



# Wearables v kardiologické diagnostice

Klinická validita a praxe: Od sledování aktivity k diagnostickým přístrojům.

**Petra Vysočanová**

Interní kardiologická klinika, FN Brno, LFMU

THU, JAN 1 25%

# WHOOP

**30%**  
SLEEP >

**1%**  
RECOVERY >

**7.9**  
STRAIN >

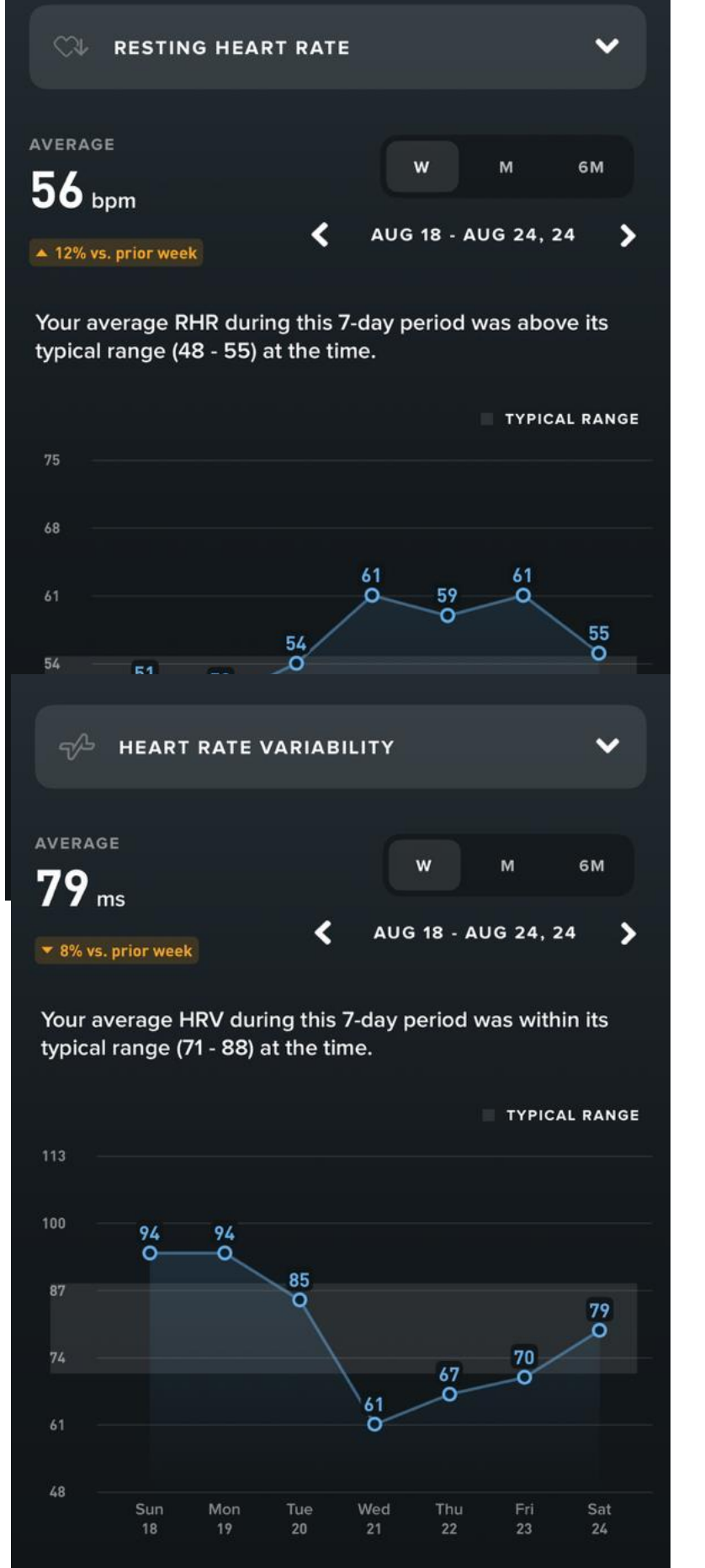
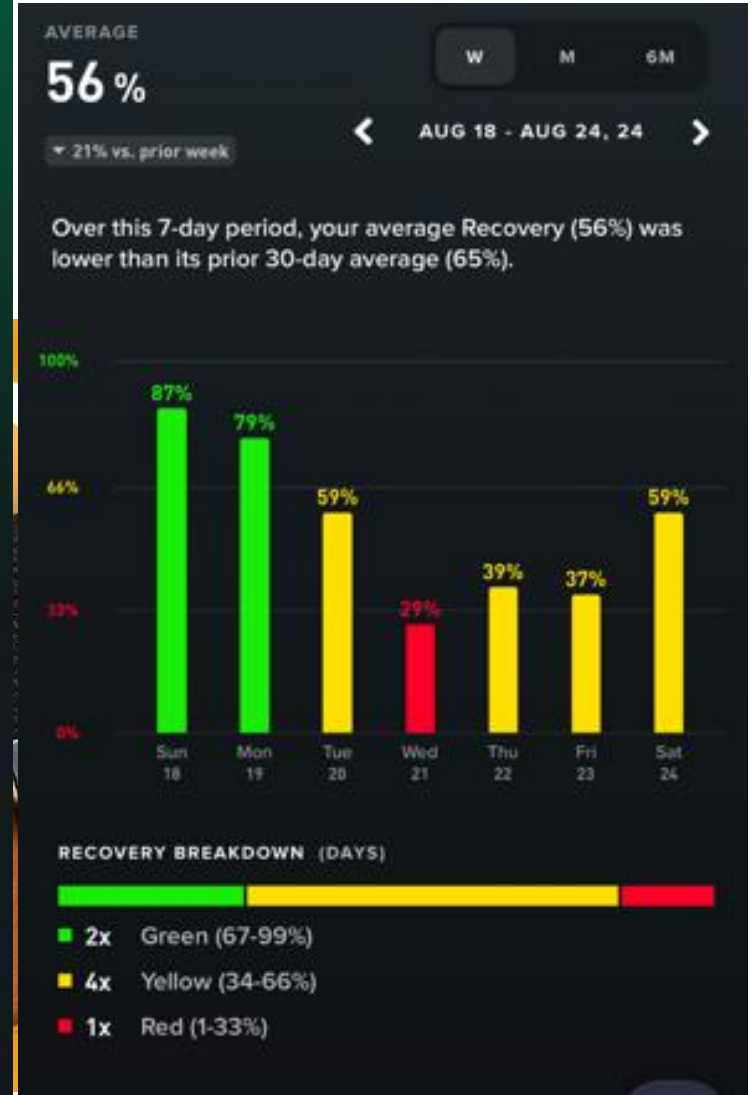
## My Day

ACTIVITIES













4:44 SLEEP 3:22 - 8:30

+ ADD ACTIVITY

RESTORATIVE SLEEP



# Měření krevního tlaku: Kde tradiční metody selhávají

	Kancelářský TK (Office BP)	Domácí TK (Home BP)	24h ABPM
Environmentální stres	 Riziko syndromu bílého pláště / maskované hypertenze		
Kontinuita (den/noc)			
Diagnostická dostupnost			
Dlouhodobá adherence			 Rušení spánku, diskomfort pacienta

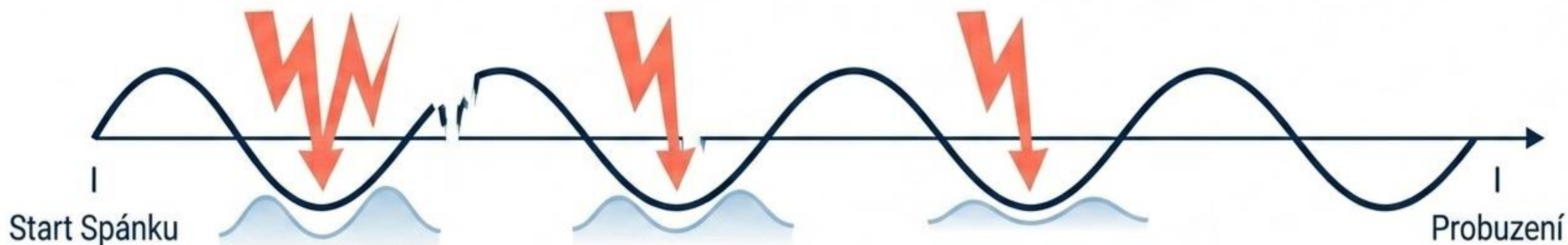
**Cíl inovací: Získat přesnost ABPM bez snížení pacientovy adherence.**

# Noční fenotyp: Odstranění diskomfortu ABPM

Noční krevní tlak je silnějším prediktorem mortality než denní, domácí nebo ordinační hodnoty [18].



**Tradiční 24h ABPM:** Nafukování pažní manžety narušuje architekturu spánku, což může arteficiálně zvyšovat noční TK.



**Smartwatch-Cuff:** Zápěstní měření generuje signifikantně menší vyrušení. Během spánku zůstává zápěstí přirozeně blízko úrovně srdce, čímž se minimalizuje vliv hydrostatického tlaku.

# NOSITELNÁ ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ KREVNÍHO TLAKU: OD TECHNOLOGIÍ KE KLINICKÉ PRAXI (2026)

## TECHNOLOGICKÉ VRSTVY MĚŘENÍ

### FOTOPLETYSMOGRAFIE (PPG)

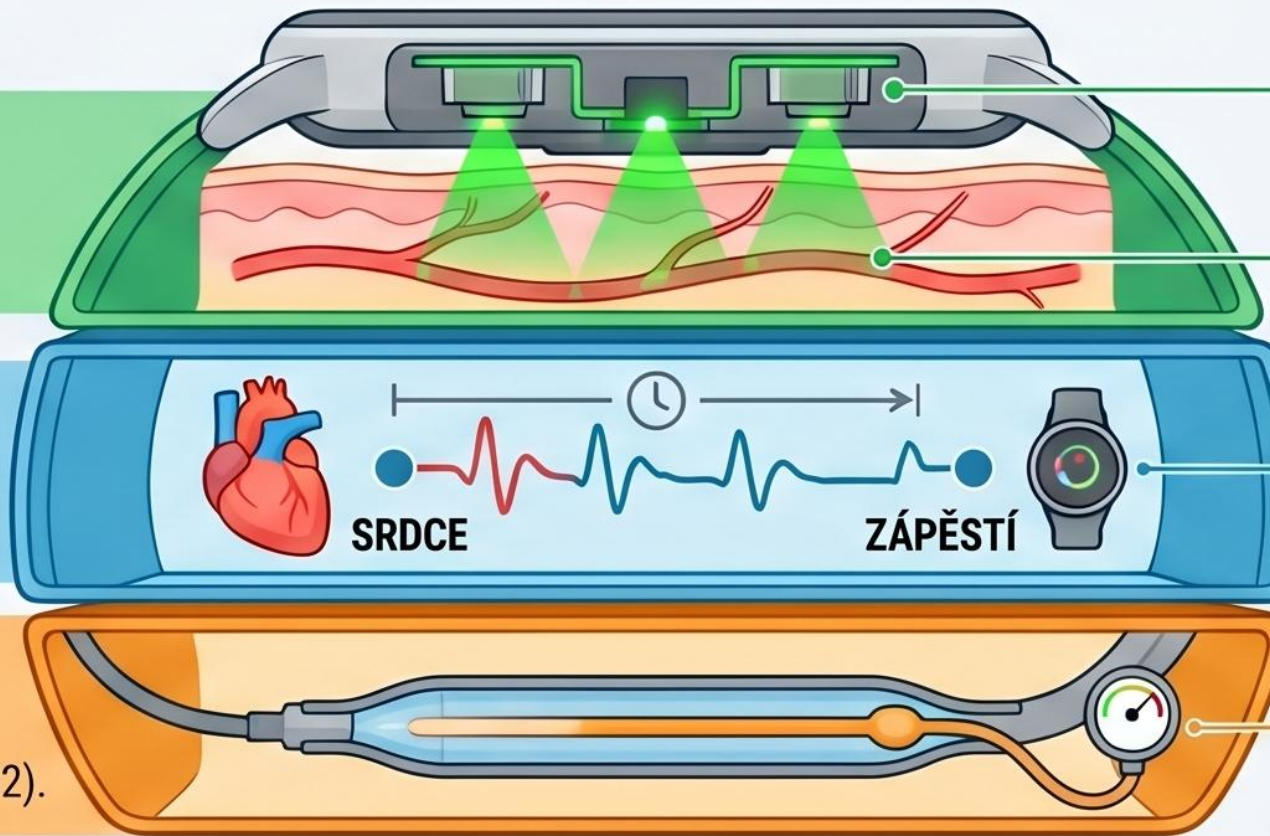
Optické senzory snímají změny objemu krve v mikrovaskulatuře kůže pomocí zeleného světla.

### ČAS ŠÍŘENÍ PULSNÍ VLNY (PTT/PAT)

Výpočet TK na základě rychlosti, jakou pulsni vlna urazí vzdálenost mezi srdcem a zápěstím.

### MINIATURNÍ OSCILOMETRIE

Integrace tenké nafukovací manžety přímo do řemínku hodinek pro klasické měření (např. Watch D2).



## KLINICKÁ VALIDACE A LIMITY

### ZÁVISLOST NA KALIBRACI A "ZERO OUT" EFEKT



Většina zařízení vyžaduje pravidelnou kalibraci manžetou; hodnoty mají tendenci se vracet k průměru.

### MELANINOVÝ BIAS A POHYBOVÉ ARTEFAKTY



Pigmentace kůže a pohyb ruky mohou u optických senzorů významně snížit přesnost měření.

### STANOVISKO ESC 2024 A AHA 2025



Wearables nejsou doporučeny pro rutinní klinickou diagnózu, slouží primárně ke sledování trendů.

### SROVNÁNÍ VALIDAČNÍCH KRITÉRIÍ PRO NEINVAZIVNÍ SFYGMOMANOMETRY DLE ISO 81060-2.

Kritérium validace	Definice požadavku	Přípustná mez
Kritérium 1	Průměrná odchylka (MD) ± směrodatná odchylka (SD)	≤ ±5 ±8 mmHg
Párování měření	Počet srovnávacích dvojic (referenční vs. testované)	Minimálně 255 dvojic
Soubor subjektů	Minimální počet účastníků starších 12 let	85 osob

# Taxonomie nositelné elektroniky:

## Jakým způsobem krevní tlak měří?

Wearable  
Technologie



**Bezmanžetové systémy (Cuffless).**  
Analyzují zástupné fyziologické signály (PPG, PTT) a odhadují TK pomocí strojového učení.



**Smartwatch-Cuff (Miniaturizovaná oscilometrie).** Využívají reálnou vzduchovou manžetu v řemínku hodinek pro zachycení arteriálních pulzací.

# Algoritmus vs. Fyzika: Rozdíl v klinické spolehlivosti

## Bezmanžetové (Cuffless)



- **Příklady:** Apple Watch, Samsung Galaxy, chytré prsteny.
- **Mechanismus:** Fotopletysmografie (PPG), Pulse Transit Time (PTT).
- **Omezení:** Vyžaduje individuální kalibraci. Silně závislé na tréninkových datech ML modelů.

## Smartwatch-Cuff



- **Příklady:** Huawei Watch D2, Omron HeartGuide.
- **Mechanismus:** Zlatý standard (oscilometrie), miniaturizovaná manžeta.
- **Výhoda:** Poskytuje absolutní hodnoty nezávisle na počáteční kalibraci.

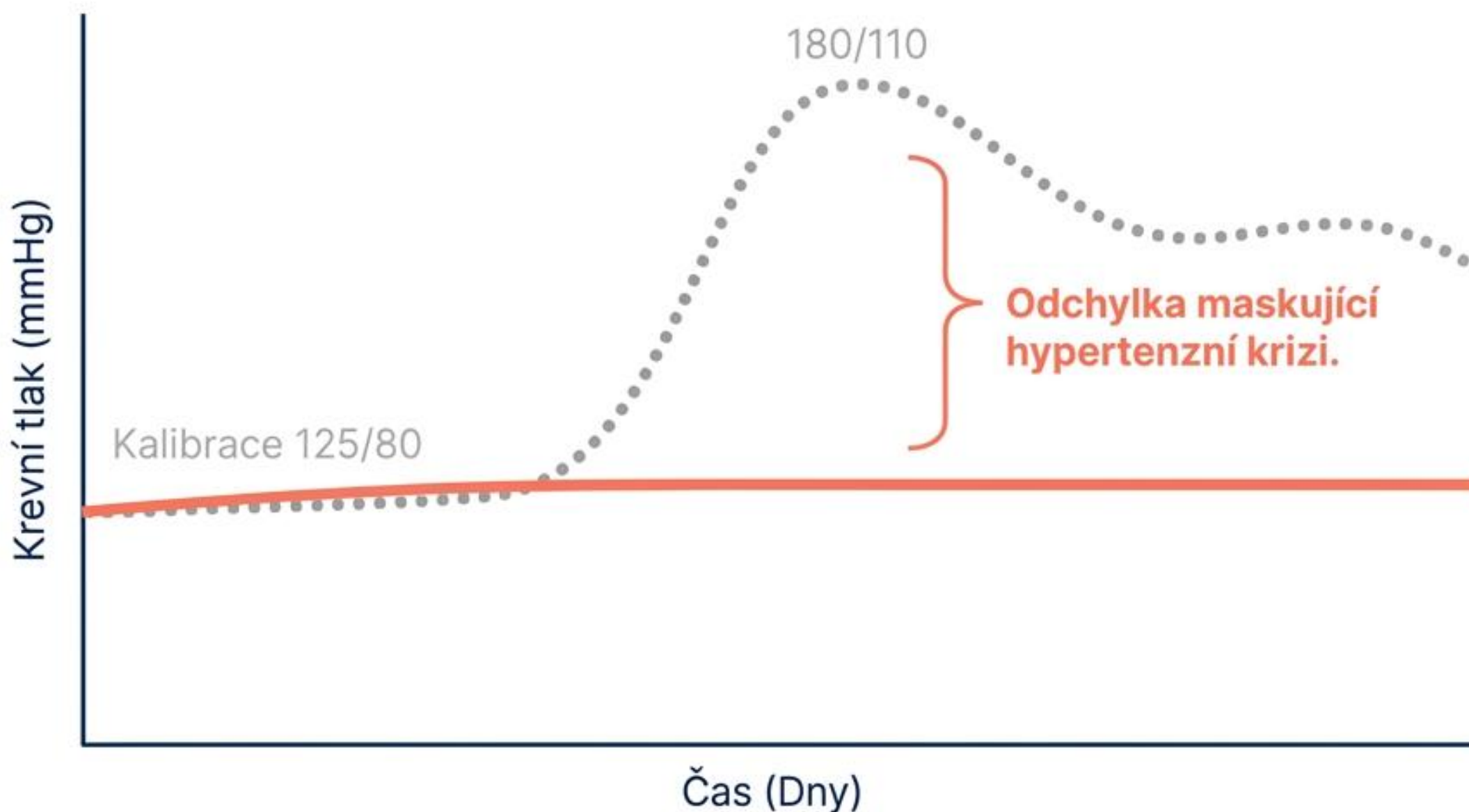
# Iluze nezávislosti: Kalibrační past

Většina bezmanžetových zařízení funguje pouze jako „kalibrované trendové monitory“



- Modely predikují TK na základě vstupních demografických dat a počátečního měření rtuťovým/oscilometrickým tonometrem.
- Samsung Galaxy Watch: Korelace ( $r=0,92$ ) rapidně klesá, pokud se aktuální tlak odchýlí od kalibračního o více než 10 mmHg [19].
- Protokol ISO 81060-2 (AAMI/ESH/ISO) je pro testování těchto zařízení nedostačující.

# Klinické riziko: Efekt "Návratu k průměru" (Zero Out)

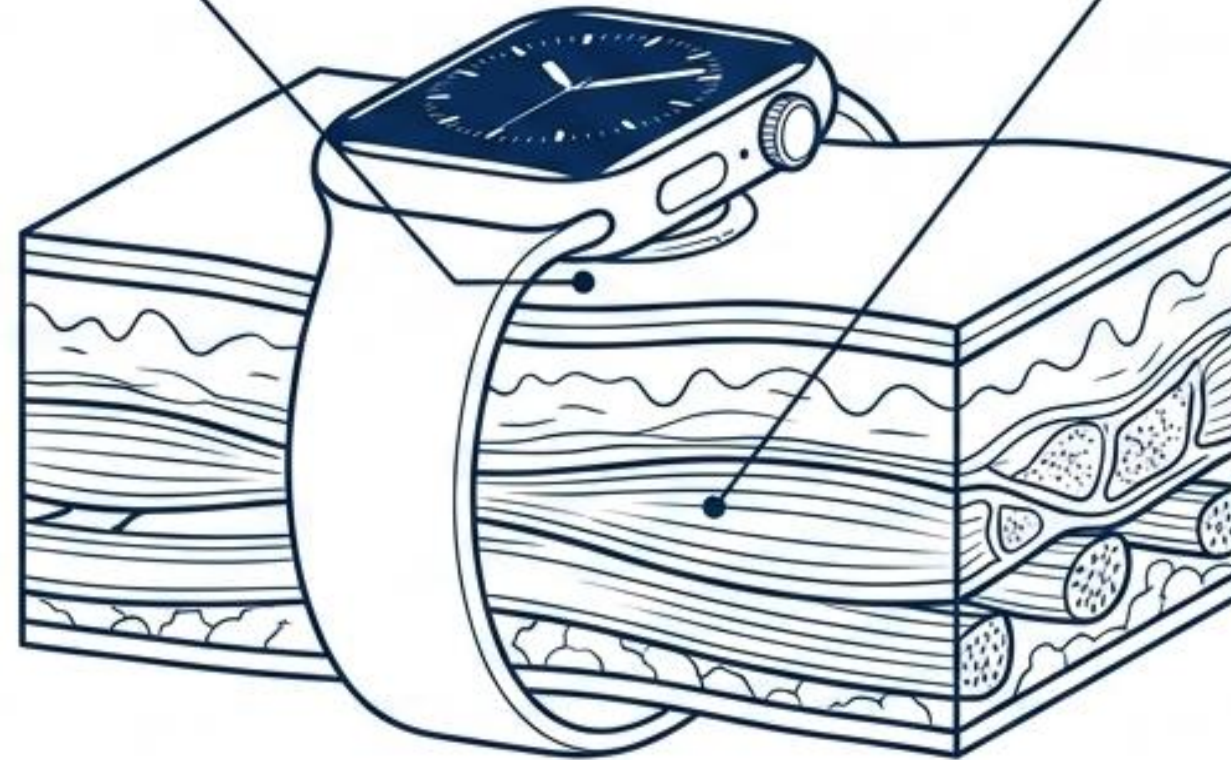


Strojové učení u bezmanžetových systémů má tendenci "ukotvit" predikce k původní kalibrační hodnotě. Extrémní fyziologické výkyvy jsou algoritmem často vyhlazeny jako "šum", což může vést k falešnému pocitu bezpečí [16].

# Fyziologický šum: Melanin a kinetika

## Pigmentace (Melanin bias)

Zelené světlo (525–550 nm) PPG senzorů je absorbováno melaninem. U pacientů s tmavší pletí (fototyp 4–6) dochází k významné ztrátě přesnosti [17].



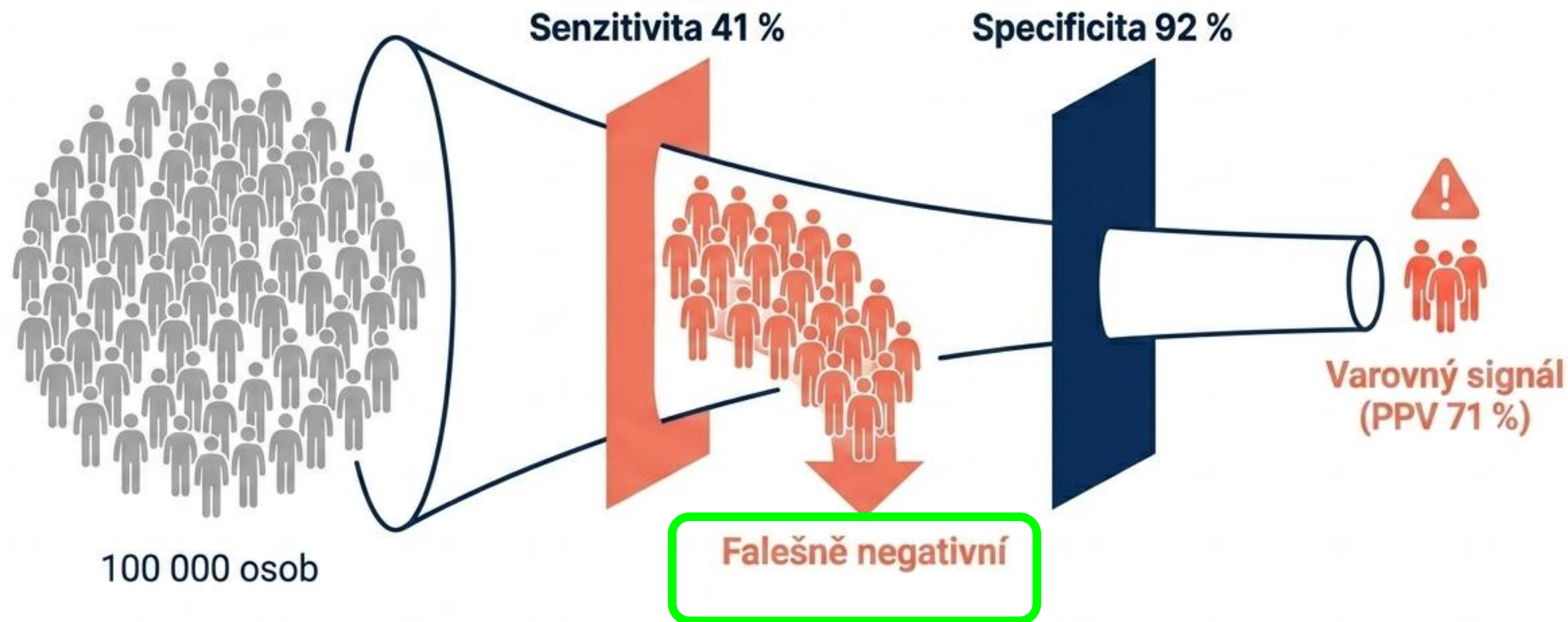
## Pohybové artefakty

Ztráta signálu při aktivitě. Většina zařízení vyžaduje absolutní klid (min. 30 vteřin) pro validní odečet, což neguje slibovanou výhodu "kontinuálního sledování" [12].

iPARR trial (iPhone App): U 965 osob mělo 29 % měření odchylku větší než 15 mmHg [5].

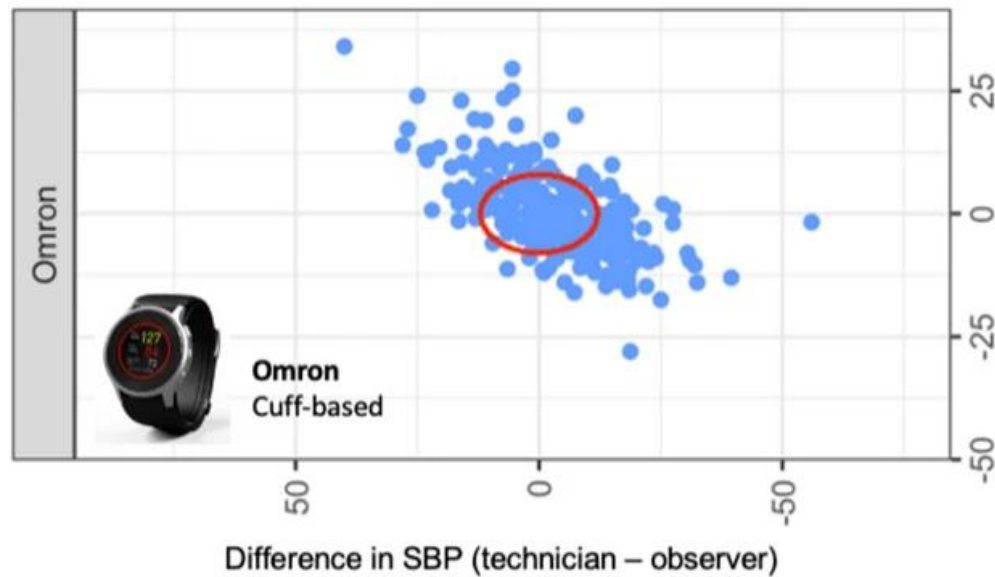
# Oportunní screening: Apple Hypertension Notification (HTNF)

Algoritmus analyzuje PPG data sbíraná po dobu 30 dnů. FDA-cleared, ale pouze pro neléčené dospělé [13].

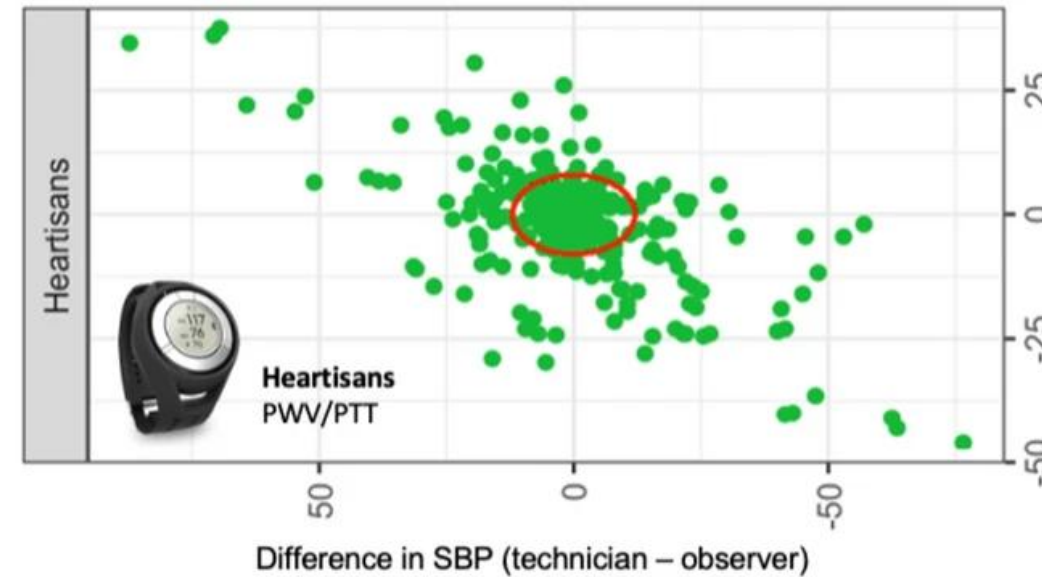


**Závěr:** Jde o varovný signál pro včasný záchyt, nikoliv diagnostický nástroj. Vyžaduje potvrzení manžetou.

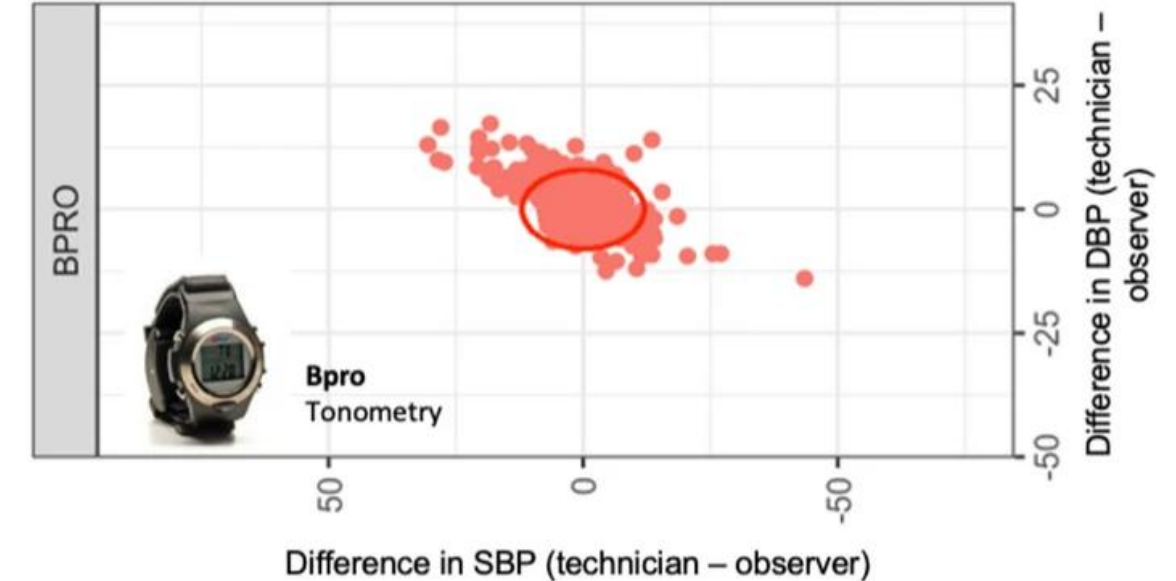
# Přesnost měření?!? .....Pohodlí?!?



**19,4%**



**29,3%**



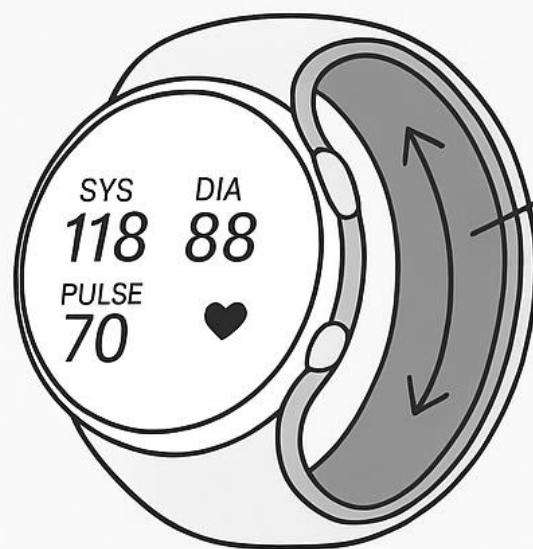
**41,2%**

# Smartwatch-Cuff: Cesta ke klinické validaci

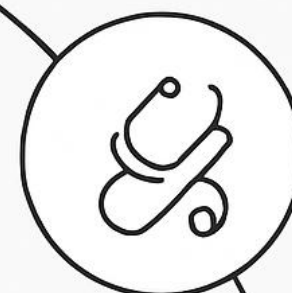
Miniaturizovaná oscilometrie (např. Huawei Watch D2, Omron HeartGuide) přináší přesnost do nositelného formátu.



**Chytré hodinky  
s nafukovací manžetou –  
oscilometrické měření  
krevního tlaku**



nafukovací manžeta



**Lepší než měření  
krevního tlaku v ordinaci**

- Více měření
- V běžném (přirozeném) prostředí



**Lepší než domácí  
měření krevního tlaku**

Měření krevního tlaku v práci,  
během spánku a při jiných  
prostředích/aktivitách



**Lepší než 24hodinové  
ambulantní monitorování  
krevního tlaku**

- Není omezeno na 24 hodin
- Pohodnější (ve dne i v noci)
- Skutečné hodnoty krevního tlaku při bdění i spánku

# Stanoviska odborných společností (2024–2025)

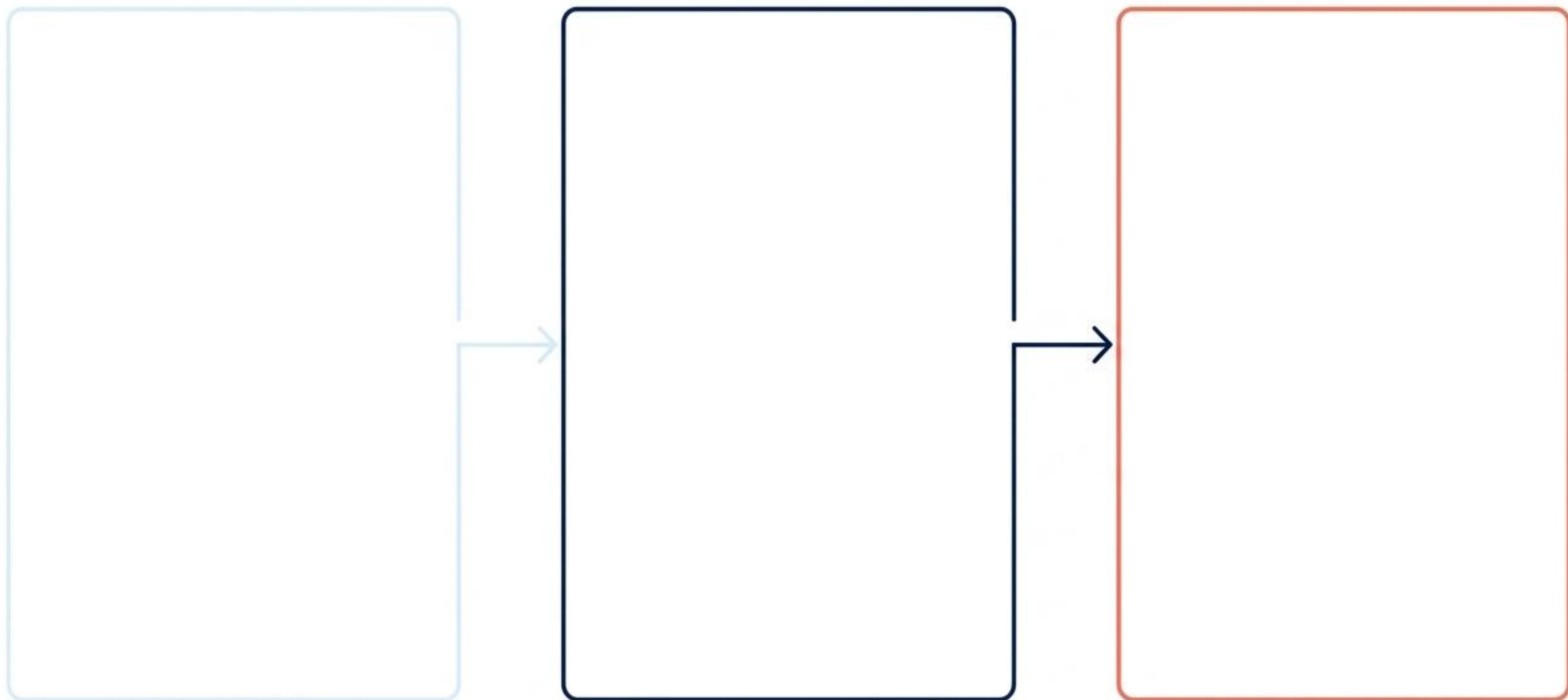
## ESC 2024

Použití  
bezmanžetových  
technologií není  
doporučeno pro  
rutinní klinické  
rozhodování  
z důvodu chybějící  
standardizace  
[13, 20].

## AHA 2025

Měření z wearables  
musí být pro  
diagnostické účely  
vždy potvrzeno  
klinicky  
validovaným  
manžetovým  
tonometrem  
[13, 21].

# Integrace do praxe: Cesta pacienta v roce 2026



# Wearables a srdeční rytmus:



# Fibrilace síní: Validita na úrovni zlatého standardu



Zdroj: Metaanalýza 26 studií (n = 17 349).

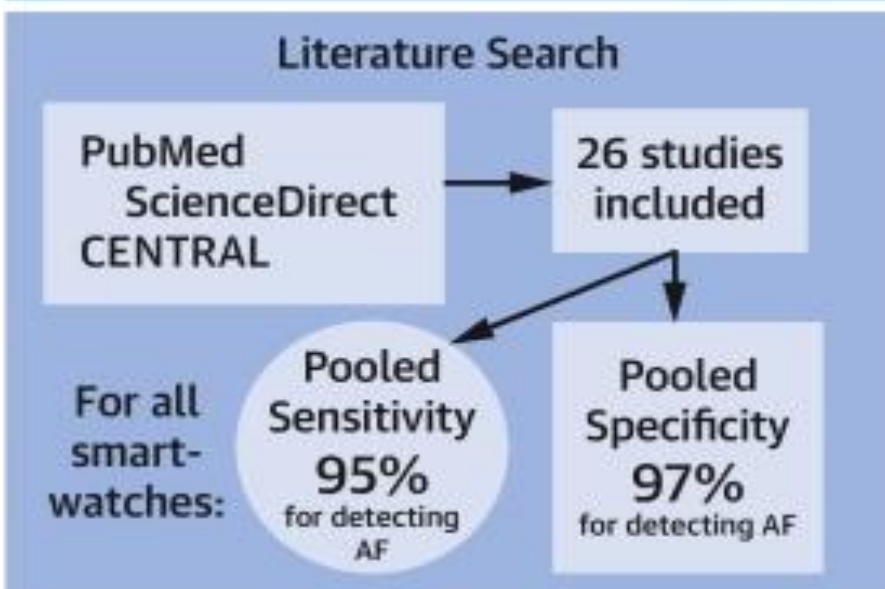
## Diagnostická přesnost (AUC)



Největší objem klinických důkazů

# CENTRAL ILLUSTRATION: Diagnostic Accuracy of Smartwatches for Atrial Fibrillation Detection Based on 26 Studies Including 17,349 Patients

## Diagnostic Accuracy of Smartwatches for Atrial Fibrillation: A Systematic Review and Meta-Analysis



Apple Watch



Samsung



Fitbit



Withings ScanWatch



Amazfit



Seiko Epson PWM

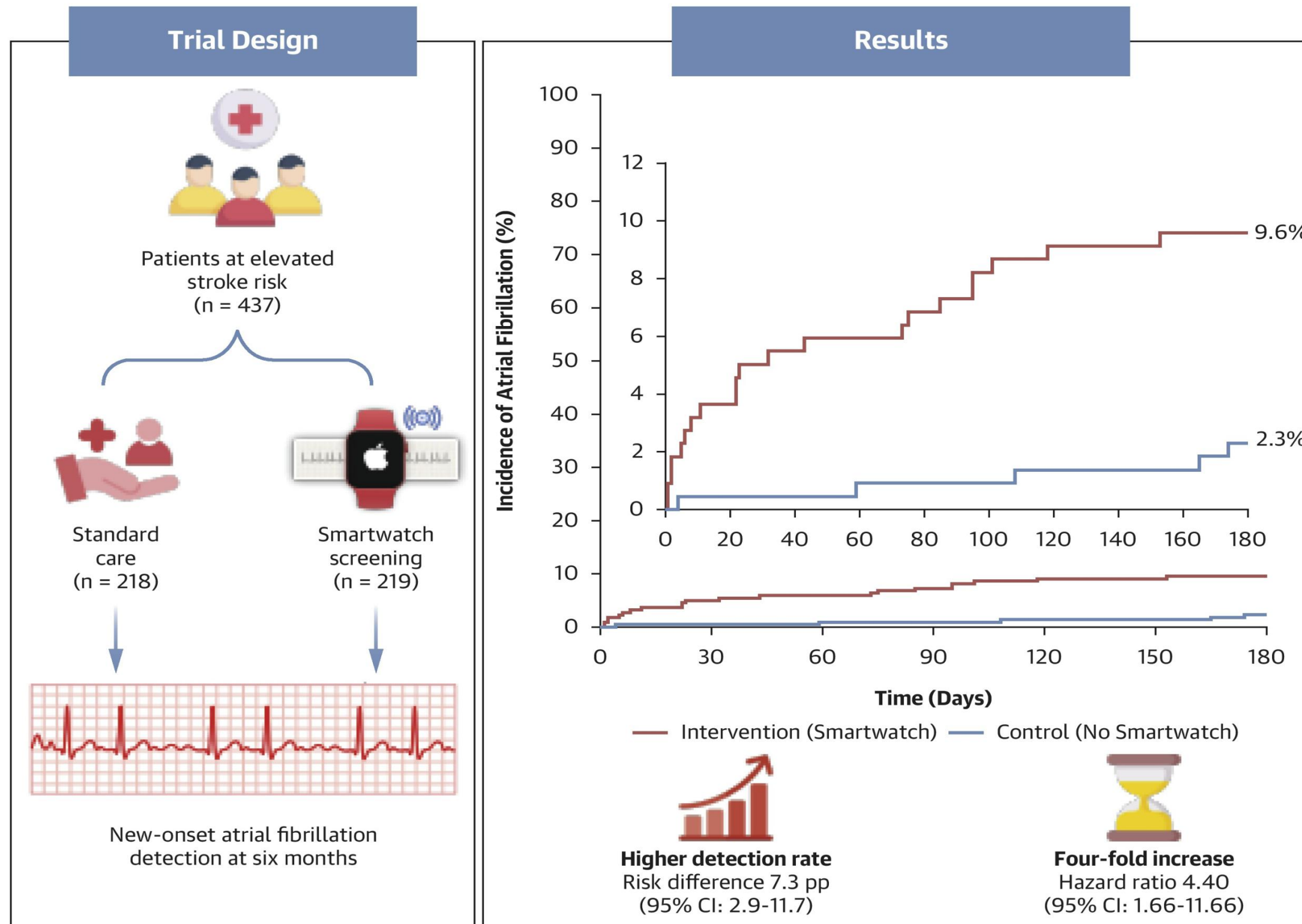


Garmin Forerunner

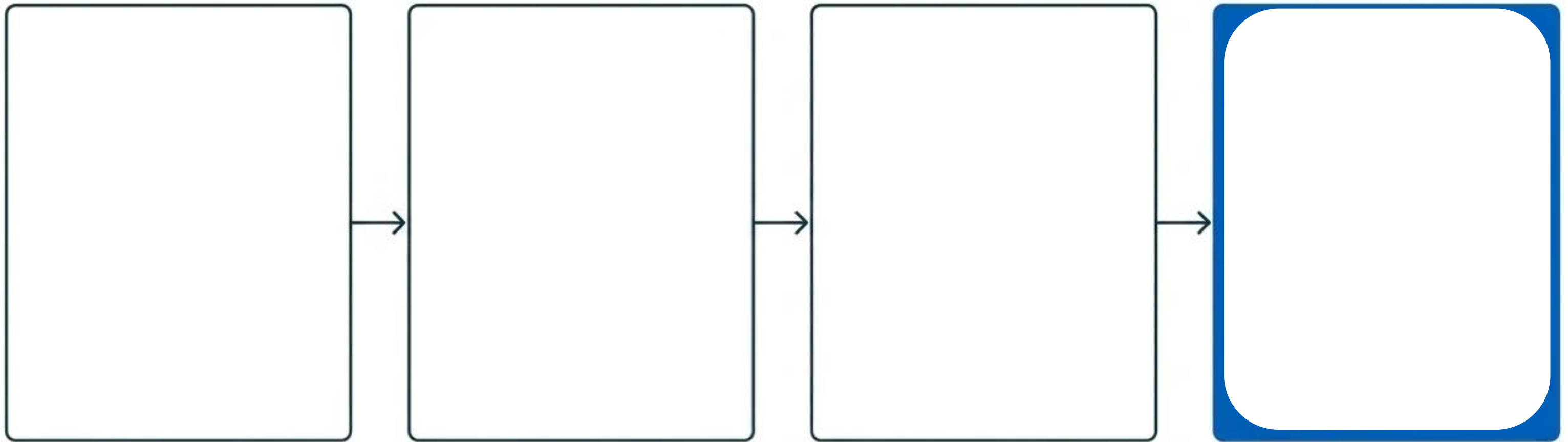
Sensitivity:	94%	97%	66%	89%	99%	98%	97%
Specificity:	97%	96%	79%	95%	99%	91%	98%

Smartwatches are accurate for AF detection, with variability by device and technology.

# CENTRAL ILLUSTRATION: A Randomized Controlled Trial Investigating Smartwatch-Based Screening for Atrial Fibrillation



# Diagnostická cesta: ACC/AHA/HRS 2023



# Limity PPG diagnostiky a riziko falešné úzkosti

KPI

**17–30 %**

**Výskyt neprůkazných (inconclusive) výsledků.**  
Může vyvolávat zbytečnou úzkost a paniku u pacientů.

Čistý signál

Ztráta signálu

Signal Quality Spectrum

**Pohybové artefakty**

Ztráta čistoty PPG vlny.

**Bradykardie**

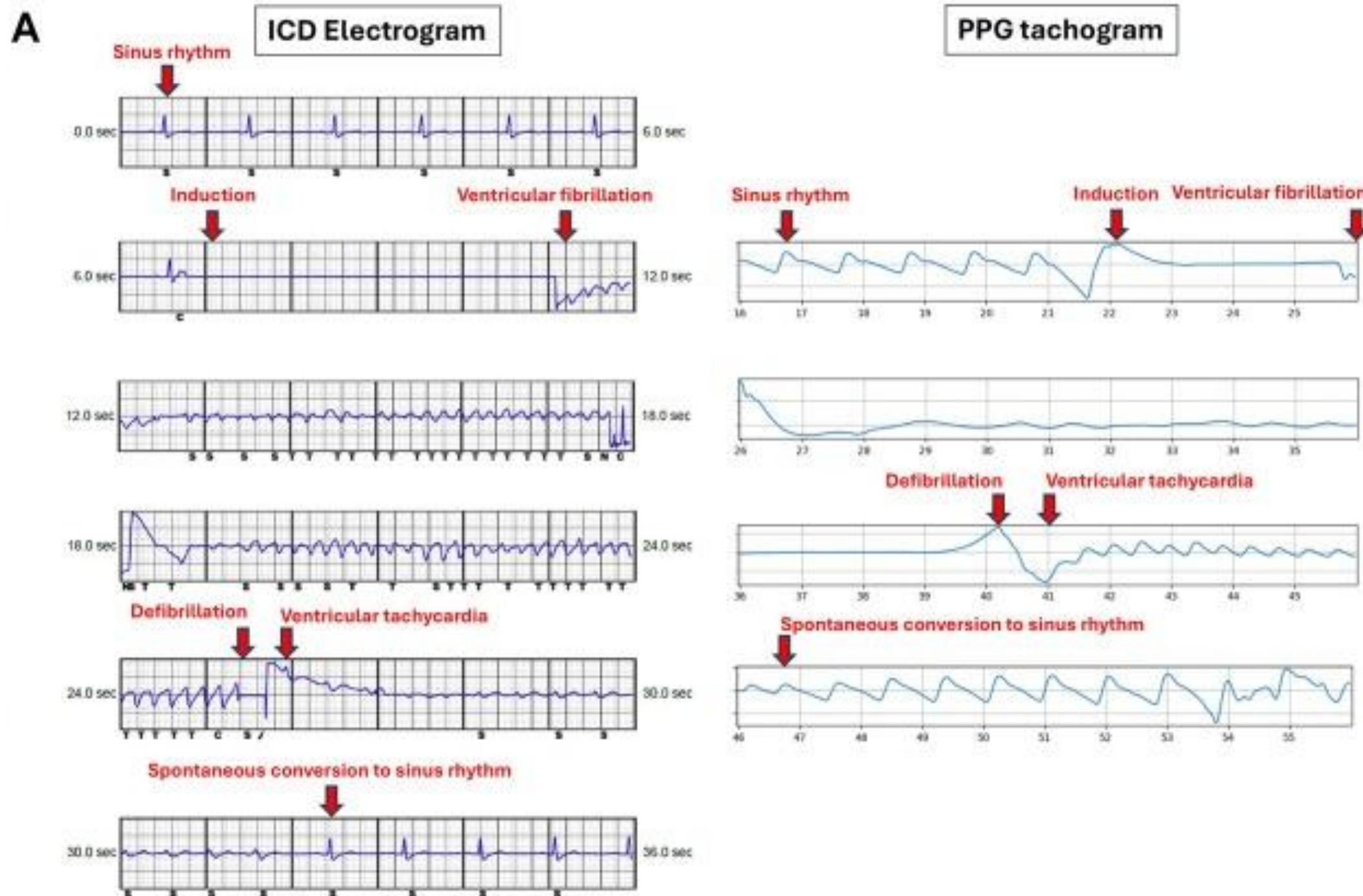
Významný pokles přesnosti PPG senzorů při nízké tepové frekvenci.

# Komorové arytmie: Detekce hemodynamického kolapsu



Diagnostika spočívá v detekci poklesu amplitudy o více než 50 %  
nebo vzniku izolinie na PPG tachogramu.

# Prstenové senzory: Studie CART-I



## System včasného varování

Kritický potenciál pro záchranné složky (EMS) u nesledovaných mimo nemocničních zástav srdce.

# Fyziologie HRV: Marker autonomního nervového systému (ANS)

## Časová doména (Time-domain)

**Metriky:** SDNN & RMSSD.

**Zaměření:** Fyzická regenerace  
a zátěž.

RMSSD je klíčovým ukazatelem  
schopnosti těla zvládat stres a  
regenerovat.

## Frekvenční doména (Frequency-domain)

**Metriky:** HF (Vysoká frekvence)  
& LF/HF poměr.

**Zaměření:** ANS Rovnováha  
(např. aplikace Welltory).

HF odráží **parasympatickou** aktivitu,  
LF/HF vyjadřuje rovnováhu mezi  
sympatikem a parasympatikem.

# Klinické a praktické deriváty HRV



## Stres a duševní zdraví

Nízká HRV koreluje s **chronickým stresem a depresí**. Wearables nabízejí HRV **biofeedback** pro optimalizaci ANS.



## Kardiovaskulární riziko

Snížená HRV je nezávislým prediktorem **zvýšené mortality** po **infarktu myokardu** a u **srdečního selhání**.



## Predikce onemocnění

Změny v HRV mohou predikovat nástup **COVID-19** nebo **sepsy ještě před klinickými symptomy**.



## Sportovní medicína

Monitoring tréninkové zátěže a **objektivní prevence přetrénování** organismu.

# Spolehlivost měření nočního HRV (Validační studie 2025)

## Zlatý standard / EKG shoda

Zařízení: Oura (Gen 3 a 4), WHOOP 4.0.

Prstény a specializované náramky pro noční měření vykazují nejvyšší shodu.

## Nižší shoda

Zařízení: Garmin, Polar.

## Artifact Alert Box

### Pravidlo klidu

Měření během spánku nebo absolutního klidu je nezbytné. PPG senzory jsou **vysoce citlivé na pohybové artefakty**, které zcela degradují kvalitu signálu HRV.

### Faktory

- Klidová tepová frekvence **67 BPM** >
- Bilance HRV **Průměrná** >
- Tělesná teplota **Dobrá** >
- Ukazatel regenerace **Optimální** >
- Spánek **Průměrný** >
- Bilance spánku **Pozor** >
- Pravidelnost spánku **Optimální** >

### DÉLKA SPÁNKU

**5 h 10 m**  
Celková délka 5 h 50 m

POHYB

- Bdělost 0 h 40 m
- REM 1 h 39 m 32 %
- Lehký 2 h 27 m 47 %
- Hluboký 1 h 5 m 21 %

### PRŮMĚRNÁ SATURACE KRVE KYSLÍKEM

**95 %**

### Tepová frekvence a stres

Včera Dnes

- ČAS NA REGENERACI
- STRES 30 m
- ROZSAH PŘI SPÁNKU 67–80 BPM
- ROZSAH PŘI AKTIVITĚ 86–96 BPM
- NEJNIŽŠÍ DENNÍ PRŮM. 78 BPM Nejnižší prům.

### Variabilita tepové frekvence

Den **Týden** Měsíc Rok

**28 ms**

23 20 0

so ne po út st čt pá so ne

22. 4.

### Štítky a aktivity

+ Přidat štítek **Chůze 2**

Používejte štítky a postupně odhalujte nové poznatky

### Zjištění členů

Sledujte, jaký mají štítky vliv v rámci komunity Oura

- Bez alkoholu **+8%**
- Melatonin **+2%**
- Letadlo **-3%**
- Nachlazení **-3%**













## Naslouchejte svému tělu

Kvůli něčemu vám stoupla tepová frekvence a máte mírně zvýšenou tělesnou teplotu. Aby si vaše tělo udrželo rovnováhu, dělejte dnes jen to, co vám dělá dobře.

### Faktory

- Klidová tepová frekvence **67 BPM** >
- Bilance HRV **Průměrná** >
- Tělesná teplota **Dobrá** >
- Ukazatel regenerace **Optimální** >
- Spánek **Průměrný** >
- Bilance spánku **Pozor** >
- Pravidelnost spánku **Optimální** >

# Klinická doporučení dle indikace

	Detekce FS (EKG/PPG)	Komorové arytmie (Flatline)	Spolehlivost nočního HRV
<b>Apple Watch</b>	 Nejvíce dat		
<b>Samsung/Amazfit</b>	 Nejvyšší AUC		
<b>Oura / WHOOP 4.0</b>			 Zlatý standard pro noc
<b>CART-I</b>		 94% Senzitivita	



Vysoce validováno pro tuto indikaci.

# Wearables v kardiologické praxi: Klinická validita a spolehlivost

Tato infografika shrnuje klinickou validitu wearables v moderní kardiologii. Zaměřuje se na vysokou senzitivitu v detekci fibrilace síní (včetně uznání v guidelines) a na využití variability tepové frekvence jako prediktoru klinického stavu.

## Diagnostika arytmií a klinická přesnost



### Senzitivita 95 % a specificita 97 % u FS

Metaanalýza potvrzuje vysokou spolehlivost wearables v detekci fibrilace síní pomocí PPG a EKG.



### Detekce komorových arytmií (94 % senzitivita)

Prstencové senzory (např. CART-I) dokáží detekovat pokles srdečního výdeje při život ohrožujících stavech.

## Variabilita tepové frekvence (HRV) a monitoring ANS

## RMSSD jako klíčový marker regenerace

Neinvazivní ukazatel funkce autonomního nervového systému a schopnosti těla zvládat zátěž.

## Srovnání diagnostické přesnosti (AUC) u fibrilace síní



Samsung: 0,98 (AUC)



Amazfit: 0,98 (AUC)



Apple Watch: 0,97 (AUC)



## Oficiální diagnostický nástroj (ACC/AHA/HRS)

Dle guidelines 2023 lze stanovit diagnózu FS přímo z EKG záznamu wearable zařízení.



## Predikce mortality a infekčních onemocnění

Snížená HRV je nezávislým prediktorem mortality po infarktu a časným signálem sepse či COVID-19.



## Oura a WHOOP jako zlatý standard měření

Tyto prsteny a náramky vykazují nejvyšší shodu s EKG při nočním měření HRV.

# Závěr

**Wearables již nejsou jen doplňky pro fitness. Staly se z nich guideline-ově ukotvené, diagnosticky validní nástroje, které posouvají kardiologii od epizodického měření v ambulanci ke kontinuálnímu pochopení pacientovy fyziologie.**



**FS:**

Validace pro výchozí diagnózu.



**VA:**

Záchrana života přes detekci poklesu výdeje.



**HRV:**

Holistický obraz funkce ANS.