فناوریهای علوم الکترونیک در پزشکی: درمان های غیر تهاجمی

شکراله کریمیان*

چکیده

رشد چشمگیر کاربرد فناوریهای نوین در علوم پزشکی،سالهای اخیر را بیش از هر زمان دیگربه صحنه تعامل متخصصان علوم الکترونیک و پزشکی تبدیل ساخته است. اگرچه سابقه استفاده از دانش و فناوریهای الکترونیک به دهه های قبل برگشته و به تدریج با ساخت دستگاه های پزشکی تکمیل گردیده، لیکن بکارگیری ابزارهای پیشرفته الکترونیکی در اعمال روشهای نوین درمانی، بویژه در دو مقوله درمان های غیرتهاجمی و کم تهاجمی، از جمله امتیازات پزشکی نوین در مواجهه با بیماریها است.فناوریهای به کار رفته در دو مقوله مذکور با هدف رفع یا کاهش حداقلی نیاز به ورود فیزیکی به بدن و به منظور عدم آسیب به پوست، بافت ها و اعضاء فراگیر شده اند. کاربرداین فناوری ها به دلیل قابلیت بالای نوآوری وتجاری برجسته، در قالب چهار دسته: مدیریت جراحت، انتقال دارو، حسگرهای غیرتهاجمی، و پایشهای پوشیدنی مورد توجه قرارگرفته اند. در این میان"حسگرهای غیرتهاجمی"، به موجب قابلیت انعطاف بالاتر و استفاده بیشترشان، فراگیرترین کاربرد را در درمان های پزشکی داشته اند. البته سهولت در استفاده و مشاهده سریع و کوتاه مدت نتایج این حسگرها، نیز از عوامل موثر در توجه به آنها به شمار می رود. با عنایت به نقش کلیدی ابزارها و دستگاه های پیشرفته الکترونیک در اعمال روش‌های نوین درمانی،در نوشتار حاضر تلاش گردیده تا با معرفی نمونه‌هایی از این دستگاهها، نحوه عملکرد آنها، مزیت ها و محدودیت های موجود، تصویری اجمالی از حال و آینده پزشکی الکترونیک به عنوان یک شاخه علمی شگفت انگیز ارائه وزمینه های فعالیت پژوهشی مرتبط با این فناوری‌ها مورد بحث قرارگیرد.

واژگان کلیدی: پزشکی الکترونیک، درمانهای غیر تهاجمی، درمانهای کم تهاجمی،مدیریت جراحت، انتقال دارو، حسگرهای غیر تهاجمی، پایشگرهای پوشیدنی.

* دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران و پردیس مهندسی برق و الکترونیک دانشگاه منچستر، انگلستان.
نشانی الکترونیکی: S.Karimian@manchester.ac.uk

مقدمه

استفاده روزافزون از فناوریهای نوین علم الکترونیک، آنهارا به کلید مشکل گشای پزشکی مبدل ساخته است. بعلاوه، خصوصی سازی درمان و خدمات آن، افزایش اعتبارات پژوهش در حوزه های مهندسی و فناوری سلامت (نظیر بیوحسگرها، پیوند های کاشتی، مهندسی بافت و کنترل اطلاعات- محورِ درمان) را به ارمغان آورده است. در این راستا،دانشگاه ها و موسسات برتر[۱] ، به عنوان پیشگامان این نهضت، گروههای تحقیقاتی بسیار مجهزی را تاسیس کرده اند تاضمن بکارگیری اصول مهندسی و فناوریهای نوین،پیشرفت در حیطه های مختلف درمان های پزشکی و سلامت را تضمین نمایند. همکاری این گروهها با پردیس‌های پزشکی، بیمارستان‌ها و سازمان خدمات سلامت عمومی، آنها را برای توسعه فناوری‌های مهندسی پزشکی در موقعیتی منحصر به فرد قرار داده است.

آنچنانکه در «بیانیه ماموریت»[۲] این مراکز آمده است، آنها به منظور مصاف با چالش های جهانی سلامت و بهزیستی، به اختراع، توسعه و تقویت دستگاه هایی مبادرت می ورزند که:

(الف)پزشکان را در تشخیص بیماری و ارائه راه حل هایی به منظور مدیریت امراض مزمن توانمندسازد و (ب) بیماران را نیزنسبت به کنترل بیشتر بر درمان خود و زندگی مستقل قادر نماید.به بیان دیگر، این مراکز پژوهشی در تلاشند تا با استفاده از فناوری‌های نوین،تشخیص زودهنگام، بررسی دقیق، تشخیص و درمان را تسهیل بخشند. بدین منظور، روش های بدیع را برای کنترل پیوسته و به موقع پیام‌های زیستی(بیوسیگنال ها) طراحی می‌کنند تا خدمات درمانی را در عرصه‌هایی نظیر امراض ژنتیک، سوخت و ساز زیستی، عصب شناسی،شخصی سازی مراقبت پزشکی[۳] آسان کنند.

اینک، با عنایت به نقش مهم این مراکز پژوهشی در ایجاد ارتباط بین فناوری و درمان، این پرسش قابلیت طرح می یابد که چگونه می توان نسبت به ایجاد مراکزی مشابه و نشاء و بومی سازی دانش و فناوری های نوین الکترونیک در پزشکی (پزشکی الکترونیک)در کشور مبادرت نمود؟ در این نوشتار تلاش بر آن است تا متعاقب تبیین جایگاه فناوریهای الکترونیکی در علم پزشکی، شاخص ترین این فناوریها در زمینه درمانهای غیرتهاجمی و کم تهاجمی[۴] معرفی و اصول کارکرد و کاربردهای متعدد آنها مشخص گردد.

جایگاه فناوریهای الکترونیکی در علم پزشکی

تحقیقات در زمینه فناوریهای الکترونیکی، دربرگیرنده ترکیبی قوی از حسگرهای بسیار کوچک با مدارهای الکترونیکی مجتمع[۵] ، و فناوری پردازش هوشمند،متکی بر تازه‌ترین دست‌آوردها در فناوری نیمه هادی ها است. هدف اصلی این پژوهشها،بکارگیری الکترونیک همساز با فرایندهای بیولوژیکی، و کوچک نگاه داشتن اندازه این قطعات و مصرف کمترین مقدار الکتریسیته می باشد. برای نمونه، با بکارگیری فناوری امواج رادیویی در نیمه هادی ها، میتوان به دنبال راههای کاهش توان مصرفی مورد نیاز در این حسگرها بود[۱].

واقع آن است که پیشرفت‌های حاصله در فناوریهای الکترونیک، ارتباطات و ژنومیک[۶] ،سرعت تحقیقات در حیطه هایی از خدمات درمانی را با شدت بیشتری امکان پذیر کرده است.

در این راستا، پیشرفتها در زمینه های نانوفناوری، پردازش داده ها، روباتیک، تشخیص مولکولی[۷] ومایکرو-فلویدیکس[۸] چشمگیرتر بوده اند. این دستاوردها موید آنست که می توان تغییراتی در خدمات درمانی کنونی کشوراز مدلِ متمرکز پزشک‌محور به سمت روشی هوشمندتر، تمرکز زدا و بیمارمحور بوجود آورد. اعتقاد بر آن است که این تغییر و جابجایی در مدل، منتج به راه حلی سیار و دقیق برای ارائه خدمات مرتبط با سلامت بوسیله دستگاه های کاربرپسند و سهل العمل[۹] خواهد شد.

این اقدامات برای «پایش وکنترل غیرمحسوس پزشکی[۱۰] « بسیار مفید هستند، چرا که نحوه ی نمایش اطلاعات، بیمار را قادر خواهد ساخت تا بر اساس آنها اقدام کند. به همین سبب است که فناوری حسگرهای زیستی-پیوندی را میتوان عاملی تعیین کننده درافزایش کیفی سنجش وضع بیمار و اقدامات درمانی به شمار آورد.

با آنچه گفته شد، می توان فناوری الکترونیکی قابل استفاده را براساس نوع بیماری و مشی درمان، به دو دسته کلی «سیستم های غیرتهاجمی» و «سیستم های کم تهاجمی» تقسیم نمود. آنچنانکه آوردیم، این دستگاه ها با هدف رفع یا کاهش حداقلی نیاز ورود فیزیکی به بدن و به منظور پیشگیری از آسیب به پوست، بافت‌ها و اعضاء بکار گرفته می شوند. درادامه،ضمن تشریح ساختارکلی وکاربردهای دوسیستم مذکور،قابلیتها،کاربردهای بدیع،مزیت‌ها ومحدودیتهای هرکدام مشخص وبه ارائه تحلیلی راهبردی از چشم انداز بکارگیری فناوریِ الکترونیک درعلم پزشکی مبادرت خواهدشد.

---

۱. از جمله این مراکز، می توان به مرکز فناوریهای زیست-الهامی (Bio-Inspired) کالج سلطنتی لندن در انگلستان، مرکز مهندسی زیست-الهامی موسسه فناوری کالیفرنیا (California Institute of Technology - Caltech) در ایالات متحده امریکا اشاره نمود.

2.Mission Statement

3.Personalise Healthcare

4.Non-Invasive and Minimally-Invasive

5.Integrated Circuits

٦. ژنومیک زمینه ای علمی است که در آن به تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات ژنتیکی بخصوص ژنوم موجودات پرداخته می‌شود.

7. Molecular Diagnostics

۸. حیطه ایست میان رشته ای بین مهندسی، فیزیک، شیمی، زیست، نانوفناوری و بیوفناوری که با هدف توسعه "آزمایشگاه روی تراشه" ارائه شده است.

9. User-Friendly

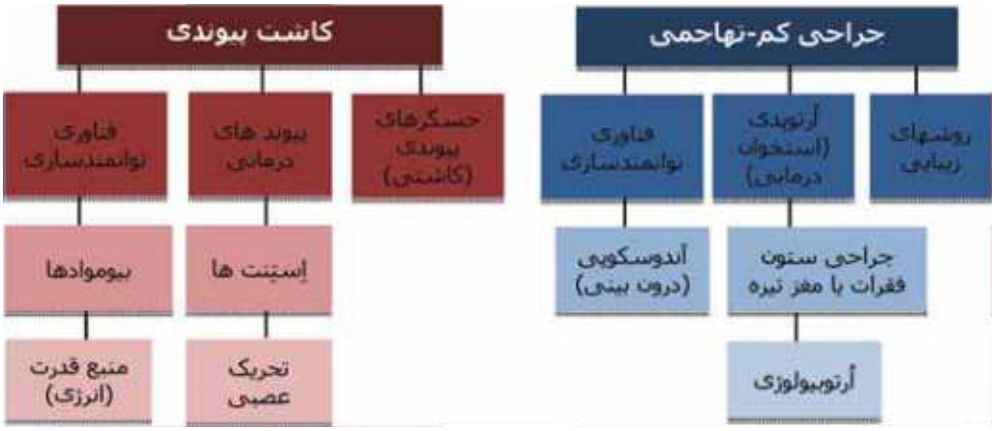
10. Hidden Medical Monitoring

۱) فناوریهـای کم تهاجمی: حسـگرهای پیوندی (قابل کاشت)

بر اسـاس تحقیقات، شـش حیطه کاربردی به عنوان ابداعات مهم و دارای پتانسیل تجاری در زمینه فناوری کمتهاجمی مشخص شده اند، که میتوان آنها را مطابق شکل ۱به دو گروه کلی «جراحی کم تهاجمی» و «کاشت پیوندی» دسته بندی نمود.

اگرچـه جراحی‌هـای کم تهاجمی بخـش عظیم و ارزشـمندی از تحقیقات وسـیع در این عرصه را به خود اختصاص می دهند؛ لیکن ارتباطات بی سیم (نظیر وای فای، بلوتوث، جی پی آر اس و فرکانس رادیویی RF) نیز از جایگاه خاصی برخوردار گشته‌اند.

آمار پژوهش‌های انجام یافته در مراکز درمانی پیشرفته موید آن است که بخش قابل ملاحظه ای از این تحقیقات به اسـتفاده از فناوری بی سیم اختصاص یافته است. اگرچه رقابت علمی میان مراکز پژوهشی در ثبت مالکیت فکری محصولات جدید این فناوری قابل درک اسـت،لیکن اعتبار این محصولات و سـازگاری آنها با بدن، قبل از توزیع عمده، بر اساس استانداردهای بالا سنجیده می شود.[۲]



شکل۱: زیر مجموعه های فناوریهای کم تهاجمی بر اساس حیطه کاربرد و فناوریهای وابسته.

چون تمرکز نوشـتار حاضر بر اسـتفاده از فناوریهای الکترونیکی و بویژه نقش حسـگرهای پیوندی اسـت، در ادامه، به بررسی عملکرد فنی این حسـگرها پرداخته و تاثیرات روانی و آسایشی آنها بر بیمار مورد بررسی قرار می گیرد. اغلب حسگرهای پیوندی شامل دو بخش اصلی «اجزاء قابل کاشت» و «اجزاء خارجی» هستند. نمونه هایی بی سـیم از این سیستم ها را موجود است که در آن، یک دستگاه (جزء) خارجی بوسـیله پرتوهای الکترومغناطیسـی، انرژی مورد نیاز را به حسگر بدون باتری[۱] کاشته شده در بدن، منتقل می کند. این دستگاه سپس پاسخ حسگر کاشته شده را گرفته و تفسیر می کند. بدیهی است که کاهش حجم هر کدام از این دو جزءآسایش بیمار را در پی خواهد داشت.همانند سـایر ابزارهای الکترونیکی و ارتباطی نوین، فناوریهای اکثر این حسـگرها سازه ای متشکل از بدنه و آنتن هستند که تماما در پوششـی از مواد زیست–همسـاز (مانند پی دی ام اس[۳]) و در ابعادی قابل کاشـت ارائه می شوند. نمونه ای از این ها، حسگر«تشدید کننده امواج صوتیِ سطحی[۴]» است که در بطن چپ قلب و به منظور سنجش فشـار خونِ استفاده شـده است[۲]. بدیهی اسـت که به دلیل اهمیت اسـتفاده وعملکرداین حسگرهادرحسـاس ترین نقاط بدن،ضرورت داردبخش قابـل توجهی ازتحقیقات برروی زیست–سـازگارنمودن آنهامتمرکزگردد[۵-۳].همچنین،پژوهـش درجهت یافتن راهکارهایی به منظور رفع محدودیت‌های زمان کارکرد،غیرقابل نفوذ بودن فضای تعبیه شـده درحسـگر[۵] وعفونت‌هـای حاصله، رایانـش بی درنگ[۶] ضرورتی اجتناب ناپذیر می‌باشند.

1. Passive Sensor

۲. در این راستا، ادارات مختلف مجموعه استانداردهای ایزو ۱۰۹۹۳ به منظور ارزیابی بیولوژیکی دستگاه ها و ابزارهای پزشکی، راهنمایی های لازم را در ارتباط با طراحی، انتخاب و تست آنها ارائه می‌دهند؛ هرچند این استانداردها هنوز در ارتباط با حسگرهای کاشتی جای کار بسیار دارند.

3. Bio-Compatible Polydimethylsiloxane (PDMS)

4. Surface Acoustic Wave Resonator (SAWR) Sensor

۵. به طور کلی پلیمرها، سیلیکون و به ویژه پی دی ام اس نفوذپذیری قابل ملاحظه ای نسبت به گازها و مایعات نشان داده اند؛ این امر که به سختی نیز قابل سنجش است، به مرور زمان باعث عدم کارکرد صحیح حسگر می شود.

6. Real-time Computing

در ادامه، ضمن دسته بندی حسگرهای پیوندی بر اساس عملکردشان در پزشکی، نقش آنها در سنجش، پایش، کنترل و بهبود سلامت بیماران نیز مورد بحث قرار گرفته است.

الف)حسگرهای پیوندی (قابل کاشت) پایش فشار خون

تحقیقات نشان داده است که مدیریت صحیح فشار خون نقشی کلیدی در درمان بسیاری از عارضه ها، مانند فشار خون و نارسایی قلبی، ایفا می کند[٦].

همچنین ثابت شده است که سنجش غیرحضوری (سیار)و تمام وقت فشار خون از طریق سیستم خودکار، به دلیل پدیده ای معروف به «فشار خون کُتِ سفید»[1] ، قابلیت بازتولید بیشتری نسبت به سنجش های حضوری دارد. بعلاوهپایش دائمی فشار خون در بیماران غیربستری، امکانات هشداری و سلامت ازراه دور مفیدی ارائه می کند. بعلاوه، اینگونه سنجش ها، اطلاعات تمام فعالیت های بیمار، شامل حالت‌های خواب و بیداری را ارائه می دهند.

پژوهشهای متعددی به منظور امکان سنجی و ارزیابی سودمندپایش مستمر هِمودینامیک قلب[2] انجام شده است. در سال ۲۰۰٤ میلادی نتایج سنجش های امیدوار کننده ای از بزرگ سرخرگ (آئورت) برخی سگ سانان بوسیله حسگرهای فشاری و دورسنجی مغناطیسی و با استفاده از سامانه های میکروالکترومکانیکی (MEMS) [3] به دست آمد[۷].

در تحقیقی دیگر، دستگاهی بسیار کوچک به حیوانات و نیز گروه اندکی از بیماران پیوند زده شد. این حسگر که مبدلی (تراگزار) پیزوالکتریک با منبع انرژی صوتی[4] و مصرف انرژی بسیار پایین بود، در اندازه ای قابل سفارش (بر اساس نیاز افراد) ساخته می شد و قادر به ارسالسنجش های فشار به طور ممتد برای پنج تا ده ثانیه بود[۹، ۸].

روش مشابه دیگری به نام «کاردیوِمِز» برای ارزیابی دقتِ حسگر نارسایی قلبی بکار گرفته شده، که بر اساس فناوری مِمزو با استفاده از خازنِ حساس به فشارعمل می کند. این حسگر به صورت الکترومغناطیسی به یک آنتن بیرونی، که مسئول روشن نمودن حسگر و ثبت فرکانس تشدیدی آنستو سنجش حاصله به سطح فشار سرخرگ ارتباط داده می شود. اعتبار و تناسب این روش در مقایسه با روشهای موجود تایید شده و با بکارگیری آن نرخ دوباره بستری شدن بیماران کاهش یافته است[۱۱، ۱۰].

روش های مشابه دیگری نیز بعدا ارائه شد که حسگر به همراه آنتن در داخل بدن پیوند زده شده و با استفاده از امواج رادیویی به ارسال اطلاعات به یک واحد خارجی منجر می گردد[۱۲].

داده های حاصله توسط خود بیمار و راس ساعت های تجویز شده استخراج و به پزشک معالج ارسال می شوند[١٤، ١٣].

ب)حسگرهای پیوندی پایش پیوسته گلوکز (سی جی اِم)[5]

دسته دیگر ازحسگرهای پیوندی آنهایی هستندکه درکنترل وتنظیمپیوسته گلوکزمورداستفاده قرار گرفته و به حسگرهای سی جی ام مشهورند. این حسگرهافوایدمتعددی نسبت به فناوری مرسوم پایشگلوکزدارندکه ازجمله می توان به قابلیتهای ذیل اشاره نمود:

- توانایی هشدار به بیمار در خصوص وضعیت کمبود ناهنجار گلوکز خون (هیپوگلیسمی)
- توانایی اعلام به بیمار که وارد حالت هیپوگلیسمی شده تا بتواند خطر عواقب و پیچیدگی های مربوطه را کاهش دهد
- توانایی کنترل و تنظیم روند سطوح گلوکز به بیماران و پزشکانو کمک به مدیریت صحیح بیمار
- این حسگرها همچنین می تواند به یک تلمبه انسولین ارتباط داشته باشد تا سیستمی حلقه-بسته ایجاد نموده؛ و به طور خودکار و در پاسخ به تغییرات سطوح گلوکز خون،به توضیح انسولین بپردازد.

این سیستم شامل چهار جزءتلمبه انسولین، لوله ی انتقال که زیر پوست قرار می گیرد، حسگر گلوکز، دستگاه ذخیره داده می باشد. تلمبه انسولین، دارو را تا حداکثر سه روز پس از نصب دستگاه پخش میکند. پایش مستمر گلوکز توسط حسگر بسیار کوچک امکان پذیر می شود و داده های حسگر دائما به دستگاه سبکی که به آن متصل است، ارسال می‌شود. فرستنده،اطلاعات گلوکز خون را به صورت رادیویی (آر اِف) به تلمبه انسولین ارسال می کند و به این ترتیب شرایط بیمار مرتبا توسط دستگاه کنترل و داروی مورد نیاز به وی تزریق می‌شود.

در شرایط حاضرتنها شرکت ها و دانشگاه های معدودی دستگاه های تایید شده را به بازار ارائه کرده اند و حسگرهای موجود نیز از کاستی‌های متعددی رنج می برند[6] ؛ فلذافرصتی برای پژوهش در زمینه بهبود فناوری موجود فراهم آمده است؛ حرکتی که شرکت هایی نظیر

---

۱. White Coat Hypertension: این سندروم (فشار خون) پدیده ایست حاکی از افزایش فشار خون بیمار به دلیل اضطراب در محیطهای شبیه به مطب؛ در حالیکه در محیط معمولی این پدیده دیده نمی شود.

۲. Continuous Hemodynamic Monitoring: پایش ممتد حرکات خون و فشاری که در رگها، شاهرگ ها و حفره های قلب اعمال می کند.

۳. سامانه های مِمز،بر عکس قطعات الکترونیکی IC، با تلفیق میکروالکترونیک سیلیکونی با فناوری ماشین کاری میکرونی ایجاد می شوند.

4. Acoustically Powered Piezoelectric Transducer .

5.Continuous Glucose Monitoring (CGM).

٦. حسگرها از عمرکوتاهی برخوردارند و باید مکررا (هر ۳-۷ روز) عوض شوندو بعلاوه، آنها به عنوان دستگاه های افزوده (و نه جایگزین) تایید شده اند؛ این برچسب، به دلیل عملکرد ضعیف این دستگاه به هنگام پایین بودن سطح گلوکوز و یا تغییر سریع آن است. همچنین، این حسگرها هنوز نیازمند درجه بندی (Calibration) توسط دستگاه های مرسوم (انگشت- سوزن) گلوکوز خون هستند.

اس ام اس آی[1] آغازگر آن شده اند.
البته سیستم های قابل ملاحظه دیگری نظیردستگاه هایپایش پیوسته گلوکز «اسپکت آر اِکس[2]» ،«سی جی ام» (محصول مِدترونیک) و «گلوکولایت» نیز وجود دارند، که هر سه با بخشی به شکل وصله (چسب) به بدن بیمار نصب می شوند. دو دستگاه نخست،بر اساس فناوری مایکروپوریشن لیزری[3] عمل کرده، و به طور غیرتهاجمی به مایع بینابینی پوست (آی اِس اِف[4]) دسترسی پیدا می کند.
دستگاه سوم، با هدف استقرار در بیمارستان و بر اساس پایش مستمر و غیرتهاجمی گلوکز خون به کمک روش مقطع‌نگاری همدوسی اپتیکی[5] عمل می کند و مرتبا داده هایی را توسط نور مادون قرمز از میان پوست و بدون نیاز به برداشت خون یا تهاجم به بدن به دست می آورد
.از آنجاییکه روش های کنونی سنجش سطح خون، بسیار دردآور، زمان بر و نیازمند حضور دائم یک پرستار است، بکارگیری حسگرهای مورد بحث می تواند تحولی دیگر در مدیریت پزشکی و استفاده بهینه از زمان و اعتبارات مالی به حساب آید.

ج) حسگرهای رمزگشایی از دلیل سنکوپ های بلاتوضیح

یکی دیگر از محصولات فناوری الکترونیک که در پزشکی قابلیت استفاده یافته، دستگاه پایش قلبی با قابلیت کاشت و فعال سازی خودکار و دستی (توسط بیمار) است که می تواند با ضبط نوار قلب در هنگام وقوع سنکوپ، نوع بی نظمی در ضربان قلب (آریتمی) را معین سازد. این دستگاه که از طریق بریدگی کوچک در قسمت فوقانی قفسه سینه در زیر پوست قرار میگیرد، می تواند تا ۱۴ ماه اطلاع رسانی کند. به هنگام بروز مشکل، کافی است فعال کننده دستی کوچکی که در اختیار بیمار است را روی دستگاه کاشته شده قرار داده تا نوار قلب ضبط گردد؛ هر چند که این دستگاه قادر است تا به طور خودکار نیز این کار را انجام دهد.
نمونه این دستگاه ها،حسگر پیوندی پایش همودینامیک[6] کرونیکِل (یا رویدادشمار) ساخته شده است. این دستگاه مدام فشارهای داخل قلب و جریان خروجی از بطن راست را از طریق یک حسگرپایش می کند. داده های ذخیره شده توسط بیمار به پزشک بالینی ارسال می‌گردد تا تجویزات لازم انجام شود.

د) حسگرهای بهبود آنوریسم شاهرگ بطنی

درمان آنوریسم[7] ، یا نیازمند جراحی باز برای برداشتن آنوریسم است، و یا جراحی کم تهاجمی درون آوندی، که در آن لوله توری مصنوعی (اِستِنت) در داخل کیسه آنوریسم پیوند داده می شود تا از فشار به آن بکاهد. ماندگاری و دوام این استنت های پیوندی قابل بحث است چراکه در مواردی به توسعه ترشحات داخلی منجر شده است. به منظور کسب اطلاعات از وضعیت این استنت ها و تعمیرات درون آوندی،حسگرهای پیوندی بی سیم و بدون باتری را به منظور پایش درازمدت بیمار ،به هنگام تعمیر درون آوندی وارد بدن می سازند. اطلاعات فشارکیسه آنوریسم به صورت زنده و از طریق امواج رادیویی به یک واحد الکترونیکی بیرونی ارسال وبه پزشک بیمار منتقل می شوند.

ه) حسگرهای محرک عصبی

حسگرهای پیوندی محرک عصبی[8] دستگاه هایی هستند که به الکترودهایی متصلند و در ناحیه های خاصی از مغز یا سیستم عصبی مرکزی جای داده می شوند. این دستگاه ها که برآمده از فناوری دستگاه تنظیم کننده ضربان قلب می باشند، به نحوی طراحی شده اند که الگوهای دقیق نبض‌های الکتریکی را از طریق گذرگاه های عصبی مشخص انتقال داده و بدین سان متخصصان را قادر سازند تا طیف وسیعی از بیماریهای مغزی را تحت کنترل درآورند.
اگرچه هزینه استفاده ازاین دستگاهها بالاست، لیکن مزیتهای متعددی نسبت به درمان های دارویی متداول دارندکه از آن جمله اند:
(۱) به دلیل آنکه کُنش های محرکهای عصبی مختص نقاط خاص اند، تاثیرات مخرب جانبی آنهابسیار اندکاست، (۲) درمان ها بازگشت پذیر هستند، (۳)می‌توانندگزینه ای درمانی برای بیمارانی باشندکه جایگزین درمانی دیگری ندارند. بدین ترتیب،باید اذعان نمود که این دستگاه ها می‌توانند در برخی شرایط مزمن، که نیازمند مدیریت دارو در طول عمر بیمار است، مقرون به صرفه تر باشند. این فناوریهای نوظهور در حیطه تحریک سازی عصبی به موسسات پژوهشی و شرکتهای تولیدی این فرصت را می دهد تا به بازار امراض مزمن نظیر مدیریت دردها و میگرن وارد شوند؛ جایی که جمعیت بیماران به میلیونها نفر می رسد.جدول ۱ کاربردهای بالقوه حسگرهای محرک عصبی را دسته بندی می کند.

---

1. Sensors for Medicine and Science, Inc.

۲. محصول مشترک شرکت اکسپت آر اِکس و آزمایشگاه اَبوت.

۳. مایکروپوریشن شامل ایجاد منفذهای یا کانالهای مایکرونی (بسیار کوچک) در پوست است که می تواند اجازه دهد مولکولها و درشت مولکولهای قابل حل در آب، جابه جا شوند.

4. Integral Skin foam.

5. Optical Coherence Tomography (OCT).

٦. همودینامیک که به معنی "جریان خون، حرکت و تعادل تحت کنش نیروهای خارجی" است، به مطالعه و توضیح قوانین فیزیکی جریان یا گردش خون در رگها می پردازد.

۷. بزرگ شدن یا بیرون‌زدگی دیواره یک سرخرگ در اثر ضعف آن دیواره ؛ حالتی که معمولا در آنورت یا سرخرگهایی که مغز، پاها یا دیواره قلب را تغذیه می کنند، ایجاد می شود.

8. Neurostimulatory Implantable Devices.

جدول ۱: کاربردهای بالقوه حسگرهای محرک عصبی.

و)حسگرهای درمان صرع و افسردگی

معالجــه به روش وی اِن اِس[1] درمانی اســت بدون دارو که در بهبود «صــرع مقاوم به دارو» و «افســردگی عود کننــده و مقاوم به درمان»، مورد تأیید قرار گرفته است. در این روش، یک مولد در زیر پوست و قسمت تحتانی چپ قفسه سینه کاشته و توسط سیم های کوچک در زیر پوســت به عصب دهم مغز (واگوس) در گردن متصل می گردد. این دســتگاه ضربان های الکتریکی ملایم که زمان بندی و ســنجیده شــده اند را به عصب واگــوس منتقل کرده، که خود قســمت های مختلف مغز را فعال می سازد.

بدین ترتیب، پزشکان می توانند زمان بندی و مقدار تحریک دریافت شــده در بیمار را بوسیله سیستم برنامه ریزی خارجی تنظیم و درمان را تحت کنترل گیرند.

ز)حسگرهای درمان درد روان رنجوری

یکی دیگر از کاربردهای پزشکی حسگرهای پیوندی، تحریک-درمانی عصب های طناب نخاعی (اِس سی اِس[2]) است که به منظور درمان دردهای ناشــی از اختلالات عصبی، بویژه در شــرایطی که فیبرهای عصبی آسیب دیده یا معیوب شده و منجر به تغییر در عملکرد عصب و باعث درد شدید می شوند،بکار می رود.

این روش درمانی توسط سازمان غذا و داروی امریکا (اف دی ای[3]) تایید شــده است و جدیدترین سیستم آن محصولی از موسسه علمی بوســتون است که «دقت اضافه»[4] نام دارد. این دستگاه طوری طراحی شده تا با دقت، همزمان درد را تا چهارنقطه هدف قرار دهد و خود را با تغییرات مقاومتی (امپدانسی) – که در اثر انطباق فیزیولوژیکی اتفاق می افتد– منطبق کند.

این سیستم (مانند سایر حســگرهای فوق الذکر) شاملاجزاء پیوندی (قابل کاشــت) و نیزقطعات خارجی است. اجزاء پیوندی آن عبارتند از : (الــف) مولد ضربان پیونــدی (آی پی جی[5]) که حاوی مدارهای الکترونیکی پیشرفته و باتری های کوچک[6] قابل-شارژ-مجدد است،و (ب) سیم های عایق شده که درمان را منتقل می کنند.

قطعات خارجی آن نیز مشتمل اند بر یک اَهرُمَک[7] کنترل از راه دور مختص بیمار که به او اجازه میدهد درمان را براســاس نیازش تنظیم کند؛ و همچنین شــارژر باتری و دســتگاه شارژ آی پی جی.در این روش درمانی، دستگاه آی پی جی شوکهای الکتریکی از طریق سیم ها به نقاط مشــخصی از طناب نخاعی می فرســتد تا پیامهای درد[8] را ظاهر ســازد.پیام های ظاهر شده به مغز رفته – جایی که اغلب به عنوان حس خارش (مورمور) دریافت (درک) می شوندو احساسی شــبیه خواب رفتگی (گِزگِز[9]) را بوجود آورده و جایگزین احساس درد می نماید.

1. Vagus Nerve Stimulation (VNS) Therapy.
2. Spinal Cord Stimulation (SCS).
3. US Food and Drug Administration (FDA).
4. Precision Plus Implant .
5. Implantable Pulse Generator (IPG).

٦. پیشرفت ها در فناوری به اندازه ای باورکردنی حجم باتری ها را کاهش داده و به کارایی آنها بهبود بخشیده است.

7. Joystick

٨. درد سیگنالی الکتریکی است که در امتداد ستون فقرات به مغز حرکت می کند.

9. Paresthesia

۲) فناوریهای غیر تهاجمی

آنگونه که ذکر شد، هدف اصلی درمانهای غیرتهاجمی اساسا استفاده از فناوریهای نوین در جهت درمان بدون صدمه به پوست و ارگان‌های بدن است.پزشکان از قرنها پیش روش‌های ساده غیرتهاجمی را بر اساس پارامترهای فیزیکی و در جهت ارزیابی عملکرد بدن استفاده می کرده اند. این روش ها در قالب معاینات فیزیکی نظیر نبض گیری، شنود صداهای قلب و شُش، معاینه دمای بدن و تنفس بیمار، و نیز معاینات دهانی، شکمی، سنجش فشار خون و غیره انجام میشد. در پزشکی نوین، روشهای غیرتهاجمی بر دو حیطه تشخیص و درمان متمرکز گشته و اکثرا از طریق تکنیک های الکترومغناطیسی و پرتو-ذره ای، گستره فناوریهای پزشکی وسعت داده شده است. در ادامه، دو نمونه از این شیوه ها که معرف نقش فناوریهای الکترونیک در درمان های غیرتهاجمی می باشند، اشاره می گردد.

الف) تحریک سازی مغناطیسی فراجمجمه ای (تی ام اس[1])

در این روش درمانی بدون درد که برای تحریک مغز بدون شکافتن استخوان جمجمه بکار می رود، عامل محرک، میدانی مغناطیسی با اندازه ای مشابه با میدان پویشگرهای اِم آر آی[2] ایجاد می کند که تنها یک میلی ثانیه طول می کشد. این میدان مغناطیسی جریان های الکتریکی القا کرده که گمان می رود آکسون ها (آسه)ی عصبی[3] را در لایه بیرونی مغز (کورتِکس) و ماده سفید زیرپوستی[4] فعال می‌کنند.

این فناوری که در سالهای اخیر توجه تعداد قابل ملاحظه ای از محققان و مخترعان رابه خود جلب کرده، به منظور جستجو در فرصت های بهداشتی-درمانی خیره کننده و متفاوت، از سکته گرفته تا اعتیاد و اختلال فکری عملی(او سی دی[5]) و همچنین افسردگی، مورد استفاده قرار گرفته است. هرچند که به سبب متغیر بودن کیفیت طرح آزمایشی آن، کارایی‌اش قابل سوال بودهو سازو کار عملکرد آن هنوز به درستی درک نشده است؛ لیکن تردیدی نیست کهاین فناوری میتواند تغییراتی در مغز ایجاد کند که عمری فراتر از دوره تحریک سازی دارند و می‌توانند به تغییراتی کوچک اما قابل سنجش در کارکرد افراد سالم ختم شوند. اگرچه بعید است که این فناوری بتواند عملکرد را به مجموعه‌های خاص اتصالات سیناپسی (همایه ای) که توسط بیماری یا زخم صدمه دیده اند، بازگرداند ویا آنها را تعمیر کند؛اما احتمالا بتواند توانایی مغز را برای تن دادن به تغییرات ترمیمی (جبرانی) افزایش داده و از این طریق به مغز برای بازگشت به سلامت خود کمک نماید. بدین ترتیب، این فناوری ممکن است با موفقیت بیشتری در راستای هدفگیری شرایطی مانند سکته (به جای افسردگی) بکار گرفته شود. علیرغم تمرکز تعدادی از مراکز تحقیقاتی و تولیدی بر روی این فناوری و محصولات آن[6] ، هنوز این امکان وجود دارد که بتوان آنرا به عرصه پژوهشهای ملی وارد ساخت و با طراحی محصولات جدید در عرصه رقابتهای علمی وارد گشت.

ب) عدسک هوشمند

آخرین دستاورد درسری محصولات فناوری الکترونیک پزشکی که برای پایش کارکردبدن طراحی شده،مدل ابتدایی لنزهوشمندی است که سطوح قندخون راکنترل کرده ومتناسب بینایی فرد رابه روشی جدید، اصلاح می کند. بطور یقین این محصول نیزکه اخیراتوسط شرکت گوگل باهمکاری شرکت یسویسینو وارتیس ارائه شده،نیازمندارتقاءکیفی است که بی تردید پژوهش های مستقلی را طلب می‌نماید.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در نوشتار حاضر هدف آن بود تا با اتکاء به نتایج آخرین تحقیقات در عرصه های الکترونیک پزشکی، توجه پژوهشگران کشورمان به بهره گیری از مشترکات میان رشته ای و همچنین قابلیت نشاء و توسعه این علوم در کشورمان جلب گردد. بدین منظور تلاش گردید تا با مروری برنقش فناوریها وسیستم های نوین الکترونیک درعلم پزشکی،کارکرد آنها در درمان های غیرتهاجمی وکم تهاجمی مورد بررسی قرار گیرد. این مباحث اختصاصا بر کاربرد، نحوه عملکرد و ویژگی های محرکهای الکترومغناطیسی و حسگرهای قابل کاشت (پیوندی)، و پتانسیل های پیشرفت در هر حیطه ی تحقیقاتی برجسته متمرکز بود. همچنین تلاش گردید تاضمن تشریحمزیت ها، محدودیت ها، محرکه های بازار و پژوهشگران اصلی هر حیطه، تصویری اجمالی از این شاخه های علمی شگفت انگیزارائه، وزمینه های پژوهشی مرتبط با آنها مورد بحث قرار گیرد. با آنچه در این نوشتار مورد بحث قرار گرفت،همچنین روشن گردید که یکی از سودمندترین اقدامات در مدیریت پزشکی کشورمان تغییر سیستم خدمات درمانی کنونی از مدلِ متمرکز به سمت روشی هوشمند تر، تمرکز زدا و بیمارمحور است که به نوبه خود انقلابی در خدمات پزشکی بوجود خواهد آورد. اعتقاد بر آن است که این تغییر و جابجایی در الگوی درمانی، منتج به راه حلیبرای پایش وکنترل پزشکی غیرحضوری، دقیق و نامحسوس خواهد شد که به مشارکت بیمار در درمان خویش و صرفه جویی در وقت متخصصان و کاهش هزینه های مراکز درمانی خواهد انجامید.

1. Transcranial Magnetic Stimulation (TMS).
2. Magnetic Resonance Imaging (MRI) Scanners.

۳. آکسون، یا فیبر عصبی، باریکه ای برآمده و طولانی از سلول عصبی (یاخته عصبی) است که تکانه های الکتریکی را از بدنه سلول عصبی دور می کند.

4. Subcortical White Matter.
5. Obsessive-Compulsive Disorder (OCD) .

٦. در شرایط حاضر تعدادی از شرکتهای جدیدالتاسیس مانند نیورونِتیکس و نیوروآلیو بر روی توسعه محرکهای عصبی غیرتهاجمی بر اساس فناوری تی ام اس تمرکز کرده اند. این دو شرکت به ترتیب، افسردگی و میگرن را هدف قرار داده اند.

منابع و مأخذ:

[1] . " Centre for Bio-Inspired Technology (CBIT) Annual Research Report (2010)" . Imperial College London, pp. 1-64.

[2]. Murphy, O.H., Bahmanyar M.R., Borghi A., McLeod C.N., Navaratnarjah M., Madgi H.Y., and Toumazou C., (2013). "Continuous in Vivo Blood Pressure Measurements using a Fully Implantable Wireless SAW Sensor ", Biomedical Microdevices, Springer, pp. 737-749.

[3]. Graham A.H.D, S.M Surgay, P. Langlois, C.R. Bowen, J. Taylor, and J. Robbins, (2011)."Modification of Standard CMOS Technology for Cell-based Biosensors, Journal of Biosensors and Bioelectronics", Elsevier, pp. 458-462.

[4]. Ahmad R.K., A.C. Parada, S. Hudziak, A. Chaudhary, and R.B. Jackman, (2010). Nanodiamond-coated Silicon Cantilever Array for Chemical Sensing, Applied Physics Letters, Vol. 97, Iss. 9, pp. 97-99.

[5]. Huang X., S. Li, J. Schultz, Q. Wang and Q. Lin, (2009). "A biocompatible affinity MEMS sensor for continuous monitoring of glucose", 4th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS), pp. 797-802.

[6]. Murphy O.H., C.N. McLeoid, M. Navaratnarajah, M. Yacoub, and C. Toumazou, (2012). "A Pseudo-Normal-Mode Helical Antenna for Use with Deeply Implanted Wireless Sensors", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 60, No. 2, pp. 1135-1139.

[7]. Najafi N. and A. Ludomirsky, (2004)."Initial Animal Studies of a Wireless, Batteryless, MEMS Implant for Cardiovascular Applications", Biomedical Microdevices, Vol. 6, pp. 61-65.

[8]. Rozenman Y., R.S. Schwartz, H. Shah, and K.H. Parikh, (2007)."Wireless Acoustic Communication with a Miniature Pressure Sensor in the Pulmonary Artery for Disease Surveillance and Therapy of Patients with Congestive Heart Failure", Journal of the American College of Cardiology, Vol. 7, pp. 784-789.

[9]. Verdejo H.E., P.F. Castro, R. Concepcion, M.A. Ferrada, M.A. Alfaro, M.E. Alcaino, C.C. Deck, R.C. Bourge, (2007)."Comparison of a Radiofrequency-based Wireless Pressure Sensor to Swanganz Catheter and Echocardiography for Ambulatory Assessment of Pulmonary Artery Pressure in Heart Failure", Journal of the American College of Cardiology, Vol. 25, pp. 2375-2382.

[10]. S eifert F., W.E. Bulst, C. Ruppel, (1994). "Mechanical Sensors Based on Surface Acoustic-Waves". Sensors Actuators A: Physical Journal. Vol. 3, 1994, pp. 231-239.

[11]. Abraham W.T., P.B. Adamson, R.C. Bourge, M.F. Aaron, M.R. Costanzo, L.W. Stevenson, W. Strickland, S. Neelagaru, N. Raval, S. Krueger, S. Weiner, D. Shavelle, B. Jeffries, and J.S. Yadav, (2011). "Wireless Pulmonary Artery Haemodynamic Monitoring in Chronic Heart Failure: A Randomised Controlled Trial". Lancet 9766, pp. 658-666.

[12]. Bigler E., D. Hauden, and G. Theobald, (1989). "Stress-sensitivity Mapping for Surface Acoustic Waves on Quartz", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 1, pp. 57-62.

[13]. Chitnis G., T. Maleki, B. Samuels, L. Cantor, and B. Ziaie, (2012). "A Minimally Invasive Iimplantable Wireless Pressure Sensor for Continuous IOP Monitoring", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 99, pp. 1-2.

[14]. R. Tan, T. McClure, C.K. Lin, D. Jea, F. Dabiri, T. Massey, M. Sarrafzadeh, M. Srivastava, C.D. Montemagno, P. Schulam, and J. Schmidt, (2009). "Development of a Fully Implantable Wireless Pressure Monitoring System", Biomedical Microdevices, Vol. 1, pp. 259-264.