
Smartklockor som verktyg för att mäta samspelet mellan hjärtrytm och andning

En ny metod för att undersöka dysautonomi efter covid-19

GUSTAF KRANCK

Störningar i det autonoma nervsystemet – dysautonomi – har uppmärksammats som en möjlig orsak till långvariga symtom efter covid-19, såsom trötthet, hjärklappning och posturala besvär. Traditionellt har utredning av autonom dysfunktion varit förknippad med både tidskrävande och resurskrävande mätningar på sjukhus. Samtidigt har över 200 miljoner EKG-aktiverade smartklockor sålts globalt, vilket öppnar möjligheten för kontinuerlig, hemmabaserad monitorering av hjärtats autonoma reglering.

I denna artikel beskrivs en ny metod, där samspelet mellan hjärtrytm och andning mäts med en smartklocka som registrerar EKG i sittande och stående ställning under kontrollerad andning. Förhållandet mellan S- och R-vågornas amplitud (S/R-kvot) har visat sig spegla graden av vagal synkronisering mellan hjärta och andning. Vid dysautonomi, såsom posturalt ortostatiskt takykardisyndrom (POTS) efter covidinfektion, ökar S-vågens relativa amplitud och S/R-kvoten blir mer negativ.

Metoden ger nya biomarkörer för autonoma störningar och möjliggör långtidsuppföljning i hemmiljö. Resultat från en patient med långvarig covidsymtomatik visar att förbättring av hälsotillståndet över tid åtföljdes av normaliserad S/R-kvot och hjärtfrekvensvariabilitet (HRV). Tekniken kan därmed bidra till bättre diagnostik och uppföljning av patienter med långvariga postinfektiösa tillstånd.

Inledning

Efter pandemin har ett betydande antal patienter rapporterat kvarstående trötthet, hjärklappning, blodtrycksvariationer och kognitiva symtom flera månader efter en covid-19-infektion. Dessa symtom sammanfattas ofta under begreppet postcovid och överlappar med tillstånd som posturalt ortostatiskt takykardisyndrom (POTS) och kroniskt trötthetssyndrom (CFS). Flera studier tyder på att störningar i det autonoma nervsystemet – framför allt i vagusnervens reglering av hjärta och andning – spelar en central roll (1, 2).

Utredning av autonom dysfunktion har traditionellt krävt specialutrustning och övervakning på sjukhus. Behovet av tillgängliga metoder för objektiv, upprepad mätning i hemmiljö har därför ökat. Med den snabba utvecklingen av smartklockor som kan registrera EKG uppstår nu nya möjligheter för distansbaserad diagnostik.

SKRIBENTEN

Gustaf Kranck, M.Sc., grundare av och vd för Vagus Health Ltd, Cambridge, UK. Verksam inom utveckling av digital hälsoteknik för diagnostik och stimulering av vagusnerven.

Fysiologisk bakgrund

Hjärtrytmen påverkas kontinuerligt av andningen via den så kallade respiratoriska sinusarytmin (RSA). Vid inandning minskar vagusaktiviteten och stiger hjärtfrekvensen, medan utandning ökar vagustonus och sänker hjärtfrekvensen (3, 4). En välfungerande vagal kontroll leder till ett regelbundet växlande mönster mellan hjärtrytm och andning – en synkronisering som speglar kroppens förmåga till autonom balans.

Vid dysautonomi rubbas denna balans. Det leder till så kallad kardiorespiratorisk vagal desynkronisering, som kan manifesteras i förändrad hjärtfrekvensvariabilitet (HRV) och förändringar i EKG-morfologi, framför allt i förhållandet mellan S- och R-vågorna i QRS-komplexet (5, 6).

Smartklockans roll i autonom monitorering

De flesta medicinskt certifierade smartklockor mäter en enkel avledning motsvarande avledning I på ett standard-EKG. Genom att analysera rådata kan man beräkna biomarkörer som speglar hjärtats elektriska aktivitet under olika fysiologiska tillstånd.

I Vagus Healths databas, som omfattar över 50 000 EKG-registreringar från drygt 2 800 användare, har man observerat att den genomsnittliga S/R-kvoten hos friska personer är cirka -0,3, vilket innebär att R-vågen normalt är omkring tre gånger högre än S-vågen. Vid autonom dysreglering tenderar S-vågen att relativt höja R-vågen, särskilt vid stående (7).

Postural testning med kontrollerad andning

Det testprotokoll som utvecklats av Vagus Health kombinerar en enkel ändring av kroppsställning med kontrollerad andning (0,1 Hz; 5 s inandning, 5 s utandning). Testet utförs genom att användaren först registrerar ett 30 sekunders EKG sittande med armbågarna stödda på bordet, därefter direkt ett nytt EKG i stående ställning med armbågarna i brösthöjd (figur 1). Resultaten analyseras automatiskt i realtid via appen Breathe Flow och en molnbaserad plattform som genererar över 40 biomarkörer per test.

Fallbeskrivning

I en nyligen publicerad fallrapport (8) beskrivs en 35-årig man med långvarig covidsymtomatik, POTS och uttalad trötthet. Under sex månader registrerade han 328 EKG-mätningar enligt ovanstående protokoll. I början av perioden noterades tydlig skillnad i hjärtfrekvens mellan sittande och stående (upp till +30 slag/min) samt en starkt negativ S/R-kvot (under -1,0), vilket tydde på uttalad vagal desynkronisering.

När patientens tillstånd successivt förbättrades normaliserades värdena: HRV ökade, S/R-kvoten närmade sig normalvärden och postural takykardi försvann. Subjektiv hälsa skattad med EQ-5D-5L följde samma mönster.

Möjliga fysiologiska mekanismer

Förändringar i S-vågens amplitud kan spegla variationer i hjärtats elektriska ledningsvägar och kontraktilitet, som påverkas av blodvolymfördelning och autonom tonus. Vid POTS och liknande tillstånd aktiveras det sympatiska nervsystemet kraftigt vid uppresning, medan parasympatisk aktivitet dämpas (9). Resultatet blir en förskjutning i depolariseringsmönstret som kan avspeglas som ökad S-våg.

En återgång mot normal S/R-kvot tyder därför på förbättrad balans mellan sympatikus och parasympatikus, en möjlig fysiologisk markör för återhämtning efter dysautonomi.

Klinisk betydelse

Den presenterade metoden erbjuder flera praktiska fördelar:

- Tillgänglighet: smartklockor med EKG-funktion är redan utbredda bland befolkningen.
- Standardiserbarhet: testprotokollet är enkelt att utföra hemma med vägledning via app.

HUVUDBUDSKAP:

- Smartklockor med EKG-funktion möjliggör enkel och tillgänglig mätning av hjärtats autonoma reglering i patientens hemmiljö.
- Posturala tester med kontrollerad andning ger reproducerbara data om hur det autonoma nervsystemet reagerar på förändringar i kroppsställning.
- Förändringar i S/R-kvot och hjärtfrekvensvariabilitet (HRV) följer patientens kliniska tillstånd och kan användas för att följa återhämtning vid långvariga postcovidsymtom.
- Artificiell intelligens kan bearbeta stora datamängder från smartklockor och identifiera mönster i autonom reglering som stöd för diagnostik och forskning.
- Kombinationen av bärbar sensorteknik, fysiologisk förståelse och AI-analys öppnar för en ny generation digitala metoder för att diagnostisera och följa dysautonomi.

Hand-till-hand EKG registreras med en smartklocka, medan man utför diafragmatisk kontrollerad andning vid 0,1 Hz: 5 sekunders inandning följt av 5 sekunders utandning.

Sittande: Analys av vagusnervens funktion med hjälp av EKG-övervakning med smartklocka i sittande ställning (med händer och armbågar på bordet) medan kontrollerad andning utförs (märkt "sittande").



Stående: Analys av vagusnervens funktion med hjälp av EKG-övervakning med smartklocka omedelbart efter att man har rest sig upp. Händer och armbågar ska vila mot en plan yta i brösthöjd, medan man förblir stående (märkt "stående").



Figur 1. Illustration av mätprotokollet med kontrollerad andning i sittande och stående ställning.

- Uppföljning: upprepade mätningar möjliggör objektiv bedömning av sjukdomsförlopp och behandlingseffekt.
- Forskningspotential: stora mängder realtidsdata kan analyseras med artificiell intelligens (AI) för att identifiera nya mönster av autonom dysreglering.

Metoden är inte avsedd att ersätta klinisk diagnostik, men kan fungera som komplement för uppföljning av patienter med långvarig trötthet, POTS eller andra postinfektiösa autonoma störningar.

Framtida utveckling

Kombinationen av bärbar sensorteknik och AI-baserad signalanalys öppnar möjligheter för ny diagnostik inom kardiologi och neurofysiologi. Genom att analysera förändringar i S/R-kvot, HRV och RSA kan man skapa en helhetsbild av hur hjärta och andning samspelar över tid.

Hypotesen är att dessa biomarkörer inte bara speglar autonom återhämtning efter covid-19, utan även kan användas vid andra tillstånd där vagusnervens funktion påverkas, såsom diabetesneuropati, inflammatoriska tillstånd eller kronisk stress.

Användning av artificiell intelligens (AI)

Vagus Health har artificiell intelligens (AI) i flera delar av sin verksamhet för att stödja medicinsk forskning, dataanalys och patientkommunikation. Företaget använder AI som ett verktyg för att effektivisera informationshantering, identifiera nya samband i data och förbättra förståelsen för hälsa och välbefinnande. Den centrala teknologin bygger på moderna språkmodeller, främst i form av Chat GPT från Open AI.

Användning av chattbot

En av de primära tillämpningarna av AI inom Vagus Health är den interaktiva chattbotten som baseras på Chat GPT. Chattbotten används för att kommunicera med användare på ett effektivt, tillgängligt och empatiskt sätt. Den kan besvara frågor, förklara medicinska begrepp och stödja patienter i deras förståelse av behandlingsprogram. Vid så kallad *promptning*, det vill säga när systemet instrueras eller får frågor, är en central princip att *ingen personlig information* överförs till Chat GPT eller Open AI. Denna designprincip garanterar att patienternas integritet bibehålls fullt ut och att konversationer aldrig innehåller identifierbara data.

Tabell 1. Exempel på biomarkörer som genereras: S/R-kvot, HRV (SDNN), RSA-index och hjärtfrekvensskillnad mellan sittande och stående.

Månad	Hälsotillstånd	Genomsnittlig S/R-kvot (Sittande)	Genomsnittlig S/R-kvot (Stående)	Genomsnittlig HRV (SDNN, ms) Alla tester	Genomsnittligt RSA-index Alla tester
Januari	Trött	-0,35	-1,22	95	76
Februari	Allvarlig trötthet	-0,3	-0,92	101	77
Mars	Trött	-0,32	-0,77	103	82
April	Förbättrad	-0,31	-0,71	106	75
Maj	Förbättrad	-0,27	-0,42	128	80
Juni	Förbättrad	-0,24	-0,44	129	83
Juli	Förbättrad	-0,24	-0,34	135	88
Augusti	Tillfällig återgång	-0,25	-0,49	133	84

Databearbetning och analys

För att utnyttja AI:s potential inom medicinsk analys har Vagus Health utvecklat en *anonymiserad data-plattform*. All kunddata hanteras i två parallella system:

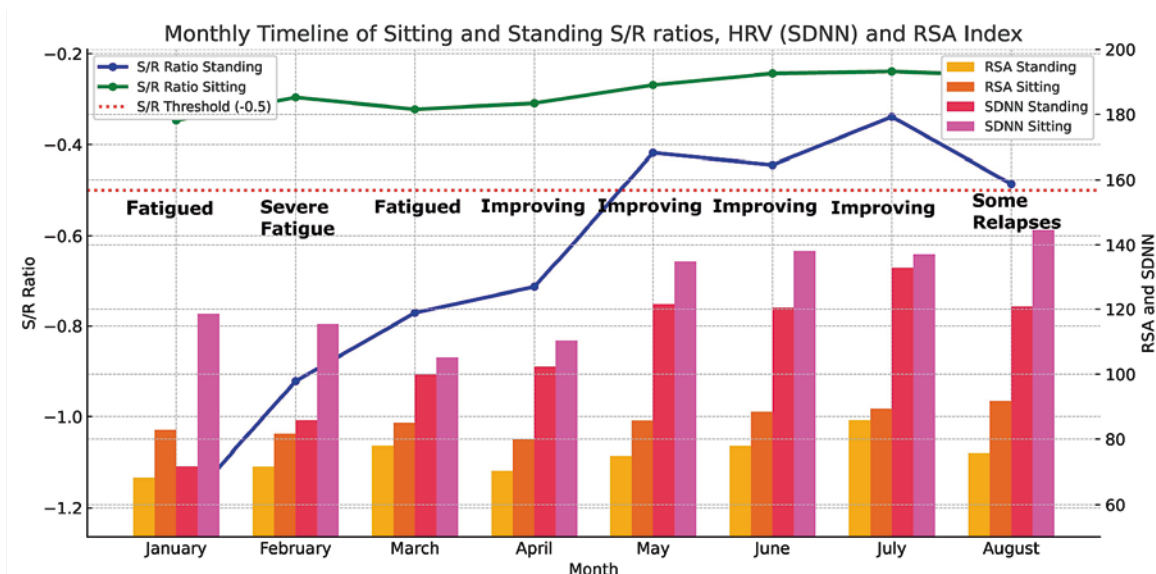
1. En originaldatabas som innehåller personuppgifter.
2. En fullständigt anonymiserad databas, där samtliga identifierande element (som namn, personbeteckning och kontaktinformation) har tagits bort eller ersatts med neutrala tokens.

Endast den anonymiserade databasen görs tillgänglig för Chat GPT vid dataanalys. På så sätt kan AI-modellen användas för att identifiera mönster, kopplingar och korrelationer i stora datamängder utan att kompromettera någon individs integritet.

Resultat och insikter

Denna metodik har visat sig vara mycket givande. Genom att låta Chat GPT analysera de anonymiserade datamängderna har Vagus Health fått fram nya och oväntade insikter om samband mellan olika hälsovariabler, beteendemönster och behandlingsutfall. AI-drivna analyser har kompletterat traditionella statistiska metoder och bidragit till ett mer holistiskt och dynamiskt synsätt på medicinsk forskning.

Genom en strikt integritetsmodell och en välgenomtänkt teknisk infrastruktur har Vagus HealthAI etablerat ett robust ramverk för användning av AI inom medicinsk verksamhet. Kombinationen av avancerad språkmodellering, anonymiserad datahantering och etisk medvetenhet har gjort det möjligt att förena innovation med ansvar och skapa



Figur 2. Exempel på förändring av S/R-kvot och HRV över tid hos patienten.

en väg framåt, där AI kan bidra till både vetenskapliga framsteg och ökad patientnytta.

Slutsatser

Smartklockor med EKG-funktion erbjuder ett nytt, lättillgängligt sätt att mäta samspelet mellan hjärta och andning. Med AI kan man samla bättre kvalitetsdata (chattbot) och få nya insikter via komplexa databaser. Analys av S/R-kvot och relaterade biomarkörer kan ge värdefull information om autonom funktion och dess förändring över tid. Den presenterade metoden kan bidra till tidig upptäckt och uppföljning av dysautonomi efter covid-19 och potentiellt även vid andra kroniska tillstånd.

Gustaf Kranck
gustaf@vagus.co

Bindningar: Författaren är grundare av och vd för Vagus Health Ltd, som tillhandahåller den analysplattform som beskrivs i artikeln. Inga andra bindningar rapporteras.

Referenser

1. Fedorowski A, Fanciulli A, Raj SR, Sheldon R, Shibao CA, Sutton R. Cardiovascular autonomic dysfunction in post-COVID-19 syndrome: a major health-care burden. *Nat Rev Cardiol*. 2024;21(6):379-95.10.1038/s41569-023-00962-3.
2. Grossman P, Taylor EW. Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. *Biol Psychol*. 2007;74(2):263-85.10.1016/j.biopsycho.2005.11.014.
3. Berntson GG, Cacioppo JT, Quigley KS. Respiratory sinus arrhythmia: autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. *Psychophysiology*. 1993;30(2):183-96.10.1111/j.1469-8986.1993.tb01731.x.
4. Malik M, Bigger JT, Camm AJ, Kleiger RE, Malliani A, Moss AJ, Schwartz PJ. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*. 1996;17(3):354-81.10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868.
5. Jones AY, Kam C, Lai KW, Lee HY, Chow HT, Lau SF, Wong LM, He J. Changes in heart rate and R-wave amplitude with posture. *Chin J Physiol*. 2003;46(2):63-9.
6. Raunio H, Rissanen V, Lampainen E. Significance of a prominent S wave in leads I and V6 in the electrocardiograms of middle-aged and elderly hospital patients. *Ann Clin Res*. 1976;8(6):347-58.
7. Vagus Health Ltd. Database report. 2024.
8. Kranck G, Ståhlberg M, Andersson U, Lundin J, Fedorowski A. Monitoring of cardiorespiratory vagal desynchrony using novel biomarkers derived from smartwatch electrocardiograms in a patient recovering from long COVID: case report. *Eur Heart J Case Rep*. 2025;9(10):ytaf425.10.1093/ehjcr/ytaf425.
9. Okamoto LE, Raj SR, Peltier A, Gamboa A, Shibao C, Diedrich A, Black BK, Robertson D, Biaggioni I. Neurohumoral and haemodynamic profile in postural tachycardia and chronic fatigue syndromes. *Clin Sci (Lond)*. 2012;122(4):183-92.10.1042/cs20110200.

Summary

Smartwatches for Monitoring Heart-breathing Synchronization – a New Approach to Assessing Dysautonomia after COVID-19

Autonomic dysfunction, including postural orthostatic tachycardia syndrome (POTS), has emerged as a major cause of persistent symptoms after COVID-19. This article describes a novel smartwatch-based electrocardiogram (ECG) protocol combining posture change and controlled breathing to assess cardiorespiratory synchronization. The S/R amplitude ratio derived from the ECG serves as a new biomarker for vagal function. In a patient recovering from long COVID, normalization of S/R ratio and heart rate variability paralleled clinical improvement. The method offers a simple, standardized tool for remote monitoring of dysautonomia.