گلوکز آنالایزر قابل حمل (Portable Blood Glucose Monitoring)

مقدمه :

دستگاه تست قند خون، که به آن " گلوکومتر" نیز گفته می‌شود، وسیله‌ای پزشکی برای تعیین غلظت تقریبی گلوکز در خون است. این دستگاه، یکی از ابزارهای اصلی نظارت بر قند خون در منزل (HBGM) توسط افراد مبتلا به دیابت یا هیپوگلیسیمی می‌باشد. یک قطره کوچک خون که با ایجاد زخمی کوچک در پوست با لنست بدست می‌آید، روی نوار تست یکبار مصرف قرار می‌گیرد که دستگاه آن را می‌خواند و از آن برای محاسبه سطح گلوکز خون استفاده می‌کند. سپس دستگاه، مقدار غلظت گلوکز را بر حسب میلی گرم در دسی لیتر یا میلی مول در لیتر نشان می‌دهد. BGM های دستی در تنظیم قند خون بیماران دیابتی در منزل، بطور روزانه نقش بسزایی ایفا می‌کنند. مقدار قند سرم یا پلاسمای خون ناشتا بین ۷۰-۱۲۰ میلی گرم در دسی لیتر است ولی قند خون سیاهرگی ممکن است بیشتر باشد. فرد دیابتی می‌تواند با همه توجه به پایش قند خون و دوز انسولین، مقدار غذای دریافتی و ورزش را تنظیم کند. تحقیقات نشان داده است که پایش مداوم قند خون و تنظیم قند در حالت طبیعی، باعث کاهش شیوع و شدت عوارض نورولوژی و میکرواسکولار وابسته به دیابت می‌شود. در بیمارستان در قسمت‌هایی که نیاز است سریعا قند خون اندازه‌گیری شود، مانند بخش‌های اورژانس، اتاق عمل، ICU و غیره، غالبا از BGM ها به جای آنالایزرهای آزمایشگاهی استفاده می‌شود. BGM ها بعلت نیاز کم به نمونه خون برای بخش‌های اطفال و سالمندان که خونگیری بسیار مشکل است، نیز سودمند هستند.

۱- اصول گلوکومتر

در این بخش توضیحات اساسی در مورد روند تنظیم گلوکز خون در بدن انسان و عملکرد اصلی یک گلوکومتر را ارائه می‌دهیم.

۱-۱. تنظیم طبیعی گلوکز خون

گلوکز یک کربوهیدرات است که مهمترین عملکرد آن این است که به عنوان یک منبع انرژی برای بدن انسان عمل می‌کند، زیرا پیش ماده اساسی در سنتز آدنوزین تری فسفات (ATP) است. انرژی ذخیره شده در ATP می‌تواند برای هدایت فرآیندهای نیاز به انرژی، از جمله بیوسنتز، و حرکت یا انتقال مولکول‌ها از طریق غشای سلول استفاده شود. با توجه به نیازهای سلولی، گلوکز می‌تواند در ایجاد پروتئین، گلیکوژن و لیپیدها نیز استفاده شود.

غلظت گلوکز خون بسیار دقیق تنظیم می‌شود. بدن انسان دارای دو هورمون ترشح شده از لوزالمعده است که اثرات متضادی دارد: انسولین و گلوکاگون. انسولین توسط سلول‌های بتا لوزالمعده و گلوکاگون توسط سلول‌های آلفا تولید می‌شود. ترشح انسولین هنگامی شروع می‌شود که سطح بالایی از گلوکز در جریان خون پیدا شود و گلوکاگون با مقادیر کم گلوکز در خون آزاد شود.

این روند تنظیم گلوکز خون را می‌توان در مراحل زیر توضیح داد:

۱- پس از جذب گلوکز از مواد غذایی خورده شده، گلوکز در جریان خون آزاد می‌شود. سطح بالای گلوکز خون باعث تولید انسولین در لوزالمعده می‌شود. انسولین سلول‌های عضلانی را قادر می‌سازد تا گلوکز را به عنوان منبع انرژی خود در نظر بگیرند و نوعی مولکول به نام گلیکوژن را تشکیل دهند که در صورت کمبود گلوکز به عنوان ذخیره انرژی ثانویه عمل می‌کند. در سلول‌های کبدی، تحریک ایجاد شده توسط انسولین، باعث تبدیل گلوکز به گلیکوژن و چربی می‌شود. در سلول‌های چربی بافت چربی، انسولین همچنین باعث تبدیل گلوکز به چربی بیشتر و جذب گلوکز می‌شود.

۲- پانکراس همچنان انسولین آزاد می‌کند و سلول‌های کبدی و چربی همچنان به استفاده از گلوکز ادامه می‌دهند تا جایی که افت غلظت گلوکز به زیر آستانه نرمال می‌رسد. در این صورت، گلوکاگون به جای انسولین ترشح می‌شود.

۳- هنگامی که گلوکاگون به سلول‌های کبدی می‌رسد، شروع به تبدیل گلیکوژن به گلوکز و چربی به اسیدهای چرب می‌کند، که بسیاری از سلول‌های بدن می‌توانند به عنوان انرژی از آن استفاده کنند. سلول‌ها همچنان به چربی سوزی از بافت چربی به عنوان منبع انرژی ادامه می‌دهند و پروتئین عضلات را دنبال می‌کنند تا اینکه با هضم غذا دوباره سطح گلوکز افزایش یابد و این چرخه را خاتمه می‌دهد.

۱-۲. بیماری دیابت

دیابت نوعی بیماری مزمن است که با سطوح بالا یا پایین گلوکز خون مشخص می‌شود، که در اثر عدم عملکرد صحیح لوزالمعده و تولید انسولین کافی یا عدم پاسخ سلول‌های بدن به روش صحیح به وجود می‌آید. سه نوع دیابت وجود دارد:

۱- دیابت نوع ۱ به دیابت نوجوانان نیز معروف است زیرا به طور معمول در کودکان و بالغین جوان، تشخیص داده می‌شود. در این نوع دیابت، بدن انسولین تولید نمی‌کند. ۵٪ از افراد مبتلا به دیابت به این نوع بیماری مبتلا هستند.

۲- دیابت نوع ۲ نتیجه آن است که بدن انسولین کافی تولید نمی‌کند یا سلول‌ها از انسولین به درستی استفاده نمی‌کنند. این شایعترین شکل دیابت است. ۹۰٪ از افراد مبتلا به دیابت از این نوع برخوردار هستند. برخی از عوامل خطر بی تحرکی جسمی، اضافه وزن بدن، ژنتیک، سن بیشتر از ۴۵ سال و قومیت است.

۳- دیابت بارداری سطح بالای گلوکز خون است که اولین بار در دوران بارداری تشخیص داده می‌شود. این بدان معنا نیست که زن پس از زایمان به دیابت مبتلا خواهد شد یا قبل از بارداری به آن مبتلا است، اما این یک عامل خطر برای دیابت نوع ۲ در آینده است.

۱-۳. موارد استفاده از دستگاه گلوکومتر

۱- اندازه گیری‌های متعدد قند خون در نمونه‌های خون مویرگی گرفته شده از نوک انگشت، کف دست، بازو، ساق پا یا ران.

۲- کنترل سلامت خانگی (تذکر: دستگاه نباید به صورت مشترک استفاده شود.)

۳- آزمایش متداول برای کمک به کنترل دیابت.

۲-۱. بخش‌های تشکیل دهنده دستگاه گلوکومتر و نحوه فعالیت آن

در شکل ۱ بخش‌های موجود در کیت دستگاه گلوکومتر به نمایش گذاشته شده‌اند:

شکل ۱. دستگاه گلوکومتر و ملزومات همراه آن [۲].

قسمت‌های تشکیل دهنده در تصویر ۱ عبارتند از :

الف) دستگاه سنجش قند خون (گلوکومتر).

ب) اتو لنست (Lancing Device).

ج) لنست استریل.

د) کیف قابل حمل.

۲-۲. نوار تست (سنسور گلوکومتر یا Test Strip)

سنسور مورد استفاده دارای رویکرد الکتروآنزیمی است، به این معنی که از اکسیداسیون گلوکز با آنزیم گلوکز اکسیداز بهره می‌برد. وجود گلوکز اکسیداز واکنش شیمیایی گلوکز با اکسیژن را کاتالیز می‌کند، که باعث افزایش pH ، کاهش فشار جزئی اکسیژن و افزایش پراکسید هیدروژن به دلیل اکسیداسیون گلوکز به اسید گلوکونیک می‌شود:

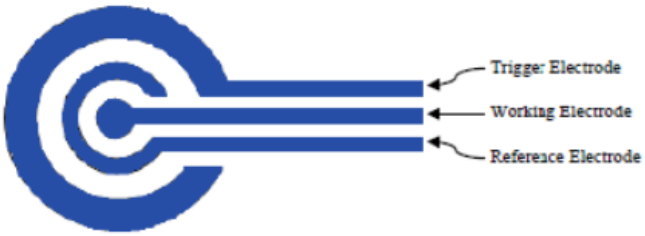
$$\mathrm{Glucose} + O_2 \xrightarrow{\mathrm{GlucoseOxidase}} \mathrm{Gluconicacid} + H_2O_2$$

نوار آزمایش برای تعیین غلظت گلوکز ، تغییرات در یک یا چند مورد از این اجزا را اندازه گیری می‌کند. نوارنشان داده شده در شکل ۲ دارای سه ترمینال یا الکترود است. شکل ۲ پایانه های نوار تست را نشان می‌دهد. این پایه‌ها عبارتند از:

۱- الکترود رفرنس.

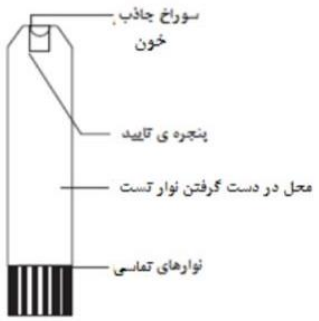
۲- الکترود عملیاتی.

۳- الکترود ماشه‌ای (Trigger electrode)



شکل ۲. پایانه‌های سنسور گلوکومتر [۱].

هر نوار تست را تنها یک بار می‌توان استفاده نمود. همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، نوارهای تست شامل بخش‌های تشکیل دهنده موجود در تصویر زیر می‌باشند:



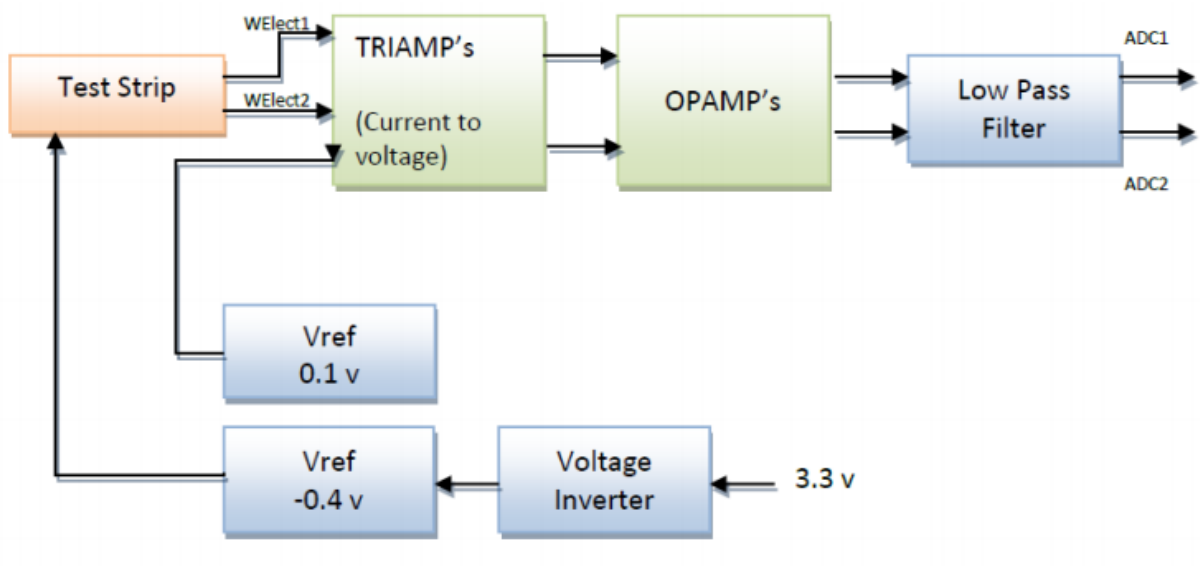
شکل ۳. نوار تست

باید به این نکته توجه داشت که تنها از نوار تست‌های قند خون معرفی شده توسط کمپانی سازنده دستگاه، باید استفاده گردد. نوار تست‌های متفرقه باعث به دست آوردن نتایج نادرست می‌شوند.

۲-۳. نحوه انجام سنجش غلظت قند خون توسط دستگاه گلوکومتر

دستگاه تست قند خون، سطح قند خون را با اندازه‌گیری جریان الکتریکی تولید شده بر اثر واکنش گلوکز خون با معرف نوار تست، بررسی می‌کند. شدت جریان ایجاد شده در اثر واکنش، به مقدار گلوکوز موجود در نمونه خون بستگی دارد. دستگاه این جریان را اندازه‌گیری کرده و آن را به سطح قند خون معادل تبدیل می‌نماید.

در شکل ۴ ، بلوک دیاگرام عملکرد الکتریکی دستگاه گلوکومتر جهت سنجش غلظت گلوکز خون مویرگی نمایش داد شده است.



شکل۴. بلوک دیاگرام دستگاه گلوکومتر جهت سنجش غلظت گلوکز خون مویرگی[۱].

ولتاژ منفی ۰,۴ ولت بر روی الکترود مرجع سنسور گلوکومتر اعمال می‌شود. وقتی قطره خون در نوار قرار می‌گیرد، یک واکنش شیمیایی در داخل آن ایجاد می‌شود و یک جریان الکتریکی کوچک متناسب با غلظت گلوکز ایجاد می‌کند. این جریان به طور مداوم در حالی که نوار در محل قرار دارد، کنترل می‌شود و به دستگاه اجازه می‌دهد هنگام قرار گرفتن قطره خون بر روی نوار، مانیتورینگ را اعمال نماید. خروجی تولید شده توسط نوار آزمایش جریانی است که غلظت گلوکز را نشان می‌دهد. این جریان باید به ولتاژ تبدیل شود تا بتوان به درستی فیلتر و نمایش داده شود. این تبدیل با استفاده از مبدل جریان به ولتاژ انجام می‌شود که دارای یک منبع ولتاژ واحد، ولتاژ آفست ورودی کم و جریان آفست ورودی کم می‌باشد. پس از تثبیت واکنش شیمیایی ،حدودا پس از ۵ ثانیه ، ولتاژ توسط مبدل آنالوگ به دیجیتال(ADC) خوانده می‌شود و با استفاده از یک جدول

جستجو برای محاسبه مقدار نسبی گلوکز، متناسب در میلی گرم / دسی لیتر مقایسه می‌شود. این مقدار غلظت گلوکز محاسبه شده جهت اطلاع و نمایش به کاربر، به تراشه پردازنده ارسال می‌شود.

۳- مراحل آماده سازی و اندازه گیری غلظت قند خون با کمک دستگاه گلوکومتر

۳-۱. قرار دادن نوار تست در دستگاه

یک نوار تست را از ظرف آن بیرون می‌آوریم. به هیچ عنوان نوارتست نباید خم یا شکسته شود. هر نوار تست بلافاصله پس از خروج از ظرف، باید استفاده گردد.

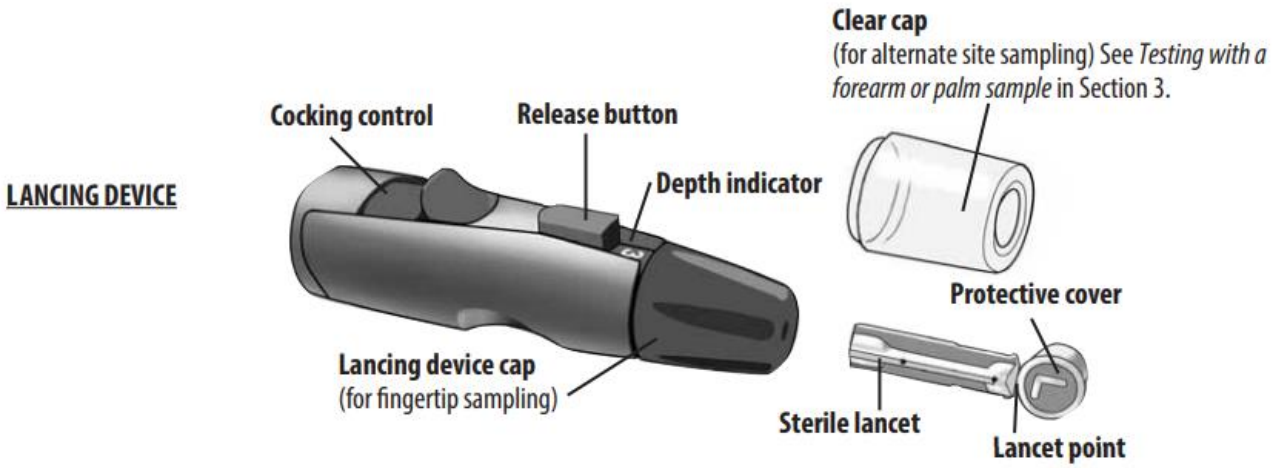
نوار تست را در ورودی دستگاه گلوکومتر قرار می‌دهیم. در شکل ۵ نحوه قرار دادن نوار در دستگاه نشان داده شده است.

شکل ۵. نحوه قرارگیری نوار تست بر روی دستگاه [۲].

۳-۲. گرفتن نمونه خون

جهت به دست آوردن نمونه خون از نوک انگشت یا قسمت‌های مختلف بدن از دستگاهی به نام اتو لنست استفاده می‌گردد.

قسمت‌های تشکیل‌دهنده اتو لنست در شکل ۶ به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۶. اتو لنست و قسمت‌های تشکیل دهنده آن[۲].

جهت کار با اتو لنست ابتدا باید محل خونگیری را با آب گرم شسته و خشک نمایید. سپس کلاهک قلم خونگیری را بیرون آورده و یک لنست در محل قرارگیری لنست قرار دهید. باید به این نکته توجه داشت که لنست‌ها یکبار مصرف هستند و در صورت استفاده مجدد احتمال ابتلا به عفونت‌های خونی نظیر ایدز و هپاتیت وجود خواهد داشت.

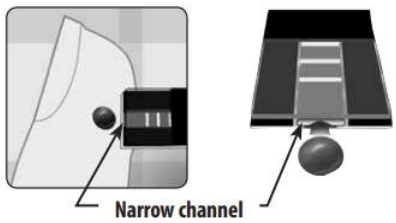
با ۱۸۰ درجه چرخش محافظ لنست را جدا نمایید و کلاهک قلم خونگیری را مجددا در جای خود قرار دهید. برای تعیین عمق خونگیری عدد روی کلاهک را باید تنظیم نمود. در ابتدا می‌توان برای اولین خونگیری از درجه ۳ استفاده نمود. در صورتیکه مقدار خونگیری مناسب بود در دفعات بعد نیز از همین شماره استفاده نمایید در غیر این صورت میتوان شماره را افزایش داد. برای استفاده کلید انتهای قلم را فشار داده و پس از آماده سازی قلم را بر روی انگشت قرار داده و برای شلیک سوزن کلید مدنظر را فشار دهید.

در شکل ۷ نحوه قرارگیری اتو لنست جهت خونگیری از نوک انگشت، نشان داده شده است.

شکل ۷. نحوه خونگیری با اتو لنست [۲].

۳-۳. قرار دادن نمونه خون بر روی نوار تست

انگشت خود را مستقیم و ثابت نگه دارید، دستگاه و نوار آزمایش را به سمت قطره خون حرکت دهید. نوار آزمایش را با قطره خون در یک راستا قرار دهید تا کانال باریک لبه نوار آزمایش تقریباً لبه قطره خون را لمس کند. قطره خون به کانال باریک کشیده می شود و پنجره تأیید باید کاملاً پر شود. در شکل ۸ طریقه انتقال قطره خون به نوار تست نشان داده شده است.



شکل ۸. طریقه انتقال قطره خون به نوار تست [۲].

سطح گلوکز خون همراه با واحد اندازه‌گیری و تاریخ و زمان آزمایش روی صفحه نمایش ظاهر می‌شود. نتایج قند خون به طور خودکار در حافظه دستگاه ذخیره می‌شود. در شکل ۹ نحوه نمایش مقدار گلوکز خون مویرگی اندازه‌گیری شده به نمایش گذاشته شده است.

شکل ۹. نمونه‌ای از خوانش مقدار گلوکز خون توسط دستگاه گلوکومتر [۲].

۴- مشکلات گزارش شده

BGM ها قابل حمل سریع بوده و کاربری آن ها ساده است، ولی در صورتی دارای نتایج قابل اطمینان هستند که آزمون به دقت انجام شود. صحت نتایج به دست آمده بر اثر قرار دادن نامناسب نمونه روی بالشتک، زمان واکنش، تکنیک‌های تمیز کردن، غلظت‌های بالا یا پایین هماتوکریتو داروهای مصرف شده توسط بیمارتحت تاثیر قرار می‌گیرند. طولانی شدن زمان واکنش ممکن است باعث بالا رفتن نتایج شود. استفاده از تکنیک‌های تمیز کردن که مطابق با توصیه‌های کارخانه نباشد، قرار

دادن نادرست نوار معرف در دستگاه و استفاده از نوار معرف‌هایی که با دستگاه مربوطه مطابقت ندارند، نیز می‌تواند باعث نتایج غلط شود. تخمین غلظت با استفاده از چارت رنگی یک روش نیمه کمی است که تحت تأثیر نورمحیط و بینایی قرار می‌گیرد . بیشتر اوقات استفاده‌کننده مرحله کالیبراسیون را انجام نداده یا پاینده را خوب تمیز نمی‌کند. به علت اینکه برای استفاده از BGM های قابل حمل باید بیماران تحت آموزش قرار گیرند، مراکز بهداشت تخصصی باید روی کارآیی بیمار در رابطه با توانایی استفاده از دستگاه نظارت داشته و به صورت دوره ای نتایج را با نتایج آزمایشگاه‌های بالینی مقایسه کنند.

ECRI خرید BGM هایی را که نیاز به پاک کردن دارند پیشنهاد نمی‌کند و به جای آن‌ها BGM های خودکار توصیه می‌شود. پاینده‌هایی که مراحل اجرایی کمتری دارند کمتر مستعد تغییرات و اشتباهات احتمالی هستند.

اگر چه غلظت‌های قند خون مویرگی و سیاهرگی در صورتی که استفاده کننده ناشتا باشد تقریباً یکی است ولی بعد از خوردن گلوکز مقدار قند نمونه خون کامل مویرگی آهسته‌تر از خون سیاهرگی به مقدار ناشتا برمی‌گردد. بنابراین مقادیر نشان داده توسط BGM در مورد خون مویرگی بالاتر از مقادیر آن در خون سیاهرگی ثبت می‌گردد. استفاده کننده‌ها باید از نمونه خونی استفاده کنند که کارخانه سازنده توصیه کرده است.

به علت هماتوکریت بالای نوزادان که در صحت نتایج به دست آمده از BGM اثر می‌گذارد، در استفاده این وسیله برای اینگونه بیماران باید دقت کرد.

عدم همکاری بیمار نیز می‌توانند از علل به دست آوردن نتایج غلط باشد. در یک مطالعه با استفاده از حافظه BGM ها و نتایج گزارش شده توسط بیماران مشاهده شده که بیماران غالبا با مقادیر کمتر از مقادیر ثبت شده در BGM ها را گزارش می‌کند یا حتی نتایج را بدون انجام آزمایش وارد دستگاه می‌کنند یا برخی نتایج را حذف می‌کنند.

نوار معرف‌های تاریخ گذشته و یا نوارهایی که بد نگهداری شده‌اند نیز می‌توانند باعث نتایج غلط شوند. رنگ نوار باید برای اثرات ایجاد شده از حرارت، رطوبت یا نور که باعث کاهش پایداری نوار و غیرقابل اطمینان کردن نتایج به دست آمده می‌شود چک شود. علاوه براین به علت اینکه برخی اوقات صدمات وارده به نوار معرف یا قابل مشاهده نیستند یا به آن‌ها توجه نمی‌شود و هم‌چنین موادی مانند ویتامین C ، بیلی روبین و تری گلیسیرید و کلسترول بالا با آنزیم‌های نوار معرف واکنش می‌دهند برای تصمیم‌گیری در مورد درمان بر اساس نتیجه یک بار آزمایش باید دقت کافی وجود داشته باشد .

محلول‌های کنترل قند خون به طور منظم برای چک کردن پاینده، سیستم نوار آزمایش و تکنیک کاربر مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگرچه حتی ممکن است وقتی که نتایج بدست آمده از محلول کنترل قند خون در محدوده درست قرار گیرد باز هم نتایج نادرست به دست آید. این امر به علت این است که محدوده محلول‌های کنترل عموماً بسیار گسترده است. برای حل این مسئله بیمارستان‌ها و دستگاه‌هایی که چندین استفاده کننده دارند باید از محلول‌های کنترل با محدوده کمتر استفاده کنند. استفاده کننده‌ها می‌توانند این کار را با تکرار آزمون محلول کنترل کننده انجام دهند.

علاوه بر این امکان آلودگی محلول‌های کنترل در حین استفاده وجود دارد. اگر محلول کنترل در تماس با نوار معرف قرار گیرد، آنزیم‌های موجود در نوار معرف باعث آلودگی محلول کنترل می‌شوند که نتایج حاصل از این محلول خارج از محدوده‌های کنترل است [۴].

۵- ملاحظات خرید

بعلت تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری و محدوده وسیع کارایی دستگاه‌ها، خریدار باید به مسائل زیر توجه داشته باشد[۴]:

- محدوده آنالیتیکی: محدوده غلظتی که در آن دستگاه می‌تواند آنالیت بخصوصی را اندازه‌گیری نماید. خریدار باید بر اساس وضعیت بالینی مورد نیاز و محدوده ذکر شده توسط کارخانه، دستگاه خود را انتخاب نماید.

- صحت: توانایی دستگاه در تعیین مقادیر حقیقی یک آنالیت می‌باشد. اگرچه دستگاه‌ها بر اساس رفرانس‌های متعدد کالیبره شده‌اند ولی ممکن است نتایج دستگاه‌های ساخت کارخانه‌های مختلف باهم یکی نباشد. بیمارستان‌ها باید تغییرات نتایج بین مدل‌های قابل حمل و آزمایشگاهی را مدنظر داشته باشند.

- دقت: تکرار پذیری بالای یک آزمایش را گویند. دستگاه‌های با دقت بالا نه تنها با حساسیت بیشتری نمونه را اندازه‌گیری می‌کنند بلکه نیاز تکرار آزمایش را کم می‌کنند. دقت بر اساس واحد Coefficient Variation بیان شده و CV پایین نشان دهنده‌ی دقت بالای دستگاه می‌باشد.

- اطمینان کارآیی (Performance Reliability) : برای مشخص کردن ضریب اطمینان، محدوده‌ی قرائت گلوکز باید با نوارهای کنترل یا محلول‌های کنترل مشخص و تعیین گردد که نتایج در محدوه‌ای توسط کارخانه و انجمن دیابتی‌های آمریکا برای BGM ها مشخص کرده‌اند می‌باشد.

- راحتی استفاده: استفاده از دستگاه باید راحت بوده و برای به دست آوردن نتایج خوب، نیاز به تعلیم کمی داشته باشد.

- موارد ایمنی: دستگاه‌ها باید فقط نوارهای مربوط به خود را قبول کنند. برخی دستگاه‌ها می‌توانند نوارهای تاریخ گذشته، استفاده شده و نوارهای آزمایشی یا محلول‌های کنترل بلانک را شناسایی کنند.

- کاربری با باتری: دستگاه باید دارای هشدار دهنده‌ای باشد که تضعیف باطری را نشان دهد تا قبل از اختلال در نتایج آزمایش به تعویض آن اقدام شود. دستگاه‌ها باید از باتری‌های در دسترس همگانی استفاده نمایند.

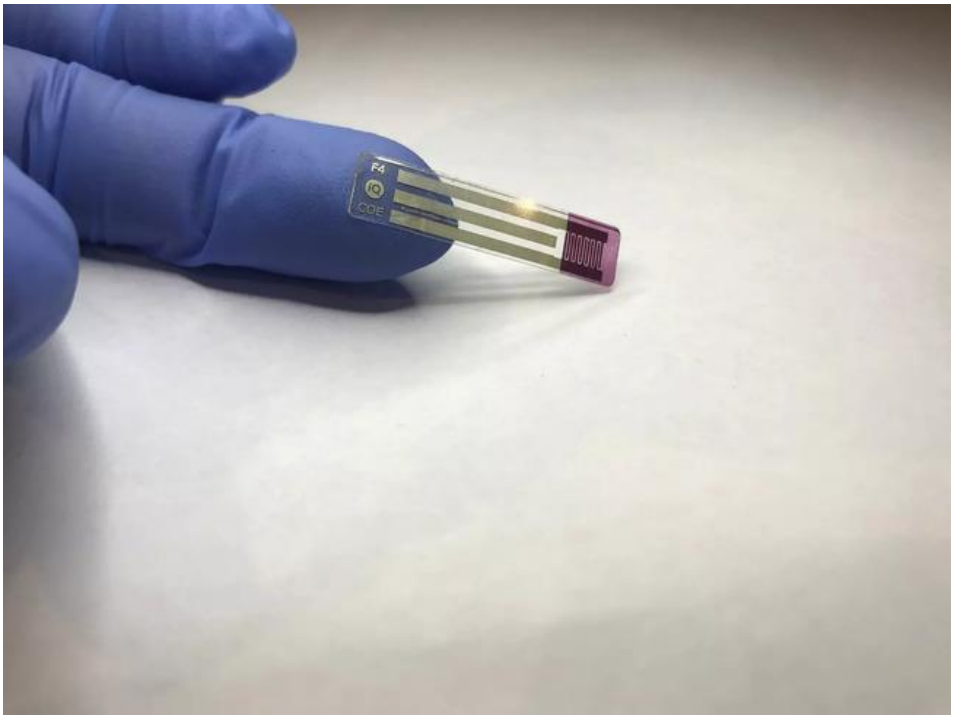
- ظرفیت‌های مدیریت اطلاعات و حافظه: دستگاه‌هایی که در خانه استفاده می‌شوند بهتر است که قدرت ثبت نتایج را داشته باشند. حافظه‌های قوی برای ثبت ذخیره دراز مدت اطلاعات استفاده می‌شوند. ارجح است دستگاه‌ها توانایی نگه‌داری حافظه را در موقع تعویض باتری داشته باشند.

۶- مرحله پیشرفت

دستگاه‌های اندازه‌گیری گلوکز، کوچک و دارای مدارهای ریز می‌باشند. همه دستگاه‌های اندازه‌گیر گلوکز برای مشخص کردن غلظت گلوکز در مویرگ (نوک انگشت) تنظیم شده‌اند. اما برخی دستگاه‌ها می‌توانند نمونه خون وریدی را نیز تجزیه نمایند. کارخانه‌ها سازنده با حذف و پاکسازی، تعدا مراحل آزمایش را کاهش و ایمنی دستگاه را افزایش داده‌اند.
برخی از دستگاه‌ها با تجهیزاتی از قبیل قابلیت صدای الکترونیک، نوار ویدیو، نوار صدا برای دادن دستورالعمل‌ها، برنامه‌های مدیریت اطلاعات جهت جمع‌آوری اطلاعات برای سابقه گلوکز که می‌تواند به بیمارانی که با مشکلات بینایی یا شنوایی رو به رو هستند کمک کرده و کمک خوبی به پزشکان یا بیمارانی هستند که مایلند سوابق خود را حفظ نمایند.

اخیرا دستگاه‌های گلوکز آنالایزر که از نورسنج طیفی استفاده می‌کنند ساخته شده‌اند و در انتظار دریافت مجوز FDA510 هستند. در این دستگاه نور مادون قرمز از پوست شخص عبور داده شده و به خون می‌رسد. سپس این نور به طرف رایانه دستگاه بازتابیده و پس از اینکه تجزیه و بررسی شد به صورت غلظت گلوکز خون نشان داده می‌شود. ابعاد این دستگاه کوچک بوده و وزن آن ۱۴ پوند می‌باشد. قیمت این دستگاه ۷۵۰۰ تا ۸۰۰۰ دلار برآورد شده است ولی در عوض هیچ وسیله اضافه دیگری نمی‌خواهد. در حال حاظر این دستگاه در اروپا در دسترس می‌باشد.

یکی دیگر از انواع دستگاه‌هایی که بدون سوراخ کردن پوست و نمونه گرفتن، گلوکز خون را اندازه‌گیری می‌کند از یک برچسب پوستی استفاده می‌نماید. این برچسب برای مدت ۵ دقیقه روی پوست بیمار می‌ماند و سپس مقدار گلوکز از طریق نشان‌دهنده‌ای که در جیب جای می‌گیرد، خوانده می‌شود. انتظار می‌رود که هزینه این دستگاه در حد دستگاهی که از نوک انگشت نمونه خون می‌گیرد، باشد [۳].



شکل ۱۰. نمونه‌ای از سنسور سنجش میزان گلوکز از طریق بزاق دهان [۵].

همانگونه که در تصویر ۱۰ مشاهده می‌شود، در جدیدترین تحقیقات صورت گرفته توسط دانشمندان استرالیایی در سال ۲۰۲۱، روشی جدید برای سنجش میزان قند خون بیماران دیابتی یافته‌اند، که با استفاده از نوارهایی غیر تهاجمی سطح گلوکز را از بزاق دهان بیمار تشخیص می‌دهند. از مزایای این روش می‌توان به حداقل رسیدن آزمایشات دردناک تهاجمی بیماران دیابتی جهت سنجش میزان گلوکز خون آن‌ها اشاره نمود [۵].

منابع :

[1] Miriam Garcia Yanez, Glucose Meter Fundamentals and Design, NXP 2014.

[2] https://www.onetouch.com/products/glucose-meters/onetouch-ultra2.

[3] Saha, Shumit, Nayan Sarker, and Avijit Hira. "Design & implementation of a low cost blood glucose meter with high accuracy." *2014 International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology*. IEEE, 2014.

[4] دکتر حمیدرضا سقا، کتاب جامع تجهیزات آزمایشگاهی، ۱۳۸۱

[5] https://img.etimg.com.

تدوین و ترجمه: آقای مهندس محمد حسین مسعودی