

# ابزارهای الکترونیکی در تشخیص آزمایشگاهی بالینی

( مثال های کلیدی، محدودیت ها و ارزشمندی در آزمایشگاه پزشکی )

## معرفی

آزمایشگاه‌های بالینی مسئول انجام دقیق آزمایش‌های تشخیصی، گزارش نتیجه آزمایش، تفسیر مناسب و انتقال آنها به صورت واضح و سریع به تصمیم‌گیرندگان بالینی است. افزایش پیاده‌سازی پرونده‌های الکترونیک سلامت (EHRs) و سیستم‌های اطلاعات آزمایشگاهی در مؤسسات بالینی که در راستای افزایش اتوماسیون آزمایش و دسترسی به داده‌های بیمار است، یکپارچه‌سازی ابزارهای مراقبت بهداشتی الکترونیکی را امکان پذیر کرده و موجب افزایش بهبود خدمات بالینی و حمایت از تصمیم‌های بالینی شده است. در سال‌های اخیر با افزایش برنامه‌های مبتنی بر وب و موبایل، دسترسی به نتایج آزمایش افزایش یافته و دقت تفسیر نتایج آزمایش بهبود یافته است که به مدیریت تشخیص پزشکی پیچیده کمک می‌کند. این منابع می‌تواند برای پزشکان، دانشمندان آزمایشگاهی و همچنین بیمارانی که دائماً مراقبت‌های سلامتی دارند، مفید باشد. این موضوع منجر به یک مدل جدید ارائه مراقبت بهداشتی مبتنی بر بیمار می‌شود، اما در عین حال چالش و پیچیدگی بیشتری را در ارتباط آزمایشگاه-پزشک و پزشک-بیمار و همچنین در حفظ حریم خصوصی بیمار ایجاد می‌کند. این مقاله، ابزارهای الکترونیکی موجود در مراقبت‌های بهداشتی و آزمایشگاهی و نیز مزایا و محدودیت‌های مربوطه را بررسی می‌کند و نقش آن‌ها را در آینده آزمایشگاه پزشکی مورد بحث قرار می‌دهد.

ابزارهای الکترونیکی در تشخیص آزمایشگاهی بالینی می‌تواند به متخصصان آزمایشگاه، پزشکان و بیماران کمک کند تا تشخیص‌های پزشکی و تفسیر تست‌های آزمایشگاهی را مدیریت کنند. با افزایش پرونده‌های الکترونیکی سلامت (EHRs) و اجرای سیستم‌های اطلاعاتی آزمایشگاهی در سراسر جهان، نیاز به منابع الکترونیکی با طراحی خوب و مبتنی بر شواهد افزایش یافت. هم ابزارهای مراقبت الکترونیکی داده‌محور پیچیده و هم ابزارهای تفسیری ساده، در حال حاضر در دسترس هستند تا با ادغام بهتر اطلاعات بالینی و آزمایشگاهی، به رویکردی بیمار محورتر برسند. با انجام چندین مطالعه روی تأثیر اجرای ابزارهای الکترونیکی مراقبت بهداشتی در تشخیص‌های آزمایشگاهی بالینی، از جمله در مدیریت بلی روبنمی نوزادان، بیماری قلبی و وضعیت تغذیه، گزارش‌های بالینی مثبتی ارائه شده است. از آنجایی که دسترسی بیماران به داده‌های آزمایشگاهی پزشکی‌شان رو به افزایش است، ضروری است که ابزارهای الکترونیکی برای افراد دارای سواد دیجیتالی و پزشکی متفاوت، مبتنی بر شواهد و با کاربری آسان باشد. در حقیقت، مطالعات نشان می‌دهد که به دلیل عدم دخالت متخصصان مراقبت بهداشتی در فرآیندهای توسعه ابزارهای مراقبت بهداشتی الکترونیکی، اغلب اطلاعات نادرست شامل الگوریتم‌های محاسباتی اشتباه یا توصیه‌های تفسیری نامناسب ارائه می‌دهد.

بررسی حاضر، مروری بر کاربرد ابزارهای الکترونیکی مراقبت بهداشتی موجود، برای تشخیص‌های آزمایشگاهی بالینی ارائه می‌دهد و محدودیت‌های بالقوه و مزایای اجرای بالینی آنها را به صورت انتقادی بررسی می‌کند. پایگاه داده آنلاین آزمایشگاه کانادایی (CALIPER) initiative on pediatric reference intervals نیز به تفصیل به عنوان مثالی از یک ابزار تشخیصی کودکان با گستره‌ی تأثیر جهانی ذکر شده است.

## منابع داده محور پیچیده - کمک پزشک

تشخیص پزشکی درست از روی شرایط پاتولوژیک، مستلزم ترکیب اطلاعات بالینی (مانند سابقه خانوادگی، علائم، عوامل خطر، تصویربرداری) و داده های آزمایشگاهی (مانند نتایج آزمایش بیومارکر) و همچنین تخصص و مهارت پزشک است. داده های بالینی از بین پرورنده های پزشکی، سنتز کلاس بندی خطر و به کارگیری توصیه های راهنما به دست می آیند و از آن ها برای تعیین درمان مناسب یا پیگیری آن استفاده می شود، این فرآیند می تواند به طور غیرضروری زمان بر باشد. گزارش های اخیر همچنین نشان می دهد که ساختارهای EHR فعلی ممکن است منجر به بار اطلاعات اضافه و علاوه بر آن منجر به از دست رفتن بعضی هشدارها و اطلاعات در نمودارهای بیمار شود و در نتیجه خطر پیگیری نامناسب افزایش یابد. بنابراین علاقه زیادی به منابع تشخیصی داده محور وجود دارد که در آن توصیه های راهنما به طور خودکار در داده های آزمایشگاهی EHR اعمال شود که در نتیجه آن شرایط رایج بالینی مدیریت شده و باعث تصمیم گیری بالینی به موقع و سازگار می شود.

از طریق فناوری نوظهور، اکنون امکان ادغام برنامه های افزودنی (add-on) برای EHR ها فراهم است و به موجب آن سازندگان برنامه ها می توانند EHR ها را برای مراقبت های بهداشتی هدفمند، کاربردی تر کنند. اپلیکیشن های پزشکی قابل تعویض و فناوری های قابل استفاده مجدد در منابع تعاملی مراقبت های بهداشتی سریع (SMART در FHIR) یک فناوری دسترسی است که موجب کاربردی تر شدن و حفظ حریم خصوصی در برنامه های افزودنی EHR می گردد. تعداد معدودی از گروه ها نتایج مثبت قابل اندازه گیری SMART را در اجرای برنامه FHIR در تنظیمات بالینی نشان داده اند. کاواموتو و همکاران اخیراً گزارش کرده اند که پیاده سازی یک برنامه افزودنی EHR برای مدیریت بیلی رویین نوزادان باعث صرفه جویی قابل توجهی در وقت پزشکان شده و شانس فتوتراپی مناسب بالینی را در طول بستری شدن تا ۸۴ درصد افزایش داده است. توییچل و همکاران همچنین گزارش کردند که با معرفی یک برنامه SMART در FHIR، برای مشاهده فشار خون کودکان در یک بیمارستان عالی، تشخیص فشار خون غیرطبیعی افزایش یافت. اپلیکیشن های پیشنهادی افزوده SMART در فناوری برنامه FHIR از نسخه ایمن مسکن شبه مخدر [۵]، مدیریت

کلسترول و خطر حمله قلبی [۶] و همچنین پزشکی دقیق سرطان [۷] و شناسایی ژنوم و فنوم [۸] پشتیبانی می کند. ابزارهای بیمار-پزشک برای مدیریت بیماران مبتلا به هموفیلی شدید A و/یا B ایجاد شده است و به پزشکان کمک می کند که با مدل سازی فارماکوکینتیک، فاکتور مناسب پیشگیری کننده ی جایگزین را براساس نتایج آزمایشگاهی تعیین کنند. این ابزارها همچنین بیماران را قادر می سازد تا نتایج مربوطه را مستند کنند و نظارت بیشتری بر بیماری داشته باشند. توسعه و پیاده سازی چنین فناوری می تواند با سنجش سایر متغیرهای کمی (مانند تست های متعدد آزمایشگاهی، اطلاعات بالینی) به صورت خودکار، تفسیر داده های آزمایشگاهی را بهبود دهد و تصویر آزمایشگاهی را تکمیل کند. استفاده از ساختار ذاتی EHR ها به پیشبرد پزشکی شخصی کمک می کند.

علاوه بر این، داده های موجود در EHR ها می تواند در کارهای تحقیقاتی به منظور توسعه الگوریتم های مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده شود. این الگوریتم ها به طور بالقوه می تواند خوشه های پاتوفیزیولوژیکی جدید را شناسایی کند که اهمیت تشخیصی دارد. روش های یادگیری عمیق، قبلاً در مراقبت های بهداشتی برای توسعه ابزارهای تشخیص الکترونیکی استفاده شده است [۱۰]. به عنوان مثال، گلشن و همکاران، الگوریتمی را با حساسیت و ارزش بالینی بالا توسعه داد که از عکس های فوندوس شبکیه در EHR برای تشخیص خودکار رتینوپاتی دیابتی و ادم ماکولا دیابتی استفاده می کند [۱۱]. علاوه بر این، یوان و همکاران از داده های EHR استفاده کرد، یک گروه بزرگ اطلاعات سرطان ریه ایجاد کرد و یک مدل حیاتی پیش بینی کننده بر اساس متغیرهای کمی بالینی متعدد توسعه داد [۱۲]. رحمنی و همکاران همچنین یک رویکرد هستی شناختی برای شناسایی دقیق بیماران دیابت نوع ۲ در EHR ایجاد کرد و یک راهنما برای پشتیبانی از تصمیم گیری و انجام تحقیقات ممیزی و ارزیابی در دیابت ایجاد کرد [۱۳]. علاوه بر این، توماشف و همکاران، مدلی را با استفاده از مجموعه داده طولی بزرگی از EHR ایجاد کرد که به پیش بینی آسیب حاد کلیه در آینده کمک می کند و یک ارزیابی اطمینان برای پیش بینی های پیامد بالینی، از جمله آزمایش خون بالینی مرتبط، ارائه می کند [۱۴]. این مطالعات با ارائه ی نمونه های اثبات مفهومی (proof

(of concept) نشان می دهد که چگونه داده های آزمایشگاهی و بالینی EHR برای توسعه ابزارهای الکترونیکی تشخیصی استفاده می شود و بار مراقبت های بهداشتی را کاهش می دهد. این امر منجر به مدیریت شخصی تر و به موقع تر بیماری می شود و زیر مجموعه های بالقوه بیماری جدید و فاکتور خطر را برای شرایط پزشکی شناسایی می کند. آزمایشگاه های بالینی به عنوان ارائه دهنده اکثر داده های عینی در نمودارهای بیمار، باید در نظر بگیرند که چگونه ادغام اطلاعات بالینی از طریق خروجی های دیداری و الگوریتمی، می تواند خدمات بالینی و مراقبت های بهداشتی را بهبود بخشد. با این حال، منابع سوگیری در داده های EHR و پتانسیل آنها برای ایجاد ناهمخوانی در مراقبت های بهداشتی باید در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، داده های EHR ممکن است به سمت گروه های خاص بیماری (مثلاً شدیدتر) سوگیری داشته باشد و استنباط های نامناسبی در مورد تشخیص و پیش بینی ایجاد کند [۱۵].

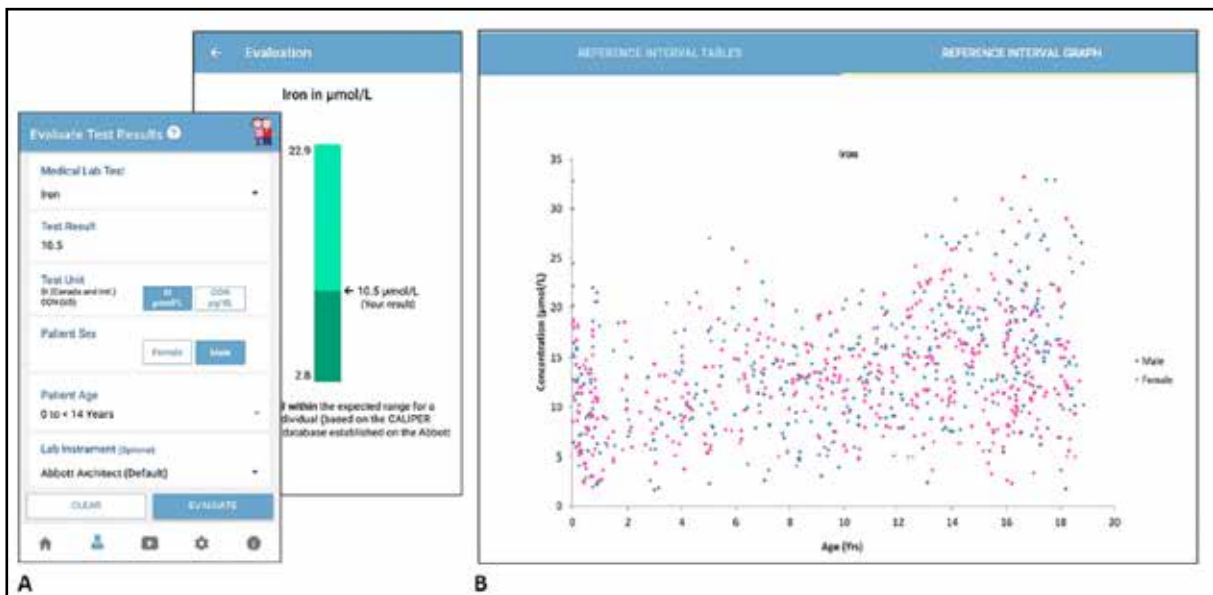
ممکن است الگوریتم های تحلیلی پیش بینی کننده، به دلیل تفاوت های جمعیتی مانند قومیت (نژاد احتمالاً منظور شده) در گروه جمعیتی خاص، در همه مؤسسات قابل استفاده نباشد [۱۵]. صرف نظر از این مسأله، تحقیقات نشان می دهد که ادغام منابع پیچیده ی داده محور در مراقبت استاندارد برای شرایط خاص (مانند دیابت یا مدیریت زردی) می تواند در آینده مراقبت های بهداشتی مفید باشد.

#### منابع تفسیری ساده - کمک بیمار

علاوه بر ابزارهای پیچیده ی الکترونیکی تشخیص پزشکی که برای استفاده پزشک فراهم شده، ابزارهای ساده تری نیز وجود دارد که به طور خاص برای خود بیماران طراحی شده اند [۱۶، ۱۷]. در واقع، استفاده گسترده از فناوری اطلاعات سلامت، دسترسی بیماران به اطلاعات سلامتی شان را افزایش داده است و رسیدن به اهداف مراقبتی بیمار محور را تسهیل می کند. ابزارهای الکترونیکی مانند پورتال های بیمار، بررسی کننده علائم بیماری مبتنی بر هوش مصنوعی و همچنین برنامه های نظارت بر رژیم غذایی، وزن و باروری، برای مراقبت پزشکی بیمار به کار گرفته می شود. تعداد اپلیکیشن های بهداشتی در ۵ سال گذشته به طور قابل توجهی افزایش یافته است و طبق تخمین در سال ۲۰۱۷، اپلیکیشن های مراقبت بهداشتی بیش از ۳٫۸

میلیارد بار دانلود شده اند که ۱۶ درصد نسبت به سال قبل افزایش یافته است [۱۸]. گذار غیرمنتظره به پزشکی از راه دور در طول دوره همه گیری کووید-۱۹، استفاده از اپلیکیشن های الکترونیکی مراقبت بهداشتی را سرعت بخشیده است و برای افراد با سطوح مختلف سلامت و سواد دیجیتال منابع آموزشی عرضه کرده است. با اینکه افزایش دسترسی به داده های پزشکی برای بیماران نتایج مثبتی داشته است، نگرانی هایی درباره اطلاعات غلط و ایمنی وجود دارد [۱۷]. در بررسی درجه بندی شده ی جدیدی، اکبر و همکاران، دریافته اند که در فرآیندهای توسعه اپلیکیشن های الکترونیکی مراقبت بهداشتی، متخصصان مراقبت های بهداشتی به طور جدی دخالت ندارد و این اپلیکیشن ها اطلاعات نادرست زیادی ارائه می دهد، از جمله الگوریتم های محاسبه اشتباه، اطلاعات نادرست در مورد علائم بیماری مورد انتظار و گزینه های درمانی [۱۸]. یک نظرسنجی جدید با ارزیابی فراوانی و انواع خطاهای شناسایی شده توسط بیمارانی که یادداشت های پزشک را در EHR خود می خوانند، نشان می دهد که از هر پنج بیمار، یک نفر خطا را گزارش کرده است (مثلاً اشتباهات در تشخیص، سابقه پزشکی، داروها، معاینه فیزیکی، نتایج آزمایش) و ۴۰ درصد خطا را به طور جدی درک کردند [۱۹]. مخصوصاً در آزمایشگاه پزشکی، صرف نظر از اینکه آزمایش خون در کدام آزمایشگاه یا موسسه تکمیل شده است، بیماران اغلب تصور می کنند که نتایج آزمایش آنها باید یکسان باشد. بیماران و حتی گاهی پزشکان درک نمی کنند که نتایج آزمایش های آزمایشگاهی برای بسیاری از نشانگرهای سلامت و بیماری، به دلیل عدم استانداردسازی تست، بر اساس پلتفرم آزمایش متفاوت است [۲۰].

امروزه بیماران دسترسی فزاینده ای به داده های پزشکی خود دارند و ماهیت چندگانه ی شبکه ی بیمارستانی در مراقبت از بیمار، پیگیری را پیچیده می کند. بنابراین بسیار مهم است که حوزه آزمایشگاه پزشکی، استانداردسازی تحلیلی و هماهنگ سازی فاصله مرجع را برای سنجش های کاندید پیگیری کند، تا از تفسیر نتیجه آزمایش اطمینان حاصل شود. از آن جایی که هیچ پزشکی نتیجه را مفهوم سازی نمی کند، ضروری است که فرآیندها و منابع آموزشی مناسب وجود داشته باشند



شکل ۱) نگاه کلی بر برنامه تلفن همراه و رابط پایگاه داده CALIPER. نمایش تصویری برنامه تلفن همراه CALIPER برای نتیجه آزمایش آهن بیمار کودکان. (B) نمایش نمودارهای پراکندگی پایگاه داده آنلاین CALIPER همراه با نتیجه آزمایش آهن (www.caliperdatabase.org).

و نوجوان سالم از بدو تولد تا ۱۸ سالگی ایجاد می کند و انتشار می دهد. آن ها این کار را برای بیش از ۲۰۰ نشانگر زیستی آزمایشگاهی از جمله نشانگرهای بیوشیمیایی، ایمنونولوژیکی، خونی، تغذیه ای، غدد درون ریز و باروری و همچنین بسیاری از ارزیابی های شیمی ویژه انجام دادند [۲۲].

علاوه بر تولید و انتشار این مجموعه داده های غنی، برای تیم CALIPER به همان اندازه مهم بود که ابزارهای ترجمه دانش را توسعه دهند تا اطمینان حاصل شود که داده ها برای پزشکان، متخصصان آزمایشگاه، و بیماران و خانواده ها در سراسر جهان در دسترس است. بنابراین در سال ۲۰۱۴، یک اپلیکیشن موبایل (قابل دانلود در گوگل پلی و اپل استور) و پایگاه داده آنلاین (www.caliperdata-base.org) توسعه یافت و به تازگی به روز شده است. این ابزارهای الکترونیکی، نتایج آزمایشگاهی بیمار را با توجه به مناسب ترین و به روزترین فواصل مرجع توسعه یافته توسط CALIPER، بر روی پلت فرم ها و سنجش های شیمی بالینی متعدد تفسیر می کنند. هر دو ابزار الکترونیکی در سرتاسر جهان به طور رایگان در دسترس است و با آزمایش های جدید به روزرسانی می شود و مطالعات کارشناسی شده بیشتر تکمیل می شود. برای استفاده از اپلیکیشن موبایل یا پایگاه داده آنلاین، به سادگی می توان آزمون آزمایشگاه پزشکی مورد علاقه را انتخاب کرد، نتیجه آزمایش کودک را وارد کرد و جنسیت و سن کودک را از منوی بازشونده انتخاب کرد. کاربران این امکان را دارند که

تا اطلاعات نادرست کاهش یابد و وقتی سؤال یا نگرانی رخ داد، اطمینان حاصل شود که گزینه های قابل دسترس موجود است. مطالعه ای که اخیراً توسط ژانگ و همکاران انجام شد گزارش داد که ۳۵٫۲ درصد از افراد در درک نتایج آزمایش آزمایشگاه پزشکی خود مشکل دارند و ۶۷ درصد قادر به درک جنبه های مختلف نتایج آزمایش خود از جمله محدوده مرجع، اصطلاحات پزشکی و معنای ارزش آزمایشگاهی نیستند [۲۱]. بنابراین مهم است که ابزارهای الکترونیکی با شواهد علمی و تخصص برای پر کردن این خلأ ایجاد شود.

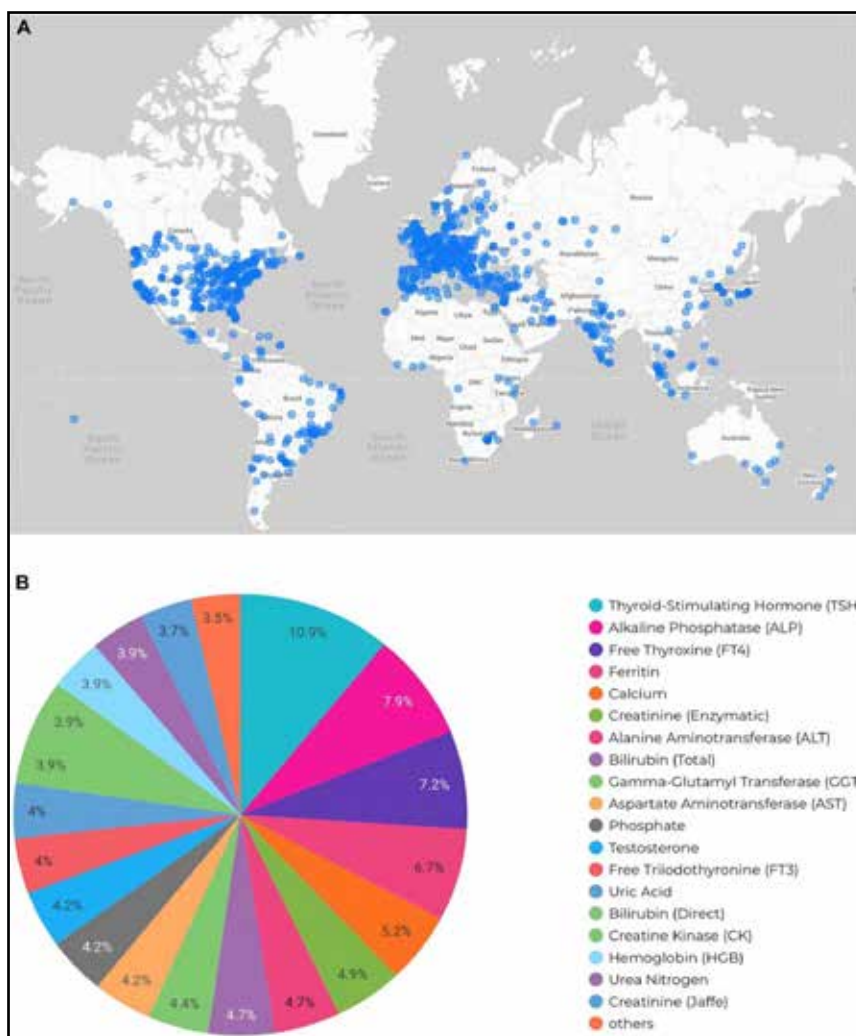
### ابزار الکترونیکی CALIPER برای تفسیر نتیجه آزمایش کودکان - تجربه ما

آزمایشگاه کانادایی مبتکر در فواصل مرجع کودکان (CALIPER) یک مبتکر (initiative) در سراسر کشور است که با ایجاد فواصل مرجع دقیق و قوی برای نشانگرهای مهم زیستی سلامت و بیماری کودکان [۲۲]، سعی در بهبود تفسیر نتایج آزمایش خون در کودکان دارد. برای سال های متمادی، تفسیر آزمایش خون در کودکان به صورت نامناسبی بر اساس مقادیر مرجع بزرگسالان بود که خطر تصمیم های بالینی و درمان / پیگیری نادرست را به طور قابل توجهی افزایش می داد. کودکان بزرگسالان کوچک نیستند و تغییرات فیزیولوژیکی که در طول رشد و تکاملشان رخ می دهد اغلب نیازمند تفسیر ویژه کودکان برای بسیاری از تست های آزمایشگاهی است [۲۳]. از سال ۲۰۰۸، CALIPER به عنوان یک راهبر جهانی ظاهر شده است که فواصل مرجع جامع کودکان را بر روی چندین پلت فرم تحلیلی و بر اساس داده های هزاران کودک

سودمندی و ارزش ابزارهای الکترونیکی مراقبت های بهداشتی، مانند پایگاه داده CALIPER، به خاطر دسترسی جهانی شان به اطلاعات تعداد زیادی از کاربران روتین، اثبات شده است. تا به امروز، پایگاه داده آنلاین CALIPER با موفقیت یک حضور جهانی قوی با بیش از ۵۰۰۰ کاربر ثبت نام شده از ۳۶۵۰ موسسه در بیش از ۱۰۰ کشور در تمام مناطق در سراسر جهان ایجاد کرده است (شکل ۲).

استفاده جهانی که از این ابزارهای الکترونیکی شده، داده های باارزش موجود در پایگاه داده و نیز طراحی خوب ابزارهای الکترونیکی ارزشمندی آن ها را در آزمایشگاه پزشکی نشان می دهد. خروجی های تحلیلی از چنین ابزارهای الکترونیکی، همچنین می تواند اطلاعات بیشتری برای تحقیقات ایجاد کند و موجب علاقه مندی مصرف کننده شود. به عنوان مثال، شکل ۲ قسمت (ب) بیشترین جستجوی نشانگرهای زیستی در پایگاه داده CALIPER را نشان می دهد. در این گزارش، مشخص است که نشانگرهای تیروئیدی مانند هورمون محرک تیروئید (TSH) و تیروکسین آزاد (FT4) مورد توجه کاربران پایگاه داده هستند. این مسئله ی عجیبی نیست زیرا اختلالات تیروئید، از جمله پرکاری تیروئید، کم کاری تیروئید، بیماری گریو، و هاشیموتو، در کودکان، به ویژه دختران نوجوان شایع است [۲۴]. سایر نشانگرهای قابل توجه عبارتند از نشانگرهای کبدی (مانند آلکالین فسفاتاز، آلانین آمینوترانسفراز، بیلی روبین، گاما گلوتامیل ترانسفراز) و نشانگرهای تغذیه ای (مانند فریتین، کلسیم).

به خاطر نیاز بسیار زیاد جهانی، CALIPER ایجاد شد تا به پر کردن خلأ مهم فواصل مرجع کودکان کمک کرده باشد. ایجاد یک منبع جهانی برای همه مطالعات فاصله مرجع بزرگسالان و کودکان در سراسر جهان یک اضطرار بود. این تلاش برای این بود که از دسترسی همه کشورها به فواصل مرجع مناسب برای تفسیر آزمون اطمینان حاصل



شکل ۲) نگاهی بر برنامه تلفن همراه و پایگاه داده کاربران CALIPER و رایج ترین جستجوها. (A) نقشه جهانی که در آن نقاط آبی نشان دهنده تراکم مکانی کاربران پایگاه داده فعلی CALIPER است. (B) نمایش تصویری رایج ترین آنالیت های جستجو شده توسط کاربران پایگاه داده CALIPER.

وسیله آزمایشگاهی را که مدنظرشان هست، از بین سیستم های تولید شده توسط شرکت های مختلف IVD، انتخاب کنند. برای افزایش قابلیت استفاده در سراسر جهان، کاربران همچنین می توانند واحد اندازه گیری، از جمله سیستم بین المللی واحدها (SI) یا واحدهای قراردادی (CON) را انتخاب کنند.

پس از وارد کردن اطلاعات لازم، برنامه تلفن همراه، مقادیر نتیجه تست بیمار را در مقایسه با فواصل مرجع CALIPER ارزیابی می کند (شکل ۱). پایگاه داده آنلاین، اطلاعات عمیق تری را ارائه می دهد تا غلظت های مشاهده شده ی مرجع پویا بهتر تصویر شوند. این اطلاعات شامل خلاصه ای از تمام فواصل مرجع کودکان برای آن آنالیت و همچنین نمودارهای خاص پراکندگی سن و جنس است (شکل ۱).

## منابع

1. Singh H, Spitzmueller C, Petersen NJ, Sawhney MK, Sittig DF. Information overload and missed test results in electronic health record-based settings. *JAMA Intern Med* 2013;173:702-4.
2. Mandel JC, Kreda DA, Mandl KD, Kohane IS, Ramoni RB. SMART on FHIR: a standards-based, interoperable apps platform for electronic health records. *J Am Med Inf Assoc* 2016;23:899-908.
3. Kawamoto K, Kukhareva P, Shakib JH, Kramer H, Rodriguez S, Warner PB, et al. Association of an electronic health record add on app for neonatal bilirubin management with physician efficiency and care quality. *JAMA Netw Open* 2019;2:e1915343.
4. Twichell SA, Rea CJ, Melvin P, Capraro AJ, Mandel JC, Ferguson MA, et al. The effect of an electronic health record-based tool on abnormal pediatric blood pressure recognition. *Congenit Heart Dis* 2017;12:484.
5. Sinha S, Jensen M, Mullin S, Elkin PL. Safe opioid prescription: a SMART on FHIR approach to clinical decision support. *Online J Public Health Inf* 2017;9:193.
6. Bloomfield R, Polo-Wood F, Mandel J, Mandl K. Opening the Duke electronic health record to apps: implementing SMART on FHIR. *Int J Med Inf* 2017;99:1-10.
7. Warner JL, Rieth MJ, Mandl KD, Mandel JC, Kreda DA, Kohane IS, et al. SMART precision cancer medicine: a FHIR-based app to provide genomic information at the point of care. *J Am Med Inf Assoc* 2016;23:701-10.
8. Alterovitz G, Warner J, Zhang P, Chen Y, Ullman-Cullere M, Kreda D, et al. SMART on FHIR genomics: facilitating standardized clinico-genomic apps. *J Am Med Inf Assoc* 2015;22:1173-8.
9. McEneny-King A, Yeung CH, Edginton AN, Iorio A, Croteau SE. Clinical application of web accessible population pharmacokinetic service—hemophilia (WAPPS-Hemo): patterns of blood sampling and patient characteristics among clinician users. *Haemophilia* 2020;26:56-63.
10. Mandl KD, Bourgeois FT. The evolution of patient diagnosis: from art to digital data-driven science. *J Am Med Assoc* 2017;318: 1859-60.
11. Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *J Am Med Assoc* 2016;316:2402-10.
12. Yuan Q, Cai T, Hong C, Du M, Johnson B, Lanuti M, et al. Performance of a machine learning algorithm using electronic health record data to identify and estimate survival in a longitudinal cohort of patients with lung cancer. *JAMA Netw Open* 2021;4:e2114723.
13. Rahimi A, Liaw S, Taggart J, Ray P, Yu H. Validating an ontology-based algorithm to identify patients with type 2 diabetes mellitus in electronic health records. *Int J Med Inf* 2014;83: 768-78.
14. Tomašev N, Glorot X, Rae JW, Zielinski M, Askham H, Saraiva A, et al. A clinically applicable approach to continuous prediction of future acute kidney injury. *Nature* 2019;572:116-9.
15. Gianfrancesco M, Tamang S, Yazdany J, Schmajuk G. Potential biases in machine learning algorithms using electronic health record data. *JAMA Intern Med* 2018;178:1544-7.
16. Baldwin JL, Singh H, Sittig DF, Giardina TD. Patient portals and health apps: pitfalls, promises, and what one might learn from the other. *Healthcare* 2017;5:81-5.
17. Jovičić S, Siodmiak J, Watson I. Quality evaluation of smartphone applications for laboratory medicine. *Clin Chem Lab Med* 2019; 57:388-97.
18. Akbar S, Coiera E, Magrabi F. Safety concerns with consumer facing mobile health applications and their consequences: ascping review. *J Am Med Inf Assoc* 2020;27:330-40.

کنند. یک اتحادیه بین‌المللی شیمی بالینی و آزمایشگاه پزشکی (IFCC) کارگروهی با هدف ایجاد یک پایگاه داده ی جهانی فاصله مرجع تشکیل داده است و این کار را با تطبیق داده های فاصله مرجع کودکان و بزرگسالان با کیفیت بالا در ابتکارات (initiatives) انجام می دهد. این پایگاه داده کاربران را قادر می سازد تا مطالعات فاصله مرجع اصلی را جستجو کنند و داده های بازه مرجع را مشاهده کنند. همچنین شامل یک مؤلفه تعاملی است که در آن کاربر می تواند نتیجه آزمایش بیمار را برای مقایسه با داده های فاصله مرجع موجود در پایگاه داده وارد کند. این منبع متمرکز، دسترسی به فواصل مرجع را در سطح جهانی آسان می کند، علاوه بر این، هماهنگی جهانی را برای سنجش هایی که حداقل تفاوت های تحلیلی و جمعیتی را در مطالعات نشان می دهد، افزایش می دهد.

## خلاصه و چشم انداز

از آنجایی که فناوری به طور روزافزون در حال ادغام با مراقبت های بهداشتی است، ضروری است که نحوه به کارگیری داده های موجود در EHR ها را مورد توجه قرار دهیم تا اطلاع رسانی بهتری برای تصمیم گیری بالینی در انتقال به پزشکی بیمار محور داشته باشند. برنامه های پیچیده مبتنی بر داده، می توانند به مدیریت بیماری و همچنین شناسایی یافته های جدید با اهمیت بالینی کمک کنند. در عین حال، ابزارهای ساده تر مانند برنامه های تشخیصی هوشمند و پایگاه های داده می توانند برای پزشکان و بیماران ارزش برابری داشته باشند و یک مدل جدید و خلاقانه از ارتباط آزمایشگاه -پزشک-بیمار و ارائه مراقبت های بهداشتی ایجاد کنند. برنامه تلفن همراه و پایگاه داده CALIPER به عنوان یک مثال عینی از اینکه چگونه می توان از منابع در دسترس رایگان در سراسر جهان برای بهبود خدمات بالینی استفاده کرد، است. آزمایشگاه های بالینی باید به صورت پیشرو و فعال پیگیر نوآوری های ابزار تشخیص الکترونیکی باشند. زیرا این ابزار اتصالات داده های آزمایشگاهی را بهبود می بخشد و تحلیل گزارش و تفسیر نتایج آزمایش را با خطای کمتری ممکن می سازد که به نوبه خود باعث ایمنی بیشتر بیمار می شود. سوگیری های ذاتی فناوری های مبتنی بر داده نیز باید در نظر گرفته شود چرا که استفاده از آنها در ارائه مراقبت های بهداشتی در حال افزایش است.