

دوماهنامه علمی | خبری  
انجمن آسیب شناسی ایران

# پاتولوژی

ISSN 1735-5567

دوره جدید شماره ۱۲۲ پیاپی ۱۳۴ خرداد و تیر ۱۴۰۵ - قیمت: ۲۰۰۰ تومان

## تاب آوری دیجیتال نظام سلامت در شرایط بحران «دیجیتالی شدن» بدون «تاب آوری دیجیتال» کافی نیست







دوره جدید شماره ۱۲۲ پیاپی ۱۳۴  
خرداد و تیر ۱۴۰۵

آدرس دفتر نشریه: تهران - میدان توحید، خیابان توحید، خیابان شهید طوسی (شیاهانگ)، نرسیده به خیابان دکتر قریب، پلاک ۶۳، واحد یک  
تلفن دفتر نشریه: ۶۶۹۱۲۶۴۳ - ۶۶۵۹۶۹۹۳

لینتوگرافی و چاپ: آبرنگ

شماره تماس: ۶۶۹۱۲۶۴۳

سایت: www.prffprinting.ir

ایمیل: prffprinting@gmail.com

آدرس تلگرام: @prf\_printing

آدرس: تهران - خیابان سید جمال الدین اسدآبادی - خیابان چهارم پلاک ۳ واحد ۸

صاحب امتیاز: انجمن آسیب شناسی ایران

مدیر مسئول: دکتر حسین دارآفرین

سرمدیر: دکتر میترا مهرآزما

اعضای شورای سیاستگذاری: دکتر محمدرضا امینی فرد، دکتر محمد توانگر،

دکتر حسین دارآفرین، دکتر میترا مهرآزما، دکتر علیرضا صادقی پور،

دکتر مهران قهرمانی، دکتر محمدهادی صادقی، دکتر فرید کرمی، دکتر سعید

شاقاسمی، دکتر سیدعلی اکبر سیدمهدی، دکتر محمدعلی پرومند

ویراستار: دکتر آمنه طاهری کلورزی

دبیر تحریریه: زهرا یونسی

سرویس آناتومیال: دکتر مهتاب رهبر، دکتر مریم ابوالحسنی

سرویس کلینیکال: دکتر کامبیز مظفری

سرویس اونکولوژی: دکتر علی یعقوبی جویباری

سرویس گزارش موردی: دکتر آنوسا قریب

سرویس تازه های پاتولوژی: دکتر مهران قهرمانی

سرویس تضمین کیفیت: دکتر مرتضی صدیقی

سرویس اخلاق حرفه ای: دکتر مجید خلج زاده

سرویس انتقال خون: دکتر سبیلاناسی زاده

سرویس درمانوپاتولوژی: دکتر زهرا نراقی، دکتر فاطمه منتظر

سرویس مولکولار: دکتر احمد منبئی، دکتر مهدی منتظر

عکاس: مسلم عرب باصری

Clinical&Anatomical

## پاتولوژی در ایران و ضرورت گذار به دیجیتال پاتولوژی

۵۵

دکتر میترا مهرآزما سرمدیر



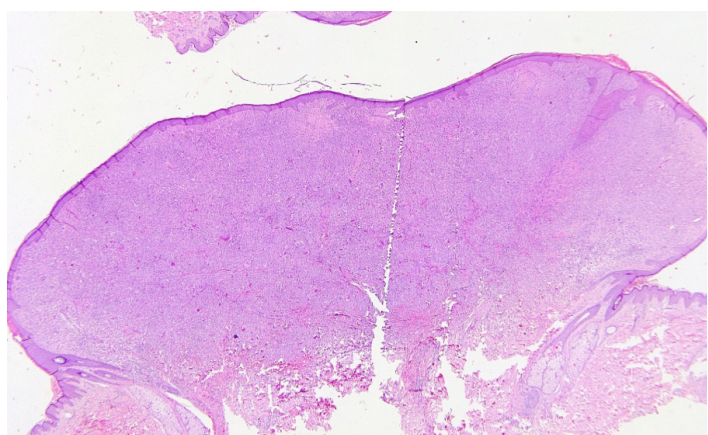
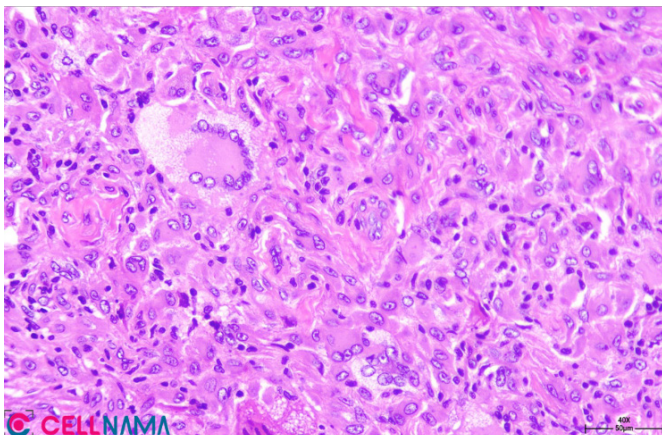
## جایگاه طب آزمایشگاهی و خدمات آزمایشگاهی در برنامه پزشک خانواده

۵۲

دکتر حسین دارآفرین مدیرمسئول



- ۸ ..... تاب آوری دیجیتال نظام سلامت در شرایط بحران
- ۱۸ ..... «دیجیتالی شدن» بدون «تاب آوری دیجیتال» کافی نیست
- ۲۵ ..... معرفی بیمار مورد درمانوپاتولوژی ۳
- ۳۲ ..... گزارش موردی
- پلاکت ها در ترومبوز و آترواسکلروز؛ یک شمشیر دولبه مروری بر نقش چندوجهی پلاکت ها در التهاب،
- ۳۴ ..... آترواسکلروز و آترو ترومبوز



## جایگاه طب آزمایشگاهی و خدمات آزمایشگاهی در برنامه پزشک خانواده



دکتر حسین دارآفرین  
مدیر مسئول

تشخیصی دقیق، به موقع و قابل اعتماد امکان پذیر نیست. از همین رو، طب آزمایشگاهی و خدمات آزمایشگاهی باید نه به عنوان یک خدمت پشتیبان منفصل، بلکه به عنوان یکی از اجزای اصلی و تصمیم ساز در معماری برنامه پزشک خانواده دیده شود. در پزشکی خانواده، بخش بزرگی از تصمیمات بالینی در حوزه پیشگیری و تشخیص زود هنگام اتخاذ می شود. بسیاری از بیماری ها و عوامل خطر، پیش از آنکه علائم آشکار بالینی ایجاد کنند، در نتایج آزمایشگاهی خود را نشان می دهند.

برنامه ساختارمند پزشک خانواده، فراتر از یک الگوی ارائه خدمات درمانی، سازوکاری برای استقرار مراقبت مستمر، پیشگیرانه، عادلانه و مبتنی بر شواهد در نظام سلامت است. در این برنامه، پزشک خانواده مسئولیت مراقبت جامع از جمعیت تحت پوشش را بر عهده دارد؛ از شناسایی افراد در معرض خطر و غربالگری بیماری ها تا درمان، پیگیری، ارجاع و بازگرداندن بیمار از سطوح تخصصی به سطح نخست خدمات. بدیهی است که ایفای این نقش بدون دسترسی به اطلاعات

مؤثر وجود دارد. در بیماران شناخته شده نیز نتایج آزمایشگاهی برای پایش اثربخشی درمان، شناسایی عوارض دارویی و ارزیابی روند بیماری ضروری است. برای نمونه، مراقبت مؤثر از بیمار مبتلا به دیابت بدون پایش شاخص‌های آزمایشگاهی مرتبط با کنترل بیماری و عوارض کلیوی قابل تصور نیست؛ همان‌گونه که مدیریت کم‌خونی، اختلالات تیروئید یا بیماری‌های کلیوی نیز بدون آزمایش‌های قابل اعتماد ناقص خواهد بود. نقش خدمات آزمایشگاهی در سلامت مادر، جنین، نوزاد و کودک نیز جایگاهی ویژه دارد. مراقبت‌های پیش از بارداری و دوران بارداری، تشخیص کم‌خونی و عفونت‌ها، ارزیابی عوامل خطر و غربالگری‌های ضروری، همگی به خدمات آزمایشگاهی استاندارد وابسته‌اند. در نوزادان نیز غربالگری به موقع برخی اختلالات مادرزادی و متابولیک می‌تواند از بروز آسیب‌های جبران‌ناپذیر جلوگیری کند. از این منظر، آزمایشگاه نه فقط در تشخیص بیماری، بلکه در حفظ سلامت نسل‌های آینده نقش دارد. در ساختار مطلوب پزشک خانواده، خدمات آزمایشگاهی باید در قالب شبکه‌ای یکپارچه، سطح‌بندی شده و متصل به نظام ارجاع فعالیت کنند. آزمایش‌های پایه و ضروری باید در دسترس سطح اول مراقبت باشند؛ در حالی که آزمایش‌های تخصصی‌تر از طریق سازوکار روشن ارجاع نمونه به آزمایشگاه‌های منطقه‌ای و مرجع انجام شوند. این شبکه باید دارای زمان پاسخ‌دهی مشخص، فرایند مطمئن انتقال نمونه، امکان اعلام سریع نتایج بحرانی و سازوکار بازخورد به پزشک خانواده باشد. چنین رویکردی از مراجعه‌های غیرضروری، تأخیر در تشخیص

افزایش قند خون، اختلال چربی‌های خون، کم‌خونی، بیماری مزمن کلیه، اختلالات تیروئید، بیماری‌های کبدی، عفونت‌ها و برخی اختلالات متابولیک از جمله مواردی هستند که شناسایی به موقع آنها می‌تواند از پیشرفت بیماری، ناتوانی، بستری و هزینه‌های سنگین درمان جلوگیری کند. بنابراین، آزمایشگاه در برنامه پزشک خانواده ابزاری برای حرکت از درمان عوارض به سمت پیشگیری از بروز عارضه است. طب آزمایشگاهی در این فرایند، حلقه اتصال میان نمونه زیستی بیمار و تصمیم بالینی پزشک خانواده است. نقش این حوزه تنها انجام یک آزمایش و گزارش نتیجه آن نیست؛ بلکه از انتخاب صحیح آزمایش آغاز می‌شود و تا تفسیر معتبر، گزارش‌دهی مناسب و کمک به تصمیم‌گیری بالینی ادامه می‌یابد. درخواست آزمایش باید مبتنی بر شرایط فرد، سن، جنس، عوامل خطر، سابقه خانوادگی، علائم، داروهای مصرفی و هدف بالینی مشخص باشد. درخواست‌های غیرهدفمند و تکراری، افزون بر تحمیل هزینه به بیمار و نظام سلامت، می‌تواند منجر به نتایج کاذب، نگرانی غیرضروری و ارجاع‌های بی‌مورد شود. در مقابل، انتخاب سنجیده آزمایش‌های لازم و تفسیر آنها در بستر بالینی، کیفیت مراقبت را به شکل محسوسی افزایش می‌دهد. خدمات آزمایشگاهی در برنامه پزشک خانواده، نقشی کلیدی در غربالگری بیماری‌های غیرواگیر و مدیریت بیماری‌های مزمن دارند. در افراد در معرض خطر، آزمایش‌های هدفمند می‌توانند دیابت، اختلالات چربی خون، اختلال عملکرد کلیه یا کم‌خونی را در مرحله‌ای شناسایی کنند که هنوز امکان مداخله

نمونه‌گیری، شناسایی دقیق بیمار، حمل مناسب نمونه و ثبت کامل اطلاعات بالینی ضروری است. استقرار کنترل کیفیت داخلی، مشارکت در ارزیابی خارجی کیفیت و نظارت مستمر بر عملکرد آزمایشگاه‌ها نیز باید جزء الزامات برنامه باشد. اتصال سامانه اطلاعات آزمایشگاهی به پرونده الکترونیک سلامت، یکی دیگر از نیازهای اساسی این برنامه است. دسترسی پزشک خانواده به سوابق آزمایشگاهی بیمار، مشاهده روند تغییر نتایج در طول زمان، دریافت هشدار برای مقادیر بحرانی و جلوگیری از ثبت یا تکرار آزمایش‌های غیرضروری، از مزایای چنین ارتباطی است. این زیرساخت اطلاعاتی می‌تواند همکاری مؤثرتر میان پزشک خانواده، آزمایشگاه، آسیب‌شناسی و سطوح تخصصی را فراهم آورد. در جمع‌بندی، طب آزمایشگاهی و خدمات آزمایشگاهی از پایه‌های اصلی موفقیت برنامه ساختارمند پزشک خانواده هستند. این خدمات، با فراهم کردن اطلاعات دقیق برای پیشگیری، غربالگری، تشخیص، پایش درمان و ارجاع، به پزشک خانواده امکان می‌دهند مراقبتی علمی، مستمر و بیمارمحور ارائه کند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت آزمایشگاهی، تقویت نقش متخصصان طب آزمایشگاهی و آسیب‌شناسی، توسعه شبکه ارجاع نمونه، تضمین کیفیت و اتصال به پرونده الکترونیک سلامت، هزینه اضافی نیست؛ بلکه سرمایه‌گذاری مؤثر برای ارتقای سلامت جامعه، کاهش هزینه‌های درمانی و افزایش کارآمدی نظام سلامت است.

و تکرار آزمایش‌ها جلوگیری می‌کند و عدالت در دسترسی به خدمات را، به‌ویژه در مناطق روستایی و کم‌برخوردار، تقویت می‌سازد. در این میان، متخصصان طب آزمایشگاهی و آسیب‌شناسی نقشی فراتر از نظارت فنی بر انجام آزمایش‌ها دارند. آنان می‌توانند در تدوین بسته‌های آزمایشگاهی مبتنی بر شواهد، انتخاب روش‌های مناسب تشخیصی، کنترل کیفیت، تعیین و بازنگری محدوده‌های مرجع، مدیریت نتایج بحرانی، تفسیر نتایج پیچیده و مشاوره علمی به پزشک خانواده مشارکت فعال داشته باشند. همچنین در حوزه آسیب‌شناسی بافتی و سلولی، این نقش در مسیر تشخیص زودهنگام سرطان‌ها، بررسی ضایعات مشکوک و هدایت صحیح بیمار در نظام ارجاع برجسته‌تر می‌شود. ارتباط حرفه‌ای و دوسویه میان پزشک خانواده و متخصص آسیب‌شناسی و طب آزمایشگاه می‌تواند از خطاهای تشخیصی بکاهد و موجب شود هر نتیجه آزمایشگاهی در جایگاه واقعی خود و با در نظر گرفتن وضعیت بالینی فرد تفسیر شود. کیفیت خدمات آزمایشگاهی نیز باید به‌عنوان یکی از شاخص‌های اساسی کیفیت برنامه پزشک خانواده در نظر گرفته شود. نتیجه آزمایش زمانی قابل اتکا است که همه مراحل زنجیره آزمایش، از درخواست منطقی آزمایش و آمادگی بیمار تا نمونه‌گیری، انتقال، انجام آزمون، کنترل کیفیت، گزارش‌دهی و تفسیر نتیجه، به‌درستی مدیریت شود. بسیاری از خطاهای اثرگذار بر نتیجه در مرحله پیش‌آزمایشگاهی رخ می‌دهند؛ بنابراین آموزش کارکنان، استانداردسازی

## پاتولوژی در ایران و ضرورت گذار به دیجیتال پاتولوژی



دکتر میترا مهرآزما  
سرمدیر

مشاوره، آرشیو، آموزش، پژوهش و در نهایت استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، همه می‌توانند در یک اکوسیستم دیجیتال به یکدیگر متصل شوند.

در چنین سیستمی، اسلاید پاتولوژی، دیگر یک قطعه شیشه‌ای نیست که در یک آرشیو نگهداری می‌شود؛ بلکه به داده‌ای قابل دسترسی، قابل اشتراک‌گذاری، قابل تحلیل و قابل استفاده مجدد تبدیل می‌شود و شاید همین تغییر، مهم‌ترین بخش تحول پیش رو باشد.

یک سیستم موفق دیجیتال پاتولوژی نیازمند زیرساخت مناسب، کیفیت مطلوب آماده سازی نمونه، استانداردسازی، مدیریت داده، ذخیره‌سازی، امنیت اطلاعات، مانیتورهای مناسب، نرم‌افزارهای سازگار و از همه مهم‌تر، آموزش نیروی انسانی است.

بنابراین، دیجیتال سازی بدون استانداردسازی، تنها انتقال مشکلات موجود از یک محیط به محیط دیگر است.

پاتولوژی در نقطه‌ای از تاریخ خود ایستاده است که شاید بتوان آن را یکی از مهم‌ترین مقاطع تحول این رشته پس از ورود میکروسکوپ به تشخیص بیماری دانست. سال‌هاست که تشخیص پاتولوژی بر پایه مشاهده اسلاید شیشه‌ای، میکروسکوپ نوری و تجربه پاتولوژیست شکل گرفته است؛ اما اکنون Whole Slide Imaging، دیجیتال پاتولوژی و در ادامه Computational Pathology و Artificial Intelligence، در حال تغییر دادن تعریف ما از «مشاهده و تفسیر اسلاید» هستند.

سؤال امروز دیگر این نیست که آیا دیجیتال پاتولوژی آینده پاتولوژی است یا خیر. سؤال مهم‌تر این است که ما چه زمانی و با چه رویکردی باید وارد این آینده شویم؟ در بسیاری از مراکز دنیا، دیجیتال سازی پاتولوژی دیگر صرفاً یک پروژه فناوری اطلاعات نیست؛ بلکه بخشی از بازطراحی کل فرآیند تشخیص است. از پذیرش نمونه و پردازش بافت گرفته تا اسکن، مشاهده،

و تخصص ویژه هستند، اهمیت زیادی پیدا می‌کند.

از سوی دیگر، دیجیتال پاتولوژی می‌تواند امکان ایجاد شبکه‌های مشاوره‌ای ملی را فراهم کند؛ شبکه‌ای که در آن متخصصان مراکز دانشگاهی و ارجاعی بتوانند در بررسی موارد دشوار با یکدیگر همکاری کنند. چنین شبکه‌ای، در واقع فقط یک شبکه فناوری نیست؛ شبکه‌ای برای انتقال تجربه و دانش است.

یکی از حوزه‌هایی که شاید بیشترین سود را از دیجیتال پاتولوژی ببرد، آموزش پاتولوژی است. در روش سنتی، یک استاد ممکن است یک اسلاید را زیر میکروسکوپ به چند دستیار نشان دهد. هر فرد تنها بخشی از میدان دید را می‌بیند و امکان مقایسه همزمان موارد متعدد محدود است. در مقابل، یک اسلاید دیجیتال می‌تواند در اختیار تمام دستیاران قرار گیرد. استاد می‌تواند دقیقاً همان ناحیه‌ای را که مورد بحث است برای همه مشخص کند، حاشیه نویسی انجام داده و موارد مشابه یا متفاوت را در کنار یکدیگر قرار دهد.

از این مهم‌تر، می‌توان یک آرشیو آموزشی از موارد نادر و ارزشمند ایجاد کرد؛ مجموعه‌ای که برخلاف اسلایدهای شیشه‌ای، به مرور زمان قابل گسترش و دسترسی مجدد است.

برای نسل آینده پاتولوژیست‌ها، این موضوع اهمیت زیادی خواهد داشت و بعد، هوش مصنوعی وارد می‌شود.

اما دیجیتال پاتولوژی احتمالاً آخرین مرحله این تحول نیست.

وقتی اسلاید به یک تصویر دیجیتال

اگر آماده سازی نمونه مناسب نباشد، تصویر دیجیتال نیز کیفیت مناسبی نخواهد داشت. اگر جریان کاری آزمایشگاه برای سیستم دیجیتال طراحی نشده باشد، اسکنر جدید ممکن است به جای افزایش کارایی، خود به یک گلوگاه تبدیل شود. و اگر پاتولوژیست و دستیار آموزش کافی ندیده باشند، بهترین فناوری نیز نمی‌تواند کیفیت تشخیص را تضمین کند.

از این منظر، دیجیتال پاتولوژی بیش از آنکه یک خرید جدید باشد، یک تغییر در شیوه کار پاتولوژی است.

شاید در نگاه اول، دیجیتال پاتولوژی برای کشورهایی با زیرساخت‌های پیشرفته موضوعی طبیعی‌تر به نظر برسد. هزینه تجهیزات، فضای ذخیره‌سازی، پهنای باند، نگهداری سیستم و مسائل نرم‌افزاری، همگی چالش‌هایی واقعی هستند که نمی‌توان آنها را نادیده گرفت. اما از سوی دیگر، همین فناوری می‌تواند برای کشوری مانند ایران فرصت‌های مهمی ایجاد کند. یکی از مهم‌ترین آنها، دسترسی عادلانه‌تر به تخصص پاتولوژی است.

در شرایط فعلی، یک مورد دشوار ممکن است برای مشاوره نیازمند ارسال اسلاید شیشه‌ای از یک شهر به شهر دیگر باشد. این فرآیند زمان‌بر است و در مواردی حتی ممکن است خطر آسیب یا مفقود شدن اسلاید را به همراه داشته باشد.

در یک سیستم دیجیتال، نمونه بیمار می‌تواند در مدت کوتاهی در اختیار یک یا چند متخصص قرار گیرد.

این موضوع به‌ویژه در رشته‌های فوق تخصصی با بیماران کمترکه نیازمند تجربه

شروع از مراکز دانشگاهی و ارجاعی، استفاده از دیجیتال پاتولوژی برای آموزش و مشاوره، ایجاد آرشیوهای دیجیتال، انجام پروژه‌های پژوهشی، تدوین استانداردهای ملی و سپس حرکت تدریجی به سمت استفاده تشخیصی روتین.

این مسیر نه نیازمند آن است که همه آزمایشگاه‌ها همزمان دیجیتال شوند و نه اینکه از همان ابتدا تمام امکانات پیشرفته در دسترس باشد. مهم این است که حرکت آغاز شود.

پاتولوژی ایران در سال‌های آینده ناگزیر با دیجیتال پاتولوژی و AI روبه‌رو خواهد شد. پرسش اصلی دیگر «آیا؟» نیست؛ بلکه «چگونه؟» است.

چگونه این فناوری را با شرایط کشور تطبیق دهیم؟

چگونه استانداردهای لازم را تعریف کنیم؟

چگونه کیفیت تشخیص را حفظ کنیم؟  
چگونه پاتولوژیست‌ها و دستیاران را برای این تغییر آماده کنیم؟

و چگونه اطمینان حاصل کنیم که فناوری در خدمت بیمار و پاتولوژیست قرار می‌گیرد، نه برعکس؟

ما در آستانه تغییری هستیم که احتمالاً در آینده، همان قدر طبیعی خواهد بود که میکروسکوپ امروز برای ما طبیعی است. دیجیتال پاتولوژی قرار نیست ماهیت پاتولوژی را تغییر دهد؛ اما می‌تواند شیوه انجام پاتولوژی را برای همیشه تغییر دهد. شاید اکنون زمان آن رسیده است که به جای اینکه منتظر آینده بمانیم، برای ساختن آینده پاتولوژی ایران آماده شویم.

با کیفیت بالا تبدیل شود، امکان تحلیل کمی و محاسباتی آن نیز فراهم می‌شود. الگوریتم‌ها می‌توانند در شناسایی الگوها، شمارش سلول‌ها، کمی‌سازی برخی بیومارکرها، ارزیابی درجه‌بندی و حتی برخی مراحل تشخیص و پیش‌بینی رفتار بیماری کمک کنند.

هوش مصنوعی قرار نیست جایگزین پاتولوژیست شود. ارزش واقعی آن احتمالاً در توانایی آن برای انجام کارهایی است که انسان در آنها محدودیت دارد؛ مانند بررسی حجم بسیار زیادی از داده، اندازه‌گیری‌های تکراری و دقیق، یا شناسایی الگوهایی که ممکن است با چشم انسان به سادگی قابل تشخیص نباشند.

در مقابل، پاتولوژیست همچنان مسئول ترکیب مورفولوژی، اطلاعات بالینی، نتایج آزمایشگاهی، IHC و یافته‌های مولکولی و در نهایت تصمیم‌گیری تشخیصی خواهد بود. بنابراین آینده مطلوب، نه پاتولوژیست علیه هوش مصنوعی بلکه پاتولوژیست همراه با هوش مصنوعی خواهد بود.

یکی از وسوسه‌های طبیعی در کشورهایی مانند ایران این است که منتظر بمانیم تا تمام زیرساخت‌ها فراهم شود، هزینه‌ها کاهش پیدا کند و فناوری به مرحله کاملاً پیشرفته برسد؛ سپس وارد میدان شویم. اما مشکل اینجاست که چنین زمانی ممکن است هرگز به شکل ایده‌آل فرا نرسد. فناوری دائماً در حال تغییر است و اگر منتظر کامل شدن همه شرایط بمانیم، ممکن است فاصله ما با جریان جهانی بیشتر شود. شاید راه مناسب، یک حرکت تدریجی باشد.



## از وابستگی های چندلایه تا تداوم خدمات سلامت تاب آوری دیجیتال نظام سلامت در شرایط بحران

**دکتر بتول مهرشاد - مشاور و مجری پروژه های ملی هوشمندسازی،  
دکترای مدیریت فناوری اطلاعات گرایش هوشمندسازی کسب و کار**

b.mehrshad@gmail.com

### چکیده

یک سامانه پس از خرابی تلقی شود. یک خدمت سلامت ممکن است هم زمان به شبکه های داخلی و ملی، ارتباطات بین المللی، مراکز داده، سامانه های اطلاعاتی، خدمات بیرونی، تجهیزات، انرژی، نیروی انسانی و زنجیره ای از ارائه دهندگان فناوری وابسته باشد. این مقاله با رویکردی مروری-تحلیلی و چارچوب محور، مفهوم تاب آوری دیجیتال را از منظر تداوم خدمت بررسی

وابستگی روزافزون نظام سلامت به سامانه های اطلاعاتی، ارتباطات دیجیتال، تبادل داده، خدمات ابری، هوش مصنوعی و زیرساخت های فناوری اطلاعات، تاب آوری دیجیتال را به یکی از الزامات اساسی تداوم خدمات سلامت تبدیل کرده است. با این حال، تاب آوری دیجیتال نباید صرفاً به معنای حفظ دسترسی به اینترنت یا بازگرداندن

سامانه‌های آزمایشگاهی، تصویربرداری پزشکی، تله‌مدیسین، خدمات ابری و هوش مصنوعی، اکنون بخش مهمی از زنجیره ارائه خدمات سلامت را تشکیل می‌دهند. سازمان جهانی بهداشت تحول دیجیتال را بخشی از تحول نظام‌های سلامت می‌داند و بر ضرورت هماهنگی میان منابع سازمانی، انسانی، مالی و فناورانه برای تحقق آن تأکید کرده است [۱].

در نتیجه، اختلال در زیرساخت‌های دیجیتال می‌تواند فراتر از یک مشکل فنی باشد و مستقیماً بر تداوم خدمات سلامت اثر بگذارد. با این حال، یکی از خطاهای رایج در تحلیل این موضوع، تقلیل همه اختلالات دیجیتال به «قطع اینترنت» است. در عمل، اینترنت و ارتباطات دیجیتال یک پدیده یکپارچه نیستند. شبکه داخلی، شبکه‌های ملی، ارتباطات بین‌المللی، مراکز داده، سرویس‌های ابراز هویت، خدمات ابری، سامانه‌های بیرونی و تجهیزات مختلف، هرکدام می‌توانند لایه‌ای از وابستگی یک خدمت را تشکیل دهند [۲-۴].

از این رو، قطع یک مسیر ارتباطی خاص الزاماً نباید به معنای توقف خدمت باشد. اگر معماری خدمت به‌گونه‌ای طراحی شده باشد که وابستگی‌های آن شناخته شده و مسیرهای جایگزین برای نقاط حیاتی پیش‌بینی شده باشد، می‌توان بخشی از خدمات را حتی در شرایط محدودیت ارتباطی ادامه داد. در مقابل، وجود

می‌کند. با استفاده از مرور منابع و اسناد معتبر و همچنین تحلیل خبرگی مبتنی بر تجربه حرفه‌ای نویسندگان در لایه‌های مختلف زیست‌بوم سلامت دیجیتال و فناوری اطلاعات، وابستگی‌های آشکار و پنهان خدمات سلامت، سناریوهای مختلف اختلال و الزامات تداوم خدمت تحلیل شده است. بر اساس این تحلیل، تاب‌آوری دیجیتال باید بر شناسایی خدمات حیاتی، ترسیم وابستگی‌ها، شناسایی نقاط شکست، طراحی مسیرهای جایگزین، تعیین حداقل سطح قابل قبول خدمت و آزمون مستمر استوار باشد.

نتیجه اصلی مقاله آن است که اختلال در یک لایه ارتباطی، از جمله ارتباطات بین‌المللی، لزوماً نباید به توقف خدمات سلامت منجر شود. میزان آسیب‌پذیری، بیش از آنکه به وجود یا عدم وجود یک مسیر ارتباطی خاص وابسته باشد، به معماری خدمات، شناخت وابستگی‌ها و وجود مسیرهای جایگزین در لایه‌های مختلف بستگی دارد.

**واژگان کلیدی:** تاب‌آوری دیجیتال، نظام سلامت، تداوم خدمات سلامت، سلامت دیجیتال، پاتولوژی دیجیتال، زیرساخت ارتباطی، مدیریت بحران، وابستگی دیجیتال

### ۱. مقدمه

تحول دیجیتال نظام سلامت، شیوه ارائه، ثبت، تبادل و تحلیل اطلاعات سلامت را به‌طور اساسی تغییر داده است. سامانه‌های اطلاعاتی سلامت، پرونده الکترونیک، نسخه الکترونیک،

وابستگی‌های پنهان و پیش‌بینی نشده می‌تواند حتی در شرایطی که بخش عمده شبکه در دسترس است، موجب اختلال در خدمت شود.

از این رو، پرسش اصلی تاب‌آوری دیجیتال این نیست که «در صورت قطع اینترنت چه کنیم؟»؛ بلکه این است: اگر هر یک از لایه‌های مورد نیاز برای ارائه یک خدمت سلامت از دسترس خارج شود، چگونه می‌توان آن خدمت را ادامه داد؟

## ۲. روش بررسی

این مقاله از نظر رویکرد، یک مطالعه مروری-تحلیلی و چارچوب‌محور است که با هدف تبیین ابعاد و الزامات تاب‌آوری دیجیتال در نظام سلامت تدوین شده است. در گام نخست، منابع علمی و اسناد معتبر در حوزه‌های تاب‌آوری نظام سلامت، سلامت دیجیتال، تداوم خدمات، برنامه‌ریزی اقتصادی، امنیت سایبری و مدیریت تداوم کسب‌وکار بررسی شد [۱،۲،۵،۶].

در گام دوم، با استفاده از تحلیل مفهومی و تحلیل وابستگی‌های چندلایه، زیست‌بوم ارائه خدمات سلامت از منظر فرایندها، منابع انسانی، سامانه‌های اطلاعاتی، داده، شبکه و ارتباطات، مراکز داده، انرژی، خدمات بیرونی و تأمین‌کنندگان فناوری تحلیل شد. سپس سناریوهای مختلف اختلال و پیامدهای آن‌ها بر تداوم خدمات سلامت بررسی و چارچوبی عملیاتی

برای شناسایی خدمات حیاتی، وابستگی‌ها، نقاط شکست، مسیرهای جایگزین و آزمون تاب‌آوری پیشنهاد شد. این رویکرد با اصول برنامه‌ریزی تداوم خدمات سلامت و برنامه‌ریزی اقتصادی سامانه‌های اطلاعاتی هم‌راستا است [۲،۵،۶].

تحلیل حاضر، علاوه بر اتکا به ادبیات علمی و اسناد معتبر، از دانش تخصصی و تجربه حرفه‌ای نویسنده در حوزه مدیریت فناوری اطلاعات و هوشمندسازی کسب‌وکار نیز بهره می‌گیرد. این تجربه شامل فعالیت مدیریتی و حرفه‌ای در بخش‌های دولتی، خصوصی و صنفی مرتبط با فناوری اطلاعات و سلامت دیجیتال و مشارکت در طراحی، مدیریت و اجرای پروژه‌های ملی در حوزه سلامت دیجیتال، پرونده و نسخه الکترونیک، هوشمندسازی خدمات امداد و نجات و درمان اضطراری است. همچنین تعامل حرفه‌ای با نهادهای سیاست‌گذار، سازمان‌های ارائه‌دهنده خدمات، شرکت‌های توسعه‌دهنده سامانه‌ها و ارائه‌دهندگان زیرساخت و خدمات فناوری، امکان تحلیل زیست‌بوم مورد مطالعه را از منظرهای سیاست‌گذاری، مدیریتی، فنی و عملیاتی فراهم کرده است.

## ۳. تاب‌آوری دیجیتال نظام سلامت؛ فراتر از اینترنت

تاب‌آوری دیجیتال را می‌توان توانایی یک سازمان یا زیست‌بوم برای پیشگیری

اجزایی وابسته است. این وابستگی‌ها همیشه آشکار نیستند. افزایش اتصال میان سامانه‌ها، استفاده از خدمات بیرونی و گسترش زنجیره تأمین فناوری، در کنار مزایای خود می‌تواند نقاط وابستگی جدیدی ایجاد کند [۳، ۴، ۹].

یک خدمت ممکن است در ظاهر یک خدمت داخلی باشد، اما در عمل برای فعال بودن به مواردی مانند:

- سرویس احراز هویت؛
- سرویس صدور مجوز نرم‌افزار؛
- سرویس ابری؛
- دامنه یا زیرساخت میزبانی؛
- سرویس بیرونی تبادل داده؛
- یا مسیر ارتباطی خاص وابسته باشد.

در چنین شرایطی، اختلال در یک جزء که در نگاه اول ارتباط مستقیمی با خدمت ندارد، می‌تواند کل فرآیند را مختل کند.

از این رو، برای هر خدمت حیاتی باید یک «نقشه وابستگی» تهیه شود و مشخص شود:

۱. خدمت به چه اجزایی وابسته است؟
  ۲. هر جزء در کدام لایه قرار دارد؟
  ۳. آیا آن جزء تحت کنترل مستقیم سازمان است؟
  ۴. در صورت از دسترس خارج شدن آن، چه بخشی از خدمت متوقف می‌شود؟
  ۵. آیا مسیر جایگزین وجود دارد؟
- این ارزیابی باید در سطح سازمان و در مواردی در سطح اکوسیستم انجام شود؛ زیرا بسیاری از خدمات سلامت در تعامل میان چند سازمان، سامانه و ارائه‌دهنده فناوری ارائه می‌شوند.

از اختلال، جذب اثرات آن، ادامه خدمات حیاتی، بازیابی و یادگیری پس از بحران دانست. در نظام سلامت، این مفهوم باید به جای تمرکز صرف بر تجهیزات و شبکه، بر تداوم خدمت متمرکز شود. رویکردهای جدید در تاب‌آوری نظام سلامت نیز بر توانایی نظام برای حفظ عملکردهای اساسی و سازگاری با اختلالات تأکید دارند [۷، ۸]. یک خدمت سلامت ممکن است به مجموعه‌ای از عناصر وابسته باشد:

- فرآیندهای سازمانی؛
- نیروی انسانی؛
- سامانه‌های اطلاعاتی؛
- داده و پایگاه‌های اطلاعاتی؛
- شبکه‌های ارتباطی؛
- مراکز داده و ذخیره‌سازی؛
- برق و زیرساخت فیزیکی؛
- خدمات بیرونی؛
- تأمین‌کنندگان فناوری و ارتباطات.

بنابراین، تاب‌آوری یک سامانه به‌تنهایی با تاب‌آوری یک خدمت برابر نیست. ممکن است یک سامانه فعال باشد، اما به دلیل از دسترس خارج شدن یک سرویس بیرونی، فرآیند کامل خدمت متوقف شود. برعکس، ممکن است یک سامانه از دسترس خارج شود، اما سازمان با استفاده از فرآیند جایگزین بتواند خدمت حیاتی را ادامه دهد. به همین دلیل، واحد تحلیل تاب‌آوری باید از «سامانه» به «خدمت» تغییر کند.

#### ۴. وابستگی‌های آشکار و پنهان در خدمات سلامت

برای ارزیابی تاب‌آوری، نخست باید مشخص شود که هر خدمت به چه

**۵. سناریوهای اختلال و تداوم خدمت**

اختلال در ارتباطات تنها یکی از سناریوهای بحران است. تاب‌آوری باید برای مجموعه‌ای از سناریوها طراحی شود:

- اختلال در شبکه داخلی؛
- اختلال در ارتباط میان مراکز؛
- محدودیت ارتباطات بین‌المللی؛
- ازکارافتادگی سامانه؛
- خرابی مرکز داده؛
- قطع برق؛
- اختلال در خدمات بیرونی؛
- حمله سایبری؛
- خطای انسانی؛
- یا ترکیبی از چند اختلال.

نکته مهم آن است که «قطع ارتباطات بین‌المللی» الزاماً معادل «قطع ارتباطات» نیست. اگر یک خدمت از ابتدا بر بسترهای داخلی و ملی طراحی شده باشد، می‌تواند بدون ارتباط بین‌المللی نیز به فعالیت ادامه دهد. در مقابل، اگر وابستگی‌های غیرضروری به خدمات بیرونی یا زیرساخت‌های خارج از مسیرهای قابل دسترس ایجاد شده باشد، همان وابستگی‌ها می‌توانند به نقطه شکست تبدیل شوند.

بنابراین، سازمان باید به جای پرسش کلی «آیا اینترنت داریم؟» پرسد: کدام ارتباط برای کدام خدمت ضروری است؟

این رویکرد با اصول برنامه‌ریزی اقتضایی و تداوم کسب‌وکار نیز هم‌راستا است؛ زیرا برنامه تداوم صرفاً بر اساس فهرست تجهیزات فناوری اطلاعات تعیین نمی‌شود بلکه باید بر اساس فرآیندها و خدمات حیاتی و وابستگی‌های آن‌ها طراحی شود [۵، ۶].

**۶. تاب‌آوری در چرخه بحران**

تاب‌آوری باید در سه مرحله طراحی شود: پیش از بحران  
در این مرحله باید:

- خدمات حیاتی شناسایی شوند؛
- وابستگی‌های چندلایه ترسیم شوند؛
- نقاط شکست مشخص شوند؛
- وابستگی‌های غیرضروری کاهش یابند؛
- مسیرهای جایگزین طراحی شوند؛
- و برنامه‌ها آزموده شوند.

برای هر خدمت باید مشخص باشد که در صورت از دسترس خارج شدن هر وابستگی، آیا امکان فعالیت محدود، فعالیت آفلاین، ثبت موقت یا استفاده از مسیر جایگزین وجود دارد. راهنمای سازمان جهانی بهداشت برای برنامه‌ریزی تداوم خدمات سلامت نیز بر برنامه‌ریزی پیشگیرانه و حفظ تداوم خدمات در شرایط اضطراری تأکید دارد [۱].

**حین بحران**

اولویت نخست، لزوماً بازگرداندن فوری تمام قابلیت‌های عادی نیست، بلکه حفظ خدمات حیاتی است،  
در این مرحله باید:

- نوع و دامنه اختلال شناسایی شود؛
- خدمات حیاتی اولویت‌بندی شوند؛
- حالت عملیاتی اضطراری فعال شود؛
- ثبت و نگهداری داده‌ها کنترل شود؛
- و از ایجاد داده‌های متناقض یا غیرقابل همگام‌سازی جلوگیری شود.

پس از بحران  
پس از بازگشت شرایط عادی، باید مشخص شود:  
• چه چیزی از کار افتاد؟

برای تبادل اطلاعات میان سامانه‌های مختلف است [۱۰]. در نتیجه، طراحی تداوم خدمت باید علاوه بر حفظ دسترسی، امکان حفظ انسجام و قابلیت تبادل داده‌ها را در شرایط اختلال نیز در نظر بگیرد.

در خدمات آزمایشگاهی و تشخیصی، این موضوع اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا فرآیند خدمت ممکن است از شناسایی و پذیرش تا انجام فرآیند تشخیصی، کنترل کیفیت، تفسیر، گزارش و تبادل نتیجه ادامه پیدا کند. اختلال در هر بخش از این زنجیره می‌تواند پیامد متفاوتی داشته باشد. الزامات کیفیت و شایستگی آزمایشگاه‌های پزشکی نیز بر ضرورت مدیریت نظام‌مند فرایندها و قابلیت اطمینان خدمات تأکید دارند [۱۱].

در پاتولوژی دیجیتال نیز تاب‌آوری باید متناسب با سطح دیجیتالی‌شدن فرآیند طراحی شود. پاتولوژی دیجیتال و تصویربرداری تمام‌اسلاید (Whole-slide imaging; WSI) امکان تشخیص از راه دور، همکاری تخصصی و کاربردهای آموزشی و پژوهشی را فراهم کرده‌اند؛ اما استقرار آن‌ها نیازمند هماهنگی میان تجهیزات، نرم‌افزار، ذخیره‌سازی، شبکه، مدیریت داده و فرایندهای بالینی است [۱۲، ۱۳].

در یک معماری مناسب، تولید و ذخیره‌سازی داده می‌تواند تا حد امکان در محل ارائه خدمت ادامه پیدا کند و انتقال تصاویر و همکاری از راه دور در صورت اختلال، به شکل غیرهم‌زمان یا از مسیرهای جایگزین انجام شود.

- کدام وابستگی پیش‌بینی نشده بود؟
- مسیر جایگزین چگونه عمل کرد؟
- چه مقدار داده یا خدمت تحت تأثیر قرار گرفت؟

• و چه اصلاحی باید انجام شود؟  
هر بحران باید به یک تجربه سازمانی و اصلاح معماری تبدیل شود. این چرخه با رویکردهای مدیریت تداوم کسب‌وکار و بهبود مستمر در استانداردهای تاب‌آوری و تداوم خدمت هم‌خوانی دارد [۶].

## ۷. اثر اختلال بر خدمات سلامت دیجیتال و پاتولوژی دیجیتال

سامانه‌هایی مانند HIS، LIS، PACS و پرونده الکترونیک سلامت، بخش مهمی از فرایندهای ارائه خدمت را پشتیبانی می‌کنند. اختلال در این سامانه‌ها می‌تواند موجب عدم ثبت اطلاعات، تأخیر در دسترسی به سوابق، اختلال در تبادل داده و ایجاد ثبت‌های موازی شود. با این حال، اثر اختلال باید بر اساس «فرآیند خدمت» ارزیابی شود، نه صرفاً وضعیت یک سامانه. برای هر خدمت باید مشخص شود که چه اطلاعاتی باید در لحظه ثبت شود، چه اطلاعاتی می‌تواند موقتاً ذخیره شود و چگونه پس از بازگشت ارتباط، داده‌ها و فرایندهای ثبت‌شده با سامانه‌های اصلی هماهنگ شوند. در این میان، استانداردسازی داده‌های سلامت و قابلیت همکاری میان سامانه‌ها اهمیت اساسی دارد؛ زیرا تبادل مؤثر اطلاعات سلامت نیازمند استانداردهای مشترک، مدل‌های داده هماهنگ و سازوکارهای مشخص

هوش مصنوعی نیز اگرچه می تواند توان تشخیصی و تحلیلی را افزایش دهد، اما نباید بدون طراحی مسیر جایگزین به یک نقطه شکست جدید تبدیل شود. باید مشخص باشد که مدل در کجا اجرا می شود، داده ها کجا قرار دارند و در صورت عدم دسترسی به سرویس هوش مصنوعی، خدمت چگونه ادامه خواهد یافت. افزون بر این، استفاده ایمن و قابل اتکا از هوش مصنوعی در پاتولوژی نیازمند ارزیابی دقیق عملکرد و توجه به محدودیت های مدل هاست [۱۴].

### ۸. چارچوب عملیاتی تاب آوری دیجیتال

چارچوب پیشنهادی این مقاله را می توان در یک زنجیره شش مرحله ای خلاصه کرد: خدمت، وابستگی، نقطه شکست، مسیر جایگزین، آزمون، بهبود. برای هر خدمت حیاتی باید: ۱. خدمت مشخص شود کدام خدمت نباید به طور کامل متوقف شود؟

۲. وابستگی ها شناسایی شوند خدمت به چه فرایندها، افراد، سامانه ها، داده ها، شبکه ها و خدمات بیرونی وابسته است؟

۳. نقاط شکست مشخص شوند کدام جزء می تواند موجب توقف خدمت شود؟

۴. مسیر جایگزین طراحی شود در صورت اختلال، خدمت چگونه ادامه می یابد؟

۵. سطح حداقلی خدمت تعیین شود در بحران، حداقل سطح قابل قبول خدمت چیست؟

۶. مسیر جایگزین آزموده و اصلاح شود آیا راهکار واقعا قابل اجراست و کارکنان آن را می شناسند؟

این چارچوب با اصول برنامه ریزی اقتضایی، تحلیل اثر اختلال، راهبردهای بازیابی، آزمون و نگهداری مستمر برنامه های تداوم خدمت هم راستا است [۵، ۶].

### جدول ۱. چارچوب ارزیابی تاب آوری دیجیتال خدمات سلامت

| مرحله           | پرسش اصلی                           | نمونه موضوعات قابل بررسی                                  | خروجی مورد انتظار |
|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|
| ۱. خدمت         | کدام خدمت باید حفظ شود؟             | پذیرش، تشخیص، ثبت نتیجه، دسترسی به پرونده                 | فهرست خدمات حیاتی |
| ۲. وابستگی      | خدمت به چه چیزهایی وابسته است؟      | نیروی انسانی، سامانه، داده، شبکه، مرکز داده، خدمات بیرونی | نقشه وابستگی      |
| ۳. نقطه شکست    | چه چیزی می تواند خدمت را متوقف کند؟ | خرابی سامانه، قطع شبکه، سرویس بیرونی، برق، تأمین کننده    | فهرست نقاط شکست   |
| ۴. مسیر جایگزین | در صورت اختلال چه می کنیم؟          | شبکه جایگزین، ذخیره محلی، فعالیت محدود، ثبت موقت          | برنامه تداوم خدمت |
| ۵. آزمون        | آیا راهکار واقعا کار می کند؟        | مانور، قطع آزمایشی، آزمون بازیابی، سناریوی اختلال         | گزارش آزمون       |
| ۶. بهبود        | از تجربه چه چیزی باید اصلاح شود؟    | اصلاح معماری، فرآیند، آموزش و قراردادها                   | برنامه بهبود      |

## ۹. سه اولویت راهبردی برای افزایش تاب‌آوری دیجیتال

اولویت اول: شناخت وابستگی‌های حیاتی

هر مجموعه باید نقشه وابستگی خدمات حیاتی خود را تهیه کند و وابستگی‌های داخلی، ملی، بین‌المللی و بیرونی را از یکدیگر تفکیک نماید. هدف، حذف همه وابستگی‌ها نیست؛ بلکه شناخت وابستگی‌های حیاتی و طراحی جایگزین برای نقاطی است که حذف آن‌ها ممکن نیست. مدیریت ریسک تأمین‌کنندگان و خدمات ثالث نیز باید بخشی از این ارزیابی باشد؛ زیرا زنجیره تأمین دیجیتال می‌تواند به بخشی از سطح آسیب‌پذیری سازمان تبدیل شود [۳، ۴، ۹].

اولویت دوم: معماری چندلایه و تداوم خدمت

برای خدمات حیاتی باید قابلیت‌هایی مانند ذخیره‌سازی محلی، فعالیت محدود، ثبت موقت، مسیر ارتباطی جایگزین و بازیابی مناسب در نظر گرفته شود.

این اقدامات نباید با رویکرد ایجاد زیرساخت‌های پرهزینه و غیرضروری انجام شود بلکه باید بر اساس اهمیت خدمت و تحلیل ریسک شناسایی و انجام شوند. استانداردهای مدیریت تداوم کسب‌وکار نیز بر ایجاد، اجرا، نگهداری و بهبود مستمر نظامی برای آمادگی در برابر اختلال و بازیابی خدمات تأکید دارند [۶].

اولویت سوم: آزمون و حکمرانی تاب‌آوری

تاب‌آوری نباید صرفاً به واحد فناوری اطلاعات واگذار شود. مدیران خدمت، واحدهای عملیاتی، متخصصان، شرکت‌های ارائه‌دهنده فناوری و سایر ذی‌نفعان باید نقش خود را در تداوم خدمت بدانند.

برنامه‌های تاب‌آوری باید به صورت دوره‌ای آزموده شوند و نتایج آزمون‌ها به اصلاح معماری، فرآیند و آموزش منجر شود. در حوزه سلامت دیجیتال، توجه به امنیت سایبری و ارزیابی مستمر بلوغ امنیتی نیز بخشی از همین رویکرد است [۴، ۹].

## ۱۰. نتیجه‌گیری

دیجیتالی شدن نظام سلامت، فرصت‌های مهمی برای افزایش کیفیت، سرعت، دسترسی و دقت خدمات ایجاد کرده است؛ اما هم‌زمان وابستگی نظام سلامت به زیرساخت‌های دیجیتال را افزایش داده است. از این رو، تاب‌آوری دیجیتال باید به یکی از اجزای اصلی حکمرانی سلامت تبدیل شود.

این مقاله نشان داد که تاب‌آوری دیجیتال را نمی‌توان صرفاً با وجود اینترنت، مرکز داده پشتیبان یا نسخه پشتیبان از اطلاعات سنجید. تاب‌آوری واقعی، توانایی ادامه ارائه خدمات حیاتی در شرایط اختلال در هر یک از لایه‌های وابستگی است.

تجربه اختلالات ارتباطی اخیر نیز نشان داد که قطع ارتباطات بین‌المللی به خودی خود نباید معادل توقف خدمات سلامت تلقی شود. در بسیاری از موارد،

مسیرهای جایگزین، آموزش، آزمون و بهبود مستمر است.

نظام سلامت آینده باید نه فقط دیجیتال، بلکه تاب آور، چندلایه و آماده ادامه خدمت در شرایط اختلال باشد.

در تدوین مقاله، علاوه بر منابع علمی و اسناد معتبر، از دانش و تجربه حرفه‌ای اینجانب در حوزه مدیریت فناوری اطلاعات، هوشمندسازی و سلامت دیجیتال و تجربه فعالیت مدیریتی در بخش‌های دولتی، خصوصی و صنفی مرتبط با این حوزه استفاده شده است. خلاصه‌ای از سوابق مرتبط با موضوع در جدول زیر ارائه می‌شود.

بسترهای داخلی و ملی برای ادامه فعالیت وجود دارند. آنچه آسیب‌پذیری را آشکار می‌کند، وابستگی‌های پنهان و پیش‌بینی نشده‌ای است که پیش از بحران شناسایی نشده‌اند.

بنابراین، پرسش اصلی برای آینده نظام سلامت این نیست که «اگر اینترنت قطع شد چه کنیم؟»؛ بلکه باید پرسید: اگر هر یک از لایه‌های مورد نیاز برای ارائه یک خدمت از دسترس خارج شد، چگونه می‌توان آن خدمت را ادامه داد؟ پاسخ به این پرسش مستلزم شناخت خدمات حیاتی، ترسیم وابستگی‌ها، شناسایی نقاط شکست، طراحی

### خلاصه سوابق مرتبط نویسنده:

| بازه زمانی        | نوع فعالیت                                                                                     | حوزه / مجموعه                     |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| ۱۴۰۴ - ادامه دارد | مدیر پروژه هوشمندسازی جمعیت هلال احمر (دولتی)                                                  | جمعیت هلال احمر کشور              |
| ۱۴۰۴ - ۱۴۰۱       | مدیر آمار و فناوری اطلاعات دانشگاه (دولتی)                                                     | دانشگاه علوم پزشکی ایران          |
| ۱۴۰۱ - ۱۴۰۰       | مشاور در حوزه سلامت دیجیتال (صنفی، حوزه پزشکی)                                                 | سازمان نظام پزشکی                 |
| ۱۴۰۱ - ۱۳۹۹       | مشاور فنی پروژه ملی نسخه الکترونیک (دولتی)                                                     | سازمان تامین اجتماعی              |
| ۱۳۹۹ - ۱۳۹۷       | رئیس اداره تنظیم مقررات، استانداردها و صدور پروانه - مرکز مدیریت آمار و فناوری اطلاعات (دولتی) | وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی |
| ۱۳۹۶ - ۱۳۹۳       | عضو شورای مرکزی دوره چهارم (صنفی، حوزه فناوری اطلاعات)                                         | سازمان نظام صنفی رایانه ای کشور   |
| ۱۳۹۶ - ۱۳۹۳       | رئیس هیئت مدیره سازمان نظام صنفی رایانه ای استان (صنفی)                                        | سازمان نظام صنفی رایانه ای استان  |
| ۱۳۹۷ - ۱۳۸۴       | مدیرعامل (خصوصی)                                                                               | شرکت طراحان مبتکر کسری            |

1. World Health Organization. Global strategy on digital health 2020–2027. Geneva: World Health Organization; 2025. ISBN: 978-92-4-011687-0.
2. World Health Organization. Health service continuity planning for public health emergencies: a handbook for health facilities. Geneva: World Health Organization; 2021. ISBN: 978-92-4-003333-7.
3. Sardi A, Rizzi A, Sorano E, Guerrieri A. Cyber Risk in Health Facilities: A Systematic Literature Review. *Sustainability*. 2021;13(19):10714. doi:10.3390/su131910714.
4. World Health Organization Regional Office for Europe. Cybersecurity and privacy maturity assessment and strengthening for digital health information systems. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2025.
5. Swanson M, Bowen P, Phillips A, Gallup D, Lynes D. Contingency Planning Guide for Federal Information Systems: Including Updates through 11/11/2010. NIST Special Publication 800-34 Rev. 1. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology; 2010. doi:10.6028/NIST.SP.800-34r1.
6. International Organization for Standardization. ISO 22301:2019. Security and resilience — Business continuity management systems — Requirements. Geneva: ISO; 2019.
7. International Organization for Standardization. ISO 22301:2019/Amd 1:2024. Security and resilience — Business continuity management systems — Requirements — Amendment 1: Climate action changes. Geneva: ISO; 2024.
8. World Health Organization. Building health systems resilience for universal health coverage and health security during the COVID-19 pandemic and beyond: WHO position paper. Geneva: World Health Organization; 2021.
9. Carello MP, Spaccamela LM, Querzoni L, Angelini M. A Systematization of Cybersecurity Regulations, Standards and Guidelines for the Healthcare Sector. *IEEE Access*. 2023;11:47731-47755. doi:10.1109/ACCESS.2023.3275395.
10. Kwon A, Lee HY, Shin SY, Yang K, Sung Y, Lee K, Byeon NS, Lim TH, Lee JH. Current Health Data Standardization Project and Future Directions to Ensure Interoperability in Korea. *Healthcare Informatics Research*. 2024;30(2):93-102. doi:10.4258/hir.2024.30.2.93.
11. International Organization for Standardization. ISO 15189:2022. Medical laboratories — Requirements for quality and competence. Geneva: ISO; 2022.
12. Zia S, Yildiz-Aktas IZ, Zia F, Parwani AV. An update on applications of digital pathology: primary diagnosis; telepathology, education and research. *Diagnostic Pathology*. 2025;20(1):17. doi:10.1186/s13000-025-01610-9.
13. Hanna MG, Reuter VE, Hameed MR, et al. Whole slide imaging equivalency and efficiency study: experience at a large academic center. *Modern Pathology*. 2019;32(7):916-928. doi:10.1038/s41379-019-0205-0.
14. McGenity C, Clarke EL, Jennings C, Matthews G, Cartlidge C, Freduah-Agyemang H, Stocken DD, Treanor D. Artificial intelligence in digital pathology: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy. *npj Digital Medicine*. 2024;7(1):114. doi:10.1038/s41746-024-01106-8.

# «دیجیتالی شدن» بدون «تاب‌آوری دیجیتال» کافی نیست

زهرا یونسی

قطع و محدودیت اینترنت در جریان جنگ اخیر، تجربه‌ای کم سابقه برای نظام سلامت کشور بود؛ حدود ۴۰ روز اختلال در ارتباطات، در شرایطی که مراکز درمانی و تشخیصی همچنان باید به ارائه خدمات ادامه می‌دادند. در این میان، یکی از پرسش‌هایی که کمتر به آن پرداخته شد، این بود که قطع ارتباطات چه اثری بر روند روزمره فعالیت مراکز درمانی و به‌طور مشخص آزمایشگاه‌ها دارد و اگر یک آزمایشگاه برای ساعت‌ها یا حتی روزها به شبکه و سامانه‌های آنلاین دسترسی نداشته باشد، چگونه می‌تواند خدمات خود را ادامه دهد؟

قطع یا محدودیت اینترنت پذیرش و ثبت اطلاعات، ارتباط با پزشک و بیمارستان، ارسال نتایج، ارتباط با سامانه‌های بیمه و حتی دسترسی به برخی منابع علمی و تخصصی نیز می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد. به عقیده دکتر قهرمانی تدوین یک پروتکل ملی برای تداوم خدمات آزمایشگاهی در شرایط بحران از ضروریاتی است که بحران اخیر آن را نمایان کرد.

آنچه در ادامه می‌خوانید نظرات و تجربیات دکتر قهرمانی بعنوان متخصص آسیب شناسی و فعال در حوزه صنفی آزمایشگاه‌ها است.

■ **در جریان بحران اخیر، آزمایشگاه‌های تشخیص پزشکی کشور با چه مشکلات و چالش‌هایی مواجه شدند؟**

آزمایشگاه‌های تشخیص پزشکی از جمله بخش‌هایی هستند که حتی

در مقاله‌ای مفصل در همین شماره، دکتر بتول مهرشاد با نگاهی به مفهوم «تاب‌آوری دیجیتال» در نظام سلامت، از ضرورت آماده بودن زیرساخت‌ها و سامانه‌های سلامت برای شرایطی گفت که دسترسی به شبکه و خدمات دیجیتال دچار اختلال می‌شود. این بار می‌خواهیم در گفتگو با دکتر مهران قهرمانی آسیب شناس و دبیر انجمن علمی آسیب شناسی و طب آزمایشگاهی ایران همین مسئله را از زاویه دیگری دنبال کنیم؛ از آنچه در عمل در آزمایشگاه‌ها می‌گذرد و اینکه اختلال ارتباطات در کدام بخش‌های زنجیره خدمات تشخیصی خود را نشان می‌دهد؟

دکتر مهران قهرمانی معتقد است که آزمایشگاه‌ها حتی در شرایط بحرانی نیز نمی‌توانند فعالیت خود را متوقف کنند و این در حالی است که در صورت



عکس: مسلم عرب بامیری

هر حلقه، از تأمین ماده اولیه و کیت تا پذیرش بیمار، انجام آزمایش، ثبت نتیجه و ارسال گزارش، می‌تواند بر کل فرآیند اثر بگذارد.

■ **به مشکل اختلال در زنجیره تأمین، دسترسی به تجهیزات، کیت‌ها و مواد مصرفی آزمایشگاهی در این دوره اشاره کردید. به نظر شما مهم‌ترین درس‌هایی که از این بحران برای مدیریت آزمایشگاه‌ها در شرایط خاص می‌توان گرفت چیست؟**

یکی از درس‌های مهم بحران اخیر این است که برای اقلام حیاتی آزمایشگاهی باید نگاه «ذخیره راهبردی» و «تأمین پایدار» وجود داشته باشد، نه اینکه صرفاً در زمان بروز کمبود برای حل مسئله اقدام کنیم. در واقع، آزمایشگاه

در شرایط بحرانی نیز امکان توقف فعالیت آنها وجود ندارد؛ زیرا بسیاری از تصمیمات درمانی، از تشخیص اولیه تا پیگیری روند درمان، به نتایج آزمایشگاهی وابسته است.

در بحران اخیر، یکی از مهم‌ترین چالش‌ها اختلال در ارتباطات و سامانه‌های الکترونیکی بود. در کنار آن، مشکلات مربوط به تأمین نقدینگی، پرداخت مطالبات بیمه‌ای، تأمین کیت و مواد مصرفی، تعمیر و نگهداری تجهیزات و دشواری ارتباط با برخی شرکت‌های تأمین‌کننده نیز فشار مضاعفی بر آزمایشگاه‌ها وارد کرد.

نکته مهم این است که این مشکلات را نباید جدا از هم دید. آزمایشگاه یک زنجیره به هم پیوسته است و اختلال در

باید از قبل برای شرایط بحرانی آماده باشد.

ما به برنامه تداوم کسب و کار یا به عبارت دقیق تر، برنامه تداوم خدمات تشخیصی نیاز داریم. آزمایشگاه باید بداند اگر اینترنت قطع شد، اگر سامانه بیمه در دسترس نبود، اگر برق یا ارتباطات دچار اختلال شد، اگر یکی از دستگاه های اصلی از کار افتاد یا اگر یک ماده مصرفی کمیاب شد، چه فرایند جایگزینی باید فعال شود.

همچنین لازم است اطلاعات حیاتی آزمایشگاه فقط در یک نقطه یا یک سامانه وابسته به اینترنت نگهداری نشود و برای ثبت، ذخیره و انتقال اطلاعات، روش های جایگزین و امن پیش بینی شود.

■ با این توضیحات، به نظر شما نظام سلامت و به طور مشخص شبکه آزمایشگاهی کشور تا چه اندازه برای حفظ تداوم خدمات در شرایط بحرانی آمادگی دارد؟

در سال های اخیر زیرساخت های دیجیتال و سامانه های آزمایشگاهی توسعه زیادی پیدا کرده اند و این موضوع در شرایط عادی مزایای بسیار زیادی دارد. اما بحران اخیر نشان داد که «دیجیتالی شدن» بدون «تاب آوری دیجیتال» کافی نیست.

هرچه وابستگی ما به سامانه های آنلاین بیشتر شود، اهمیت پیش بینی سناریوی «عدم دسترسی به شبکه» نیز بیشتر می شود. در حال حاضر پاسخ این سؤال در همه مراکز یکسان نیست

ما به برنامه تداوم کسب و کار یا به عبارت دقیق تر، برنامه تداوم خدمات تشخیصی نیاز داریم. آزمایشگاه باید بداند اگر اینترنت قطع شد، اگر سامانه بیمه در دسترس نبود، اگر برق یا ارتباطات دچار اختلال شد، اگر یکی از دستگاه های اصلی از کار افتاد یا اگر یک ماده مصرفی کمیاب شد، چه فرایند جایگزینی باید فعال شود.

و به نظر می رسد نیازمند یک ارزیابی ملی و تدوین استانداردهای مشخص برای تداوم خدمت هستیم.

■ انجمن علمی آسیب شناسی و طب آزمایشگاهی ایران در جریان این بحران چه اقداماتی برای رصد مشکلات، انتقال دغدغه های همکاران و کمک به تداوم خدمات آزمایشگاهی انجام داد؟ یکی از وظایف مهم انجمن های علمی در چنین شرایطی، انتقال مسائل واقعی میدان به مسئولان و تصمیم گیران است. انجمن باید بتواند مشکلاتی را که از سوی مسئولان فنی و همکاران پاتولوژیست و متخصصان طب آزمایشگاهی گزارش می شود، جمع آوری و دسته بندی کند و در اختیار نهادهای مسئول قرار دهد.

در چنین شرایطی، موضوعاتی مانند تأمین اقلام مصرفی، مشکلات سامانه های الکترونیک، ارتباط با بیمه ها، تعرفه ها، دسترسی به تجهیزات

و حفظ نیروی انسانی باید به صورت مستمر رصد شود.

برای بیان دقیق اقدامات انجام شده توسط انجمن در دوره اخیر، بهتر است فهرست مکاتبات، جلسات و اقدامات رسمی انجمن از دبیرخانه استخراج و به این پاسخ اضافه شود تا موارد با مستندات رسمی همراه باشد. وبسایت رسمی انجمن نیز محل انتشار برخی اطلاعیه‌ها و مستندات صنفی و حرفه‌ای انجمن است.

(iranpath.org)

■ **به مشکلات تأمین و دسترسی به ملزومات آزمایشگاهی اشاره کردید. آیا قطع یا محدودیت اینترنت تأثیری بر فعالیت روزمره آزمایشگاه‌ها نیز داشت؟**

قطع اینترنت الزاماً به این معنی نیست که دستگاه آزمایشگاهی از کار می‌افتد؛ بسیاری از فرایندهای فنی آزمایشگاه می‌توانند به صورت سنتی انجام شوند. مشکل اصلی در بخش‌هایی ایجاد می‌شود که به ارتباط برخط وابسته هستند.

پذیرش و ثبت اطلاعات، نسخه الکترونیک، ارتباط با سامانه‌های بیمه، ارسال و دریافت نتایج، ارتباط با پزشکان و بیمارستان‌ها، ارسال اطلاعات به سامانه‌های مختلف، ارتباط با شرکت‌های پشتیبان و دسترسی به برخی منابع علمی و تخصصی از جمله بخش‌هایی هستند که می‌توانند تحت تأثیر قرار بگیرند. بنابراین باید میان «اختلال در انجام خود آزمایش» و «اختلال در زنجیره

هرچه وابستگی ما به سامانه‌های آنلاین بیشتر شود، اهمیت پیش‌بینی سناریوی «عدم دسترسی به شبکه» نیز بیشتر می‌شود. برای مثال، سامانه اطلاعات آزمایشگاه یا LIS باید بتواند بخش قابل توجهی از عملیات ضروری را به صورت محلی انجام دهد و پس از برقراری ارتباط، اطلاعات به شکل کنترل شده با سامانه‌های مرکزی همگام شود.

اطلاعات آزمایشگاهی» تفاوت قائل شد. در بسیاری از موارد، آزمایش انجام می‌شود اما انتقال و گردش اطلاعات دچار مشکل می‌شود.

■ **انتقال و گردش اطلاعات در حوزه آزمایشگاه از چه نظر اهمیت دارد؟ امروزه بسیاری از ارتباطات میان آزمایشگاه، پزشک، بیمارستان و بیمار الکترونیکی شده است.**

وقتی این ارتباط مختل می‌شود، ممکن است آزمایش در آزمایشگاه انجام شده باشد اما نتیجه با تأخیر به دست پزشک برسد یا فرایند پذیرش و تطبیق اطلاعات با دشواری انجام شود. از طرف دیگر، این موضوع می‌تواند برای بیماران نیز مشکل‌ساز شود؛ به خصوص بیمارانی که برای تصمیم‌گیری درمانی به نتیجه یک آزمایش وابسته هستند.

■ **با توجه به وابستگی روزافزون آزمایشگاه‌ها به سامانه‌های دیجیتال،**

## چه زیرساخت‌هایی برای ادامه فعالیت در شرایط قطع یا اختلال ارتباطات کافی است؟

به نظر من نمی‌توان گفت زیرساخت موجود در همه نقاط کشور برای چنین شرایطی کاملاً کافی است.

هرچه وابستگی ما به سامانه‌های آنلاین بیشتر شود، اهمیت پیش‌بینی سناریوی «عدم دسترسی به شبکه» نیز بیشتر می‌شود. برای مثال، سامانه اطلاعات آزمایشگاه یا LIS باید بتواند بخش قابل توجهی از عملیات ضروری را به صورت محلی انجام دهد و پس از برقراری ارتباط، اطلاعات به شکل کنترل‌شده با سامانه‌های مرکزی همگام شود.

همچنین وجود برق اضطراری، ارتباطات پشتیبان، نسخه‌های پشتیبان از اطلاعات و دستورالعمل‌های روشن برای کار در وضعیت آفلاین باید بخشی از استاندارد تاب‌آوری هر آزمایشگاه باشد.

## ■ چه اقدامات پشتیبانی باید ایجاد شود تا در بحران‌های مشابه، حتی با وجود اختلال در اینترنت، خدمات آزمایشگاهی متوقف نشود؟

به نظر من چند اقدام اساسی ضروری است.

اول، طراحی سامانه‌های آزمایشگاهی با قابلیت کار در شرایط خاص و بحرانی.

دوم، ایجاد ارتباطات پشتیبان، به‌خصوص برای مراکز حساس و بیمارستانی.

در آینده، یک تصویر دیجیتال پاتولوژی ممکن است برای تشخیص یا مشاوره تخصصی میان دو مرکز جابه‌جا شود و حتی فرآیندهای هوش مصنوعی در کنار نظر پاتولوژیست به کار گرفته شوند. بنابراین پایداری شبکه، امنیت اطلاعات، ذخیره‌سازی مطمئن، حفاظت از حریم خصوصی و امکان ادامه فعالیت در شرایط اختلال باید از ابتدا در طراحی این سیستم‌ها لحاظ شود.

سوم، ایجاد مرکز یا شبکه ارتباط اضطراری سلامت برای انتقال حداقل اطلاعات حیاتی در زمان اختلال گسترده.

چهارم، پیش‌بینی ذخایر راهبردی کیت، مواد مصرفی، قطعات یدکی و اقلام ضروری.

پنجم، داشتن نسخه پشتیبان امن و مستقل از اطلاعات و امکان بازیابی سریع آنها.

ششم، آموزش کارکنان برای اجرای فرآیندهای اضطراری.

و هفتم، انجام مانورهای دوره‌ای. همان‌طور که بیمارستان‌ها برای شرایط بحران مانور دارند، آزمایشگاه‌ها نیز باید مانور «قطع اینترنت»، «قطع برق»، «اختلال سامانه» و «اختلال زنجیره تأمین» داشته باشند.

## ■ همان‌طور که اشاره کردید تجربه اخیر ضرورت تدوین پروتکل مشخصی برای تداوم فعالیت آزمایشگاه‌ها در شرایط

هوش مصنوعی و تبادل الکترونیکی اطلاعات تشخیصی، وابستگی این حوزه به زیرساخت ارتباطی را بیشتر خواهد کرد. اما این وابستگی الزاماً نقطه ضعف نیست؛ مسئله این است که زیرساخت باید متناسب با اهمیت بالینی این خدمات طراحی شود.

در آینده، یک تصویر دیجیتال پاتولوژی ممکن است برای تشخیص یا مشاوره تخصصی میان دو مرکز جابه‌جا شود و حتی فرایندهای هوش مصنوعی در کنار نظر پاتولوژیست به کار گرفته شوند. بنابراین پایداری شبکه، امنیت اطلاعات، ذخیره‌سازی مطمئن، حفاظت از حریم خصوصی و امکان ادامه فعالیت در شرایط اختلال باید از ابتدا در طراحی این سیستم‌ها لحاظ شود.

■ **بعنوان جمع‌بندی اگر بخواهید سه اولویت را برای افزایش تاب‌آوری آزمایشگاه‌های کشور در بحران‌های آینده تعیین کنید، چه مواردی را در اولویت قرار می‌دهید؟**

اگر بخواهم فقط سه اولویت تعیین کنم: اول، تاب‌آوری زیرساخت دیجیتال؛ سامانه‌هایی که بتوانند در وضعیت قطع ارتباط نیز حداقل خدمات ضروری را ارائه دهند، به همراه ارتباط پشتیبان و ذخیره‌سازی امن اطلاعات.

دوم، تاب‌آوری زنجیره تأمین؛ تأمین پایدار کیت‌ها، مواد مصرفی، قطعات و تجهیزات و ایجاد ذخایر راهبردی برای اقلام حیاتی. سوم، پروتکل و تمرین؛ داشتن یک دستورالعمل ملی مشخص برای تداوم خدمات، آموزش کارکنان و انجام مانورهای واقعی.

**بحران را نشان داد. به نظر شما این پروتکل باید چه مؤلفه‌هایی داشته باشد؟**

قطعاً. یکی از نیازهای جدی ما تدوین یک پروتکل ملی برای تداوم خدمات آزمایشگاهی در شرایط بحران است.

این پروتکل باید مشخص کند در صورت قطع اینترنت یا اختلال ارتباطی:

پذیرش بیمار چگونه انجام شود؛

اطلاعات چگونه ثبت و ذخیره شود؛

نمونه‌ها چگونه رهگیری شوند؛

نتایج چگونه اعتبارسنجی و گزارش شوند؛

نتایج فوری و بحرانی چگونه به پزشک اطلاع داده شوند؛

ارتباط با بیمارستان‌ها چگونه برقرار شود؛

ارتباط با بیمه‌ها در زمان قطعی سامانه چگونه مدیریت شود؛

اطلاعات پس از وصل شدن سامانه چگونه با سیستم مرکزی تطبیق داده شود؛

و مسئولیت هر فرد در شرایط اضطراری چه باشد.

این پروتکل باید در کنار دستورالعمل‌های کنترل کیفیت و الزامات اعتباربخشی قرار گیرد و صرفاً یک دستورالعمل اداری نباشد.

■ **با توجه به حرکت آزمایشگاه‌ها و پاتولوژی**

**به سمت دیجیتالی شدن، پاتولوژی**

**دیجیتال و تله‌پاتولوژی، آیا وابستگی این**

**حوزه به زیرساخت‌های ارتباطی در آینده**

**بیشتر خواهد شد؟**

بله، بدون تردید.

حرکت به سمت پاتولوژی دیجیتال،

تله‌پاتولوژی، آرشیو دیجیتال تصاویر،

به بیان ساده، ما باید از مدل «واکنش به بحران» به سمت مدل «آمادگی پیش از بحران» حرکت کنیم.

■ با رعایت این موارد اگر بحران مشابهی پنج سال دیگر رخ دهد، از نظر شما آزمایشگاه‌های کشور باید چه تفاوتی با امروز داشته باشند؟

پنج سال دیگر، آزمایشگاه مطلوب آزمایشگاهی است که اگر اینترنت قطع شد، فعالیتش متوقف نشود؛ اگر یک سامانه مرکزی از دسترس خارج شد، اطلاعات بیماران از بین نرود؛ اگر یک دستگاه اصلی دچار مشکل شد، مسیر جایگزین داشته باشد و اگر یک کیت کمیاب شد، ذخیره یا جایگزین قابل قبول برای آن پیش‌بینی شده باشد.

من تصور می‌کنم آزمایشگاه آینده باید از نظر زیرساختی «چندلایه» باشد؛ یعنی یک مسیر اصلی و چند مسیر جایگزین برای ارتباط، اطلاعات، تجهیزات و تأمین داشته باشد.

در کنار فناوری، مهم‌ترین سرمایه ما نیروی انسانی آموزش دیده است. بنابراین در پنج سال آینده باید روی آموزش مدیریت بحران، امنیت اطلاعات، کار با سامانه‌های دیجیتال و فرایندهای آفلاین نیز سرمایه‌گذاری کنیم.

بحران اخیر به ما نشان داد که تاب‌آوری یک انتخاب لوکس نیست؛ بخشی از کیفیت خدمات تشخیصی است. آزمایشگاه زمانی واقعاً تاب‌آور است که بتواند حتی در شرایطی که بخشی از زیرساخت‌های معمول کشور دچار اختلال شده، تشخیص دقیق،

به موقع و ایمن را برای بیمار حفظ کند.

■ از مشکلاتی که آزمایشگاه‌ها به طور خاص در بحران شرایط جنگی و قطعی اینترنت با آن مواجه بودند صحبت کردید. در پایان، به دغدغه‌هایی بپردازید که به طور کلی آزمایشگاه‌های کشور با آن مواجه هستند.

یکی از اصلی‌ترین و شاید قدیمی‌ترین مشکلاتی که آزمایشگاه‌های کشور با آن مواجه بوده‌اند و شرایط اخیر موجب تشدید آن شده است، شرایط اقتصادی و نوسانات ارزی است که بر توان آزمایشگاه‌ها برای خرید و نگهداری تجهیزات اثر گذاشته است. حتی در روزهای اخیر نیز موضوع کمبود تجهیزات و ملزومات آزمایشگاهی و ضرورت ثبت سریع کمبودها از سوی مسئولان حوزه تجهیزات پزشکی مورد تأکید قرار گرفته است.

مسئله مهم دیگر، اختصاص ارز ترجیحی یا نیمایی در این حوزه است. کمبود نقدینگی آزمایشگاه‌ها و شرکت‌ها، هزینه‌های بالای مترتب بر مراکز و تعرفه حداقلی، امکان ادامه فعالیت را بسیار سخت کرده است و چنانچه ارز بخش کیت و ملزومات مصرفی آزمایشگاهی، همچون ارز تجهیزات آزمایشگاهی، به صورت آزاد محاسبه شود، هزینه مراکز بسیار بالا می‌رود.

در این حالت، نیازمند اصلاح فوری تعرفه هستیم و افزایش این بخش را یا باید مراجعه‌کننده پرداخت کند یا سازمان بیمه‌گر که متأسفانه هر دو گروه مشکلات عمده‌ای دارند.

## معرفی بیمار موردی درماتوپاتولوژی ۳

دکتر فاطمه منتظر - متخصص پاتولوژی فلوشیپ درماتوپاتولوژی دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ایران

### Clinical presentation:

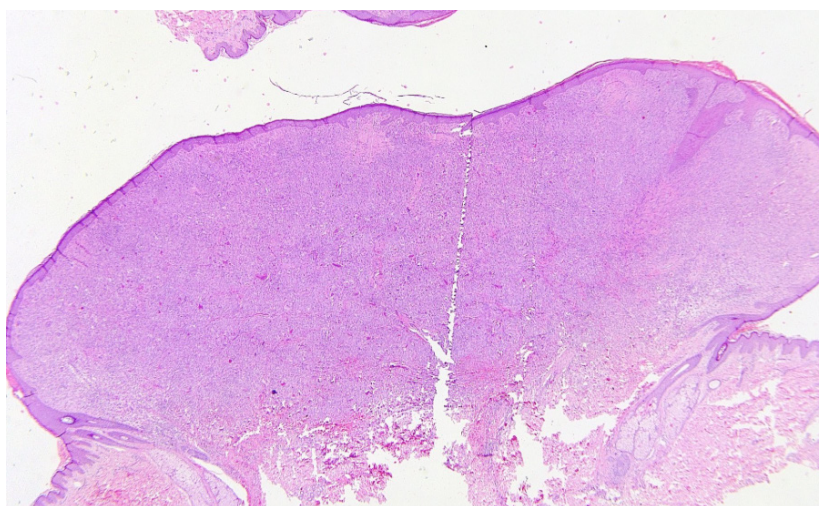
دختر ۴ ساله با یک ضایعه پولیپوئید زردرنگ با رشد آهسته روی بازو.

Clinical picture : A 5 mm red-brown papule with a yellowish center.



### تشخیص افتراقی های بالینی:

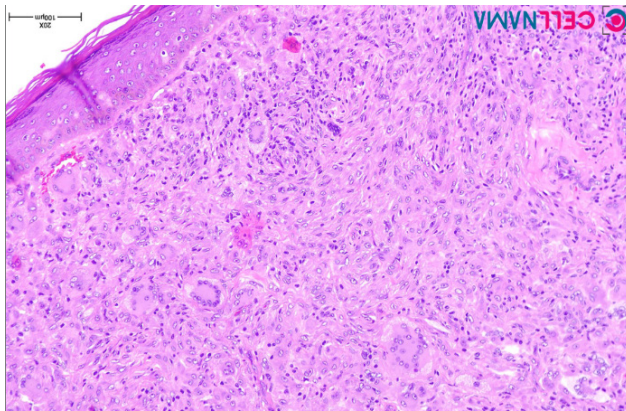
- 1 - juvenile xantho granuloma
- 2 - Spitz nevus
- 3 - Mastocytoma
- 4 - Dermatofibroma
- 5 - Other Histiocytosis



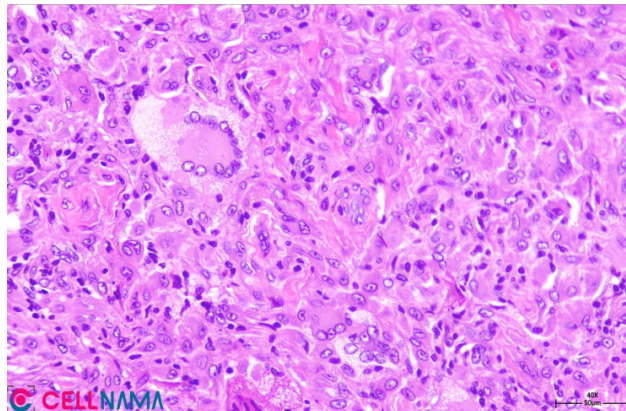
**Fig 1. low power H&E**  
Well defined dermal  
lesion With dome shaped  
appearance

## مشخصات هیستوپاتولوژی

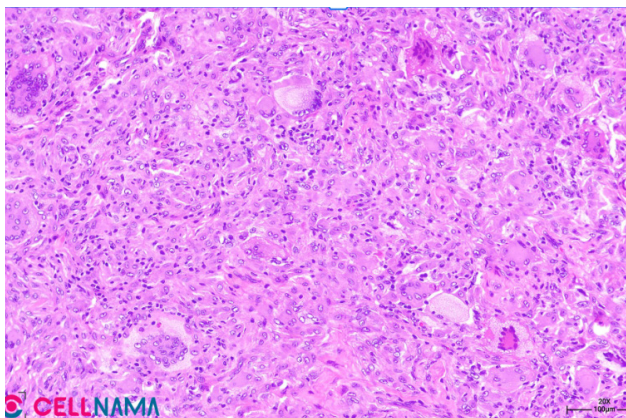
- ارتشاح متراکم و با حدود مشخص از هیستوسیت‌ها در درم که دارای سیتوپلاسم فراوان ائوزینوفیلیک هستند و ممکن است تا درم عمقی گسترش یابد.
- سلول‌های غول‌آسای توتون (Touton giant cells) و هیستوسیت‌های فومی (Foamy histiocytes) به‌وفور مشاهده می‌شوند.
- تغییرات اپیدرمی: از بین رفتن یا صاف شدن زئیریدج‌ها (reteridges)
- همچنین لنفوسیت‌ها، سلول‌های پلازما، ائوزینوفیل‌ها و تعدادی نوتروفیل نیز در ارتشاح التهابی قابل مشاهده هستند.



**Fig2:** short fascicles of fibro-histiocytes, foamy histiocytes and multinucleated giant cells (H&E, 20x)



**Fig3:** Hpf, H&E: Touton giant cell and foamy histiocytes



**Fig4 :** dermal fibrohistiocytic proliferation mixed with lymphocytes and a few eosinophils (may be seen) (H&E, 20x).

## Diagnosis:

- Right arm skin lesion, excision:
- juvenile xantho granuloma (JXG)

بررسی ایمونوهیستوشیمی که در موارد خاص امکان دارد انجام گردد

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| ■ مارکهای مثبت | ■ مارکهای منفی    |
| HAM56          | Langerin (CD207)  |
| CD68           | CD1a              |
| Factor XIIIa   | S100 (not always) |
| CD163          |                   |

### تشخیص‌های افتراقی:

#### ۱. هیستوسیتوز سلول لانگرهانس (Langerhans Cell Histiocytosis; LCH)

ارتشاحی از سلول‌های لانگرهانس با سیتوپلاسم فراوان و ائوزینوفیلیک کم‌رنگ. هسته‌ها نامنظم و کشیده با شیارها و چین‌خوردگی‌های واضح هسته‌ای (nuclear grooves and folds)، کروماتین ظریف و نوکلئول‌های نامشخص. گاهی سلول‌های چند هسته‌ای نیز دیده می‌شوند. در ایمونوهیستوشیمی، سلول‌های LCH برای CD1a، S100 و Langerin (CD207) مثبت هستند.

#### ۲. خال اسپیتز (Spitz Nevus)

آشیا نه‌هایی از سلول‌های دوکی شکل و اپی‌تلوئید درون اپیدرمی که به‌طور یکنواخت دچار هیپرپلازی شده است.

در ایمونوهیستوشیمی، مارک‌های ملانوسیتی شامل S100، MelanA (MART1) و Tyrosinase مثبت هستند.

#### ۳. ماستوسیتوما (Mastocytoma)

به صورت پاپول‌های قرمز تا قهوه‌ای طلایی تظاهر می‌کند. ممکن است خارش‌دار (pruritic) باشد.

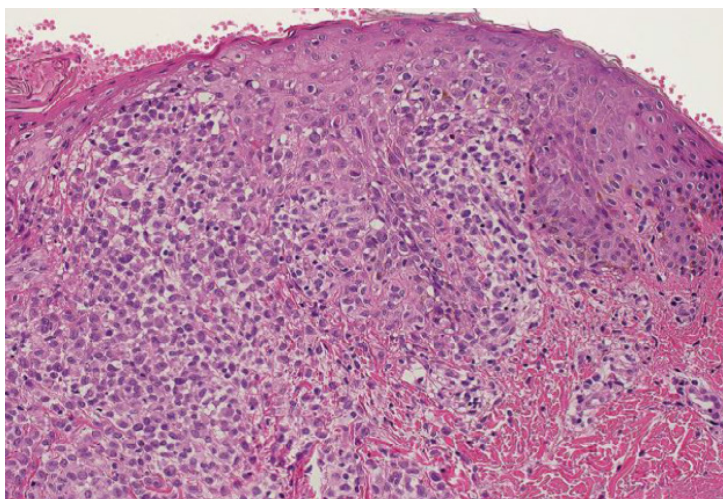
از نظر هیستوپاتولوژی، تجمع ماست سل‌های C-kit (CD117) + در درم پاپیلری مشاهده می‌شود.

#### ۴. درماتوفیبروما (Dermatofibroma)

معمولاً به صورت پاپول‌های قهوه‌ای رنگ، عمدتاً در اندام‌ها دیده می‌شود. ممکن است پس از تروما ایجاد شود.

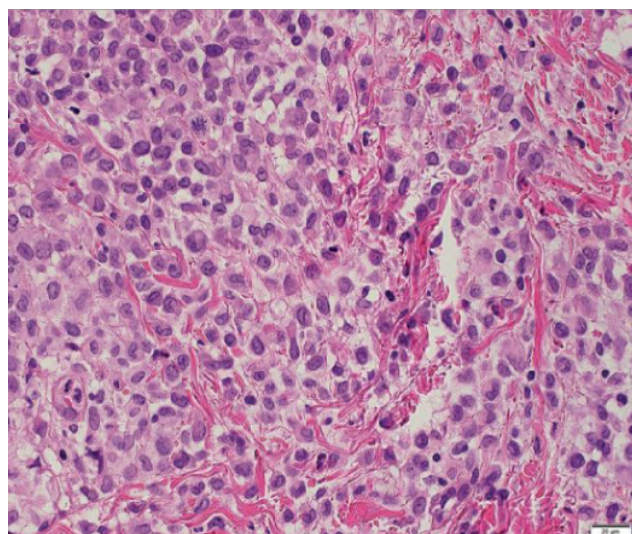
از نظر هیستوپاتولوژی، از مخلوطی متغیر از سلول‌های شبه فیرو بلاست، هیستوسیت‌ها (که برخی از آن‌ها ممکن است زانتوماتوز یا چند هسته‌ای باشند) و عروق خونی تشکیل شده است.

تکثیر سلول‌های دوکی شکل در درم همراه با به دام افتادن کلاژن در محیط ضایعه (peripheral collagen trapping) از ویژگی‌های تیپیک آن است.

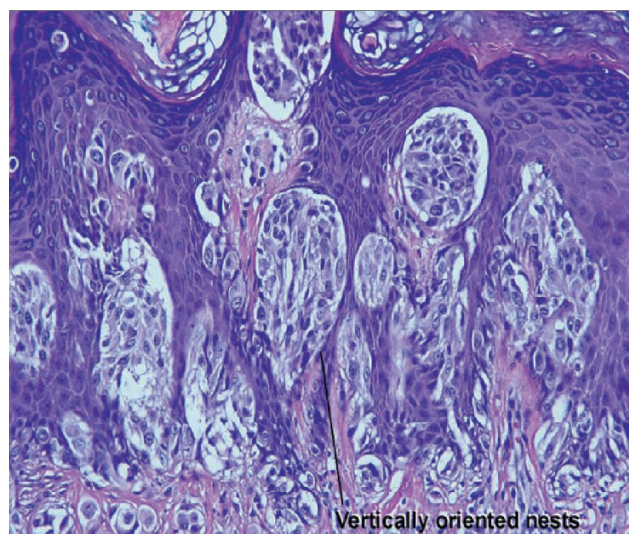


**Langerhans cell histiocytosis:**

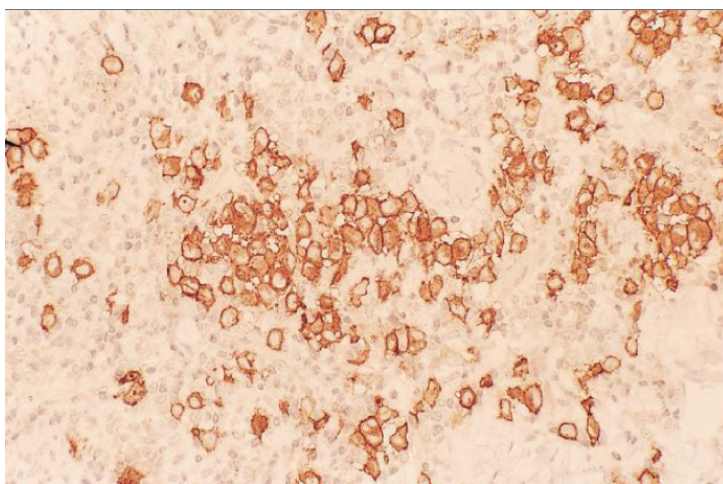
**(A)** Langerhans cells involve the epidermis and papillary dermis.



**(B)** Higher magnification of the dermal infiltrate, displaying numerous reniform and grooved nuclei



**Spitz nevus**



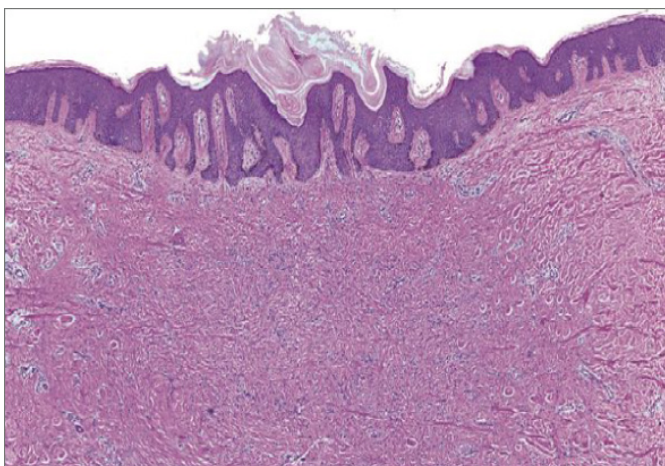
**(C)** The Langerhans cells stain for S100 protein.

## تغییرات هیستوپاتولوژی در خال اسپیتز

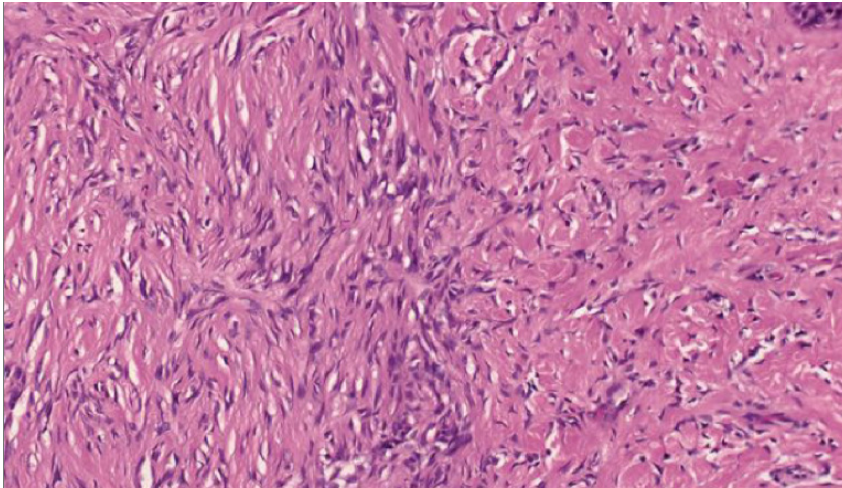
- هیپرکراتوز و هیپرگرانولوز.
- هیپرپلازی سودوایپیلیتوماتوز (Pseudoepitheliomatous Hyperplasia; PEH).
- آشیانه‌های سلولی با حدود مشخص در محل اتصال درم و اپیدرم (dermal-epidermal junction).
- آشیانه‌ها به صورت عمودی در امتداد رتیه‌ها قرار گرفته‌اند و الگوی موسوم به «بارش رو به پایین» (raining-down pattern) یا «bananas on the tree» را ایجاد می‌کنند.
- ملانوسیت‌های داخل آشیانه‌ها نیز همین آرایش عمودی را نشان می‌دهند.
- شکاف‌های بافتی (clefts) در اطراف آشیانه‌ها مشاهده می‌شود.
- وجود اجسام کامینو (Kamino bodies).
- حضور سلول‌های بزرگ دوکی شکل و اپی‌تلوئید.
- هسته‌ها به اندازه یا بزرگ‌تر از هسته کراتینوسیت‌ها هستند.
- هسته‌ها و زیگولار (دارای کروماتین باز) با نوکلئول‌های برجسته می‌باشند.

## نمای هیستوپاتولوژی درماتوفیبروم کلاسیک

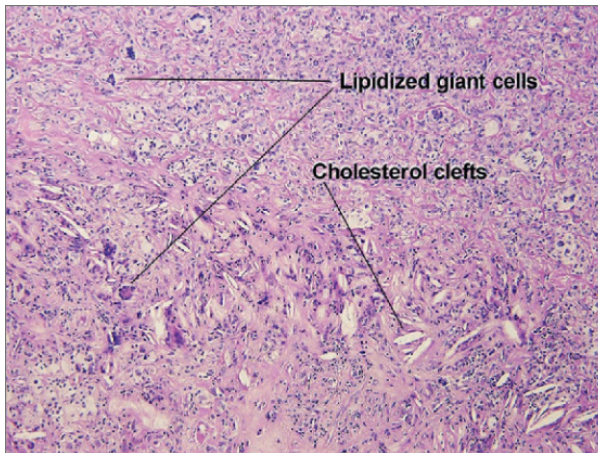
- ضایعه‌ای با حدود نسبتاً نامشخص در درم که از تکثیر سلول‌های دوکی شکل با آرایش دسته‌ای یا استوریفورم (storiform) تشکیل شده است.
- ضایعه معمولاً درم را درگیر کرده و ممکن است به طور محدود به بافت چربی زیرجلدی گسترش یابد.
- به دام افتادن رشته‌های کلاژن در حاشیه ضایعه (peripheral collagen trapping) از یافته‌های شاخص است.
- در میان سلول‌های دوکی، هیستوسیت‌ها، سلول‌های فومی، سلول‌های غول‌آسای چند هسته‌ای و درجات متغیری از ارتشاح التهابی مزمن ممکن است مشاهده شوند.
- اپیدرم روی ضایعه اغلب دچار هیپرپلازی، هیپرکراتوز و هیپرپیگمانتاسیون لایه بازال است.



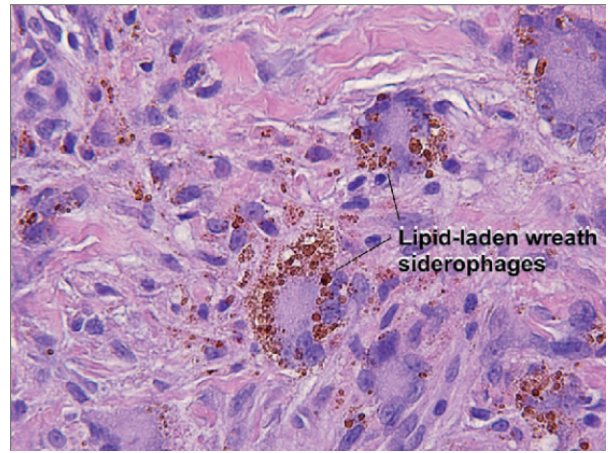
Dermatofibroma. (A) The epidermis overlying the dermal tumor is acanthotic and papillomatous



(B) The cells have a storiform arrangement. (H&E)



C-Dermatofibroma

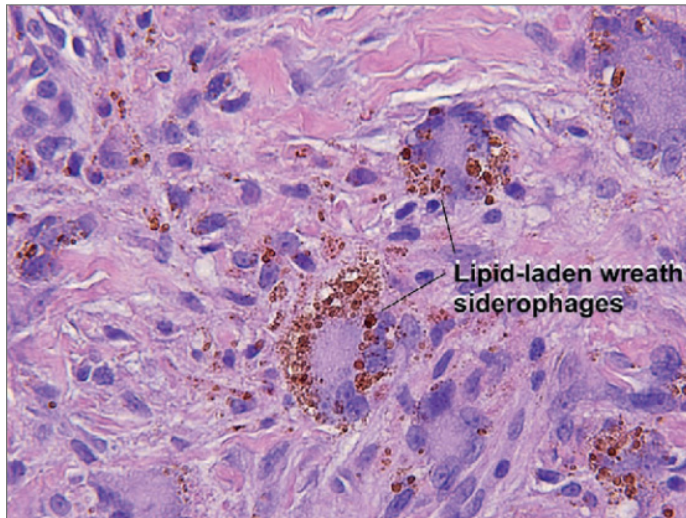


D-Dermatofibroma

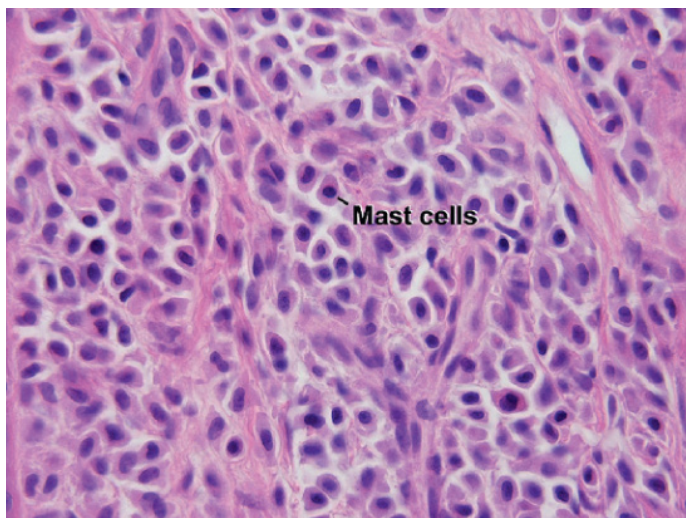
### نمای هیستوپاتولوژی ماستوسیتوما

- برای ماستوسیتوما (Solitary Cutaneous Mastocytoma)
- ارتشاح متراکم و منتشر از ماست سل های یکنواخت در درم که عمدتاً در درم پاپیلری و رتیکولر قرار دارند و گاهی تا بافت زیرجلدی امتداد می یابند.
- ماست سل ها دارای سیتوپلاسم نسبتاً فراوان، آنوزینوفیلیک تا کم رنگ و هسته های گرد یا بیضوی یکنواخت هستند.
- آنوزینوفیل ها ممکن است به تعداد متغیر در میان ماست سل ها حضور داشته باشند.
- اپیدرم معمولاً طبیعی است یا تغییرات خفیفی مانند آکانتوز و هیپرپیگمانتاسیون بازال نشان می دهد.
- در ایمونوهیستوشیمی، سلول ها به طور منتشر برای CD117 (c-KIT) و تریپتاز (Tryptase) مثبت هستند.

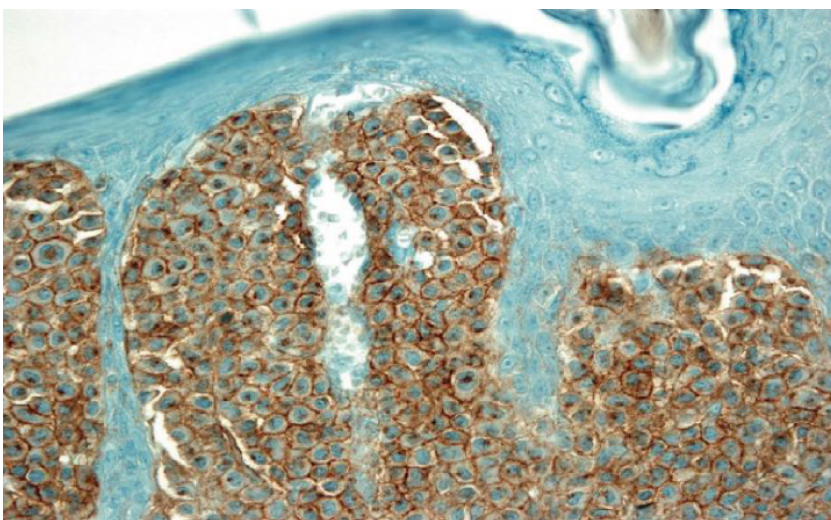
## Mastocytoma



Uniformly spaced  
“fried-egg” mast cells  
fill the papillary  
dermis and extend into  
the reticular dermis in  
nodular  
lesions



Mastocytoma



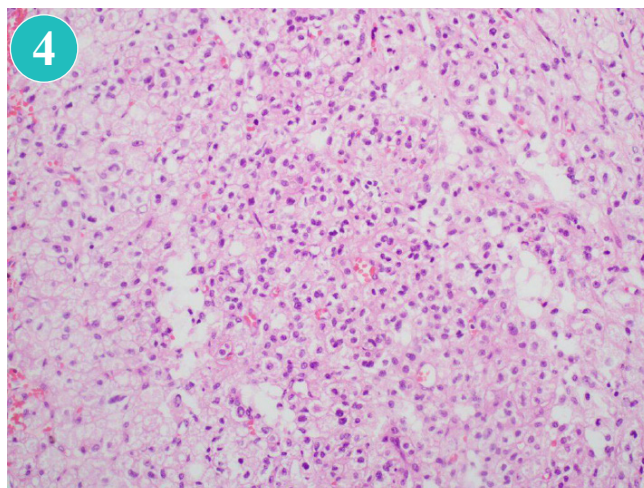
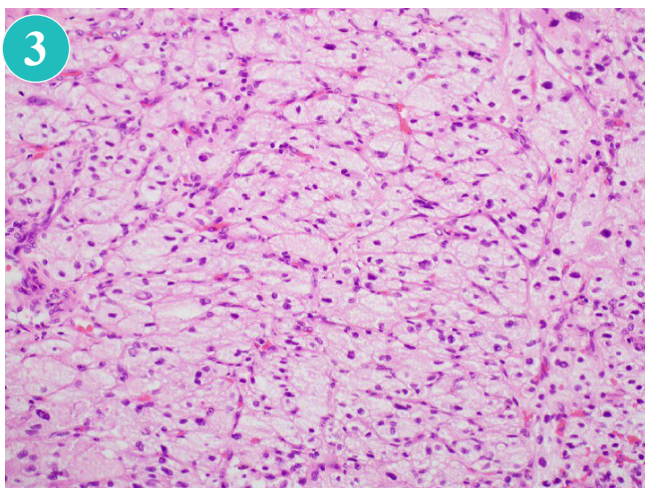
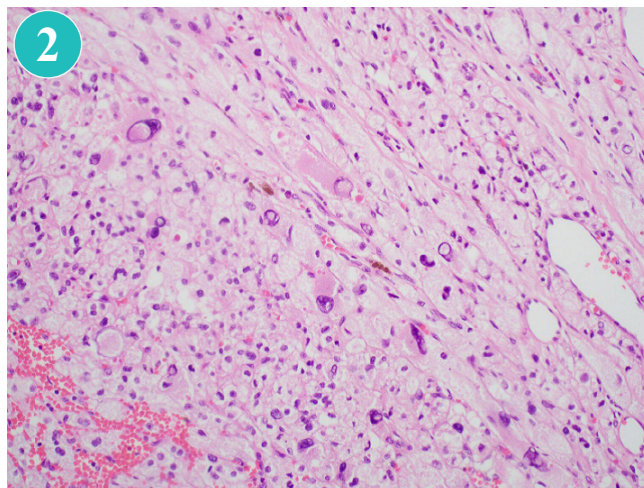
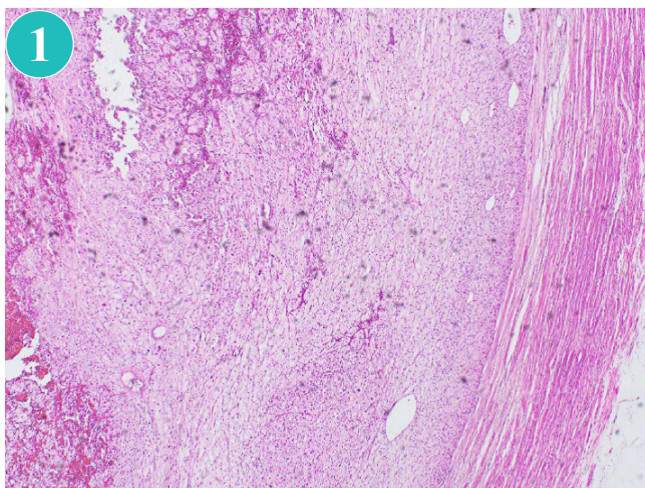
Mastocytoma: Mast  
cells fill the dermis.  
The cells express  
CD117

## گزارش موردی

دکتر آتوسا قریب - متخصص آسیب شناسی، عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

### شرح حال

خانم ۶۰ ساله به دلیل توده رحم تحت عمل قرار گرفته است. سابقه خانوادگی یا سندرمیک خاصی وجود ندارد. تصاویر زیر نمای میکروسکوپی ضایعه را نشان میدهند. تشخیص چیست؟



# پاسخ گزارش

## بافت شناسی

■ توموری متشکل از صفحات و آشیانه های سلولهای اپی تلیوئید با سیتوپلاسم شفاف تا ائوزینوفیلیک گرانولار دیده میشوند که توسط عروق ظریف احاطه شده اند. بعضا سلولهای چند هسته ای، سلولهایی با سیتوپلاسم رابدوئید یا شفاف پر از واکوئولهای چربی و هیالینیزاسیون استروما به چشم میخورد.

## بحث

■ بحث: نمای میکروسکوپی مشخصه (PEComa) Perivascular Epithelioid Cell Tumor است که اغلب در جسم رحم ایجاد میشود. سلولهای توموری ممکن است گاه نمای زبانه مانند یا انفیلتراتیو ایجاد کنند. در بررسی ایمنونوهیستوشیمی سلولها برای مارکرهای Melan-A, HMB45, SMA, De- smin و Caldesmon مثبت و برای CD10 منفی شدند. در اکثر موارد تومور به صورت اسپورادیک دیده میشود ولی زیرگروهی از این تومورها با توبروس اسکلروزیس همراهی دارند. موتاسیون های غیر فعال کننده TSC1/TSC2 منجر به تنظیم افزایشی مسیر پیام دهی mTOR میشوند. بنابراین مهارکننده های mTOR میتوانند نقش درمانی ایفا کنند. زیرگروه دیگری از تومورها با فیوزن یا بازآرایی TFE3 همراهند که از طریق FISH تایید میشوند. خصوصياتی که با رفتار تهاجمی این تومور مرتبط هستند عبارتند از اندازه بالای ۵ سانتیمتر، رشد انفیلتراتیو، سلولاریتی و گرید هسته بالا، میتوز بیشتر از ۵/۱ HPF، نکروز و تهاجم عروقی. در تومورهای gynecologic چنانچه تومور دارای ۳ مورد یا بیشتر این خصوصیات باشد به عنوان PEComa بدخیم، اگر فاقد این موارد باشد خوش خیم و اگر بین ۱ تا ۳ مورد را دارا باشد به عنوان Uncertain Malignant Potential در نظر گرفته میشود. در برخی مطالعات گروه خوش خیم حذف شده و پکوماها بر اساس دارا بودن بیشتر یا کمتر از ۳ مورد خصوصیات فوق به دو گروه بدخیم یا دارای Uncertain Malignant Potential تقسیم میشوند. تشخیص افتراقی اصلی این تومور در رحم استرومال سارکوم اندومتر است که از طریق بررسی ایمنونوهیستوشیمی به خوبی افتراق داده میشود.

## تشخیص نهایی

**Perivascular Epithelioid Cell Tumor (PEComa)**

# پلاکت‌ها در ترومبوز و آترواسکلروز؛ یک شمشیر دولبه مروری بر نقش چندوجهی پلاکت‌ها در التهاب، آترواسکلروز و آترومبوز

قسمت اول

دکتر یاسمن چهره سنبل - متخصص آسیب شناسی دانشگاه علوم پزشکی ایران

Platelets in Thrombosis and Atherosclerosis: A Double-Edged Sword, The , همکاران و Gabriela Martinez Bravo  
American Journal of Pathology, 2024, 194 (9): 1608-1621. DOI: 10.1016/j.ajpath.2024.05.010

## مقدمه؛

### پلاکت فراتر از یک عنصر هموستاتیک

بیماری‌های قلبی عروقی مجموعه‌ای از اختلالات شامل آترواسکلروز، نارسایی قلبی، بیماری عروق کرونر، پرفشاری خون و سکته مغزی هستند. آترواسکلروز یکی از شایع‌ترین ضایعات این گروه و یک بیماری التهابی مزمن دیواره شریان است که با تجمع بافت فیبروزی و چربی در دیواره عروق همراه می‌شود.

این تغییرات به تدریج می‌توانند مراحل مختلفی از ضایعه را ایجاد کنند؛ از fatty streak تا پلاک فیبروزی، آتروم و در نهایت تشکیل ترومبوز. پیامد نهایی چنین فرآیندی می‌تواند انفارکتوس میوکارد یا سکته مغزی باشد.

در نگاه کلاسیک، نقش اصلی پلاکت به هموستاز و تشکیل ترومبوز محدود می‌شود، اما مقاله حاضر تأکید دارد که پلاکت‌ها در واقع در طیف بسیار گسترده‌تری از فرآیندهای زیستی دخالت دارند. آن‌ها علاوه بر هموستاز، در التهاب، آنژیوژنز، فراخوانی

سلول‌های ایمنی، تشکیل پلاک، ناپایداری پلاک و در نهایت آترومبوز نقش ایفا می‌کنند.

پلاکت‌ها سلول‌های کوچک بدون هسته با قطر حدود ۲ تا ۴ میکرومتر هستند که از مگاکاریوسیت‌ها طی فرآیند thrombopoiesis منشأ می‌گیرند و طول عمر آن‌ها در گردش خون حدود ۷ تا ۱۰ روز است. عملکرد اصلی و فیزیولوژیک پلاکت، تشکیل یک platelet plug در محل آسیب عروقی و جلوگیری از خونریزی است. برای تحقق این هدف، پلاکت‌ها در محل آسیب فعال می‌شوند، به سطح عروقی می‌چسبند، با یکدیگر تجمع پیدا می‌کنند و مواد زیست فعال موجود در گرانول‌های خود را آزاد می‌کنند.

همین فرآیندهای مفید در شرایط پاتولوژیک می‌توانند به پیشرفت آترواسکلروز کمک کنند. یکی از مکانیسم‌های مهم، توانایی پلاکت در تحریک آنژیوژنز است. پلاکت‌ها VEGF آزاد می‌کنند و از این طریق تشکیل عروق جدید در دیواره شریان

کلاهیك فیبروزی روی پلاک را کاهش دهد. با آسیب یا پارگی کلاهیك فیبروزی، محتویات نکروتیک پلاک در معرض جریان خون قرار گرفته و زمینه برای تشکیل ترومبوز فراهم می شود.

### نقش محافظتی اندوتلیوم سالم

در شرایط فیزیولوژیک، اندوتلیوم سالم سطحی ضدپلاکتی ایجاد می کند و از فعال شدن ناخواسته پلاکت جلوگیری می کند.

مکانیسم های اصلی عبارت اند از:

- تجزیه ATP و ADP
  - بیان thrombomodulin
  - ترشح prostaglandin I<sub>2</sub>
  - ترشح nitric oxide
- آسیب اندوتلیوم این تعادل را برهم می زند. در چنین شرایطی مواد قوی فعال کننده پلاکت در معرض خون قرار می گیرند، از جمله:

- کلاژن فیبری نوع I
  - کلاژن فیبری نوع III
  - فاکتور بافتی (tissue factor)
- Tissue factor می تواند آبشار انعقادی را فعال کرده و در نهایت موجب تولید ترومبین و تشکیل لخته شود.

### پلاکت و ox-LDL

یکی از نکات مهم مقاله این است که پلاکت ها می توانند به عنوان حامل چربی عمل کنند. آن ها قادرند چربی کم چگال اکسیده شده یا ox-LDL را از طریق گیرنده های scavenger جذب کنند. در نواحی مستعد تشکیل آترواسکلروز، مانند انشعابات شریانی و محل دوشاخه شدن

را افزایش می دهند. عروق جدید می توانند اکسیژن و مواد غذایی بیشتری به پلاک در حال رشد برسانند و به توسعه آن کمک کنند. پلاکت های فعال همچنین طیف وسیعی از سایتوکاین ها و کموکاین ها را آزاد می کنند که دو فرآیند اصلی در پاتوژنز آترواسکلروز، یعنی التهاب و آنژیوژنز، را تقویت می کنند. از سوی دیگر، پلاکت ها با اندوتلیوم تعامل مستقیم دارند و می توانند بیان مولکول های چسبندگی از جمله ICAM-1 و VCAM-1 را روی سلول های اندوتلیال افزایش دهند. افزایش این مولکول ها موجب چسبندگی و ورود بیشتر لکوسیت ها به دیواره شریان می شود.

مونوسیت ها پس از ورود به دیواره عروق به ماکروفاژ تبدیل شده و لیپوپروتئین های کم چگال را می بلعند. تجمع چربی در ماکروفاژها به تشکیل سلول های فومی می انجامد که یکی از ویژگی های مهم ضایعات آترواسکلروتیک هستند.

بنابراین، پلاکت ها نه فقط در تشکیل لخته نهایی، بلکه از مراحل اولیه آسیب اندوتلیال تا پیشرفت پلاک و وقوع آترومبوز در بیماری دخیل اند.

### اختلال عملکرد اندوتلیوم، ox-LDL و شروع آترومبوز

پلاکت ها در تشکیل هسته نکروتیک پلاک های آترواسکلروتیک پیشرفته نیز نقش دارند. آن ها می توانند آنزیم هایی مانند cathepsin و matrix metalloproteinase-9 تولید کنند که موجب تخریب ماتریکس خارج سلولی می شوند. تخریب ماتریکس می تواند استحکام

کاروتید، پلاکت‌های حاوی ox-LDL حتی در غیاب یک آسیب اندوتلیال واضح نیز می‌توانند به اندوتلیوم متصل شوند. اتصال اولیه از طریق تعامل:

P-selectin / P-selectin glycoprotein ligand-1

انجام می‌شود و پس از آن Integrin‌ها چسبندگی محکم‌تری ایجاد می‌کنند. فعال شدن اندوتلیوم نیز می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند:

- ایسکمی
- برقراری دوباره جریان خونسازی
- عفونت
- تروما
- قرار گیرد.

اندوتلیوم فعال مجموعه‌ای از سلول‌های ایمنی را به محل فرا می‌خواند، از جمله:

- سلول‌های دندریتیک
- ماست سل‌ها

Regulatory T cells •

Type 1 helper T cells •

پلاکت‌های فعال و اندوتلیوم فعال نیز همزمان مولکول‌هایی مانند:

VCAM-1، ICAM-1، E-selectin، MCP-1 و P-selectin، IL-1، IL-8

را بیان یا ترشح می‌کنند.

نتیجه این فرایند، تقویت مهاجرت سلول‌های التهابی به دیواره عروقی است.

از پارگی پلاک تا تشکیل لخته پایدار در مراحل پیشرفته، پلاکت‌ها با اجزای پلاک شامل:

- کلاژن
- فاکتور خون ویلبراند یا vWF
- فاکتور بافتی

تماس پیدا می‌کنند.

فعال شدن پلاکت باعث آزاد شدن:

- ADP
- TXA2

• سروتونین

می‌شود که خود موجب فعال شدن و جذب پلاکت‌های بیشتری به محل ضایعه می‌شوند. از سوی دیگر، آزاد شدن فاکتور بافتی از پلاک، عوامل انعقادی را فعال کرده و تولید ترومبین را افزایش می‌دهد.

ترومبین موجب تبدیل فیبرین → فیبرینوژن می‌شود و از این طریق پلاک پلاکتی اولیه به یک لخته پایدار حاوی فیبرین تبدیل می‌شود.

تشکیل میکروترومبوس‌ها در داخل پلاک نیز می‌تواند ناپایداری و التهاب پلاک را بیشتر کند. ورود نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها به این ناحیه پاسخ التهابی را تشدید و پیشرفت بیماری را تسریع می‌کند.

### عملکرد هموستاتیک و پروترومبوتیک پلاکت

مهم‌ترین عملکرد طبیعی پلاکت‌ها، هموستاز است.

تشکیل یک میخ (Plug) پایدار روی آسیب عروقی مستلزم:

- فعال شدن پلاکت
- چسبندگی پلاکت
- تجمع پلاکتی

است.

پلاکت‌ها سه نوع اصلی گرانول دارند: گرانول‌های متراکم (Dense granules) این گرانول‌ها حاوی:

- ADP
- ATP

Paracrine و Endocrine هستند، از جمله:

• PDGF

• TGF- $\beta$

• IL-1

• TNF

PDGF روی سلول‌های عضله صاف عروقی، فیبروبلاست‌ها و سلول‌های اندوتلیال اثر می‌گذارد. نقش‌های اصلی PDGF شامل:

- آنژیوژنز
  - ترمیم بافت
  - رشد سلولی
  - مهاجرت
  - بقای سلولی
- است.

PDGF همچنین سنتز کلاژن و فیبرونکتین را افزایش می‌دهد و بنابراین مستقیماً به ترمیم بافت کمک می‌کند.

این اثرات عمدتاً از طریق دو گیرنده Tyrosine kinase یعنی PDGF receptor- $\alpha$  و PDGF receptor- $\beta$  اعمال می‌شوند.

### چسبندگی پلاکت به ماتریکس زیراندوتلیال

پس از آسیب عروق، پلاکت‌ها به ساختارهای زیراندوتلیال در معرض خون می‌چسبند.

گیرنده‌های اصلی شامل:

• GPIb-IX-V

• GPVI

هستند.

این گیرنده‌ها با لیگاندهایی مانند کلاژن و vWF تعامل پیدا می‌کنند.

پس از چسبندگی، پلاکت دچار تغییر شکل و تغییرات عملکردی شده، گرانول‌های خود را آزاد می‌کند و مولکول‌های چسبندگی

• Pi

• پلی فسفات‌ها

• سروتونین

• کلسیم

هستند.

### گرانول‌های آلفا ( $\alpha$ -granules)

$\alpha$ -granules حاوی پروتئین‌ها و واسطه‌های متعددی هستند که در انعقاد، ترمیم بافت، التهاب و آنژیوژنز نقش دارند.

### لیزوزوم‌ها (Lysosomes)

لیزوزوم‌ها نیز ترکیبات آنزیمی و مولکولی مختلفی دارند که در پاسخ پلاکتی شرکت می‌کنند.

### نقش ADP

ADP یکی از مهم‌ترین آگونیست‌های تجمع پلاکتی است. پلاکت دو گیرنده اصلی Purinergic برای ADP دارد:

P2Y<sub>1</sub> و P2Y<sub>12</sub>

گیرنده P2Y<sub>1</sub> بیشتر در شروع فعال شدن اولیه و برگشت پذیر پلاکت نقش دارد.

در مقابل، P2Y<sub>12</sub> برای فعال شدن پایدار و ادامه تجمع پلاکتی ضروری است.

پلی فسفات‌ها نیز با فاکتور XII و سایر اجزای سیستم انعقادی تعامل دارند و در تنظیم انعقاد و فیبرینولیز نقش ایفا می‌کنند. کلسیم آزاد شده از پلاکت‌های فعال نیز برای تشکیل فیبرین ضروری است.

### نقش PDGF و سایر واسطه‌ها

پلاکت‌ها پروتئین‌ها و سیتوکاین‌های متعددی آزاد می‌کنند که دارای عملکرد

بیشتری روی سطح خود بیان می‌کند. این فرآیند پلاکت‌های بیشتری را به محل ضایعه جذب کرده و پاسخ هموستاتیک را تقویت می‌کند.

اما همین مکانیسم در شرایط بیماری می‌تواند از محدوده فیزیولوژیک خارج شود و به تشکیل ترومبوز پاتولوژیک منجر گردد. این همان مفهوم شمشیر دولبه در عملکرد پلاکت است.

### دگرانولاسیون پلاکتی و تعامل

#### پلاکت با مونوسیت‌ها

نقش پلاکت در شروع تشکیل پلاک آترواسکلروتیک همچنان موضوع بحث است، اما مقاله حاضر شواهد متعددی را مرور می‌کند که نشان می‌دهند پاسخ‌های التهابی حاد و مزمن وابسته به پلاکت می‌توانند در ایجاد و پیشرفت ضایعه نقش داشته باشند. گرانول‌های پلاکتی حاوی مولکول‌های متعددی هستند که پس از فعال شدن پلاکت آزاد می‌شوند.

آزاد شدن Fibrinogen و vWF می‌تواند موجب فراخوانی سلول‌های ایمنی به محل آسیب شود. این امر در ابتدا نقش محافظتی دارد؛ زیرا به پاکسازی بافت آسیب‌دیده و جلوگیری از عفونت کمک می‌کند. پس از آن Growth factor های پلاکتی نیز ترمیم بافت را تحریک می‌کنند.

اما در حضور:

- اختلال عملکرد اندوتلیوم
- اختلال متابولیسم چربی
- تغییرات لیپو پروتئین‌ها
- افزایش رادیکال‌های واکنش‌دهنده اکسیژن
- همین فرآیند می‌تواند به تشکیل و پارگی

پلاک آتروماتوز کمک کند. رادیکال‌های آزاد اکسیژن قادرند ساختمان مولکول‌هایی مانند HDL، LDL و VLDL را تغییر دهند.

### تعامل مونوسیت و پلاکت

ارتباط پلاکت و مونوسیت می‌تواند هم مکانیسم‌های محافظتی و هم پاسخ‌های پیش‌التهابی ایجاد کند.

پس از فعال شدن پلاکت، سیتوکاین‌ها و کموکاین‌ها متعددی ترشح می‌شوند، از جمله:

- PDGF • TNF- $\alpha$
- TGF- $\beta$  • IL-1 $\beta$
- IL-6 • IL-8
- CXCL4 • CCL5
- CXCL7

IL-1 $\beta$  و TNF- $\alpha$  از طریق فعال کردن اندوتلیوم، بیان ICAM-1 و VCAM-1 را افزایش می‌دهند.

در نتیجه، چسبندگی و نفوذ لکوسیت‌ها به دیواره عروق بیشتر می‌شود.

CCL5، CXCL4 و CXCL7 نیز در جذب و فعال شدن:

- نوتروفیل‌ها
- مونوسیت‌ها
- T cells
- نقش دارند.

### تعامل دوطرفه

این ارتباط فقط از پلاکت به مونوسیت نیست.

مونوسیت‌ها نیز می‌توانند با آزاد کردن:

- soluble CD40 ligand
- ADP

می‌توانند توانایی ماکروفاژ در شناسایی و پاکسازی سلول‌های آپوپتوتیک را مختل کنند. به این فرآیند پاکسازی (efferocytosis) گفته می‌شود.

کاهش efferocytosis سبب:

- تجمع بقایای سلولی
  - افزایش نکروز پلاک
  - تشدید التهاب
- می‌شود.

تعامل پلاکت با اندوتلیوم، نوتروفیل و سلول عضله صاف عروقی

### تعامل پلاکت و اندوتلیوم

در آترومبوز، میان اندوتلیوم، پلاکت‌ها و نوتروفیل‌ها یک ارتباط پویا و دوطرفه برقرار

تجمع و فعال‌شدن پلاکت را تحریک کنند. بنابراین تقابل منوسیت پلاکت یک چرخه دوطرفه ایجاد می‌کند که می‌تواند پاسخ التهابی و ترومبوتیک را تقویت کند.

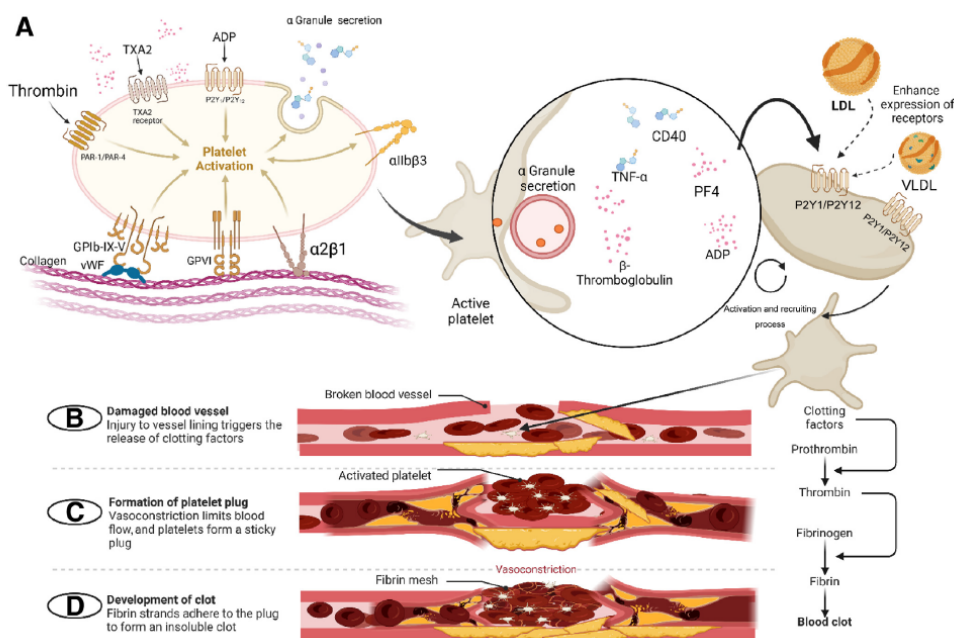
### فاکتور پلاکتی ۴

پلاکت‌ها با آزادکردن PF4 می‌توانند تبدیل منوسیت به ماکروفاژ را مهار کنند.

از سوی دیگر، فاکتورهای مشتق از پلاکت قادرند بیان و عملکرد SOCS3 را در سلول‌های میلونید و به‌ویژه ماکروفاژها تغییر دهند.

SOCS3 یکی از تنظیم‌کننده‌های مسیرهای التهابی است و اختلال در تنظیم آن با پیشرفت آترواسکلروز ارتباط دارد.

فاکتورهای مشتق از پلاکت همچنین



**Figure 1** Platelet structure, granule release, and role in atherothrombosis. **A:** A scheme of the progression of platelet involvement in atherosclerosis disease. Platelet granules store different components that can be released on activation. Platelet  $\alpha$ -granules include ADP, thromboxane A2 (TXA2), CD40,  $\beta$ -thromboglobulin, platelet factor 4 (PF4), and tumor necrosis factor (TNF)- $\alpha$ , among others. This begins a cascade of platelet activation in a loop activating other platelets, changing their morphology, and thus starting a reclusion process. Low-density lipoprotein (LDL) can stimulate the activation and aggregation of platelets by enhancing the expression of P2Y12 purinergic receptors on platelets, enhancing its interaction with ADP and promoting activation and more  $\alpha$ -granule release. This is followed by tissue repair stimulation by platelet growth factors. After the interaction with smooth muscle cell, collagen, and von Willebrand factor (vWF), platelets begin the clotting process, followed by vasoconstriction and blood impediment. Finally, all these events form a potential atherothrombotic event. **B:** Initiation of damage in the blood vessels. **C:** Formation of platelet plug. **D:** Development of the clot. Graphical representation generated with BioRender.com (Toronto, ON, Canada). GP, glycoprotein; PAR, protease-activated receptor; VLDL, very low-density lipoprotein.

است. پلاکت ها با کمک vWF به اندوتلیوم فعال متصل می شوند و آگونیست هایی مانند:

ADP • TXA2 •

را آزاد می کنند.

این فرآیند محیطی پروترومبوتیک ایجاد می کند.

نوتروفیل و پلاکت نیز یکدیگر را فعال می کنند. این تعامل باعث آزاد شدن ذرات ریز و محتویات گرانولی نوتروفیل می شود و در تشکیل ترومبوز نقش دارد.

NETs

نوتروفیل های فعال قادرند neutrophil extracellular traps یا NETs آزاد کنند. NETs می توانند:

• چسبندگی پلاکت را افزایش دهند؛

• فعال شدن پلاکت را تقویت کنند؛

• اختلال عملکرد اندوتلیوم ایجاد کنند.

در مقابل، مقاله به مولکولهای تنظیم کننده و خاتمه دهنده التهاب مانند:

lipoxins • resolvins •

اشاره دارد.

این واسطه های اختصاصی چربی محوکننده (specialized proresolving lipid mediators)

می توانند با کاهش نفوذ نوتروفیل، افزایش آپوپتوز نوتروفیل و تعدیل فعالیت پلاکت، به خاتمه التهاب کمک کنند.

تعامل پلاکت و نوتروفیل

نوتروفیل ها از سلول های موثر اصلی ایمنی ذاتی هستند. در محل آسیب عروقی یا التهاب موجود در پلاک آترواسکلروتیک، نوتروفیل ها بسیج می شوند و با پلاکت های فعال تعامل پیدا می کنند.

اندوتلیوم فعال با افزایش بیان:

E-selectin • P-selectin •

به چسبندگی و جذب نوتروفیل کمک می کند.

همزمان IL-6 و IL-8 نیز بسیج و فعال شدن نوتروفیل را افزایش می دهند.

این ارتباط بین پلاکت و نوتروفیل یکی از مکانیسم های مهم اتصال التهاب به ترومبوز در بیماری آترواسکلروتیک است.

**تعامل پلاکت با سلول عضله صاف عروقی**

سلول های عضله صاف عروقی یا SMCs از اجزای مهم دیواره عروق هستند.

در آسیب عروقی، پلاکت های فعال ADP و TXA2 آزاد می کنند و موجب انقباض SMC ها و وازوکانستریکشن می شوند.

این پاسخ در شرایط فیزیولوژیک به کاهش خونریزی کمک می کند.

اما در آترواسکلروز، پلاکت ها با آزاد کردن سیتوکاین و فاکتور رشد می توانند باعث:

• فعال شدن SMC • تکثیر SMC

• مهاجرت SMC

شوند.

SMC ها نیز کلاژن و فیرونکتین آزاد می کنند که خود می توانند پلاکت ها را فعال و تجمع آن ها را افزایش دهند.

از سوی دیگر، SMC ها سیتوکاین ها و کموکاین های پیش التهابی تولید می کنند و بدین ترتیب پلاکت های بیشتری را به محل آسیب یا پارگی پلاک جذب می کنند.

این تقابل می تواند در تشکیل یک لایه اینتیمیای ضخیم شده نقش داشته باشد؛ یافته ای که از مشخصه های مهم آترواسکلروز است.

ادامه دارد...



پاتوقلوتی

دوماهنامه علمی - خبری انجمن آسیب شناسی ایران