مطالعات علوم زیستی و زیست فناوری

دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

صفحات ۱۵۶-۱۴۹

Online ISSN: ۲۴۷۶-۴۴۹۳

Print ISSN: ۲۵۳۸-۲۰۲۰

www.irijournals.com

نقش الکترود ها در تشخیص و تداوی

پوهنوال سردارخان شیرانی

استاد پوهنحی طب پوهنتون بلخ (نویسنده مسئول)

چکیده

بدن ما به صورت خودکار می تواند خوب کار نکردن بخش های مختلف خود را شناسایی کند، اما در برخی موارد خودش دچار مشکل می‌شود. ساخت الکترودهای هوشمند که بتواند سیگنال‌های طبیعی عصب‌های مختلف و عکس العمل‌های دیگر حجرات و انساج ما را بررسی و هرگونه اختلال را شناسایی کند، می‌تواند گام مهمی در جلوگیری از بیماری های مختلف تلقی شود. شناسایی دقیق ساز و کار ارسال سیگنال به اندام ها و انساج مختلف بدن و شبیه سازی این سیگنال ها می‌تواند جایگزین مناسب و بدون درد سری برای درمان بسیاری از بیماری ها باشد. همچنین می توان ابزارهایی برای ارزیابی سیگنال های برقی درونی بدن برای پایش کارکرد درست اندام‌های مختلف طراحی نمود. این وسایل الکترودهااند. الکترودها وسایلی هستند که پتانسیل آیونیک را به پتانسیل الکترونیک تبدیل می نمایند. الکترودها ابتدا سیگنال‌های حیاتی را از سطح بدن یا از داخل جسم ما که به شکل امواج یا ضربه های میخانیکی‌اند دریافت و سپس از طریق پردازش، آن را به شکل گراف و انواع مختلف تصاویر تبدیل و نمایش داده که برای تشخیص امراض کمک می‌نماید. این وسایل منحیث یک رابط بین سیستم‌های بیولوژیکی و سیستم‌های الکترونیک وظیفه اجرا می نمایند. فعالیت‌های برقی در ساختارهای بدن ما یا حسی‌اند و یا تحریکی (انقباض عضلی). مبدل که جریان آیونیک را در داخل بدن انسان به جریان الکترونیک در الکترود تبدیل می‌نماید، بایوالکترود نامیده می شود. و اینکه اولین الکترودهای سوزنی طبیعی نیش خزندگان و الکترود زرقی آلۀ تناسلی در زنده جان ها باشد، دور از واقعیت نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: الکترود، بایوالکترود، امپدانس، پتانسیل آیونیک، پتانسیل الکترونیک، سیگنال های حیاتی

مقدمه

الکترود ها ابزار اند که پتانسیل آیونیک را به پتانسیل الکترونیک تبدیل می نمایند. به عبارت دیگر ابزار طبی که وظیفهٔ خاصی را با یک سیستم بیولوژیکی انجام می دهند،الکترود های پتانسیل حیاتی نامیده می شوند.این وظیفه می تواند اندازه گیری واقعی یک پارامتر فزیولوژیکی (جدول ۱) مانند فشار خون، سرعت جریان خون، پتانسیل عمل عضلات قلبی، درجهٔ حرارت، PHخون و نرخ تغییر این پارامتر ها باشد.در سیستم های بیولوژیکی پارامتر های قابل اندازه گیری ساحهٔ وسیعی را احتوا می نماید، که سیستم های زنده، عمل متقابل را حین تطبیق این ابزار با آن ها انجام می دهند.مانند تشخیص رویداد های بیوالکتریکی همچون الکتروکاردیوگرافی، الکترومایوگرافی، الکتروانسفالوگرافی، الکترواکولوگرافی و مانند اینها؛ اعمال تکانه های درمانی به بدن مانند ضربان قلب، دیفبریلیشن و تحریک برقی عصب از طریق پوست؛ استفاده از پتانسیل های برقی به منظور تسهیل انتقال از طریق پوست مالیکول های آیونیزه شده برای اثر درمانی موضعی و سیستمیک؛ و مشخصهٔ امپدانس جریان متناوب انساج بدن.(McAdams, 2006)

کاربرد های الکترودها(بایوالکترود) تنها در تشخیص و تداوی امراض و در اندازه گیری های الکترولیت ها،گاز های خون و PH آن منحصر نیست بلکه در مطالعهٔ اجزای مواد مانند گلوکوز و DNA و مانند اینها نیز طرف استفاده قرار می گیرد.درین راستا الکترود های مخصوص آیون مانند،... Ca^{++}، K^{+}، Na^{+} برای دریافت غلظت آن ها به کار می رود که می توان از PH الکترود و کلارک الکترود نام برد.(Maltzahn, 2000)

تاریخچهٔ الکترود های حیاتی به طور کلی با مطالعات کیمیای برق مترافق است،زمان که روی قطبیت الکترود ها مطالعات روی دست گرفته شد.قطبیت الکترود ها ابتدا در آواخر سال ۱۸۰۰ میلادی مطرح و مورد مطالعه قرار گرفت.کارهای تجربی و نظری بالای الکترود های حیاتی به خصوص قطبیت و موضوعات مرتبط به کیمیای برق الکترود ها،به مطالعات Schwan H.P در سال ۱۸۶۳ بر می گردد که روی معیین کردن امپدانس بیولوژیکی انساج صورت گرفت.به تعقیب آن عالم مذکور در سال ۱۹۶۶ در مورد قطبیت الکترود ها با جریان متناوب کار های را انجام داد.

در سال ۱۹۲۹ میلادی عالم جرمنی به نام Hans Berger به صورت تجربی الکترود را به سر دختر خود گذشت و فرضیهٔ خود را اعلام داشت که مغز امواج برقی ساطع می نماید و با فعالیت های پیچیده انسان تناسب مستقیم دارد.در سال ۱۹۰۷ عالم دیگر جرمنی به نام Hans Piper اولین بار انقباض عضلی در انسان را حین پتانسیل عمل با استفاده از الکترود مشخص ثبت نمود که منحیث یک سیگنال حیاتی در تشخیص استفاده می شد و نوعی الکترومایوگرافی تلقی می گردید.در سال ۱۹۳۰ میلادی عالم هلندی به نام Willem Einthoven یک نوع الکتروکاردیوگراف را برای اخذ پتانسیل عمل که از گلوانومتر استفاده می شد،ابداع نمود.الکترود های آن از نوع قلم رنگه بود که به طور مستقیم به گلوانومتر وصل بوده و قلم توسط یک ولتاژ روی صفحه نظر به تغییرات پتانسیل در حجرات،حرکت و گراف پتانسیل عمل ترسیم می گردید.او همچنان موجه های P, Q, R, s ,T را به گراف مذکور اساس گذاشت. (Kayan Najarian, 2012)

در سال ۱۹۶۰ دو عالم به نام های Great batch و Chardack Gage یک پیسمیکر قلبی(الکترود کاشتنی) ساختند که با بتری انرژی آن تأمین می شد و با جا به جایی در داخل بدن کار می کرد.(Mcadams, 2013)

ثبت اولین الکتروکاردیوگرام در سال ۱۸۸۷ میلادی توسط Waller عالم جرمنی با الکترومتر بسیار نازک منحیث یک الکترود تداخلی صورت گرفت که روی کاغذ حساس به نور حرکت می کرد. **(**Biomedical Instrumentation**)**

جدول ۱- پارامتر های فزیولوژیکی معمول که اندازه گیری آن ها با الکترود ها امکان پذیر است.

اندازه گیری	وسعت(**range**)	فریکونسی(**Hz**)	روش
جریان خون	(0 – 20)Hz	(1 – 300)ml/sec	التراسونیک یا الکترومقناطیس
فشار خون	(0 – 50)Hz	(0 – 400)mm-Hg	فشار سنج
دهانهٔ قلبی	(0 – 20)Hz	(4 – 25)L/min	فیک، رقت رنگ
الکتروکاردیوگارفی	(0.05 – 150)Hz	(0.5 – 4)mv	الکترود های پوستی
الکتروانسفالوگرافی	(0.5 – 150) Hz	(5 – 300)µv	الکترود های پوست سر
الکترومایوگرافی	(0 – 10000)Hz	(0.1 – 5)mv	الکترود های سوزنی
الکتروریتنوگرافی	(0 – 50)Hz	(0 – 900)µv	الکترود های لنز تماسی
pH	(0 – 1)Hz	(3 – 13) pH unit	الکترود pH
pCO_2	(0 – 2)Hz	(40 – 100)mm – Hg	الکترود pCO_2
pO_2	(0 – 2)Hz	(30 – 100)mm – Hg	الکترود pO_2
پنوموتاکوگرافی	(0 – 40)Hz	(0 – 600)L/min	پنوموتاکومتر
نرخ تنفسی	(0.1 – 10)Hz	(2 – 50)breaths/min	امپدانس
درجهٔ حرارت	(0 – 0.1)Hz	(32 – 40)^{0}C	ترمیستور(ترمامتر)

منبع: ابزار دقیق پزشکی،محمد رضا یوسفی،۱۳۹۶،ایران

انواع الکترود ها:

الکترود ها از نقطه نظرات متفاوتی طبقه بندی می شوند؛ از نظر بزرگی و کوچکی به الکترود های ماکرو و میکرو تقسیم می شوند.(Varga, 2018`)

میکروالکترود ها - الکترود هایی اند که نوک فوق العاده کوچک داشته که می تواند یک حجره را هدف گیرد. وظیفهٔ اساسی آن ثبت پتانسیل و زرق جریان می باشد.و به دو نوع میکروالکترود های فلزی و میکروپیپت دریافت می شود. نوک میکروالکترودها از الیاژ ساخته شده و به سیم پوشدار عایق وصل می باشد، قدرت نفوذ قوی داشته و با نسج انسان سازگاری خوب دارد. میکروپیپت ها از شیشه ساخته شده و نوک برآمده دارند. این الکترود ها از مایع پر شده و در محل مناسب رها می شود و یک میکرو زرق کنندهٔ خوب گفته می شوند (John low).

الکترود ها از نقطه نظر عمل متقابل بین سطح الکترود و بدن به دو دستهٔ الکترود های قطبی و غیر قطبی تقسیم می شوند. الکترود های به طور کامل غیرقطبی،آن هایی اند که در آن ها جریان می تواند به طور آزادانه بین سطح تماس، الکترود - الکترولیت حرکت نماید و هیچ انرجی حین عبور نیاز ندارد.الکترود های به طور کامل قطبی آن هایی اند که در آن ها هیچ چارچی سطح تماس،الکترود- الکترولیت را عبور نمی کند،بلکه الکترود نقش خازن را بازی می نماید.(Yusoff, 2022)

الکترود های قطبی و غیر قطبی به نوبهٔ خود به الکترود های زیر تقسیم می شوند.

- الکترود های سطح بدن انسان (Body surface electrode)

- الکترود های سوزنی(Needle electrode)
- الکترود های میکرو (Micro- electrode)

الکترود های بدنی اندازه های متفاوت داشته و بالای سطح بدن برای اخذ پتانسیل های حیاتی گذاشته می شود و در معاینات ECG, EEG, EMGبه کار می رود.دارای انواع زیر است.(R.Neuman, 2000)

الکترود های پلیتی - این نوع الکترود ها با یک تکۀ نخی مرطوب شده با مایع با هادیت بالا از سطح الکترود جدا می شود.این الکترود ها خاصیت جدا شدن از سطح بدن را دارند و بنابرین توأم با خبط می باشند.غرض رفع آن بر روی پوست بدن ژل استفاده می نمایند و چندین بار استفاده می شوند.

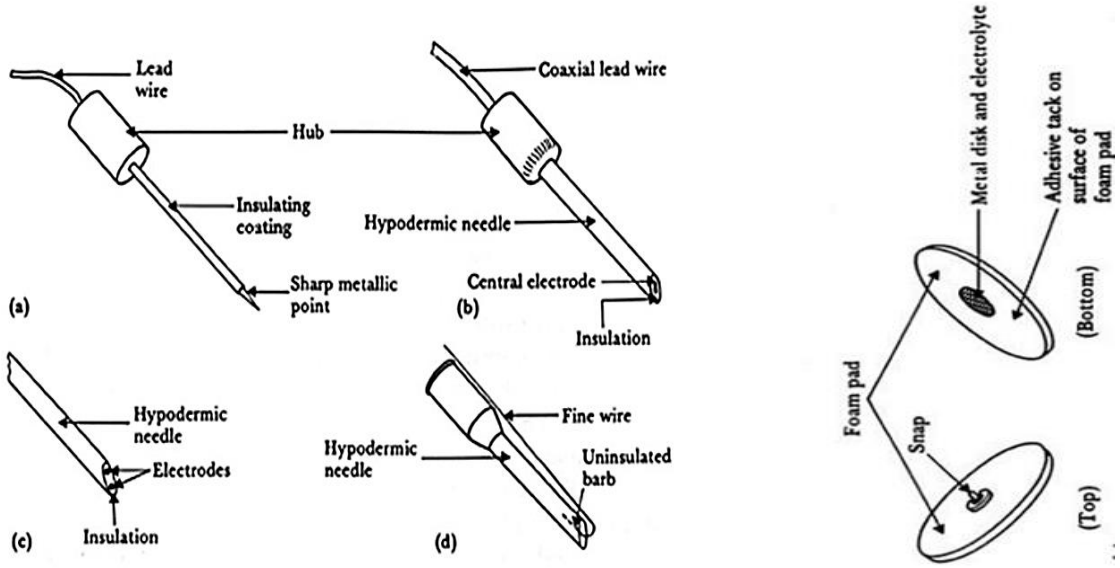
الکترود های سکشنی - این الکترود ها برای سطوح هموار و نرم استفاده می شود. خوبی آن در این است که سطح کوچک دارد و زیادتر در ECG استفاده می شود. شکل (۲)

الکترود های سوزنی - برای اندازه گیری های EEG, EMG به کار می رود.شکل (۱)،طور که سوزن داخل جلد شده و دقت اندازه گیری در آن خیلی بالا است(Lee, 2008) .

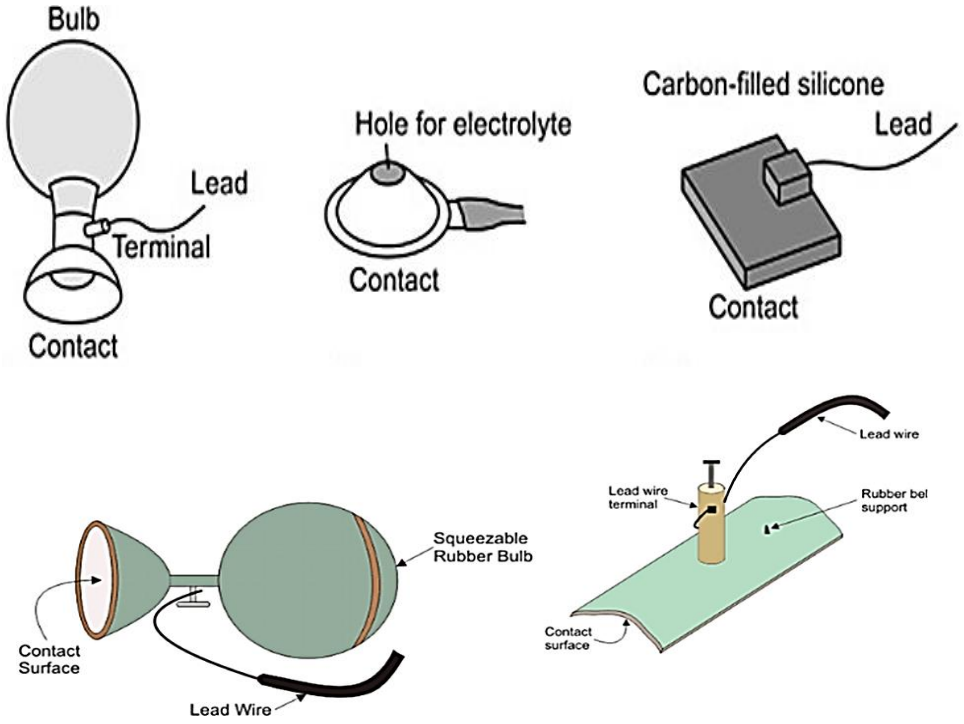
الکترود های تحریک کننده که عبارت اند از Pacing, Ablation, Defibrillation، از پلاتین ساخته می شود که برای تحریک عصب و الکترود های که از فولاد ساخته می شوند، برای پیسمیکر به کار می روند.(Mahroos)

در برخی موارد که شامل تجزیۀ الکترولیت ها و تداوی ها می شود،از الکترود های دو قطبی و یک قطبی استفاده به عمل می آید.مانند از بین بردن خال های خدایی،زخ ها(Niaeve)،انساج اضافی،جلوگیری از خون ریزی ها،معالجۀ انیوریسم،دور ساختن موهای مزاحم.(Balter, 2024)

در بخش دیاترمی(میکرو ویو دیاترمی) از الکترود های به شکل دایری و مستطیلی در قسمت آنتن آن استفاده می گردد.همچنان در بخش جراحی برقی و در دستگاه آن از الکترود های مختلف و با مود های متفاوت استفاده می شود. (McCauley.G, 2010)



شکل۱- انواع الکترود های سوزنی و پلیتی



شکل۲- انواع الکترود های سکشنی و پلیتی

مشخصات الکترود ها

- دقت بالا داشته و با محیط کاری خود وفق داشته باشد.
- به فریکانس های متفاوت حساسیت داشته باشد.
- در صورت تغییر مشخصات مواد،متاثر شود. (در صورت تغیر غلظت خون،فشار خون وغیره)
- عایقیت برقی با سطح تماس داشته باشد.
- خطییت **(**Linearity**)** را صدق نماید.
- در برابر کوچکترین تغیر در سیستم بیولوژیکی حساسیت نشان دهد.
- دارای خاصیت اخذ طلاعات قابل اعتماد باشد.
- استفادۀ آن ساده (Simplicity) باشد.
- در مقابل هر ورودی خروجی ثابت داشته باشد(Stability)
- توانایی تبدیل یک نوع انرژی را به انرژی دیگر داشته و نتیجۀ نهایی به شکل سیگنال باشد.
- توانایی پروسس سیگنال را داشته باشد.(Mulindi, 2020) .

جدول ۲- خاصیت قطب های الکترود ها

خاصیت قطب منفی(کتود)	خاصیت قطب مثبت (انود)
کاهش ازیما (**Edema**)	کاهش آماس با دفع آب محیط
ازدیاد قلویت محیط	افزایش تیزابیت محیط
دیپولرایزیشن غشای حجروی	منجمد سازی پروتین
شکستن لخته های خونی	هاپیر پولرایزیشن غشای حجروی
تباه کنندۀ باکتری ها	تاثیرات ضد درد
افزایش نموی استخوان	بهبود زخم ها
افزایش سرخی پوست	توسع تشکل لخته های خونی

(David Draper,2013)

روش های کاهش مقاومت حین تطبیق الکترود و عبور جریان برق

- کاهش فاصله بین الکترود ها
- تزاید اندازۀ الکترود ها
- اصغری ساختن فاصلۀ تماس الکترود - هوا
- مرطوب ساختن جلد با ژل
- گرم ساختن جلد با آب گرم

روش های فوق بیشتر در تداوی‌های ازیما و گرفتگی های عضلات به کار می رود. یعنی چنانچه که آشکار است، موجودیت مایعات اضافی را در انساج بدن ازیما گویند،که می تواند داخل حجروی و یا خارج حجروی باشد. این عارضه از اثر کمبود پروتین در خون، عدم کفایۀ قلب، عدم کفایۀ گرده ها و مسایل مثل این ها به وجود می آید. برای تداوی از تحریک برقی عضلی که به مثابه پمپ عضلی عمل می نماید،استفاده می شود. تحریک برقی عضلی ترکیب از فشار دادن و رها کردن عضو**(**limb**)** آماسدار است به غرض تزاید برگشت مایعات وریدی و لنفاوی و در نتیجه کاهی ازیمای عضو. طرزالعمل آن طریقۀ دو قطبی بوده، که الکترود کوچک (کتود) بالای قسمت آماسدار و الکترود بزرگ در یک قسمت هموار عضو قرار داده می شود.جریان مورد استفاده فارادیک بوده و از فریکانس پایین استفاده می شود. به همین قسم برای کاهش درد های عضلی که درین روش نیز از طریقۀ دو قطبی استفاده می شود، تحریک برقی عضلی باعث تزاید متابولیزم، تزاید عرضۀ آکسیجن و مواد غذایی گردیده، آشغالی مواد متابولیزم شده افزایش یافته، باعث توسع رگ های شعریه و شریانچه ها می گردد. در نتیجه توزیع خون رسانی به عضلات افزایش یافته، پروستۀ پتانسیل عمل رشته های عصبی عضلات تزاید یافته، گرفتگی های عضلی و درد کاهش می یابد. (Angela Forester, 2006)

یک بخش که الکترود ها در آن بیشتر استفاده می شود،الکتروتراپی است که با روش های

- تحریک برقی عضلی - عصبی (Neuromuscular electrical stimulation) **یا** NMES
- تحریک برقی عضلی (electrical muscle stimulation) یا SMS
- تحریک برقی وظیفوی عضلات (functional electrical stimulation) یا FES

- تحریک عصبی برقی عبور کننده از پوست (transcutaneous electrical nerve stimulation) یاTENS صورت می گیرد.

نتیجه گیری:

دانش الکترود های حیاتی تنها در این موضوع تمرکز ندارد که این وسایل پتانسیل آیونیک را به پتانسیل الکترونیک تبدیل می نمایند،بلکه یک ساحۀ وسیع و فراتر کاربردی را در ساحات مختلف طبابت اعم از تشخیص و تداوی در بر می گیرد. امروز اگر زرقی در بدن صورت می گیرد، اگر ستاتسکوپ بالای سینۀ مریض قرار داده می شود و اگر پروب التراسوند بالای جلد ما به حرکت می آید و بالاخره اگر با دست نبضی حس می شود، در همۀ این حالات به نحوی با الکترود سر و کار داریم. و همانطور که قلم برای مرزا، کارد برای قصاب و بیل برای دهقان ابزار حیاتی شمرده می شوند، برای اطبا الکترود ها یک عنصر اساسی و لازمۀ اصلی دنیای طبابت شمرده می شود. و به طور خلاصه:

- به طور عادی تشخیص هر داکتری به اساس خروجی یک ابزار طبی (بایوالکترود) صورت می گیرد.
- ابداع این وسایل شاید اقتباسی از نیش خزندگان در زرق ادویه و رهانیدن نطفه با آلۀ تناسلی (بایو الکترود) باشد.
- شاید دانش طبی هنوز در ابتدای مسیر استفاده از الکترود ها در تشخیص و تداوی قرار داشته باشد.
- روزی فرا خواهد رسید که الکترود های هوشمند جاگزین الکترود های فعلی شده، سیگنال های مختلف بدن را بررسی و اختلال ناشی از آن را شناسایی نماید.
- در روشنایی پیشرفت های نانو مواد و بایو مواد بعید نیست که الکترود های نانو ساخته شود و کار تشخیص و تداوی را ساده و سهل سازد.

منابع

- Angela Forester, N. (2006). *Glato's electrotherapy.* London: AITBS publisher.
- Balter, M. H. (2024). *The handbook of human physiological recording.* USA: Combridge press.
- *Biomedical Instrumentation.* (n.d.).
- Kayan Najarian, R. S. (2012). *Biomedical signal and image processing.* Us: CRC press.
- Lee, J. K. (2008). *Biopotential electrode sensors in ECG, EEG, EMG.*
- Mahroos, D. (n.d.). *Biopotential electrode.* Indial.
- Maltzahn, W. W. (2000). *Medical Instrumentation and device.* Texas.
- McAdams, E. (2006). *Bioelectrodes.* USA: John Wiley and sons,Inc.
- Mcadams, E. (2013). Bioelectrode. *Encyclopedia of medical devices and instrumentation*, 150 - 151.
- McCauley.G. (2010). *Understanding electrosurgery.*
- Mulindi, J. (2020). *electrode properties.*
- R.Neuman, M. (2000). *The biomedical engineering handbook* (2 ed.). New York.
- Varga, A. J. (2018`). *Biomedical Instrumentation.* Budapest.
- Yusoff, I. M. (2022). *Biopotential electrode.* Turkey.