

به نام خدا

از بالین تا الگوریتم ها:

تحول هوش مصنوعی در مراقبت های ویژه پرستاری

ناظر علمی :

مهدی محمودزاده

(عضو هیئت علمی دانشکده علوم پزشکی خوی)

مؤلفان:

سید عرفان سلطانی

محبوبه ملک محمدی معمار

محمد رضا دارائی

محمد آزادی

النازحیدری

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران - ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



سرشناسه: سلطانی، سید عرفان، ۱۳۷۹
 عنوان و نام پدید آورندگان: از بالین تا الگوریتم ها: تحول هوش مصنوعی در مراقبت های ویژه پرستاری / مولفان
 سید عرفان سلطانی، محبوبه ملک محمدی معمار، محمدرضا دارائی، محمد آزادی، الناز حیدری
 مشخصات نشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
 مشخصات ظاهری: ۱۰۶ ص.
 شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۴۴۲-۸
 شناسه افزوده: ملک محمدی معمار، محبوبه، ۱۳۷۲
 شناسه افزوده: دارائی، محمدرضا، ۱۳۸۰
 شناسه افزوده: آزادی، محمد، ۱۳۷۷
 شناسه افزوده: حیدری، الناز، ۱۳۷۴
 وضعیت فهرست نویسی: فیفا
 یادداشت: کتابنامه.
 موضوع: بالین - الگوریتم - هوش مصنوعی در مراقبت های ویژه پرستاری
 رده بندی کنگره: TP ۹۸۳
 رده بندی دیویی: ۶۶۸/۵۵
 شماره کتابشناسی ملی: ۷۸۳۷۶۱۵۳
 اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیفا

نام کتاب: از بالین تا الگوریتم ها: تحول هوش مصنوعی در مراقبت های ویژه پرستاری

مولفان: سید عرفان سلطانی - محبوبه ملک محمدی معمار

محمدرضا دارائی - محمد آزادی - الناز حیدری

ناظر علمی: مهدی محمودزاده

ناشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)

صفحه آرای، تنظیم: محدثه فرهنگد

طرح جلد: پریا فرجام

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۵

چاپ: زبرجد

قیمت: ۱۸۵۰۰۰ تومان

فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان:

<https://chaponashr.ir/ketabresan>

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۴۴۲-۸

تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵

www.chaponashr.ir



فهرست

پیشگفتار.....	۹
فصل ۱: از داده تا تشخیص در بالین.....	۱۱
مقدمه.....	۱۱
درس اول: سیگنال‌های حیاتی و چالش‌های ثبت.....	۱۲
درس دوم: نویز، آرتیفکت و داده‌های گمشده.....	۱۶
درس سوم: کاهش آلارم‌های کاذب با هوش مصنوعی.....	۱۹
فصل دوم: پیش‌بینی رویدادهای بحرانی.....	۲۳
مقدمه.....	۲۳
درس اول: مدل‌های سپسیس و ایست قلبی.....	۲۵
مدل‌های پیش‌بینی سپسیس: از SIRS تا یادگیری عمیق.....	۲۶
چالش شروع زودهنگام آنتی‌بیوتیک.....	۲۷
مدل‌های پیش‌بینی ایست قلبی: نگاه به شکل موج (ECG) و فراتر از آن.....	۲۷
مثال واقعی از کارایی مدل.....	۲۸
نقش پرستار در مدیریت هشدارهای پیش‌بینی.....	۲۹
درس دوم: درخت تصمیم در پیش‌بینی لوله‌گذاری مجدد.....	۳۰
درخت تصمیم چیست و چرا برای پرستار قابل فهم است؟.....	۳۰
ویژگی‌های پیش‌بینی‌کننده در مدل اکستوبیشن.....	۳۱
یک درخت تصمیم ساده برای بالین.....	۳۲
محدودیت درخت تصمیم.....	۳۲
کاربرد عملی برای پرستار: تبدیل درخت تصمیم به چک‌لیست بالینی.....	۳۳

درس سوم : تفسیر خروجی الگوریتم برای پرستار ۳۴

احتمال شرطی یعنی چه؟ الگوریتم دارد چه می‌گوید؟ ۳۴

آستانه اقدام: ۳۵

ناحیه خاکستری: وقتی الگوریتم مردد است. ۳۵

اعتماد به الگوریتم: چه زمانی بله، چه زمانی خیر؟ ۳۶

استراتژی عملی: قانون سه مرحله‌ای برای رویارویی با هشدارهای هوش مصنوعی ۳۷

پیام نهایی: الگوریتم عضو تیم است، نه رهبر تیم ۳۷

فصل ۳: هوش مصنوعی و ونتیلاتور ۳۹

مقدمه ۳۹

درس اول: تهویه تطبیقی هوشمند ۴۲

تهویه تطبیقی هوشمند چگونه عمل می‌کند؟ ۴۲

مزایای بالینی تهویه تطبیقی هوشمند ۴۴

چالش بزرگ: اعتماد پرستار به «جعبه سیاه» الگوریتم ۴۵

نقش پرستار: از تنظیم‌کننده ونتیلاتور تا ناظر هوشمند سامانه‌های خودکار ۴۶

سناریوی بالینی: چه زمانی نباید صرفاً به الگوریتم اعتماد کرد؟ ۴۸

درس دوم: تشخیص ناهماهنگی بیمار- ونتیلاتور ۴۹

چهار نوع اصلی ناهماهنگی بیمار- ونتیلاتور که هر پرستار باید بشناسد ۵۰

چرا چشم انسان برای تشخیص ناهماهنگی کافی نیست؟ ۵۳

شبکه‌های عصبی عمیق چگونه ناهماهنگی بیمار- ونتیلاتور را تشخیص می‌دهند؟ ۵۴

کاربرد عملی: داشبورد هوشمند پایش ناهماهنگی بیمار- ونتیلاتور ۵۵

محدودیت مهم: الگوریتم ناهماهنگی را تشخیص می‌دهد، اما علت آن را تعیین نمی‌کند ۵۶

نقش تحول‌آفرین پرستار در عصر تشخیص خودکار ناهماهنگی ۵۷

درس سوم : هشدارهای اکستوباسیون نا ایمن ۵۹

محدودیت معیارهای سنتی: چرا آزمون تنفس خودبه‌خودی به‌تنهایی کافی نیست؟ ۶۰

- داده‌هایی که الگوریتم می‌بیند، اما ما به‌سادگی نمی‌بینیم ۶۱
- شبکه‌های عصبی چگونه صدها متغیر را برای پیش‌بینی شکست اکستوباسیون ترکیب می‌کنند؟ ۶۲
- سامانه هشدار سه‌سطحی: الگوریتم چگونه نتایج خود را به پرستار گزارش می‌کند؟ ۶۳
- سناریوی بالینی: زمانی که هشدار الگوریتم می‌تواند از شکست اکستوباسیون پیشگیری کند ۶۶
- محدودیت‌ها و آینده: چرا الگوریتم نمی‌تواند تصمیم نهایی را بگیرد؟ ۶۷

فصل ۴: پیشگیری از عوارض ICU ۶۹

- مقدمه ۶۹
- درس اول: پیش‌بینی زخم فشاری ۷۲
- شبکه عصبی عمیق برای ادغام داده‌ها ۷۳
- کاربرد عملی برای پرستار: یکپارچه کردن الگوریتم در کار روزانه ۷۴
- محدودیت و آینده: لمس پرستار جایگزین‌پذیر نیست ۷۴
- جمع بندی بخش اول: ۷۵
- درس دوم: هشدار زودهنگام دلیریوم ۷۶
- دلیریوم: دو چهره یک بیماری ۷۶
- چه داده‌هایی دلیریوم را پیش از وقوع آشکار می‌کنند؟ ۷۶
- الگوریتم: چگونه صدها متغیر به یک هشدار تبدیل می‌شوند؟ ۷۷
- کاربرد عملی: پروتکل چهار مرحله‌ای برای مواجهه با هشدار دلیریوم ۷۷
- محدودیت: الگوریتم جایگزین انسان نیست ۷۸
- جمع بندی تحلیلی درس دوم ۷۸
- درس سوم: خطاهای دارویی با اینفیوژن پمپ ۷۹
- هوش مصنوعی چگونه خطاهای برنامه‌ریزی را تشخیص می‌دهد؟ ۸۰
- جمع بندی تحلیلی درس سوم ۸۲
- جمع‌بندی ۸۲

فصل ۵: اخلاق و آینده پرستاری AI ۸۳

مقدمه ۸۳

درس اول: اعتماد یا عدم اعتماد به الگوریتم؟ ۸۴

اعتماد بر اساس شفافیت: الگوریتم شفاف در مقابل جعبه سیاه ۸۴

چه زمانی به الگوریتم اعتماد کنیم؟ پنج شرط لازم ۸۵

چه زمانی به الگوریتم اعتماد نکنیم؟ هشدارهای قرمز ۸۵

سناریوی چالش برانگیز: وقتی الگوریتم و پرستار در تضاد هستند ۸۶

مفهوم «مسئولیت الگوریتمی»: چه کسی مقصر است وقتی الگوریتم اشتباه می کند؟ ۸۷

آموزش اعتماد: ایجاد فرهنگ ارزیابی انتقادی در بخش ۸۷

درس دوم: حریم خصوصی و سوگیری الگوریتمی ۸۸

حریم خصوصی در عصر داده های بزرگ ICU ۸۸

نقش پرستار به عنوان مدافع حریم خصوصی ۸۹

سوگیری الگوریتمی: وقتی هوش مصنوعی ناعادلانه می شود ۸۹

پرستار به عنوان آشکارساز سوگیری ۹۰

شفافیت و پاسخ گویی الگوریتمی ۹۱

مثال عملی: سوگیری در الگوریتم پیش بینی زخم فشاری ۹۱

آینده: هوش مصنوعی عادلانه، ساخته شده با مشارکت پرستاران ۹۲

درس سوم: جایگاه پرستار در عصر کوپایلوت های هوشمند ۹۳

چرا هوش مصنوعی جایگزین پرستار نمی شود؟ ۹۳

کوپایلوت پرستاری؛ چه وظایفی را بر عهده می گیرد و چه وظایفی همچنان بر عهده پرستار باقی

می ماند؟ ۹۴

تحول نقش: از انجام دهنده به طراح و مدیر مراقبت ۹۶

مقاومت در برابر هوش مصنوعی؛ مانعی یا فرصتی برای رشد؟ ۹۸

چگونه هوش مصنوعی می تواند رضایت شغلی را افزایش دهد؟ ۹۹

شرط موفقیت؟ ۱۰۰

- سه شرط موفقیت استقرار کوپایلوتهای هوشمند: ۱۰۰
- آینده نزدیک؛ کوپایلوتهای در عمل بالینی سناریوی بالینی: ۱۰۰
- آنچه همچنان منحصر به پرستار باقی می ماند: ۱۰۲
- سخن پایانی ۱۰۳
- منابع: ۱۰۵

پیشگفتار

هر پرستار مراقبت‌های ویژه، داستان‌های ناگفته‌ای از شب‌های پرتنش، آلام‌های پیاپی مانیتورها، و تصمیم‌گیری‌های ثانیه‌ای را در خاطر دارد. لحظاتی که یک تغییر ناگهانی در فشار خون یا یک بی‌نظمی زودگذر در ریتم قلب، می‌توانست مرز بین حیات و مرگ بیمار باشد. در این میان، حجم عظیم داده‌های حیاتی از منحنی فشار شریانی تا امواج کاپنوگرافی^۱ گاه چنان سنگین می‌شود که حتی ماهرترین پرستاران مراقبت‌های ویژه نیز احساس غرق‌شدن در این حجم اطلاعات را می‌کنند. اینجا دقیقاً همان نقطه‌ای است که هوش مصنوعی وارد می‌شود؛ نه به عنوان یک جایگزین، بلکه به عنوان مغز یاری‌دهنده‌ای که از میان انبوهی از اعداد و نمودارها، الگوهایی را کشف می‌کند که چشم انسان ممکن است از دیدن آنها ناتوان باشد.

کتاب پیش رو، از بالین تا الگوریتم‌ها، پلی است میان دانش کلاسیک پرستاری مراقبت‌های ویژه و انقلاب الگوریتمی که در حال شکل‌دادن به آینده‌ای سی‌یوهاست. هدف ما تبدیل پرستاران به کاربران آگاه و منتقد هوش مصنوعی است؛ نه مصرف‌کنندگان منفعل خروجی‌های جعبه‌سیاه. در هر فصل، ابتدا یک مسأله واقعی بالینی مطرح می‌شود، سپس نشان می‌دهیم که الگوریتم‌ها چگونه می‌توانند به حل آن کمک کنند، و در نهایت مرزهای اعتماد و محدودیت‌های فناوری را با هم بررسی می‌کنیم.

این کتاب برای پرستارانی نوشته شده که نمی‌خواهند از قطار تحول دیجیتال عقب بمانند، اما به‌درستی می‌دانند که هیچ الگوریتمی نمی‌تواند جای لمس دست پرستار، همدلی چشمان او، و قضاوت بالینی‌ای را بگیرد که سال‌ها تجربه در کنار تخت بیمار آن را ساخته است. همراه ما باشید تا از داده به تشخیص، و از بالین تا الگوریتم‌ها را گام به گام طی کنیم.

با احترام و سپاس از جناب آقای امیرمحمد چکنی -مولف، مدرس و پژوهشگر هوش مصنوعی در پرستاری- که با نظرات ارزشمند خود در غنای این کتاب کوشیدند.

^۱capnography

فصل ۱:

از داده تا تشخیص در بالین

مقدمه

در بخش مراقبت‌های ویژه، هر تخت بیمار به طور میانگین روزانه بیش از ۱۰۰۰ داده حیاتی تولید می‌کند. فشار خون شریانی، تعداد ضربان قلب، اشباع اکسیژن خون، دمای مرکزی بدن، فشار ورید مرکزی، فشار داخل جمجمه، برون ده ادرار ساعتی، و ده‌ها پارامتر دیگر، پیوسته در حال ثبت شدن هستند. این داده‌ها در کنار هم، تصویری پویا از وضعیت بالینی بیمار ترسیم می‌کنند. اما همین داده‌ها، اگر به درستی پردازش نشوند، می‌توانند به منبع سردرگمی و فرسودگی شغلی برای پرستاران تبدیل شوند. چالش اصلی در بخش مراقبت‌های ویژه مدرن، کمبود داده نیست؛ طوفان داده است. پرستار مراقبت‌های ویژه در هر شیفت کاری، نه تنها باید داده‌ها را ثبت کند، بلکه باید آنها را تفسیر، اولویت‌بندی و بر اساس آنها تصمیم‌گیری بالینی فوری انجام دهد. این در حالی است که بسیاری از داده‌ها با مشکلات کیفی مانند نویز، آرتیفکت^۱ و فراموش شده (داده‌های مفقود یا گم‌شده) همراه هستند. یک سیگنال فشار خون که به دلیل حرکت بیمار مخدوش شده، یا یک عدد اشباع اکسیژن که به دلیل جابجایی پروب کاهش یافته، می‌تواند تصمیم اشتباهی را تحمیل کند. در چنین شرایطی است که هوش مصنوعی نقش خود را ایفا می‌کند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادرند الگوهای پنهان را در میان داده‌های آشفته شناسایی کنند، مقادیر از دست رفته را بازسازی نمایند و هشدارهای اشتباه را تشخیص دهند. با این حال، برای یک پرستار درک نحوه عملکرد این الگوریتم‌ها، آگاهی از محدودیت‌های آنها و تشخیص زمان اعتماد به آنها کاملاً ضروری است. در این فصل، ابتدا ماهیت داده‌های حیاتی را توضیح می‌دهیم، سپس موانع موجود در ثبت و پردازش این داده‌ها را واکاوی می‌کنیم و در پایان نشان خواهیم داد که چگونه هوش مصنوعی مسیر تبدیل داده به یک تشخیص معتبر را هموار می‌سازد. هدف نهایی این فصل، تحول جایگاه پرستار از یک فرد صرفاً ثبت‌کننده اطلاعات به یک تحلیلگر بالینی فعال در عصر الگوریتم‌ها است.

^۱Noise

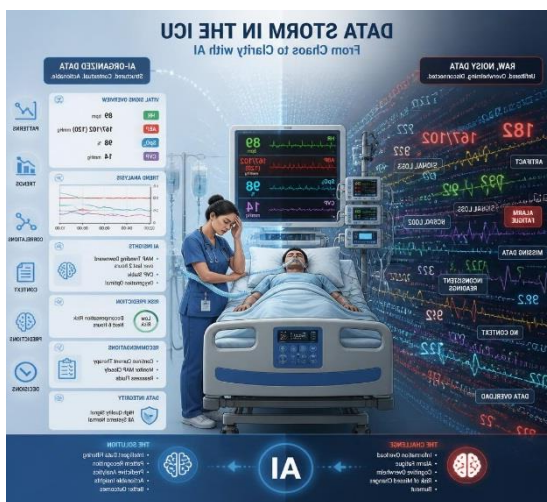
^۲Artifact

درس اول:

سیگنال‌های حیاتی و چالش‌های ثبت

هر بیمار بستری در بخش مراقبت‌های ویژه، به طور متوسط به پنج تا هفت مانیتورینگ تهاجمی یا غیرتهاجمی متصل است. این مانیتورها در هر ثانیه، چندین نمونه از سیگنال‌های حیاتی را برداشت کرده و به اعداد و منحنی‌هایی تبدیل می‌کنند که پرستار در بالای تخت بیمار مشاهده می‌کند. اما واقعیت بالینی این است که بیش از ۳۰ درصد این داده‌ها در طول شبانه‌روز غیرقابل استفاده هستند؛ نه به دلیل مشکل بیمار، بلکه به دلیل چالش‌های ذاتی ثبت سیگنال‌ها. در این درس، رایج‌ترین سیگنال‌های حیاتی در ICU^۱ را مرور کرده و موانع ثبت صحیح آنها را از دیدگاه پرستاری تحلیل می‌کنیم.

الکتروکاردیوگرام^۲ سطحی پایدارترین سیگنال حیاتی در ICU است، اما هر پرستار آی‌سی‌یو می‌داند که جابجایی الکترودها به دلیل تعریق، تعویض پانسمان یا حرکت بیمار، منجر به تغییر محور قلبی و بروز تغییرات مصنوعی در قطعه ST می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که در ۱۸ درصد موارد، تغییرات ST که



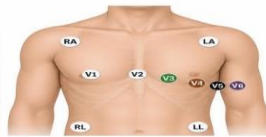
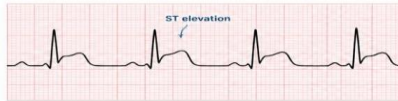
منجر به اقدام درمانی توسط تیم درمان را می‌کرده (می‌شده)، صرفاً ناشی از جابجایی الکتروده بوده است. پروتکل استاندارد پرستاری ایجاب می‌کند که هر ۸ ساعت، محل الکترودها بازبینی و در صورت لزوم جابجا شود، اما در عمل به دلیل بار کاری بالا، فاصله بازبینی گاه به بیش از ۱۲ ساعت می‌رسد. هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل الگوی زمانی سیگنال، تغییرات ناگهانی در محور الکتریکی را که بیش از ۱۵ درجه در

^۱Intensive care units
^۲ECG

کمتر از ۵ ثانیه رخ داده باشد، به عنوان جابجایی الکتروود علامت‌گذاری کند و از هشدارهای اشتباه ایسکمی (گرفتگی عروق) جلوگیری نماید.

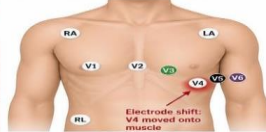
TRUE ISCHEMIC ST ELEVATION

ST elevation caused by myocardial ischemia



FALSE ST ELEVATION DUE TO ELECTRODE SHIFT

ST elevation-like changes caused by chest electrode displacement onto muscle



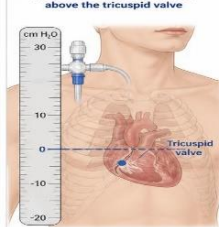
18% of ST changes are false due to electrode shift



ECG ELECTRODE
Self-adhesive electrode detects electrical activity of the heart

1 ZEROING ERROR (Incorrect Reference Level)

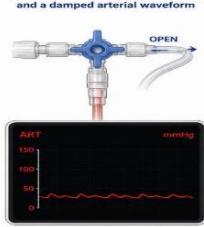
Arterial line transducer zeroed above the tricuspid valve



Zero reference level is not at the level of the tricuspid valve
→ **FALSELY ELEVATED READINGS**

2 STOPCOCK OPEN (Damped Arterial Waveform)

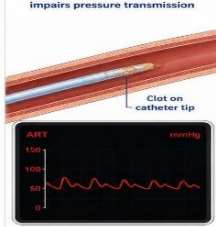
Open stopcock creates low pressure and a damped arterial waveform



Open stopcock prevents transmission of arterial pressure
→ **DAMPED, LOW AMPLITUDE WAVEFORM**

3 CATHETER TIP CLOT (Dampened Signal)

Small clot on the catheter tip impairs pressure transmission



Clot at the catheter tip dampens pressure signal
→ **DAMPED WAVEFORM**



AI ALGORITHM

<0.5 sec DETECTION

در بیماران بدحال، پایش تهاجمی فشار خون شریانی^۱ به عنوان معتبرترین روش ارزیابی همودینامیک شناخته می‌شود. در این روش، کاتتری که درون شریان قرار می‌گیرد، سیگنال فشار را به مبدل منتقل کرده و نمودار فشار شریانی را ترسیم می‌کند. با این حال، پرستاران با سه چالش اساسی مواجه هستند: نخست، تنظیم سطح صفر^۲ که باید دقیقاً هم‌تراز با دریچه سه‌لته باشد، زیرا هر یک سانتی‌متر خطا در این تراز، موجب ۰/۷ میلی‌متر جیوه

اختلال در اندازه‌گیری می‌شود. دوم، باز کردن شیر^۳ که اگر بیش از حد باز شود باعث می‌شود منحنی مخدوش شود و افت فشار دیاستولیک را به دنبال دارد. سوم، تضعیف سیگنال ناشی از لخته‌های ریزمقیاس در نوک کاتتر که دامنه منحنی را کاهش داده و پدیده‌های پرنوسانی^۴ و تخت شدگی^۵ کم دقتی را ایجاد می‌کند. پرستاران با تجربه از روی شکل منحنی مشکل را تشخیص می‌دهند، اما

^۱IBP (invasive blood pressure)

^۲leveling

^۳Valve

^۴underdamping

^۵overdamping

الگوریتم‌های بینایی ماشین قادرند در کمتر از نیم ثانیه نوع اختلال را شناسایی کرده و اقدام اصلاحی مناسب را ارائه دهند.

پالس اکسیمتری اگرچه ساده‌ترین روش پایش اکسیژناسیون است، اما در ICU با چالش‌های منحصربه‌فردی مواجه است. کاهش پرفیوژن محیطی ناشی از شوک، مصرف وازوپرسورها، یا دمای پایین محیط، سیگنال Spo2 را غیرقابل اعتماد می‌کند. قانون بالینی می‌گوید که اگر سیگنال پلتیسموگراف^۱ پالس اکسیمتر، نوسانات واضح و منظم نداشته باشد، عدد نمایش داده شده ارزش تشخیصی ندارد. متأسفانه پرستاران در شرایط اضطرار، گاه بدون بررسی کیفیت سیگنال، به عدد Spo2 اعتماد می‌کنند. الگوریتم‌های هوشمند می‌توانند نسبت سیگنال به نویز را در زمان واقعی محاسبه کرده و زمانی که کیفیت سیگنال کمتر از آستانه قابل قبول است، هشدار «اعتبارسنجی نشده» یا به معنای دیگر عددی که می‌بینی قابل اعتماد نیست را نمایش دهند.

دمای مرکزی بدن در ICU معمولاً از طریق پروب مثانه، مری یا کاتتر شریان ریوی اندازه‌گیری می‌شود. شایع‌ترین خطای پرستاری در این حوزه، ثبت دمای دهانی یا گواشی (گوشی) در بیماران دارای تهویه مکانیکی یا تحت درمان با داروهای وازواکتیو است که اختلاف بیش از ۱/۵ درجه با دمای مرکزی واقعی ایجاد می‌کند. همچنین، شستشوی مثانه با مایع سرد در حین تعویض کاتتر، می‌تواند دمای ثبت شده را تا ۲ درجه به طور کاذب کاهش دهد. استاندارد پرستاری توصیه می‌کند که حداقل ۱۰ دقیقه پس از هر دستکاری داخل مثانه، از ثبت دما خودداری شود.

فشار ورید مرکزی^۲ متأسفانه علی‌رغم استفاده گسترده، یکی از بدترین سیگنال‌ها از نظر اعتبار است. انتهای کاتتر در دهلیز راست باید آزادانه شناور باشد، اما در عمل اغلب به دیواره عروق چسبیده یا در زاویه نامناسب قرار می‌گیرد. همچنین، تهویه با فشار مثبت انتهای بازدمی (PEEP) بیش از ۱۰ سانتی‌متر آب، فشار داخل قفسه سینه را افزایش داده و خوانش CVP را به طور مصنوعی بالا می‌برد. پرستار باید

^۱Plethysmograph

^۲Invalid Measurement

^۳Central Body Temperature

^۴CVP(Central venous pressure)

پیش از ثبت CVP، بیمار را از ونتیلاتور جدا کرده یا مقدار PEEP را در محاسبات لحاظ کند؛ اقدامی که در عمل به ندرت انجام می‌شود.

در پایان این درس، پیام کلیدی برای پرستار این است: هیچ سیگنال حیاتی بدون بازبینی کیفیت آن، قابل اعتماد نیست. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند کمک کنند، اما جایگزین معاینه بالینی و دانش پرستار از محل، نحوه و محدودیت‌های هر مانیتورینگ نمی‌شوند. در درس بعد، با نویزها و آرتیفکت‌ها و روش‌های مقابله با داده‌های گمشده آشنا خواهیم شد.