش‌های ژنی شناخته شده در عمل بالینی و شناسایی جهش‌های ژنی جدید از طریق فن آوری توالی‌یابی DNA با توان بالا برای ورود به دوره‌ی جدیدی از درمان هدفمند شخصی سازی شده برای بیماران مبتلا به سرطان ریه وجود دارد [۲].

ژنومیک سرطان پستان

سرطان سینه شایع‌ترین سرطان در بین زنان در سراسر جهان و دومین عامل مرگ و میر ناشی از سرطان است. اگرچه تشخیص زودهنگام، پیش‌بینی نتیجه و گزینه‌های درمانی اهداف نهایی هنگام ارزیابی بیماران سرطان پستان هستند، روش‌شناسی پشت این ارزیابی بالینی متفاوت است و به تدریج از استفاده از معیارهای بالینی استاندارد به ترکیب آنالیز ژنومی با توان بالا تبدیل شده است. روش‌های اولیه شامل ارزیابی اندازه و گسترش تومور و همچنین ارزیابی بافت‌شناسی (درجه تومور) بود. بعداً بیان گیرنده‌های هورمون / رشد (ER، PR) و HER2) به طبقه‌بندی استاندارد بیماران مبتلا به سرطان پستان اضافه شد. اخیراً، رویکردهای مولکولی، که مبتنی بر بیان مجموعه‌ای از ژن‌ها هستند، بیماران را به پنج زیرگروه مرتبط بالینی تقسیم کرده‌اند که نه تنها پیش‌آگهی را پیش‌بینی می‌کنند و انتخاب درمان را دیکته می‌کنند، بلکه ارزیابی استاندارد را نیز تکمیل می‌کنند. با پیدایش تجزیه و تحلیل گسترده ژنوم با جفت کردن تاهنجاری‌های ژنتیکی خاص (

جهش‌های تک نوکلئوتیدی و تغییرات تعداد نسخه‌های ژنی) با پروفایل بیان ژن، قوی‌ترین سیستم طبقه‌بندی سرطان پستان را ایجاد کرده است. اگرچه این رویکردهای گسترده ژنومی آینده‌امیدوارکننده‌ای را برای پیش‌آگهی سرطان پستان و گزینه‌های درمانی ارائه می‌کنند، اما هنوز از نظر بالینی برای غربالگری مبتنی بر جمعیت استاندارد امکان‌پذیر نیستند. با این وجود، این رویکردها در درک معماری مولکولی سرطان پستان سریع‌تر و قابل اعتمادتر می‌شوند و به آرامی راه را برای درمان‌های شخصی‌سازی شده برای بیماران خاص هموار می‌کنند [۲].

ژنومیکس سرطان پروستات

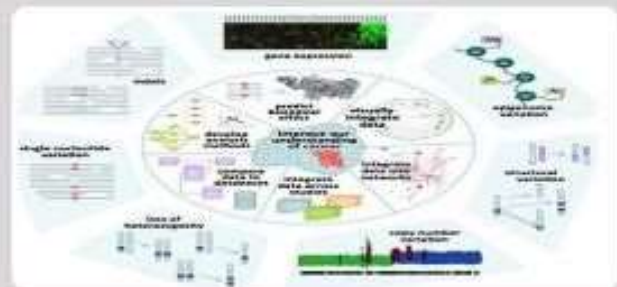
سرطان پروستات (CaP) شایع‌ترین بدخیمی تشخیص داده شده در مردان در جهان غرب است. در آمریکای شمالی، سالانه بیش از ۳۷۵۰۰۰ مرد تشخیص داده می‌شود که به موجب آن تقریباً از هر ۶ مرد انفرادی طول زندگی خود مبتلا به CaP تشخیص داده می‌شود و از هر ۴ مرد انفر به دلیل بیماری مناسب‌تاینگ مقاوم به اخته می‌میرند. متأسفانه، عوامل بیش‌آگهی بالینی کنونی تنها بخشی از تغییرات مشاهده شده در نتیجه بالینی را از بیماری به بیمار توضیح می‌دهد. علاوه بر این، درمان بیش از حد سرطان‌های کم‌خطر و کم‌خطر منجر به عوارض نامناسب پس از رادیوتراپی یا جراحی می‌شود. به این ترتیب، پیش‌بینی‌کننده‌های بهتری برای پیش‌آگهی فردی و پاسخ درمانی برای تریاز بیماران برای درمان سفارشی و تشدید شده CaP ضروری است. پیشرفت‌های اخیر در توالی‌یابی نسل بعدی، شناسایی علائم پیش‌آگهی و پیش‌بینی‌کننده بر اساس پروفایل‌های ژنومی را ممکن کرده است. در اینجا، داده‌های ژنتیکی اخیر مربوط به سرطان پروستات، پیشرفت، مقاومت به اخته و مناسب‌تازها را مرور می‌کنیم. ما در مورد اساس ژنتیکی پیشرفت CaP از بیماری موضعی به بیماری سیستمیک (به عنوان مثال جهش‌های نقطه‌ای، تغییرات تعداد کپی و واریانت‌های ساختاری) و ملاحظات مهم برای زیست‌شناسی CaP شامل ناهمگونی درون و بین پروستاتیک، چندگانه‌یابی و چندگانه‌یابی، ERG-TMPRSS۲ و دیگر ترکیب‌های ژنی ETS-family و نقش ریز محیط تومور بحث می‌کنیم (به عنوان مثال هیپوکسی و سهم استرومای مرتبط با سرطان). در نهایت، ما بر استفاده از نشانگرهای ژنومی به عنوان عوامل پیش‌آگهی برای شکست محلی و برای بیماری‌های سیستمیک، به عنوان ابزارهای طبقه‌بندی خطر جدید، در تریب بیماران به گزینه‌های درمانی موجود و در نهایت، پتانسیل ژنومیک برای شناسایی اهداف مولکولی برای درمان CaP تمرکز می‌کنیم [۲].

ژنومیک سرطان تیروئید

سرطان تیروئید شایع ترین بدخیمی غدد درون ریز است و میزان بروز آن در حال افزایش است. اکثر تومورهای تیروئید (۹۰-۹۵٪) از سلول های اپیتلیال فولیکولی منشأ می گیرند و شامل چندین هیستوتیپ و انواع مرتبط با رفتارهای بیولوژیکی و بالینی متفاوت است، مانند کارسینوم پاپیلاری و فولیکولار متمایز (PTC و FTC)، و تمایز ضعیف و آنپلاستیک. کارسینوم (PDC و ATC). کارسینوم مدولاری تیروئید (MTC) بخش کوچکی از تومورهای تیروئید را نشان می دهد و از سلول های C پارافولیکولی منشأ می گیرد. PTC ها دارای تنظیم زدایی مکرر از مسیر MAPK هستند، زیرا انکوژن های RET/PTC، TRK، RAS یا BRAF در حدود ۷۰ درصد موارد یافت شده اند. FTC ها با جهش های RAS و بازرایی های کیوموزوم انکوژنیک PAX8/PPAR مرتبط هستند. PDC ها و ATC ها برخی تغییرات را در تومورهای تمایز یافته و همچنین سایر تغییرات خاص مراحل پایانی تومور را نشان می دهند. MTC حامل جهش RET یا RAS است. در اینجا تغییرات مولکولی شناسایی شده در هر نوع تومور تیروئید، نقش آن ها در فرآیند سرطان زایی تیروئید، و همچنین اینکه چگونه آنالیزهای بیان ژن با توان بالا در مطالعه این بدخیمی کمک کرده اند، خلاصه می کنیم [۲].

چند نمونه از شرکت های بیوانفورماتیک

Celera Genomics (ایالات متحده، گنجانده شده در پروژه ژنوم انسانی)، Accelrys Inc. (ایالات متحده آمریکا)، Invitrogen (ایالات متحده)، DNASTAR (ایالات متحده آمریکا)، Ingenuity Systems (ایالات متحده)، Rosetta Biosoftware (ایالات متحده آمریکا)، Genedata (سوئیس)، CLC bio (دانمارک)، Biobase (آلمان)، Biomax (ایالات متحده)، Informatics AG (آلمان)، Inte:Ligand (اتریش)، Genostar (فرانسه)، ریاضیات کاربردی (بلژیک)، Integromics (اسپانیا)، Ocimum Bio Solutions (هند)، Simbiosys (کانادا)، AstridBio (مجارستان)، Cytogenomics (ژاپن)، Health Gene Technologies (جمهوری خلق چین)، Macrogen (کره). علاوه بر شرکت های بیوانفورماتیک، بیوانفورماتیکان در شرکت های داروسازی، آزمایشگاه های تحقیقاتی و دانشگاه ها نیز استخدام می شوند. سنگاپور، کشورهای آمریکای شمالی و اروپا به ویژه برای تحقیقات بیوانفورماتیک ارزش زیادی قائل هستند [۵].





ملیکا حسینی

دریچه مصنوعی قلب

امروزه بیماری‌های قلبی مهم‌ترین دلیل مرگ و میر در سرتاسر جهان خصوصاً در کشورهای پیشرفته هستند. روش‌های متداول درمان سگته قلبی، دارودرمانی، عمل جراحی و پیوند است. اما همواره مسائلی که در این زمینه مطرح بوده کمبود فرد اهداکننده است. اخیراً مهندسی بافت قلب به عنوان درمانی برای بیماران مبتلا به نارسایی قلبی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. مهندسی بافت قلب روشی درمانی است که هدف آن تقلید بافت قلب و ساخت بافت جدید به منظور ترمیم، جایگزینی یا بهبود عملکرد بافت آسیب دیده است [1]

در مرحله اول تپش قلب، هر دو دهلیز منقبض شده، خون را به بطن‌ها پمپ می‌کنند. در مرحله دوم بطن‌ها منقبض شده، سبب خروج خون از قلب به سمت ریه‌ها از طریق شریان ریوی و به سمت سراسر بدن از طریق شریان آئورت می‌شود. برخلاف اعتقاد عمومی، قلب مصنوعی تنها جایگزین بطن‌ها شده، به دهلیزهای طبیعی متصل می‌شود. برخلاف قلب طبیعی که پمپاژ خون به سمت شش‌ها و بدن را هم‌زمان انجام می‌دهد، قلب مصنوعی تنها می‌تواند در هر لحظه خون یکی از بطن‌ها را پمپ کند [۲].

انواع قلب مصنوعی

در حال حاضر قلب‌های مصنوعی به دو شکل طراحی می‌شوند که از دو روش برای پمپ کردن خون به بیرون از بطن‌ها استفاده می‌کنند: شرکت SynCardia نوعی قلب را توسعه داده که دارای دو بطن است که توسط یک دیافراگم ماهیچه مانند از هم جدا شده‌اند و به همراه تنفس منقبض و منبسط می‌شوند. خون یک بطن را پمپ می‌کند و وقتی یک پمپ بیرونی هوا را به درون سمت دیگر دیافراگم وارد می‌کند، این خون نیز به بیرون بطن پمپ می‌شود.

داشتن قطعات بیرون از بدن خطر ایجاد عفونت را افزایش می‌دهد. AbioCor که توسط شرکت AbioMed توسعه داده شده، این مشکل را حل کرده، به این صورت که تمام اجزاء مورد نیاز را در درون بدن قرار داده است. به جای استفاده از دیافراگم و پمپ هوا، این قلب مصنوعی از یک پمپ هیدرولیک استفاده و بر اساس آنچه در سایت www.howstuffworks.com توضیح داده شده است، وقتی مایع هیدرولیک به سمت راست حرکت می‌کند، خونی که در بطن راست قرار دارد به سمت شش‌ها پمپ می‌شود. برعکس آن وقتی مایع هیدرولیک به سمت چپ حرکت می‌کند خون موجود در بطن چپ به سراسر بدن پمپ می‌شود [۲].

مقدمه

برای اینکه به چگونگی کار یک قلب مصنوعی پی ببریم، ابتدا باید بدانیم که چهار حفره قلب طبیعی انسان چه عملی را انجام می‌دهند. گردش خون در سرتاسر بدن و تحویل اکسیژن به دیگر ارگان‌ها از ورود خون به دهلیز راست شروع می‌شود. وظیفه اصلی قلب، پمپاژ این خون از میان بطن راست به درون شش‌ها، جایی که دوباره خون پر از اکسیژن می‌شود، است. خون دوباره از سمت شش‌ها و از طریق دهلیز چپ به قلب باز می‌گردد و پس از ورود به بطن چپ برای ادامه حیات به سرتاسر بدن پمپاژ می‌شود.

در مرحله اول تپش قلب، هر دو دهلیز منقبض شده، خون را به بطن‌ها پمپ می‌کنند. در مرحله دوم بطن‌ها منقبض شده، سبب خروج خون از قلب به سمت ریه‌ها از طریق شریان ریوی و به سمت سراسر بدن از طریق شریان آئورت می‌شود.

برخلاف اعتقاد عمومی، قلب مصنوعی تنها جایگزین بطن‌ها شده، به دهلیزهای طبیعی متصل می‌شود. برخلاف قلب طبیعی که پمپاژ خون به سمت شش‌ها و بدن را هم‌زمان انجام می‌دهد، قلب مصنوعی تنها می‌تواند در هر لحظه خون یکی از بطن‌ها را پمپ کند.

برای اینکه به چگونگی کار یک قلب مصنوعی پی ببریم، ابتدا باید بدانیم که چهار حفره قلب طبیعی انسان چه عملی را انجام می‌دهند. گردش خون در سرتاسر بدن و تحویل اکسیژن به دیگر ارگان‌ها از ورود خون به دهلیز راست شروع می‌شود. وظیفه اصلی قلب، پمپاژ این خون از میان بطن راست به درون شش‌ها، جایی که دوباره خون پر از اکسیژن می‌شود، است. خون دوباره از سمت شش‌ها و از طریق دهلیز چپ به قلب باز می‌گردد و پس از ورود به بطن چپ برای ادامه حیات به سرتاسر بدن پمپاژ می‌شود.

در مرحله اول تپش قلب، هر دو دهلیز منقبض شده، خون را به بطن

چگونه برق به قلب مصنوعی منتقل می‌شود؟

هر دو نوع قلب مصنوعی به منبعی انرژی نیاز دارند تا از طپش قلب به صورت پیوسته اطمینان حاصل شود و در نتیجه بیمار در اثر توقف قلب از بین نرود. قلب مصنوعی شرکت SynCardia از دو باتری قابل شارژ بیرونی استفاده می‌کند که حتی می‌توان آن‌ها را به پریز برق دیواری متصل کرد. قلب مصنوعی شرکت AbiCor نیز دارای باتری بیرونی است؛ اما این باتری از تکنولوژی انتقال نیروی بدون سیم برای انتقال برق از میان پوست بدون ایجاد منفذ سطحی، استفاده می‌کند. [۲]

به طور کلی هر دو نوع قلب از تیتانیوم و پلاستیک ساخته شده‌اند. یک از بزرگ‌ترین چالش‌های هر دو نوع قلب مصنوعی، ورود جسم خارجی به درون بدن و پذیرش آن است. در خلال ۷ ساعت عمل جراحی از صدها بخیه، برای پیوند زدن دستگاه مصنوعی به بافت‌های طبیعی یا استفاده از بافت‌های کشت داده شده که بافت پیوندی نامیده می‌شوند، استفاده می‌شود [۲].

قلب مصنوعی یک موفقیت در حال رشد است، به این صورت که دانش فنی سبب طولانی‌تر شدن طول عمر بیماران قلبی، بدون خطر بروز عفونت شده است. در سال گذشته شرکت SynCardia پیشرفت‌های قابل توجهی داشته است به این صورت که موفق شده ۱۲۵ ایمپلنت را کامل کند. برخی مطالعات نشان داده است که ۷۹ درصد بیماران با استفاده از قلب مصنوعی توانسته‌اند آن‌ها را در زندگی بمانند تا اهداکننده قلب برای آن‌ها محیا شود [۲].

بعد از بیش از ۹۰۰ ایمپلنت موفق، قلب مصنوعی به پیشرفت ادامه می‌دهد به این صورت که بیماران بدون عفونت به زندگی طولانی‌تر ادامه می‌دهند. البته باید در نظر داشت که پیداشدن اهداکننده قلبی [۲].

مانیتورینگ سیگنال‌های میکرو آمبولی مغزی در بیماران با دریچه مصنوعی قلب

سیگنال‌های میکرو آمبولی توسط فن آوری داپلر ترانس کرانیال در عروق مغزی بیماران دارای دریچه مکانیکال قلب یافته بسیار شایعی است. سیگنال‌های میکرو آمبولی در شریان مغزی میانی با پروتز دریچه ای میترا بررسی می‌شود. تقریباً تمامی این سیگنال‌ها بدون علائم و نشانه‌های بالینی هستند.

روش‌ها: این مطالعه توصیفی بر روی ۲۲ بیمار با پروتز دریچه میترا از نوع سن جود انجام شد. فرکانس سیگنال‌های میکرو آمبولی در مدت یک ساعت مانیتورینگ شریان مغزی میانی و زمان پروترومبین و INR بیماران در زمان مانیتورینگ سابقه سکته مغزی بعد از تعویض دریچه، شدت درمان ضد انعقادی و فیبریلاسیون دهلیزی مورد توجه قرار گرفت.

نتایج: ۷۷٪ بیماران ما سیگنال‌های میکرو آمبولی را در مانیتورینگ عروقی داشتند. میانگین فرکانس سیگنال‌های فوق در ۲ بیمار با سابقه سکته مغزی بعد از تعویض دریچه ۶۱ و در ۳۰ بیمار دیگر ۷۳ سیگنال در هر ساعت بود. در ۶ بیمار با $INR > 2.75$ و ۱۶ بیمار با $INR < 2.75$ میانگین فرکانس سیگنال‌های میکرو آمبولی به ترتیب ۱۴۳ و ۵۱ سیگنال در ساعت بود. در ۱۳ بیمار با فیبریلاسیون دهلیزی با میانگین $INR 2.15$ و در ۹ بیمار با ریتم سینوزال (میانگین $INR 2.45$ میانگین فرکانس سیگنال‌های میکرو آمبولی به ترتیب ۵۰ و ۱۰۴ سیگنال در ساعت بود.

نتیجه‌گیری: بنابراین سیگنال‌های میکرو آمبولی ثبت شده در عروق مغزی بیماران دارای دریچه مکانیکال قلب ماهیت فیبریلی ندارند. فرکانس این سیگنال‌ها نیز بیانگر خطر ایجاد سکته مغزی در این بیماران نمی‌باشد. [۳]



مثالی از انواع دریچه‌های قلب مصنوعی

دریچه قلب مصنوعی یک دستگاه پزشکی است که برای جایگزینی دریچه قلب طبیعی استفاده می‌شود. دریچه قلب مصنوعی به دو دسته دریچه‌های فلزی و دریچه‌های بیولوژیکی یا حیوانی تقسیم می‌شود [۴].

دریچه‌های فلزی:

دریچه گوی و قفس: این دریچه که به آن دریچه قلب مصنوعی cage and ball گفته می‌شود، یک توپ سیلیکونی است که درون قفس فلزی حرکت می‌کند [۴].

دریچه دولت: این نوع از دریچه‌های فلزی دارای دو لوله فلزی هستند که با گذر از آن، خون به بطن قلب منتقل می‌شود
دریچه دو لوله: این نوع از دریچه‌های فلزی دارای دو لوله فلزی هستند که با گذر از آن، خون به بطن قلب منتقل می‌شود

دریچه‌های بیولوژیکی:

دریچه‌های بافتی: این نوع از دریچه‌ها با استفاده از بافت حیوانات همانند گاو و خوک ساخته می‌شوند.

دریچه‌های سیلیکون: این نوع از دریچه‌ها با استفاده از سیلیکون ساخته شده است و به عنوان یک جایگزین مناسب برای دریچه قلب طبیعی شناخته شده است [۴].

دریچه‌های قلبی مصنوعی ساخته شده از سیلیکون

محققان در جستجوی جایگزینی برای دریچه‌های قلب آسیب دیده هستند که در حال حاضر از این روش برای درمان استفاده می‌کنند. آن‌ها توانستند به موفقیت دست یابند و یک دریچه قلب مصنوعی ساخته شده از سیلیکون ایجاد کرده‌اند که در چند مرحله با استفاده از چاپگرهای سه بعدی ایجاد می‌شود. مدل جدید دریچه قلبی مصنوعی ساخته شده نسبت به دریچه‌های قلب معمولی دارای چندین مزیت است. دریچه قلب سیلیکون می‌تواند دقیقاً برای بیمار تنظیم شود، زیرا محققان ابتدا با استفاده از توموگرافی رایانه‌ای یا تصویربرداری از روزنانس مغناطیسی، شکل و اندازه دریچه نشانی قلب را مشخص می‌کنند. این امر باعث می‌شود تا دریچه قلبی ساخته شود که کاملاً متناسب با حفره قلب باشد. محققان از این تصاویر برای ایجاد یک مدل دیجیتالی و شبیه‌سازی رایانه استفاده می‌کنند تا از قبل نیروهایی که روی کاشت و تغییر شکل احتمالی آن عمل می‌کنند، استفاده کنند. ماده مورد استفاده همچنین با بدن انسان سازگار است، در این حالت جریان خون از طریق دریچه‌های قلبی مصنوعی، به اندازه دریچه‌های معمولی، مناسب است [۵].

پردازش تصویر در شناسایی

بیماری های چشم

زهرا لطفی



برای رسیدگی به تعداد بیشتری از بیمارانی که از بیماری های رایج مشاهده شده چشم رنج می برند، سروکار دارنند الگوریتم های مختلف پردازش تصویر برای تشخیص و تجزیه و تحلیل خودکار بیماری بررسی می شوند [1].

تکنیک های مختلفی توسط متخصصان یا پزشکان برای تشخیص بیماری های چشمی استفاده می شود، دو نمونه معمولی توموگرافی انسجام نوری است که یک تصویر مقطعی از فوندوس را ثبت می کند، توموگرافی انسجام نوری نقش مهمی در تشخیص های پزشکی نه تنها چشم، بلکه سایر اندامها مانند مغز ایفا کرده است، تصاویر مقطعی این تکنیک از چشم تحت تأثیر DR، GLC و AMD توسط بسیاری از محققان مورد مطالعه قرار گرفته است. باین حال، تکنیک ها دارای معایبی بودند [2].

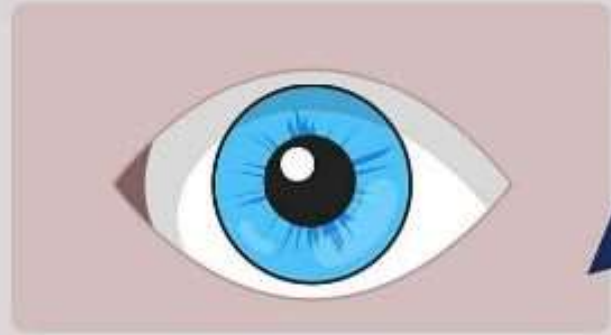
بسیاری از مطالعات نقش مهمی در آزمایش های پیشرو در تشخیص بیماری های چشمی با استفاده از انواع مختلف رویکردها ایفا کرده اند. در این مطالعه، ما بر طبقه بندی با استفاده از یک شبکه عصبی پیچیده عمیق (DNN) تمرکز کردیم. رایج ترین رویکردها برای تشخیص بیماری و غربالگری با استفاده از عکاسی فوندوس، استخراج ویژگی با یک گروه، یادگیری ماشین سنتی و DNN بود. همان طور که در بالا ذکر شد، مطالعات قبلی امکاناتی را برای طبقه بندی بیماری های چشمی و در نتیجه برای تشخیص فراهم کردند. باین حال، مطالعه حاضر بزرگ رویکرد، DNN تاکید دارد که اخیراً توسط بسیاری از محققان برای ارائه طبقه بندی بیماری های چشمی متعدد مورد مطالعه قرار گرفته است. فوندوس چشم داخلی را با یک دوربین تخصصی تصویربرداری می

این مقاله مروری بر کاربرد تکنیک های پردازش تصویر را برای تشخیص خودکار بیماری های چشمی توصیف می کند. درصد زیادی از مردم در مناطق روستایی و نیمه شهری و همچنین در سراسر جهان از بیماری های چشمی رنج می برند، تکنیک های پردازش تصویر تا حد زیادی به تشخیص بیماری های چشمی مختلف کمک می کند. تشخیص فعلی بیماری های شبکیه به دلیل ماهیت حسگر فوتون به شدت بر روش های تصویربرداری نوری متکی است [1].

مراحل تشخیص بیماری های چشمی شامل ثبت تصویر، ادغام، تقسیم بندی، استخراج ویژگی، بوبود، تطبیق الگو، طبقه بندی تصویر، تجزیه و تحلیل و اندازه گیری های آماری است. در کشورهای در حال توسعه تعداد زیادی از مردم از بیماری های چشمی مانند گلوکوم، دژنراسیون ماکولا وابسته به سن (AMD)، رتینوپاتی دیابتی و فشارخون دیابتی رنج می برند. کمبود چشم پزشکی در این مناطق وجود دارد. سال به سال تعداد دستیاران پزشکی در حال کاهش است، در حالی که تقاضا برای مراقبت های بهداشتی در حال افزایش است. ابزار دقیق کم هزینه با اتصال به اینترنت و شبکه تلفن همراه با تکنیک های فوق می تواند به بیماران در مناطق روستایی و نیمه شهری کمک کند تا به بیمارستان های مجهز و پیشرفته در شهرها دسترسی پیدا کنند [1].

با پیشرفت فوق العاده در تکنیک های تصویربرداری پزشکی، پردازش تصویر با کمک به چشم پزشکان تشخیص بیماری های چشم را ساده می کند. در این مقاله مروری، نویسندگان با تکنیک های مختلف پردازش تصویری که برای مراقبت های بهداشتی به کار گرفته شده اند،





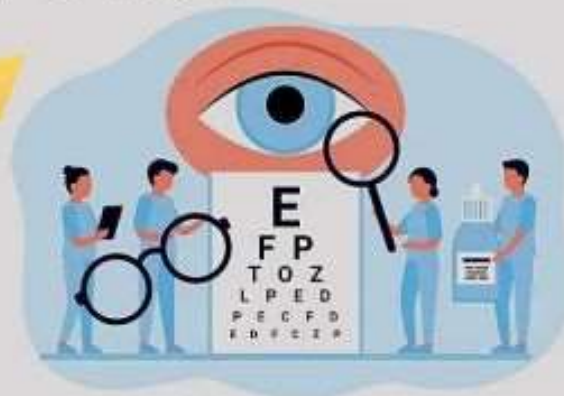
دومین علت شایع کاهش بینایی، GLC، اثر فشار تفاضلی در داخل چشم است که به سرعصب بینایی آسیب می‌رساند و باعث کاهش بینایی می‌شود. در سال ۲۰۰۰، ۶۶٫۸ میلیون نفر در سراسر جهان GLC اولیه را توسعه دادند. از این ۶٫۷ میلیون نفر دچار نابینایی دوطرفه شدند. این بیماری تا سال ۲۰۱۰ به دومین علت اصلی از دست دادن بینایی و نابینایی تبدیل شد و حدود ۶۰٫۵ میلیون نفر از جمعیت بیماران GLC در سراسر جهان را تشکیل می‌داد. در این بیماری اندازه سرعصب بینایی تغییر شکل می‌یابد و یا به منشأ عصب بینایی آسیب وارد می‌شود که هر دو در عکاسی فوندوس قابل تشخیص هستند [۲].

سومین علت شایع از دست دادن بینایی نابینایی AMD است که در کشورهای توسعه یافته یک تهدید بزرگ است. اگرچه DR و GLC شایع تر بودند، بروز AMD در افراد بالای ۶۵ سال افزایش یافته است و گزارش شده است که به تنهایی باعث ۸٫۷٪ نابینایی در سراسر جهان، بیشتر در کشورهای توسعه یافته می‌شود. کسانی که از AMD رنج می‌برند به دلیل اهمیت بینایی که یکی از پنج حواس اساسی انسان است، مطمئناً در زندگی خود با مشکلاتی مواجه شده‌اند. علاوه بر این، عصب بینایی، دومین عصب حسی و بحرانی در بین دوازده عصب جمجمه‌ای است [۲].

مطالعه حاضر از یک شبکه عصبی برای تشخیص چندین بیماری چشمی با استفاده از عکس‌های فوندوس استفاده کرده است. این مطالعه نقش پیشرو در کارهای آینده را ایفا خواهد کرد. در زمینه تشخیص DR، بسیاری از مطالعات از رویکردهای دیپ‌لرنینگ استفاده کرده‌اند. یک رویکرد گروهی برای توسعه یک سیستم تشخیص خودکار DR برای تصاویر شبکه انجام شد، و ترکیبی از یک مدل مخلوط گاوسی، شبکه‌های گروه هندسه بصری (VGG)، تجزیه ارزش منفرد و تجزیه و تحلیل اجزای اصلی را برای ایجاد یک سیستم طبقه بندی تصویر DR انجام شد. در تشخیص GLC، چند مطالعه از رویکردهای گروهی و شبکه عصبی استفاده کرده‌اند. به عنوان مثال، یک گروه دیپ‌لرنینگ با تکنیک‌های انتخاب ویژگی برای یک سیستم تشخیص خودکار GLC ایجاد کردند. در تشخیص AMD، یک سیستم تشخیص به کمک کامپیوتر پیشنهادی مبتنی بر یک شبکه عصبی کانولوشنال سفارشی، نظرات دوم را برای کمک به چشم‌پزشکان ارائه کردند. محققان مقالات بسیاری را در ارتباط با تشخیص به کمک رایانه منتشر کرده‌اند که ممکن است ابزارهایی را برای کمک به چشم‌پزشکان در غربالگری و تشخیص بیماری‌های چشم ارائه دهد [۲].

کنند. از همین تصویر می‌توان برای تشخیص چندین بیماری چشمی مانند سه مورد دیگر در این مطالعه استفاده کرد. تکنیک‌های مختلف عکاسی فوندوس را می‌توان به سه نوع طبقه بندی کرد: فلورسین آتریوگرافی، میدریاتیک و غیر میدریاتیک که مستلزم بررسی شبکه و مشیمیه یا جریان خون با استفاده از رنگ‌های سبز فلورسنت یا ایندوسیانین، با استفاده از اتساع مردمک، و تصویربرداری است. عکس‌های فوندوس از پایگاه‌های داده منبع باز مختلف برای طبقه بندی بیماری‌های چشم ترکیب می‌شوند [۲].

رتینوپاتی دیابتی (DR)، گلوکوم (GLC) و دژنراسیون ماکولا وابسته به سن (AMD)، علل اصلی از دست دادن بینایی و نابینایی در سراسر جهان تمرکز مطالعه ما هستند. DR، ز دست دادن بینایی ناشی از دیابت شیرین، شایع‌ترین علت از دست دادن بینایی و نابینایی در میان بزرگسالان است. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰، جمعیت جهانی دیابت از ۲٫۸٪ (۱۷۱ میلیون) به ۴٫۴٪ تخمین زده شد. در بین ۱۹۵ میلیون نفر دیگر تقریباً همه بیماران مبتلا به دیابت نوع ۱ و بیش از ۶۰ درصد مبتلایان به دیابت نوع ۲ در ۲۰ سال آینده به DR مبتلا می‌شوند. انتظار می‌رود این بیماران دیابتی در ۱۵ سال آینده ۴ درصد از نابینایی‌ها و ۱۰ درصد از کاهش بینایی را به خود اختصاص دهند. بیماران گزارش شده رشد تدریجی نشان داده‌اند؛ اما انتظار می‌رود که به سرعت افزایش یابد. بر اساس گزارشی، در اوایل قرن بیست و یکم، بروز دیابت در ایالات متحده دوبرابر شده و در هند، اندونزی، چین، کره و تایلند سه تا پنج برابر افزایش یافته است. DR هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه غالب بود [۲].



تکنیک های پردازش تصویر

تکنیک های پردازش تصویر برای تشخیص بیماری های چشمی مختلف شامل بهبود ثبت، فیوژن، تقسیم بندی، استخراج ویژگی، تطبیق الگو، طبقه بندی، مورفولوژی، اندازه گیری های آماری و تحلیل و بررسی است [۱].

ثبت تصویر یک ویژگی مهم در تصویربرداری پزشکی برای تشخیص تغییرات است. تصویربرداری کاربردهای زیادی در تشخیص بیماری های شبکیه دارد. ثبت تصویر فرایندی است که در آن دو تصویر در یک سیستم مختصات مشترک قرار می گیرند. در تشخیص مبتنی بر تصویربرداری پزشکی، ترکیب داده ها از تصاویر مختلف ضروری است و برای تجزیه و تحلیل و اندازه گیری بهتر، تصاویر باید از نظر هندسی تراز شوند [۱].

فرایند نگاشت نقاط از یک تصویر به تصویر دیگر را ثبت تصویر می نامند. تصاویری که باید تراز شوند ممکن است در زمان های مختلف گرفته شوند یا با دستگاه های تصویربرداری متفاوت گرفته شوند. ترکیب تصویر رویکردی برای ترکیب اطلاعات به دست آمده از تعدادی دستگاه تصویربرداری است. هدف از ادغام تصویر، ادغام اطلاعات چند سنسور، چند زمانی یا چند نمای معاصر در یک تصویر واحد است که شامل تمام اطلاعات باشد. حس چندگانه ی فناوری تصویربرداری منجر به حجم زیادی از داده ها می شود. ادغام تصاویر به طور مؤثر حجم داده ها را کاهش می دهد و به تجزیه و تحلیل مؤثر کمک می کند [۱].

تقسیم بندی فرایندی است که در آن یک تصویر به اجزای تشکیل دهنده آن مانند اشیا، منطقه ای حاوی بیکسل هایی با ویژگی های مشابه و مناطق پیوسته درک شده توسط انسان ها تقسیم می شود. طبقه بندی برجسته گذاری یک بیکسل یا گروهی از بیکسل ها بر اساس مقادیر خاکستری و سایر پارامترهای آماری است. طبقه بندی تصویر شاید مهم ترین تکنیک تحلیل تصویر دیجیتال باشد که شامل تخمین پارامترهای آماری بر اساس شدت سطح خاکستری بیکسل های تصویر است. توابع تجزیه و تحلیل تصویر برای درک محتوای تصویر استفاده می شود [۱].

شبکه های عصبی مختلف، از جمله شبکه های عصبی جدید، از پیش آموزش دیده و فراشناختی، برای تشخیص خودکار بیماری های چشمی به کار گرفته می شوند. برای غربالگری DR، یک روش تشخیصی شبکه عصبی با حساسیت ۸۸٫۴۰٪ و ویژگی ۸۳٫۵۰٪ پیشنهاد شد. همچنین یک شبکه عصبی فراشناختی جدید پیشنهاد شد که یک شبکه عصبی شناختی را نظارت و کنترل می کرد و ۱۰۰٪ دقت، حساسیت و ویژگی را به همراه داشت. این عملکرد با حذف دیسک نوری از تصاویر فوندوس با استفاده از تکنیک های "میانگین C فازی هسته فضایی قوی" قبل از طبقه بندی شبکه عصبی فراشناختی به دست آمد. دیسک نوری یکی از مهم ترین ویژگی های تشخیص GLC در این مطالعه بود. در مقابل، یک مدل ماشین بردار پشتیبان برای تشخیص GLC پیشنهاد شده بود. این روش حداکثر دقت، حساسیت و ویژگی به ترتیب ۹۳٫۶۲٪، ۸۷٫۵۰٪ و ۹۵٫۸۰٪ را در یک مجموعه داده عمومی با استفاده از تکنیک طبقه بندی ۲۶ ویژگی به دست آورد [۲].

یک شبکه عصبی گسترده می تواند چندین بیماری چشمی را به طور خودکار و بدون همپوشانی نتایج طبقه بندی تشخیص دهد؛ بنابراین، ممکن است بتوان این بیماری ها را سریع تر تشخیص داد و اثرات آن ها را از نظر کاهش بینایی و نابینایی کاهش داد [۲].

الگوریتم های تشخیص رتینوپاتی دیابتی

محققان در زمینه پردازش تصویر برای تشخیص زودهنگام رتینوپاتی دیابتی کار کرده اند. اولین اشکال رتینوپاتی با بی نظمی و تراوش رگ های خونی شناسایی می شوند. این منجر به تشکیل ترشحات انتهایی سخت (HE)، لکه های پشم پنه (CWS)، میکرو آتوریسم (MA)، خونریزی ها و DR شدید منجر به کوری می شود.

در طول سال های اولیه ی تحقیق، تکنیک های پردازش تصویر مانند آستانه گذاری، عملگرهای مورفولوژیکی مورد استفاده قرار می گیرند. تحقیقات اخیر بر پیاده سازی تکنیک های تقسیم بندی، تشخیص لبه، مدل سازی ریاضی، استخراج ویژگی، طبقه بندی، تشخیص الگو و تکنیک های تجزیه و تحلیل بافت برای تقویت عروق خونی، تشخیص HE، CWS، MA و خونریزی ها متمرکز شده است [۱].

بیماری چشم دیابتی (DED) مجموعه ای از مشکلات چشمی است که بیماران دیابتی را تحت تأثیر قرار می دهد. شناسایی DED یک فعالیت حیاتی در تصاویر فوندوس شبکیه است؛ زیرا تشخیص و درمان زودهنگام می تواند در نهایت خطر اختلال بینایی را به حداقل برساند. تصویر فوندوس شبکیه نقش مهمی در طبقه بندی و شناسایی اولیه DED ایفا می کند. توسعه یک مدل تشخیصی دقیق با استفاده از تصویر فوندوس شبکیه به شدت به کیفیت و کمیت تصویر بستگی دارد. چارچوب طبقه بندی خودکار پیشنهادی برای DED در چندین مرحله به دست می آید؛ بهبود کیفیت تصویر، تقسیم بندی تصویر (منطقه مورد نظر)، تقویت تصویر (تبدیل هندسی)، و طبقه بندی [۳].

نتایج بهینه با استفاده از روش های پردازش تصویر سنتی با معماری شبکه عصبی پیچیدگی ساخت جدید (CNN) به دست آمد. CNN ساخته شده جدید همراه با رویکرد پردازش تصویر سنتی بهترین عملکرد را با دقت برای مشکلات طبقه بندی DED ارائه می دهد [۳].

پیش پردازش

مرحله پیش پردازش برای حذف نویز/تغییر در تصویر فوندوس شبکیه و بهبود کیفیت و کنتراست تصویر استفاده می شود. جدا از افزایش





معاری مدل و تنظیمات

شبکه‌های باقیمانده (ResNets) شبکه‌های عصبی عمیقی بودند که به دلیل وضعیت باقی مانده‌شان نام‌گذاری شدند. این نوع شبکه با استفاده از یک اتصال میان‌براز بلوک‌های لایه کانولوشنال غیرضروری جهشی داشت. ما از سه معماری شبکه باقیمانده (ResNet) مانند ResNet-۵۰، ResNet-۱۰۱، و ResNet-۱۵۲، شامل ۵۰، ۱۰۱، ۱۵۲ لایه و وزنی با ۲۵، ۶۱۰، ۲۱۶، ۴۴، ۱۶۵، ۵۰۴، و ۳۴ استفاده کردیم. تعداد کل پارامترها به ترتیب ۲۳۲، شکل اصلی ورودی و خروجی این مدل‌ها تصاویر ۳ و ۱۰۰۰ کلاس رگرسیون Softmax A1 متصل بود. ما شکل ورودی را به شکل بهینه تصاویر ۳ برای این مطالعه تغییر دادیم، درحالی‌که خروجی یک احتمال پیش‌بینی رگرسیون Softmax چهارکلاسه بود [۲].

بهینه‌سازهای شبکه عصبی نقش مهمی در انتخاب و تنظیم دقیق این وزن‌ها ایفا کردند تا بر دقیق‌ترین شکل ممکن غلبه کنند، با توابع ازدست‌دادن که بهینه‌سازها را برای حرکت در مسیر درست راهنمایی می‌کند. یک بهینه‌ساز پسوند گرادینان تطبیقی (Adadelta) استحکام یادگیری و تغییرات نرخ یادگیری را در مقایسه با بهینه‌ساز الگوریتم گرادینان تطبیقی سلف بهبود بخشید. این بهینه‌ساز کمترین میزان خطای آزمون را در بین رقبای مختلف از جمله بهینه‌سازهای شیب نزولی تصادفی و بهینه‌ساز حرکت دارد. ما از یک بهینه‌ساز پسوند گرادینان تطبیقی با نرخ یادگیری ۰۰۰۱ و تابع ازدست‌دادن متقابل آنتروپی طبقه‌ای استفاده کردیم [۲].

این مقاله رویکردی را پیشنهاد می‌کند که به طور خاص بر شناسایی DED خفیف در بین موارد عادی تمرکز می‌کند که به اندازه کافی در ادبیات قبلی مورد بحث قرار نگرفته است. با توجه به جنبه تحلیلی دیپ، لرنینگ، انواع تکنیک‌های بهینه‌سازی عملکرد به کار گرفته شده است.

(۱) بهبود تصویر، (۲) بهبود ویژگی، (۳) داده تعادل، و (۴) تنظیم کردن

مزیت اضافی Deep Learning شامل قابلیت‌های تشخیص خودکار است که بین دسته‌ها انتخابی‌ترین هستند. چنین رویکردی امکان اجتناب از محدودیت‌های تکنولوژیک را با رویکرد تحلیلی و گاهی ذهنی استخراج دستی ویژگی‌ها فراهم می‌کند. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل از مجموعه داده‌های ترکیبی از منابع مختلف برای تعیین استحکام سیستم و ظرفیت آن برای پاسخگویی به شرایط واقعی استفاده کرد. سیستم توسعه یافته استانداردسازی فرایندهای غربالگری چشمی پرکار را ممکن می‌سازد و به عنوان یک مرجع تشخیص کمکی، درحالی‌که از ذهنیت انسانی اجتناب می‌کند، رضایت می‌دهد [۳].

کنتراست تصویر استفاده می‌شود. جدا از افزایش کنتراست و کاهش نویز، مرحله پیش پردازش می‌تواند برای عادی سازی تصویر و تصحیح شدت غیریکنواخت برای حذف مصنوعات و افزایش دقت مراحل فرایند استفاده شود. علاوه بر این، ویژگی‌های DED برای طبقه بندی بیشتر در مدل‌های از پیش آموزش دیده، بومی سازی، استخراج و از تصاویر فوندوس تقسیم می‌شوند. تکنیک‌های پیش پردازش مورد استفاده در این مقاله به طور خلاصه در این بخش مورد بحث قرار می‌گیرند: [۳].

همچنین یک تکنیک پیش پردازش دیگر اعمال شد، تکنیکی که آن را ISOL-CLAHE نامیدیم. ISOL-CLAHE یک فرایند برابر سازی هیستوگرام تطبیقی محدود کنتراست (CLAHE) است که بر روی صفحه ایزولومینانت اعمال می‌شود. این تکنیک را برای تصاویر فوندوس شبکه خود در یک صفحه ایزولومینانت اصلاح کردند. یکسان سازی هیستوگرام در صفحه ایزولومینانت کمترین میانگین نرخ خطای مطلق را از تابع توزیع تجمعی خطی در میان مطالعات قبلی در مورد یکسان سازی هیستوگرام RGB جداگانه بهبود بخشید. همه قابل‌های تصویری اصلی (که در چهار دایرکتوری والد، NR، GLC، AMD، و DR، و هشت زیرشاخه فرزند قرار دارند) تحت CLAHE سه بعدی قرار گرفتند. تصاویر به یک فضای رنگی مشخص شده توسط کمپسیون بین‌المللی روشنایی (معروف به مخفف فرانسوی آن، CIELAB) برای استخراج سیکی با استفاده از نرم افزار از یک کتابخانه منبع باز تبدیل شدند. CLAHE با محدودیت کلیپ ۱ و اندازه هسته شبکه برش هشت با تغییر اندازه تصاویر به یکسایز دنیال شد [۲].

یکی از روش‌های بزرگ‌نمایی مجموعه داده‌ها بدون تولید تصاویر جعلی، افزایش داده نام دارد. مجموعه داده جمع‌آوری شده دارای تعداد تصاویر مختلفی در هر نوع بیماری بود. به طور تصادفی، یک تبدیل به یک تصویر اعمال شد، مانند چرخش تصاویر، تغییر ۲۵٪ در روشنایی، بزرگ‌نمایی ۲۰٪ و بازتاب افقی. این یک مجموعه داده آموزشی و آزمایشی متعادل از حداکثر ۹۴۰۰ تصویر را برای آزمایش مجموعه داده ترکیبی کامل ایجاد کرد که از تفاوت در عملکرد جلوگیری کرد؛ زیرا تصاویر AMD بسیار کمی بود؛ اما تعداد زیادی از تصاویر NR و DR وجود داشت. ما از برخی تبدیل‌های معمولی مانند برش، یا تغییر ارتفاع یا عرض در روش افزایش داده استفاده نکردیم. به طور معمول، تصویر فوندوس توسط چشم پزشکی از جهتی در مقابل شرکت کننده گرفته می‌شود. بنابراین، محدوده برشی ممکن است یک گزینه در این روش نباشد. به طور مشابه، تصویر فوندوس باید شامل هر ویژگی طبیعی باشد، مانند دیسک بینایی، ماکولا و عروق خونی. از این رو، ما درخواست نکردیم، زیرا ممکن است باعث از بین رفتن ناخواسته یکی از این ویژگی‌ها شود [۲].



اطلاعات در مقیاس بزرگ در مورد بسیاری از بیماری های چشمی دیابتی دشوار بوده است. چالش دیگر این است که مشکلات طبقه بندی خفیف (اوایل) از مشکلات بالینی واقعی تشکیل شده است. طبقه بندی دوتایی برای پیش بینی بیماری چشمی دیابتی موضوع مطالعات قبلی بود. حتی اگر گوگل یک مدل یادگیری عمیق ساخته است که بهتر از چشم پزشکیان کار می کند، مدل Inception v3 آنها برای طبقه بندی باینری برای DR بهینه شده است [۳].

شناسایی بر اساس ساختار GoogleNet این چارچوب پس از افزودن یک پایگاه داده تصویری گسترده که فقط برای غربالگری DR سالم و غیر سالم از بیماران دیابتی جمع آوری شده بود، ارزیابی شد. برای طبقه بندی بیماری های دوتایی، یادآوری ۹۳ تا ۹۶ درصد را بیان کرد اما خاطرنشان کرد که یادآوری در هنگام تعریف با ۶۰۰۰۰ نمونه تصویر در مقابل با ۱۳۰۰۰۰ نمونه تصویر که از داده های خصوصی استفاده می کنند، افزایش نمی یابد [۳].

همه آزمایش ها با استفاده از (MatLab, Python, Keras library) با TensorFlow به عنوان پشتیبان و زبان برنامه نویسی Python ۳٫۸ در نوتبوک jupyter با پردازنده ۲٫۳ گیگاهرتز Intel Core i۹ و رم ۱۶ گیگابایتی ۲۴۰۰ مگاهرتز DDR۴ با گرافیک Intel UHD۰ اجرا شده اند. ۱۵۳۶ مگابایت. تقسیم داده های آموزش / آزمایش ۸۰ / ۲۰ تنظیم شد. انتخاب عمومی تفکیک شده برای اطمینان از توزیع تقریباً برابر کلاس انجام شد. اندازه کوچک دسته های روی ۳۲ تنظیم شد و تابع تلفات متقابل آنتروپی به دلیل توانایی مناسب آن برای وظایف طبقه بندی باینری انتخاب شد. Optimiser به عنوان پیش فرض (Adam) و RMSprop برای ساخت CNN تنظیم شد. استاندارد ارزیابی عملکرد دقت متریک، حساسیت و ویژگی مجموعه داده آزمون برای اعتبارسنجی نتایج استفاده شد [۳].

ما دقت عملکرد را در بین سه مدل دیپ لرنینگ از پیش آموزش دیده با مدل ساخت جدید CNN در این مطالعه مقایسه و تجزیه و تحلیل کردیم. سه مدل از پیش آموزش دیده، یعنی: VGG16، Xception، و DenseNet۲۱ و مدل کاتولوشنال پنج لایه از نظر داده های آزمایشی ارزیابی شده اند.

دقت تنظیم مدل های از پیش آموزش داده شده برای این تحقیق توسط ImageNet در مقیاس بزرگ آموزش و آزمایش شدند. داده ها، طیف گسترده ای از دسته بندی ها را پوشش می دهند، مانند ماشین ها، حیوانات خانگی، قوورها و غیره، مدل ها عملکرد عالی دارند [۳].

ما شبکه های عصبی عمیق را برای طبقه بندی عکس های فوندوس با داده های پرسروصدا و چالش برانگیز آزمایش کردیم. در یک معماری ResNet ۵۰ لایه، روش پیشنهادی ما با استفاده از اعتبارسنجی متقاطع ۱۰ برابری، دقت ۸۵٫۷۹٪ را از مجموعه داده STRESS به دست آورد. حداکثر دقت ۹۱٫۱۶٪ از این طبقه بندی کننده بیماری چشمی چهارکلاسه با روش پیش پردازش داده ما به دست آمد [۲].

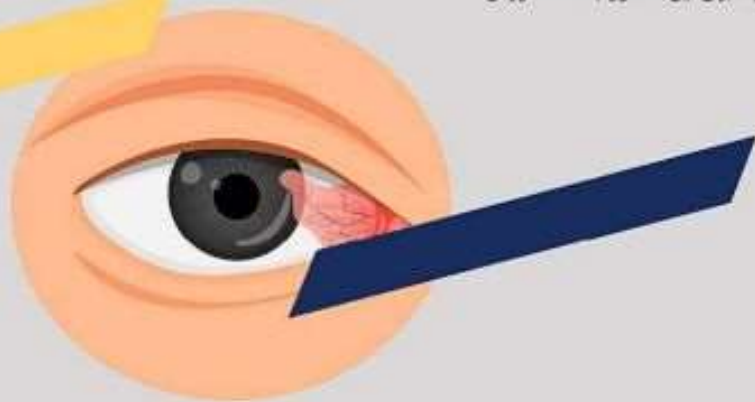
در نتیجه، این مطالعه نشان داد که طبقه بندی چند طبقه ای که برای مجموعه داده های عمومی اعمال می شود، می تواند با تغییرات در مراحل پیش پردازش و اکتساب داده، به بهبود قابل توجهی در عملکرد نسبت به مطالعات قبلی دست یابد. علاوه بر این، این بررسی امکان تشخیص دسته بندی چندگانه را در مجموعه داده های ترکیبی چندگانه نشان داد. بنابراین، این می تواند به عنوان یک مطالعه آزمایشی موفقیت آمیز طبقه بندی برای سه بیماری شایع چشمی برای توسعه ابزارهای کمکی در آینده برای تشخیص پزشکی قضاوت شود [۳].

این تحقیق یک مطالعه الگوریتم های دیپ لرنینگ طبقه بندی دودویی برای شناسایی خودکار سه بیماری خفیف چشم دیابتی است. این تحقیق نشان داده است که پیچیدگی الگوریتم های یادگیری عمیق از کیفیت و کمیت داده ها (تصاویر فوندوس) ناشی می شود نه از ریزم الگو. در این تحقیق، از داده های حاشیه نویسی در دسترس عموم (تصاویر فوندوس) استفاده کردیم. برای یک کاربرد کلینیک به کمک کامپیوتر، نتایج قوی تر، عملی تر و واقعی تر را می توان با استفاده از تصاویر نشان دار فوندوس بیمارستان به دست آورد. در واقع، این مقاله توصیه می کند که طبقه بندی کننده خودکار تلاش کند تا در برابر طبقه بندی باینری حداقل سن متوسط، DR، DME، و GLC به دلیل اهمیت هر بیماری، طبقه بندی کند [۳].

این سه بیماری عمده ترین بیماری های شبکه چشم هستند که در اثر دیابت ایجاد می شوند. مگر اینکه ارزیابی اولیه انجام شود، این بیماری ها همیشه آسیب شدیدی به حدت بینایی وارد می کنند و غیرقابل برگشت هستند [۳].

امید به زندگی روبه رشد، سبک زندگی شلوغ و سایر عوامل نشان می دهد که انتظار می رود تعداد افراد مبتلا به دیابت افزایش یابد. به عنوان مثال، بسیاری از بیمارانی که مبتلا به DED در چین اغلب وضعیت خود را نادیده می گیرند و درمان های به موقع ندارند که منجر به ایجاد حالت جدی DR می شود [۳].

به هر حال کاربرد یادگیری عمیق در عمل بالینی هنوز چالش های زیادی دارد. برای این منظور، به دست آوردن





بین تمام مدل‌های از پیش آموزش دیده شده، مدل جدید CNN با استفاده از تصاویر پیش پردازش شده شبکه عملکرد خوبی داشت ساخت CNN دقت از تمام مدل‌های مورد استفاده برای طبقه‌بندی فراتر می‌رود [۲].

تقویت تصویر مدل‌های دیپ‌لرنینگ با داده‌های آموزشی با حجم بالا عملکرد خوبی دارند؛ بنابراین، افزایش داده شامل مجموعه‌ای از تکنیک‌هاست که مقدار داده‌های آموزشی را بدون کسب فعالانه داده‌های جدید بهبود می‌بخشد. بنابراین، الگوریتم‌های تقویت تصویر مورد بررسی در این مقاله شامل تبدیل‌های هندسی مانند فیبینگ، چرخش و برش است. ما از کلاس Keras ImageDataGenerator استفاده کردیم [۱].

برای تقویت تصویر در زمان واقعی که تضمین می‌کند که مدل انتخاب شده تغییراتی از تصاویر را در هر دوره به دست خواهد آورد. مزیت استفاده از کلاس ImageDataGenerator در کار ما این است که تصاویر تبدیل شده به گستره تصاویر اصلی اضافه نمی‌شوند که باعث می‌شود مدل انتخاب شده بیش از حد مجاز نشود [۱].

طبقه‌بندی تصویر برای اشیاء در حالی که نشان دادن محدودیت در کاربرد آنها در مناطق باریک محصول، مانند تشخیص ضایعات پزشکی (DED). پیش‌آگهی اندیکاسیون‌های پاتولوژیک در تصاویر فوندوس شبکیه به ویژگی‌های پیچیده مختلف و محلی سازی ضایعه در تصویر فوندوس شبکیه بستگی دارد. نمایش جدیدی از تصویر ورودی در هر لایه CNN با استخراج تدریجی متمایزترین ویژگی‌ها وجود دارد. به عنوان مثال، لایه اول قادر به یادگیری لبه‌ها است، در حالی که آخرین لایه می‌تواند یک ضایعه را به عنوان یک ویژگی طبقه‌بندی DED شناسایی کند. در نتیجه، سناریوهای زیر در آزمایش‌ها در نظر گرفته شد: منطقه مورد علاقه مانند رگ‌های خونی، نواحی ماکولا و دیسک بینایی شناسایی، موضعی و قطعه‌بندی شده است [۳].

ما ترکیبی از چندین الگوریتم تقسیم‌بندی تصویر سنتی را برای هر فاز در سیستم پیشنهادی به کار گرفته ایم. همه این الگوریتم‌ها نتایج مؤثری را در تقسیم‌بندی منطقه مورد نظر ارائه کردند. ما مجموعه‌ای از روش‌ها را برای ساختن یک سیستم با کارایی بالا تشکیل دادیم، مانند بهبود تصویر، قطعه‌بندی عروق خونی، شناسایی و سپس استخراج دیسک‌های بینایی، استخراج ناحیه ماکولا، برداشتن رگ‌های خونی، حذف دیسک‌های بینایی، استخراج ویژگی‌ها و طبقه‌بندی ویژگی‌ها پس از تقسیم‌بندی، اندازه تصاویر با توجه به مشخصات ورودی هر شبکه به اندازه مناسب بهینه شده است. برای به حداقل رساندن خطر بیش از حد مدل، مجموعه داده عدم تعادل با استفاده از کلاس ImageDataGenerator تقویت زمان واقعی از Keras افزوده شد. تنظیم fine پس از حذف و آموزش مجدد n لایه برای مدل‌های از پیش آموزش دیده استفاده شد (n وابسته به لایه CNN بود). خروجی نهایی به دست آمده برای هر مدل برای مقایسه بر حسب درصد دقت در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است، استفاده شد. به طور مشابه، در



ربات های آگزواسکتون

ناهید عباسی

امیرحسین مقیمی



مقدمه

بر اساس آمارهای رسمی سازمان ملل جمعیت سالمندان در سراسر دنیا در حال افزایش است و این در حالی است که انسان های مسن نیاز به کمک دارند و اگر بتوانند کارهای خود را بدون کمک دیگران انجام دهند باعث افزایش اعتماد به نفس آنها می شود. این یک حقیقت است که توسعه تجهیزاتی که بتواند زندگی روزمره افراد مسن و معلولان را ارتقا دهد و آنها را به طور مستقل تحت حمایت قرار دهد بسیار رضایت بخش خواهد بود. یکی از موضوعاتی که در این راستا می تواند کمک کند علم رباتیک و ربات های توانبخش است. در زیرمجموعه ربات های توانبخش بهترین رباتی که می تواند استقلال استفاده کننده را برآورده کند ربات های پوشیدنی به نام آگزواسکتون ها می باشد. از لحاظ علمی واژه ی لاتین آگزواسکتون (Exoskeleton) ، به پوشش سخت بیرونی بدن حشرات و سخت پوستان اشاره می کند بنابراین رباتی را که به وسیله ی یک انسان پوشیده شده و ضمن ایجاد یک پوشش محافظ برای بدن فرد می تواند در حمل و جابجایی بارها به آن فرد کمک کند را در زبان فارسی سخت پوش انسانی می نامیم [۱].

آگزواسکتون رباتی است که به وسیله یک انسان پوشیده شده و ضمن ایجاد یک پوشش محافظ برای بدن فرد می تواند با افزایش قدرت و مقاومت عضلات فرد را در حرکات ها، مانورها و همچنین حمل و جابجایی بارها کمک نماید. هدف از آگزواسکتون ها فائق آمدن بر محدودیت های ربات های چندپا با افزودن یک اپراتور انسانی به سیستم است. در سال های اخیر آگزواسکتون ها یا ربات های پوشیدنی کاربرد گسترده ای در زمینه های مختلف مانند پزشکی

نظامی و... پیدا کرده اند اگر مکانیزم ربات در خدمت عامل انسانی آن قرار گیرد توانمندی های فوق العاده پیشرفته ی انسانی در درک، محیط مسیریابی و حفظ تعادل با توانمندی های مکانیکی ربات در هم می آمیزد و هم افزایشی مناسبی را ایجاد می کند [۲].

آگزواسکتون اسکلت خارجی است که از بدن حیوانات پشتیبانی و محافظت می کند، برخلاف اندواسکتون (endoskeleton) که همان اسکلت داخلی یا اسکلت درونی است مانند اسکلت درونی بدن انسان ها. محققان با الهام از اسکلت خارجی در جانداران، به فکر ساخت اسکلتی پوشیدنی برای انسان ها افتادند که برای کاربردهایی نظیر محافظت، افزایش قدرت و توانایی در انسان ها مورد استفاده قرار گیرد. با این مقدمه می توان گفت، اسکلت های بیرونی دستگاه های پوشیدنی هستند که قدرت و عملکرد انسان ها را برای تکمیل وظایف یا بازسازی بدن خود افزایش دهند.

ربات های توانبخش گونه خاصی از ربات های آگزواسکتون است می باشند که برای افزایش توان افرادی که در عضوی خاص از بدن خود دارای کم توانی هستند به کار می روند. این ربات ها می توانند فرد را در حرکات مانورها و برای اعضای مختلف بدن مانند دست، پا، کمر و... مورد استفاده قرار گیرند. اولین آگزواسکتون ها با اندام فعال در اواخر دهه ی ۱۹۶۰ و اوایل دهه ی ۷۰ در شرکت جنرال الکتریک و انستیتو میها جلویاپین در بلگراد ظهور پیدا کردند. پروژه ساخت آگزواسکتون هاردیمن در شرکت جنرال الکتریک به انجام رسید این ربات یک آگزواسکتون تمام تنه با وزن ۶۸ کیلوگرم بود که با یک سیستم دستوردهنده - فرمانبردار کنترل می شد [۳].

دستگاه‌های رباتیک برای توانبخشی اندام فوقانی و تحتانی را می‌توان به دستگاه‌های اندافکتور (End Effector) و دستگاه‌های آگرواسکلتون تقسیم کرد. سیستم‌های اندافکتور، که در آن‌ها نیازی به هم‌ترازی بین مفاصل بیمار و ربات نیست. در سیستم آگرواسکلتون، یک تناظر یک به یک بین ربات‌ها و مفاصل انسان وجود دارد و هر مفصل در طول یک مسیر از پیش برنامه ریزی شده هدایت می‌شود. اسکلت‌های بیرونی را می‌توان بر اساس تعداد مفاصل کنترل شده طبقه بندی کرد و می‌توان آن‌ها را به دو دسته یک طرفه و دو طرفه تقسیم کرد. آگرواسکلتون رباتیک برای توانبخشی راه رفتن پاها را از طریق الگوهای راه رفتن فیزیولوژیکی از پیش برنامه ریزی شده هدایت می‌کند. الگوی راه رفتن از پیش برنامه ریزی شده کاملاً شبیه یک راه رفتن معمولی است و شامل زمان بندی چرخه راه رفتن، هماهنگی بین اندام و مفصل می‌شود [۴].

تحقیقات بر روی آگرواسکلتون

در حال حاضر، جهات تحقیقاتی آگرواسکلتون‌ها را می‌توان به دو مقوله تقسیم کرد: فعال و غیرفعال که این تقسیم بندی بر اساس این معیار است که آیا سیستم دارای باتری یا منبع توان قابل حمل است یا نه؟ این بخش به بررسی جدیدترین پیشرفت‌ها در هر دو مقوله می‌پردازد [۵].

۲- آگرواسکلتون فعال

آگرواسکلتون فعال یک سیستم ربات دو پا متصل به بدن انسان بوده و دقیقاً با حرکات بدن تنظیم و هم زمان سازی می‌شود. از نظر تئوری، توانایی این نوع آگرواسکلتون، نامحدود بوده و در واقع، می‌توان آن را برای کارهایی که با توان ذهن انجام می‌شوند طراحی کرد. بیشتر تحقیقات جاری بر آگرواسکلتون‌های فعال تاکید دارند و بسیاری از آن‌ها در آمریکا و ژاپن صورت گرفته اند.

در سال ۲۰۰۴، گروهی به رهبری دکتر کارا رونی از UCB، سیستم BLEEX را گزارش کرد که توسط پروژه EHPA از DARPA، پشتیبانی می‌شد. این سیستم اولین آگرواسکلتون کارکردی با بدن انسان در داخل آن بود.



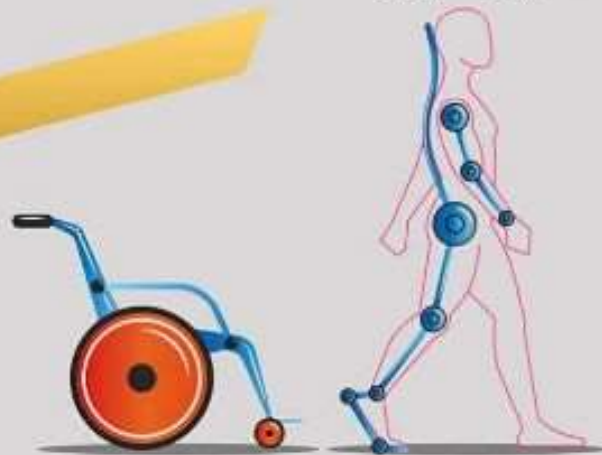
شکل ۱: BLEEX دانشگاه کالیفرنیا، برکلی

سیستم آگرو اسکلتون پایین تنه تلاش می‌کند که قدرت و پایداری ربات‌های پیشرفته را با هوشمندی مهارت و ظرافت عامل انسانی در هم بیاورد [۲].

اولین گام در ساخت یک ربات طراحی مکانیزم کلی آن و بیان یک توصیف ریاضی مبتنی بر فیزیک مسئله با استفاده از روش‌های علم مکانیک است اما نکته‌ای که باید در نظر داشت این است که این ربات برخلاف سایر ربات‌ها باید در تماس مستقیم با بدن انسان بوده و به نحوی حرکات بدن انسان را در سریع‌ترین زمان و کم‌ترین خطا دنبال کند بنابراین اولین قدم در طراحی چنین سیستمی، آشنایی کامل با بیومکانیک بدن انسان، آناتومی استخوان‌ها و عضلات آناتومی سیستم حرکتی و مباحث علمی در مکانیک حرکتی بدن انسان است [۳].

در سال‌های اخیر، ربات توانبخشی آگرواسکلتون اندام تحتانی به عنوان یک وسیله کمک پزشکی امیدوارکننده برای توانبخشی پزشکی افراد سالم و بیماران ناتوان معرفی شده است. بسیاری از مطالعات شناخته شده در مورد ربات‌های آگرواسکلتون با کمک توانبخشی راه رفتن گزارش شده است. ربات‌های آگرواسکلتون اندام تحتانی همگی دارای موتورهای یا محرک‌های هیدرولیکی روی مفاصل ران/زانو برای کمک به قدرت هستند و دارای ژيروسکوپ و حسگرهای الکتریکی هستند که می‌توانند به سرعت قصد حرکت بیمار را تعیین کنند.

با توجه به اصول نوروپلاستیسیته و یادگیری حرکتی، دستگاه‌های رباتیک در فرآیند توانبخشی معرفی شده‌اند، زیرا می‌توانند تحرکات ویژه‌ای را برای سیستم عصبی مرکزی فراهم کنند تا بازیابی عملکردی را





شکل ۲: HULC از لوکید مارتین

در اوایل ۲۰۰۶، ExoHiker به HULC تغییر نام یافت (شکل ۲) و برای عموم معرفی شد. اگرچه عملکرد اندام فوقانی نیز به آن افزوده شد پیشرفت‌های کمی در این سیستم دیده شد. بعد از آن پیشرفت زیادی در HULC گزارش نشد [۵].

دیگر پروژه مهمی که توسط DAPAR، XOS پشتیبانی می‌شد و سیستم آگرواسکلتونی تمام بدن بود (شکل ۳)، توسط سارکوس در ۲۰۰۵ معرفی شد. محرک‌های هیدرولیکی دوار مستقیماً بر روی مفاصل به جای محرک‌های هیدرولیکی خطی فرار داده شدند و کنترل آن حالت پوشاننده را با کمک اطلاعات جمع آوری شده توسط سنسورها در بازو، پا و کوله پشتی حاصل کردند طوری که سیستم می‌تواند نیروی معکوس متناظر خروجی را هم زمان داشته باشد. این نیروهای جبرانی را می‌توان تا بیش از ۱۵ برابر تقویت کرد. برای مثال، با کمک این سیستم، افراد می‌توانند وزن ۸۸۲ نیوتون را حمل کنند [۵].

در سپتامبر ۲۰۱۰، Raytheon یک نسخه جدید را موسوم به XOS-۲ معرفی کرد. این سیستم جدید از سیستم هیدرولیکی نظیر قبلی‌ها استفاده کرده و در آن تعداد زیادی از سنسورها، واحدهای اجرایی و کنترل‌گرها استفاده شود. تستر با پوشیدن این سیستم قادر به بلند کردن وزنه ۸۹۰ نیوتونی برای صد بار بدون هرگونه خستگی بود. تسترها هم چنین قادر به خرد کردن تخته‌های چوبی ۷۶٫۲ میلی متری بودند. به علاوه، سیستم جدید سبک‌تر، سریع‌تر و قوی‌تر بود و مصرف انرژی تا ۵۰ درصد کاهش داد. با این حال، معایب اصلی XOS-۲ این بود که انرژی بیشتری مصرف می‌کرد و این موجب می‌شد تا استفاده از یک منبع انرژی توکار غیر ممکن بود. به پشت آن یک زائده دم مانند وصل می‌شد که موجب می‌شد تا تستر یا فرد از مسیر خارج نشود. با این حال طراح آن بر این باور بود که این یک مسئله مهندسی پیش پا افتاده است و می‌توان سریعاً بر آن غلبه کرد. تاکنون، گزارش‌های XOS-۲ نشان داده اند که این زائده موجب بروز مشکل می‌شود [۵].

در مقایسه با آگرواسکلتون هیدرولیکی، موتورهای الکتریکی دارای این مزیت‌ها از حیث وزن، قدمت و اطمینان پذیری می‌باشند. از این روی تحقیقات بر روی آگرواسکلتون‌های موتوری در بسیاری از موسسات انجام می‌شود که از جمله در دانشگاه سوکوبا که به نتایج قابل توجهی نیز دست یافته است. (شکل ۴)

یکی از برجسته ترین خصوصیات BLEEX این بود که می‌تواند وزن ۳۳۳ نیوتونی را تحمل کند و با سرعت ۲٫۳ متر در ثانیه به مدت ۴ ساعت حرکت کند. BLEEX دارای ۱۵ DOFs می باشد که تقریباً کل درجات آزادی مفاصل زانوهای پایینی انسان را پوشش می دهد. از این روی، فریم آن می‌تواند همه حرکات را انجام و پاها نیز قادر به حرکت در همه جهات هستند. در سیستم کنترلی مربوطه، روش SAC نیروی بدن را به عنوان یک فاکتور کلیدی حساس در نظر می‌گیرد. کنترل‌گر تعیین کننده حرکات آگرواسکلتون بر اساس داده‌های جمع آوری شده توسط سنسور هاست و این موجب کاهش نیروی وارده بر بدن انسان می‌شود. از این روی به طور مجموع، ۴۶ سنسور از انواع مختلف درون سیستم کار گذاشته شده‌اند. اگرچه این راهبرد کنترلی می‌تواند منجر به حساسیت بالایی شود، با این حال قابلیت آن پایین بوده و موجب شده است تا این سیستم به شدت به مدل هال فعال متکی باشد و این که نیاز به آزمایشات زیادی برای بهینه سازی همه پارامترها دارد. BLEEX از موتور دیرلی کوچک برای تامین برق استفاده کرده و دارای یک مخزن سوخت ۴ لیتری است زیرا رهبر تیم بر این باور است که سوخت هیدروکربنی هنوز سبک ترین منبع انرژی است. کل سیستم توان آن دارای وزن ۲۶۵ نیوتون بوده و فشار کاری ۶٫۹ مگاپاسکال است. با این حال کارایی توان BLEEX تنها ۱۳ درصد بود [۵].

BLEEX از حیث سیستم کنترل و ساختار پیشرفته و پیچیده تر است و این موجب کاهش حرکات کاربر می‌شود. حتی با بهینه سازی بیشتر بعید است که BLEEX بتواند به زندگی روزانه فرد وارد شود. هنوز BLEEX را می‌توان به آسانی به تن کرد و سیستم کنترلی آن می‌تواند از سرعت فرد تبعیت کند و از این روی هیچ گونه تنظیمات اضافی برای سازش سیستم با طیف وسیعی از افراد نیاز است. بعد از آزمایشات متعدد بر روی پلتفرم و بستر BLEEX انجام شده توسط همان تیم، این سیستم به طور قابل توجهی بهبود بخشیده شده و به آگروهیکر ExoHiker در ژانویه ۲۰۰۵ تکامل یافت.

ExoHiker با فشار هیدرولیک همانند بلکس کار می‌کرد ولی راهبرد کنترلی آن تا حد زیادی ساده شده بود، راهبرد کنترل فعال به صورت کنترل پیگیرانه طراحی شد. این ساده سازی موجب کاهش وزن سیستم تا کم‌تر از نصف شد، با کاهش تعداد مفاصل و تمرکز سیستم کنترل بر روی مفصل زانو، ExoHiker می‌توانست به مدت ۴ ساعت با باتری یون لیتیوم یا وزن ۳۹ نیوتون کار کند [۵].

بر اساس تست‌های مستقل انجام شده توسط مرکز ناتیگ سولایجر، سیستم ExoHiker از حیث تنوع حرکتی و قدرت بدنی عالی بود؛ این خود از همه حرکات بدن از جمله باز شدن ناگهانی پاها، چمپاته شدن و خزیدن تبعیت می‌کرد. تست دیگر در ۲۰۰۶ نشان داد که هنگام استفاده از ExoHiker و سرعت ۳٫۲ کیلومتر بر ساعت، فرد پوشاننده ۵ تا ۱۲ درصد اکسیژن کم تر مصرف کرده و هنگام حمل بار ۳۶ نیوتونی اکسیژن کم‌تری نیاز دارد. ExoHiker یک سیستم آگرواسکلتونی کم مصرف بوده و پیشرفت قابل توجه آن موجب شده است تا DARPA آن را از آزمایشگاه به میدان نبرد بگشاند [۵].

متاسفانه دکتر کارونی که پیشگام تحقیقات آگرواسکلتون بود این کار را رها کرد و همه اسناد و امتیازات به یک پیمان کار دفاعی به نام لوکد مارتین در ۲۰۰۶ محول شد.

علاوه بر HAL تجاری موجود بسیاری از موسسات در دنیا، آگرواسکلتون های تجاری خاص خود را نظیر PAS، [LEE, IHMC] و WWH-KH توسعه دادند. این سیستم ها دارای خصوصیات خاص خود می باشند و هنوز به صورت نمونه های آزمایشگاهی دیده می شوند. پنوماتیک، دیگر گزینه مهندسی برای حرکت آگرواسکلتون ها می باشد. مزیت اصلی محرک پنوماتیک، الاستیسیته آن می باشد که مانع از ضربه خوردن بدن می شود [۵].

در سال ۲۰۰۲، WPAS توسط موسسه فناوری کانادا و ژاپن ارائه شد. این برای کمک به پرستاران برای پرستاری استفاده شد. با کمک این سیستم، پرستاران می توانند ۲۹٪ نیوتون بار را حمل کنند WPAS توسط پمپ های میکرو کار می کرد و در آن ها باتری های قابل حمل SN-Ni قرار داده شده و توسط واحدهای ریزپردازنده کنترل می شوند. بازوها، کمربند و همگی توسط محرک های پنوماتیک دوار پشتیبانی شدند. پرستار مجهز به WPAS به راحتی در محیط بیمارستان کار می کرد. [۵]

تیم دانشگاه سالفورد بریتانیا، تحقیقات خود را از دهه ۹۰ شروع کرده و آگرواسکلتون اندام پایینی پنوماتیک را توزیع کرد. نسخه PMA به صورت محرک ارائه شد که خواص کارکردی آن مشابه با ماهیچه های انسانی بود. قطر PMA تنها ۲ سانتی متر بود و طول آن از ۵ تا ۷۰ سانتی متر متغیر بود. کل سیستم دارای ۱۰ درجه آزادی بود و وزن آن ۱۱۷ نیوتون بود. کنترل گر داده ها را از سنسورهای مختلف جمع آوری کرده و از PMA استفاده کرد. فرکانس کاری آن ۲۰۰ هرتز بود که موجب حرکت یکنواخت سیستم می شد.

در سال ۲۰۰۸، دانشگاه راسل بلژیک یک آگرواسکلتون مبتنی بر PPAM را اعلام کرد. مفصل دوزانو با موتور کار می کردند و الگوریتم کنترلی بر اساس روش PSMC بود. این سیستم هنوز در مرحله آزمایشی قرار دارد. تنها یک پا ایجاد شده بود.

تیم دانشگاه میشیگان، مفصل قوزک را با فریم کربن فیبر با ماهیچه های پنوماتیک مصنوعی ارائه کرد. وزن آن تنها ۱۷ نیوتون بود و فرد به آسانی از آن استفاده می کرد. تست های آزمایشی نشان دادند که این سیستم قادر به بهبود ماهیچه های مفصل قوزک است. [۵]

دانشگاه دی تورینو ایتالیا سیستم PIGRO ۱۷۶N را در سال ۲۰۱۰ ارائه کرد. این آگرواسکلتون با شش سیلندر هوا واقع در قوزک، زانو و مفصل کار می کرد. محرک ها به طور مستقل توسط بوش حلقه بسته در حالت نسبتا ساده کنترل می شدند. این سیستم برای توانمند سازی طراحی شده بود نه برای پیاده روی فعال.



شکل ۴: سری های HAL دانشگاه سوکوبا

HAL-1 در ۱۹۹۹ توسط دانشگاه اعلام شد. HAL-۳ در سال ۲۰۰۱ رونمایی شد و در سال ۲۰۰۵، نسخه های تجاری HAL-۵ در Aichi Expo معرفی شد. HAL-۵ یک آگرواسکلتون کامل با وزن ۱۴۷ نیوتون بود. فریم آن متشکل از الیاف الومینیوم با اجزای فولادی در مفصل بود. HAL-۳ دارای شش مفصل، بود و زانو ها و کفل ها با موتورهای DC کار می کردند و قوزک ها توسط فنرهای پشتیبانی می شد که موجب افزایش پایداری بدن می شد. درجه حرکت موجب شد تا هر یک از مفصل بر اساس میزان قابلیت مفصل بدن برای پیشگیری از آسیب انعطاف خود را افزایش دهد. HAL-۵ دارای ساختار اندام فوقانی مشابه با HAL-۳ بود و جدیداً عملکرد تحمل بار نیز به این اندام افزوده شده است. [۵]

سری های HAL عمدتاً از سنسورهای EMG به صورت ورودی بهره می برند. بر اساس این سیگنال ها، موتورهای بدون بازخورد تولید گشتاور یکسانی مشابه با فشار ماهیچه بدن می کنند که حرکات اسکلتون را با حرکات بدن هم زمان سازی می کند. کنترل گر HAL از کامپیوترهای کوچک باتری کار مجهز به کارت شبکه بی سیم استفاده می کند که در پشت آن قرار داده شده است. HAL عمدتاً برای خدمات مدنی نظیر پرستاری و کمک به افراد معلول استفاده می شود.

سیستم های اولین آگرواسکلتون تجاری در بازار بود. برخی از نواقص و ایرادهای آن مربوط به سنسورهای EMG بود که برای کسب سیگنال های بیوالکتریک از ماهیچه ها استفاده می شود. از آن جا که باید به پوست انسان متصل می شد، تحت تأثیر عرق و حرکات بدن قرار گرفته و از این روی کیفیت سیگنال را کاهش می داد. به علاوه، موتورهای DC وقتی که فرد با سرعت زیادی می دوید قادر به تولید توان کافی نبودند. از نظر فنی میزان خروجی توان سیستم های موتوری با سیستم های هیدرولیکی قابل مقایسه نبود. [۵]



شکل ۵: ابزار های آزمایشی که با موتور های الکتریکی کار می کنند.



با این حال لازم به ذکر است که بهترین سیستم های داخلی هنوز تا ۱۰ سال عقب تر از انواع پیشرفته جهانی هستند. مهم ترین ویژگی های چهار سیستم اصلی فوق در جدول ۱ نشان داده شده است. این چهار مورد بیالگر جدیدترین پیشرفت ها در حوزه توسعه آگرواسکلتون فعال می باشند [۵].

۴-۲ آگرواسکلتون غیر فعال

اصطلاح آگرواسکلتون غیر فعال اشاره به نوع آگرواسکلتونی دارد که می تواند موجب بهبود فعالیت بدن بر اساس انرژی بدست آمده از انرژی بدن شود نه این که از منبع برق یا توان خارجی استفاده کند. در واقع، آگرواسکلتون غیر فعال نوعی از مکانیسم فنی متصل به بدن است. این خود انرژی تلف شده را در سیکل پیاده روی جمع کرده و در صورت لزوم آن را آزاد می کند. چون عرضه انرژی کاهش یافته است، آگرواسکلتون های غیر فعال سبک و زره مانند بوده و نیاز به نگه داری کمی دارند.

Parameter	BLEEX	HULC	XOS	HAL
Release time	2004.3	2009.2	2010.9	2011.1
Driver type	Hydraulic	Hydraulic	Hydraulic	Motor
Weight /N	490	235	931	216
Load /N	333	882	882	1568
Walk speed / (km · h ⁻¹)	4.7	11	5	4.5
Working time /h	2.0	2.0	8.0	1.5

جدول ۱: ویژگی های سیستم های منتخب

تحقیقات بر روی آگرواسکلتون های غیر فعال توجه زیادی را از طرف ارتش امریکا در سال های اخیر جلب کرده است. در دومین مرحله برنامه EHPA، ناتیکا سولجر سنتر یک پروژه FFW را رونمایی کرده است و از طرح مفهومی برای سال ۲۰۱۰ استفاده می کند که بر اساس آگرواسکلتون های غیر فعال بود. با هدف بهبود بقا و تحرک سربازان، این پروژه طبقه بندی شد. اطلاعات کمی در خصوص طراحی آن موجود است و تنها چندین تصویر تاکنون از آن ارائه شده است. ارتش روسیه یک پروژه سری ۳۱-Brave را آغاز کرده است که اطلاعات کمتری در مورد آن در دسترس است [۵].



شکل ۸: آگرواسکلتون مفهومی و برنامه بلند مدت ارتش امریکا در سال ۲۰۳۰

کارهای تحقیقاتی در چین در سال ۲۰۰۵ شروع شدند. با پشتیبانی NNSFC، گروهی در دانشگاه مهندسی هاربین، تحقیقاتی را بر روی اندام پایینی ربات انجام دادند. در طی سه سال اخیر، بسیاری از گروه ها در دانشگاه ها و مهندسان، نظیر آکادمی علوم چین، موسسه ماشین های هوشمند، دانشگاه علوم الکترونیک و فناوری چین، در این زمینه کار کردند و مقالات متعددی در کنفرانس های متعدد چاپ شدند [۵].

این طرح ها با موفقیت هایی همراه بودند و کارهای آن ها عمدتاً بر مطالعه روش های کنترل تاکید داشتند با اما برخی از نتایج آن ها مشابه یکدیگر بود.

در سال ۲۰۰۶، پروژه توسعه آگرواسکلتون های میدان نبرد توسط وزارت دفاع آغاز شد. تیم های دانشکده مهندسی هوانیروز، دانشگاه علوم و فناوری شرق چین، و دانشگاه هوانوردی و فضا نوردی در این کار وارد شدند. سیستم های هیدرولیکی و DC به طور جدا گانه برای پروژه توسعه یافتند. سیستم هیدرولیکی به مدت ۲ ساعت پی در پی پیاده روی می کرد ۲۹۴ نیوتون بار حمل کرده و پیشرفته ترین سطح از نظر تحقیقات داخلی داشت.



شکل ۶: دستگاه های آزمایشی که با سیستم پنوماتیک کار می کنند



Fig. 7. Engineering attempts in China



شکل ۷: تلاش های مهندسی در چین



شکل ۵: کفش های ژنراتور، دستگاہ جمع اوری انرژی و نمودار انرژی کل که توسط انسان جمع اوری می شود



شکل ۹: کفش های APL و اندام مصنوعی الاستیک OSSUR

آگرواسکتون غیر فعال یک مفهوم جدید نسبی است که برای غلبه بر معایب آگرواسکتون فعال پیشنهاد شده است. توانایی آگرواسکتون غیر فعال برای ذخیره انرژی در روند حرکات بدن و آزاد سازی انرژی می تواند در میدان نبرد بسیار ارزشمند باشد زیرا شناس سر را برای بقا بسیار بیشتر افزایش می دهد. در عین حال، فریبک آگرواسکتون فعال را می توان به صورت مجموعه ای از زره بدنی باری حفاظت از سرباز طراحی کرد.

آگرواسکتون غیر فعال قادر به جمع آوری کار منفی طی پیاده روی و دویدن انسان می باشد و در صورت لزوم آن را منتشر می کند. اگرچه روش کار غیر فعال نمی تواند به هدف واقعی خود برسد با این حال آن ها دارای بسیاری از خصوصیات مناسب می باشند: سادگی ساختاری، فریم سبک وزن، توان و منبع برق بیومکانیکی، و کنترل انسانی مستقیم. این مزیت ها به استفاده از آن ها در علوم نظامی و بازارهای مصرف کننده کمک زیادی می کند. این مزیت ها هم چنین می توانند نسبت به آگرواسکتون های فعال از هر دو حیث مناسب تر باشند و موجب رواج آن ها شوند [۵].

در صورتی که مفهوم را بسط دهیم، هر گونه ابزار برای بهبود توان و قابلیت فیزیکی افراد را می توان به صورت آگرواسکتون غیر فعال در نظر گرفت. شولدر پول، ظرفیتس، صیرنج بوردس و مستسز ابزارهایی هستند که می توانند تجربه مناسبی را برای طراحی آگرواسکتون ها در اختیار بگذارند. در واقع آن ها آگرواسکتون های غیر فعال می باشند که در دستگاه های ورزشی و سرگرمی استفاده می شوند و در منابع مطالعات زیادی در مورد آن ها صورت گرفته است.

نسبت به آگرواسکتون های فعال از هر دو حیث مناسب تر باشند و موجب رواج آن ها شوند. در صورتی که مفهوم را بسط دهیم، هر گونه ابزار برای بهبود توان و قابلیت فیزیکی افراد را می توان به صورت آگرواسکتون غیر فعال در نظر گرفت. شولدر پول، ظرفیتس، صیرنج بوردس و مستسز ابزارهایی هستند که می توانند تجربه مناسبی را برای طراحی آگرواسکتون ها در اختیار بگذارند. در واقع آن ها آگرواسکتون های غیر فعال می باشند که در دستگاه های ورزشی و سرگرمی استفاده می شوند و در منابع مطالعات زیادی در مورد آن ها صورت گرفته است.

مطالعات مربوطه طی ۵ سال پیش شروع شده اند ولی بسیاری از دستاوردها منتشر نشده اند زیرا آن ها بیشتر در مناطق نظامی قابل کاربرد می باشند [۵].

شرکت APL آمریکا یک کفشی را اختراع کرده است که توسط NBA قدغن و ممنوع اعلام شده است. در شکل این کفش با کفش های معمولی هیچ تفاوتی وجود ندارد و فرد می تواند با آن ۱۰ سانتی متر بیشتر بپرد. راز APL وجود چهار فنر قوی و کوتاه در پاشنه است. شرکت OSSUR یک پروتز موسوم به Cheetah Xtreme اختراع کرده است که به ورزشکار معلول افریقایی، اسکار بیستویس در المپیک ۲۰۱۲ کمک شایانی کرد (شکل ۹). این یک فنر کربنی فیبری بدون کنترل مصنوعی است. برای مقایسه افرادی که از آن استفاده می کردند توسط پیتر برگرم از دانشگاه جرمن اسپورت در کولن آلمان انجام شد. نتایج نشان داد که فرد هنگام دویدن با سرعت خاص، ۲۵ انرژی کمتری در مقایسه با افراد سالم مصرف می کند وقتی که سرعت افزایش می یابد انرژی حاصل از این پروتز سه برابر بیشتر از یک مفصل قوزک انسانی می رسد. اکت انرژی ناشی از این اندام مصنوعی تیغه ای شکل ۹٫۳ سه درصد در مقایسه با ۴٫۴ درصد مفصل قوزک انسان بود که انرژی مکانیکی نسبت به مفصل قوزک سالم بیش تر از ۳۰ درصد بود.

لازم به ذکر است که اندام مصنوعی یک دستگاه ارتوتیک طراحی شده به صورت جایگزین در بدن است که متفاوت از آگرواسکتون کاری کند [۵].

بر اساس همین روش الاستیک، نوع جدیدی از پدهای پلاستیکی متصل به کفش ورزشی توسط گروه دانشکده مکانیک و مهندسی تولید و فلسفون تولید شد. با اصلاح سختی و مقاومت پدها، کارایی مکانیکی دو برابر شد. مناسبانه چون مقاومت پدها را نمی توان بعد از ساخت تغییر داد، پدها برای دویدن و پیاده روی آهسته بسیار سخت و انعطاف ناپذیر هستند.

افراد خاطر نشان می کنند که انرژی تلف شده در روند حرکات بدنی را می توان برای تولید برق جمع اوری کرد. کفش ژنراتور بر اساس این ایده طراحی شد اما نتیجه نامیدکننده بود. اگرچه میزان توان به اوات بهبود یافت، با این حال برای حرکت آگرواسکتون بسیار کم بود. دستگاه های استفاده کننده از انرژی بیومکانیکی توسط دانشگاه سیمون فریزر کانادا در مجله ساینس در سال ۲۰۰۸ منتشر شدند. این یک ژنراتور الکتریکی کوچک پیاده شده بر روی زانو بود که فریم آن متصل به کفل و زانوی پایین بود. این قادر به تولید ۵ وات برق در هر پا با حداقل پیاده روی بود (شکل ۱۰).

نتایج آماری نشان داد که اندام بالایی می توانست بدون اثرگذاری بر پیاده روی طبیعی تولید کم تر از ۱۵ وات کرد. به عقیده ما، ژنراتورهای برق بیومکانیکی به عنوان منبع برق برای آگرواسکتون ها کاربرد ندارند.

سحر جعفری



مصاحبه با خانم مهندس:

فاطمه شالچی زاده

دانشجوی دکترای بیوالکتریک

۱) سلام وقتون بخیر لطفا خودتون رو معرفی کنید.

سلام خیلی ممنونم وقت شما هم بخیر. فاطمه شالچی زاده هستم دانشجوی مقطع دکتری مهندسی پزشکی گرایش بیوالکتریک.

۵) آیا بعد از فارغ التحصیلی صرفا متکی به دیوس دانشگاهی می توان وارد بازار کار شد؟

من خودم چون هیچوقت به صورت جدی وارد بازار کار نشدم نمی تونم پاسخ دقیقی برای این سوال داشته باشم ولی خب واضحه که آموزش آکادمیک یک مقداری با بازار کار تفاوت داره و بازار کار مهندسی پزشکی هم خیلی وسیع هست. مطمئنا مشورت با افراد با تجربه و آموزش های غیردانشگاهی و هم چنین به دنبال موقعیت های کسب تجربه واقعی بودن مثل کارآموزی می تونه مفیدتر باشه.

۶) مهم ترین انگیزه شما برای ادامه تا اینجا چه بوده است؟

من به خاطر علاقه به فضای علمی، تحقیق و تدریس تحصیل رو ادامه دادم و تمیگم چون علاقه داشتم همه چی برام آسون بود مسلما همه دانشجویها به زمان هایی دلسرد میشن از تحصیل و یا نگران میشن از اینکه به خاطر تحصیل طولانی برخی موقعیت های شغلی رو از دست بدن برای من هم این فراز و نشیب ها بوده.

۷) مهم ترین نیاز بازار کلونی رو چه می بینید؟

همون طور که قبلا هم گفتم من متاسفانه خیلی فعالیت اقتصادی در زمینه مهندسی پزشکی نداشتم ولی خب تغییری که در این سال های اخیر از صرفا فروشندگی و تعمیرات تجهیزات پزشکی به سمت تولید و شرکت های دانش بیان بوده رو مثبت می بینم و به نظرم نیاز هست که دانشجویها تخصصی تر آموزش ببینند.

۸) آیا تا حالا راجع به تاسیس شرکت دانش بنیان و ثبت اختراع فکر کردید؟

به تاسیس شرکت فکر میکنم ولی خب کاری نیست که خیلی سریع و بدون آگاهی انجامش داد چون علاوه بر دانش تخصصی در زمینه مهندسی پزشکی نیاز هست تا کسی که اقدام به تاسیس شرکت میکنه اطلاعات مالی و اقتصادی هم داشته باشه.

۱) به توضیح کلی راجع گرایش بیوالکتریک بفرمایید.

گرایش بیوالکتریک همون طوری که از اسمش معلومه با الکتریسته مرتبطه. تعاریف زیادی برای این گرایش وجود داره که من خودم بیشتر این تعریف رو راجع به گرایشمون میسندم که میگه ما مهندس های بیوالکتریک موجود زنده رو مثل یک سیستم دارای الکتریسته می بینیم و سعی می کنیم پیام هایی که بدن موجود زنده از طریق سیگنال های حیاتی برای ما تولید کنه بفهیم. طبق این تعریف ما مهندس دستگاه های پزشکی نیستیم مهندس خود سیستم موجود زنده هستیم و با موجود زنده سروکار داریم.

۳) چه مقدار آموزش های دانشگاه براتون مفید بوده تا چند ر آموزش های غیر دانشگاه رو توصیه می کنید؟

وقتی ما وارد رشته مهندسی پزشکی می شیم لازم داریم که راجع به موضوعات خیلی متنوعی اطلاعات داشته باشیم که یک سری هاش خب مرتبط با مباحث پایه آناتومی و فیزیولوژی هست که ما خود موجود زنده رو بشناسیم و یک سری آموزش های دیگه هم هست که مرتبط با برق و الکترونیک هست. اصولا یک مهندس پزشک نیاز داره برای مدیریت یک پروژه یا انجام یک کار خیلی اطلاعات وسیعی در رابطه با موضوعات مختلف داشته باشه. در این میان خیلی ارتباطات هم بین بیوالکتریک و هوش مصنوعی وجود داره که متاسفانه در این زمینه خیلی اطلاعات زیادی نمیشه صرفا با آموزش کسب کرد. من توصیه می کنم حتما دانشجویهای این گرایش دنبال یادگرفتن یک زبان برنامه نویسی و الگوریتم های به روز هوش مصنوعی باشند که خیلی می تونه برایشون کاربردی باشه.

۴) مهارت های ضمیمه ای که در کنار دیوس دانشگاهی ادامه دادید چی بود؟

من مهم ترین مهارت هایی که سعی کردم در خودم تقویت کنم در زمان تحصیلم زبان انگلیسی و برنامه نویسی متلب و پایتون بود.