

# Blodtrycksmätare som faktiskt mäter blodtryck



Den enda blodtrycksmätare som inte behöver kalibreras.

**G**är det att mäta sitt blodtryck med medicinsk noggrannhet utan att sätta en manschett runt armen? Många som läser tidningarna skulle nog helt enkelt svara "ja" och tro att det säkert finns otaliga lösningar för vem som helst när behovet faller på. Men det stämmer inte riktigt.

Det finns flera olika typer av lösningar i smarttelefoner och wearables för att mäta blodtryck. Men alla – utom en – kräver upprepade kalibreringar mot en riktig blodtrycksmanschett. De kan egentligen inte mäta blodtrycket utan bara hur blodtrycket förändrats sedan senaste kalibrering.

Högt blodtryck dödar ungefär 10 miljoner människor årligen, nära tre gånger fler i månaden än Covid-19 i år. Det är den enskilt största orsaken till tidig död. Det är vanligen enkelt att behandla – men då vill det förstås till att man vet att man har det.

Den första mätningen är den viktigaste. När man gjort den vet man om man behöver konsultera läkare. Teknik som fungerar först efter att man har gjort första mätningen med annan teknik är inte mycket till hjälp.

Den enda blodtrycksmätning som är värd namnet är den som ger ett medicinskt korrekt absolutvärde. Det finns bara en produkt, LMD V-Sensor, som kan reproducera den klassiska manschetten som läkare känner till, förstår och har litat på under de senaste 100 åren. LMD V-Sensor använder det nydanande greppet att mäta på fingertoppen istället för via manschett. Användaren ombeds att variera trycket.

Så innan du investerar i "manschettfri" blodtrycksutrustning, fråga leverantören hur ofta du måste ge den facit från riktig blodtrycksmätare.

**DET TRADITIONELLA SÄTTET** för läkare att mäta blodtryck är med manschett och tryckmätare, så kallad manometer. Stetoskop används för att upptäcka ljudet från blodflödet. Manschetten placeras runt överarmen och blåses upp. Artären kläms ihop, eller ockluderas, och blodflödet stoppas.

Trycket släpps sedan gradvis tills blodet börjar flöda igen. Vid den tidpunkten läses det så kallade systoliska trycket av. Trycket i manschetten balanserar bara trycket i artären när hjärtat dras samman (slår). Ett annat värde, det diastoliska värdet, läses av när blodflödet inte längre begränsas. Det anger trycket mellan hjärtslagen.

Båda värdena avläses antingen via kvicksilverpelare eller tryckmätare. Det resulterande trycket uttrycks i det systoliska eller diastoliska värdet. Ett hälsosamt blodtryck för vuxna ligger runt 120/80 mm Hg men varierar med många faktorer som ålder, kondition, tid på dygnet och koffeinintag.

Många automatiska blodtrycksmanschetter bygger på samma princip som den manuella tekniken, men mäter istället små förändringar kring artärerna när hjärtat slår. Dessa orsakar en ökning av trycket i manschetten, vilket trycksensorn känner av.

De flesta har numera en smarttelefon. Dessutom blir smarta klockor och andra wearables (kroppsburen teknik) allt vanli-

## Av Chris Elliott, LMD

Chris Elliott är erfaren teknikchef på LMD och en av företagets grundare. Han är akademiker och ingenjör och har arbetat med elektroniksystem under drygt 30 år.

Han är dessutom verksam som rättsgångsadvokat med regleringar som specialområde.



gare. Många appar har lanserats och sagts kunna uppskatta bärarens blodtryck med hjälp av kretsar eller sensorer. Lösningarna sägs bygga på att blodtrycket uppskattas utan behov av trycksensor. De detekterar istället ett värde som är relaterat till pulsens hastighet genom artärerna.

När hjärtat slår pressas en puls av blod in i artärerna. Denna puls bildar en våg som färdas cirka 10 meter per sekund, vilket gör att den når kroppens extremiteter på cirka 1/4 sekund. Delar av vågen reflekteras vid artärens förgreningar. Tryckets mönster blir därmed i varje punkt en komplex funktion av vågens hastighet och individens fysiologi.

Det är väl känt att vågens hastighet beror av artärernas styvhet och inre tryck, vilket i princip betyder att man kan härleda trycket från hastigheten. Och så fungerar de flesta av de senaste lösningarna för blodtrycksmätning. Men samtliga lider av en grundläggande begränsning: att de måste kalibreras och ofta även omkalibreras med blodtrycksmanschett.

Man måste först mäta sitt blodtryck på det vanliga sättet och ange uppmätt värde till apparaten. Denna kommer sedan att tala om hur mycket värdet har förändrats och efter några dagar eller veckor måste man mäta igen med blodtrycksmanschett.

Det är ingen överraskning att det behövs en första kalibrering. Artärerna hos alla människor har olika mönster och ser olika ut i detalj, och det gör även den tryckvåg som skapas av hjärtat samt fördelningen av styvheter i olika typer av artärer.



V-Sensor använder samma princip som den klassiska manschetten.

Upprepad omkalibrering är nödvändig eftersom fysiologin förändras. Hur styva artärerna är beror på hur styv den omgivande vävnaden är, vilket i sin tur beror på dess fukthalt, muskeltonus, mängden fett och många andra fysiologiska och till och med psykologiska parametrar.

Låt oss titta på hur de alternativa lösningarna fungerar. De kan delas in i fyra grupper. Det gemensamma är att de uppskattar förändringar av blodtrycket utan att använda trycksensor.

- Vissa använder telefonkameran
- Vissa använder en optisk sensor
- Vissa använder en optisk sensor plus en annan sensor
- Vissa använder indirekta data

#### Via telefonkameran

Det finns appar som försöker uppskatta blodtrycket genom att avläsa pulsen på ett finger (vanligtvis pekfinger) som hålls mot telefonkamerans lins eller skärm samtidigt som ficklampan lyser på fingret. 10–15 sekunder senare kommer en avläsning.

Kameran används för att detektera artärernas ljusabsorption. När artärerna expanderar absorberas mer rött ljus. Signalen står därför i relation till vävnaden kring artärerna. När trycket stiger utvidgas artärerna enligt ett komplicerat beteende som uppstår ur en mängd reflekterade vågor.

Det är möjligt att använda en teknik kallad pulsvågsanalys för att upptäcka egenskaper hos vågformens utseende som kan relateras till blodtrycket. Detta görs vanligtvis genom maskininlärning eller artificiell intelligens (AI) som utnyttjar data från signaler som registrerats från många olika personer som avläser sitt blodtryck. Maskininlärningen

hittar ett sätt att relatera vågformen till blodtrycket.

Denna redan i sig svåra analys blir ännu svårare av att vågformen beror av hur hårt fingret pressas mot kameran. Trycket i fingrets vävnad ökar när fingret pressas mot kameran, så artärernas område (som beror på skillnaden mellan trycket inne i och utanför artären) ändras. Förändringen är inte konstant – den beror på det momentana trycket – så vågformen förändras.

Vissa appar går ännu längre och hävdar att de kan använda AI för att analysera en videobild av ansiktet taget med selfiekameran, en teknik som kallas "Transdermal Optical Imaging".

Tekniken är kontaktlös och är därför oberoende av hur hårt man trycker. Viss publicerad forskning har visat att denna teknik kan förutsäga blodtrycket lika exakt som ett finger på kameran. Men den enda utrustning av denna typ som godkänts av amerikanska läkemedelsmyndigheten FDA gör faktiskt inte anspråk på att mäta blodtrycket alls. Och den är endast avsedd att användas under noggrant kontrollerade förhållanden på sjukhus.

#### Via optisk sensor

De flesta aktivitetsarmband och smartklockor har en diod som belyser handledens hud och optiska sensorer som gör mätningar av det reflekterade ljuset. Detta används för att mäta pulsen. Om två ljusfärger används kan även blodets syremättnad uppskattas. Dessa sensorer kan användas på samma sätt som kameran på en telefon med fördelen att de är optimerade för att upptäcka arteriellt blod och kan ge kontinuerlig övervakning.

Problemet med dem är att trycket som de applicerar på hudens yta påverkar vågformen och det kan ändras när användaren rör

sig (rörelseartefakter).

Återigen är det nödvändigt att kalibrera och omkalibrera ofta. Några av de ledande produkterna levereras med automatisk manschett.

#### Via optisk sensor och ytterligare en sensor

Det finns lösningar som uppskattar puls-vågshastigheten direkt, snarare än att härleda den från vågformen i en perifer artär. Dessa kan i sin tur indelas i två grupper:

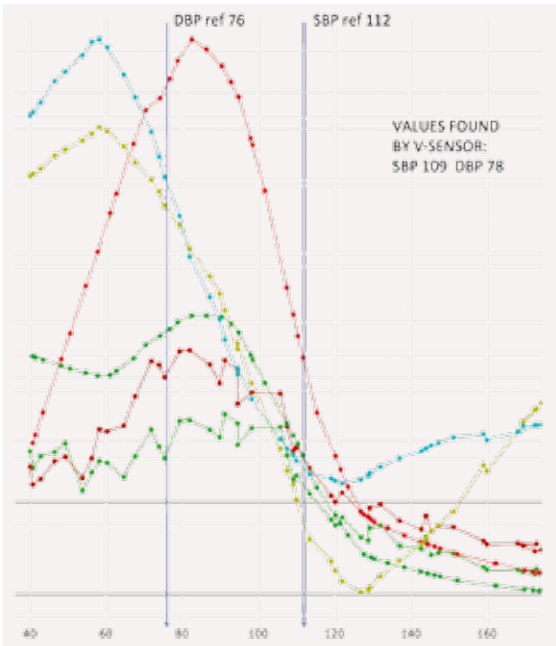
- De som utnyttjar EKG för att detektera den elektriska signal som får hjärtat att pumpa eller som använder en accelerometer för att upptäcka vibration när hjärtat pumpar.
- De som utnyttjar två optiska sensorer för övervakning av olika platser på samma artär och detekterar tidsfördröjningen av pulsen som färdas mellan dem.

EKG kan detekteras med hjälp av två elektroder, ofta ett finger på varje hand. Smarttelefoner inkluderar rutinmässigt en accelerometer så att vibrationen kan detekteras genom att telefonen hålls mot bröstet.

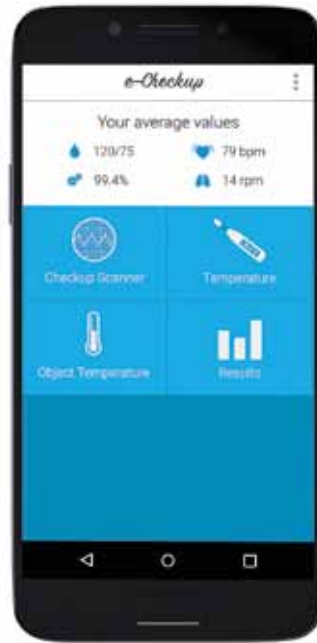
#### Tekniken har två begränsningar

Spikpulsen i ett EKG (det så kallade QRS-komplexet som härstammar från olika positiva och negativa rörelser i hjärtat och dess ventiler) sammanfaller inte i tiden med det ögonblick då blodpulsen matas ut. Det finns en fördröjning (PEP, Pre Ejection Period) som varierar från person till person, så tidsintervallet mellan spik och detektering i periferin är summan av PEP och propageringstiden.

Hastigheten kan bara bestämmas om effektivt avstånd mellan hjärta och periferi är känt. I praktiken görs detta med hjälp av en empirisk regel, från till exempel hur lång användaren är.



V-sensorn hittar många olika parametrar från signalen som användaren sveper genom tryckområdet. Programvaran e-Checkups analyserar dessa för att hitta det optimala måttet på systoliskt och diastoliskt tryck. Diagrammet visar några av dessa parametrar, referensvärden som mäts med en traditionell manschett- och kvicksilverpelare, samt resultaten av analysen.



V-Sensor finns i kommande telefoner och wearables.



Problemet med två sensorer är noggrannheten. Pulsen i artären hoppar inte upp direkt, utan stiger under en period av cirka 50 ms. Den varierar med träning och även mellan pulser. Det är svårt att mäta tidpunkten noggrannare än 10 ms, och vågen färdas 100 mm under den tiden. Två sensorer måste vara ganska långt ifrån varandra för att ge en exakt uppskattning av våghastigheten. Även om den kan fastställas kvarstår problemet att den varierar med alla de fysiologiska förändringar som kräver upprepad omkalibrering.

**Via indirekta data**

En på sistone uppmärksam lösning är att använda pulsvågsanalys av pulsvåghastigheten tillsammans med omfattande indirekta data – exempelvis användarens ålder, längd, kön och vikt. Uppskattningen baseras på maskinlärning på dessa data, insamlade från många människor. Det sägs att lösningen kan göra en absolut uppskattning av blodtrycket utan behov av manschettkalibrering.

Det råder osäkerhet om hur effektivt detta tillvägagångssätt är. En av dess ledande representanter har nyligen anslutit sig till det läger som förespråkar rena pulsvågsanalyslösningar genom att erbjuda sin lösning tillsammans med manschett.

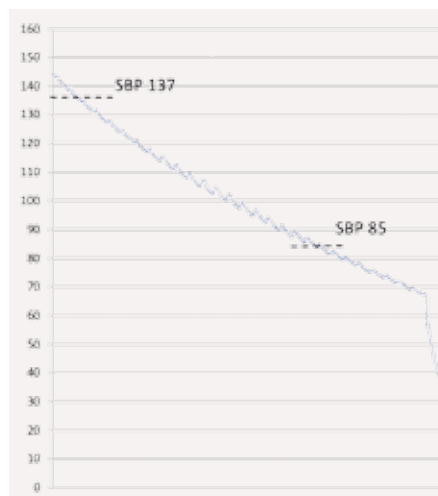
Även om metoden fungerar väcker det djupare och mer bekymmersamma frågeställningar.

Indirekta data kan redan i sig ge en bra uppskattning av blodtrycket. Data som anges är det normala blodtrycket för en person som har en viss ålder, längd, kön och vikt. Eftersom (per definition) de flesta av oss är normala ger detta en bra uppskattning i de flesta fall. Men därmed missas de människor

som är "onormala", och det är just för dem som är korrekt tidig upptäckt är avgörande. Internationell standard för blodtrycksmätare bygger på genomsnittlig noggrannhet, så en skattning som egentligen bara anger vårt förväntade blodtryck kan slippa igenom eftersom det lilla fåtalet avvikelser kan drunkna i det stora flertalet "normala".

**V-Sensor – beprövad vetenskap i kombination med ny teknik**

Det finns bara en känd teknik att mäta blodtryck noggrant och icke-invasivt: klassisk så kallad ocklusion, där tryck appliceras på vävnaden som omger artären för att balansera dess inre tryck.



En automatisk manschett mäter det fallande trycket och detekterar tryckförändringen på varje hjärtslag. Förändringen är noll när artären alltid är ockluderad (över systoliskt tryck, SBP), liten när artären aldrig är ockluderad (under diastoliskt tryck, DBP) och toppar däremellan. En processor i lösningen slår upp värden för systoliskt och diastoliskt tryck som matchar den uppmätta kurvan.

Det schweiziska företaget LMD använder ocklusionstekniken i en produkt ungefär i storlek som en jordnöt. Den har utvecklats under det senaste decenniet och integreras just nu i smarttelefoner och Bluetooth-aktiverade wearables.

LMD:s V-sensor har en ASIC som gör beräkningarna i telefonen. En MEMS-trycksensor inbäddad i flexibel harts överför trycket från pekfingret till ASICen.

En nyckelskillnad mot konkurrerande lösningar är att den mäter blodtrycket med en trycksensor. De flesta vet inte att det finns artärer i pekfingret som ligger nära hudens yta. Tryck på dessa artärer orsakar att de kollapsar eller ockluderar på samma sätt som när en tryckmanschett sätts på överarmen.

Ett spelliknande gränssnitt i appen ser till att användaren håller rätt fingertryck i cirka 45 sekunder.

**V-SENSORN HAR DESSUTOM** en optisk sensor bestående av två lysdioder och en fotodiod. Den optiska sensorn genomlyser huden och kan se blodflödet och mäta både blodets syremättnad (från blodets färg – hemoglobin reflekterar ljus) och puls.

Dessutom har den en infraröd termometer som ger medicinskt exakta temperaturavläsningar från skanning av pannan. Andningsfrekvensen ges av hur andningen påverkar pulsen. ASICen kan också detektera EKG mellan användarens båda händer.

LMD är den enda tillverkaren av enheter av detta slag. Efter att LMD utvecklat och patenterat tekniken togs en prototyp fram baserad på samma vetenskapliga principer av oberoende forskare vid University of Michigan, som också bekräftat att metoden mäter blodtrycket exakt och tillförlitligt utan manschett.