

Razlike u mjerenjima brzine otkucaja srca te broja učinjenih koraka usporedo mjerenih skupim i jeftinim pametnim satom

Marija Petričević¹, Dijana Hnatešen^{1,2,3}, Marija Raguz¹, Krešimir Šolić^{1,4}

¹ Medicinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera, Osijek, Hrvatska

² Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Sveučilišta J. J. Strossmayera, Osijek, Hrvatska

³ Zavod za liječenje boli, Klinički bolnički centar Osijek, Osijek, Hrvatska

⁴ Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Sveučilišta J. J. Strossmayera, Osijek, Hrvatska

e-pošta: marijap2699@gmail.com, hnatesen@yahoo.com, marija.raguz@mefos.hr,
kresimir@mefos.hr

Sažetak: Cilj ovoga istraživanja bio je ispitati razliku između mjerenja brzine otkucaja srca te broja učinjenih koraka, mjerenih istovremeno skupim i jeftinim pametnim satom, uz statističku obradu prikupljenih podataka Passing-Bablok regresijskom analizom. Statistička metoda Passing-Bablok regresijske analize služi za usporedbu mjerenja iste varijable s dva različita mjerna instrumenta, a svrha istraživanja bila je ispitati koliko se korisnici pametnih satova mogu osloniti na rezultate mjerenja dobivene ovim uređajima. Mjerenja su izvršena na jednome ispitaniku, autoru ovoga istraživanja, s po jednim satom na svakoj ruci uz povremenu izmjenu ruku. Ovim istraživanjem potvrđeno je da postoji razlika u mjerenjima između dva pametna sata, kako međusobno tako i s obzirom na samostalno mjerenje koraka i otkucaja srca. Međutim, potrebna su daljnja istraživanja koja bi pokazala koji je sat točniji te koliko odstupa od stvarnih vrijednosti uvođenjem drugih modela satova te referentnih mjernih uređaja. Zaključno, pametni sat može se koristiti u privatne svrhe radi okvirnoga praćenja fizikalnih veličina, no ostaje upitna njegova točnost kao potencijalnoga izvora za medicinsku dijagnostiku.

Ključne riječi: pametni sat; broj koraka; brzina otkucaja srca; Passing-Bablok regresijska analiza

Uvod

Suvremena medicinska dijagnostika svakodnevno razvija nove ideje i sustave, koristeći tehnologiju i znanstveni napredak, u svrhu poboljšanja kvalitete zdravlja pojedinca i cjelokupne populacije. Tehnološka postignuća i razvoj pametnih uređaja uvelike su utjecali na osviještenost i olakšanje brige pojedinca o vlastitom zdravlju. Jedan od uređaja koji omogućuje samostalno praćenja čimbenika korisnih za zdravlje zasigurno je i pametni sat. Ovisno o složenosti, kvaliteti, a samim time i cijeni, pametni satovi imaju razne funkcije te mjere brojne parametre. Primjerice, gotovo svaki pametni sat može izmjeriti brzinu otkucaja srca (BOS) ili broj učinjenih koraka (BUK). Korištenjem vlastitoga uređaja pacijent, primjerice, može pristupiti podacima koji mogu biti vrlo korisni u praćenju zdravstvenoga stanja, ali i prevenciji progresije bolesti te tako na vrijeme zatražiti liječničku pomoć ako je to potrebno, ili naprosto poboljšati kvalitetu života mijenjanjem loših životnih navika. Korisnost pametnih satova

nesumnjivo je višestruka, no nameće se pitanje točnosti i relevantnosti takvih mjerenja, kao i razlike u mjerenju skupljim ili jeftinijim pametnim satom.

Puls je jedan od vitalnih znakova i važan je pokazatelj zdravstvenoga stanja, a opipljiv je na mjestima gdje su arterije pristupačne dodiru, tako i uz palčanu kost gdje se u pravilu nosi ručni sat (1). Varijabilnost srčanoga ritma od velike je važnosti za prognoziranje stanja pacijenta sa srčanim problemima (2-4). Senzori za određivanje brzine otkucaja srca u pametnim satovima koriste fotoelektričnu pletizmografiju (fotopletizmografiju) (5), neinvazivnu optičku metodu zasnovanu na mjerenju razlike intenziteta infracrvene zrake koja prolazi kroz kožu i tkivo pomoću fotodetektora (6). Promjene volumena krvi u donjemu dijelu podlaktice, uzrokovane pulsom, mjere se snopom svjetlosti i fotosenzitivnim sensorima kako bi se proizveo signal koji se koristi za procjenu BOS-a (5). Signal dobiven iz fotodetektora proporcionalan je promjeni volumena krvnih žila (4). Tehnologija utemeljena na fotopletizmografiji ima široku primjenu u komercijalno dostupnim uređajima korisnim u medicinskoj dijagnostici, obuhvaća uređaje za mjerenje zasićenosti krvi kisikom, krvnoga tlaka i minutnoga volumena srca, kao i za detekciju perifernih vaskularnih bolesti. Mjereći otkucaje srca u mirovanju, tehnologija pametnih satova može biti vrlo korisna u detekciji fibrilacije atrijske, najčešće aritmije u ljudskoj populaciji (5).

Tehnologija pametnih satova donijela je brojne mogućnosti praćenja fizičkih aktivnosti, između ostaloga i BUK-a, uz druge parametre relevantne za zdravlje. Sve se češće provode studije o uporabi pametnih satova i usporedbe točnosti mjerenja različitih modela, kako bi se ti uređaji uspješno koristili u terapiji, samostalnome praćenju zdravstvenoga stanja ili predstavljanju prikupljenih podataka liječniku. Jedno od istraživanja točnosti mjerenja BUK-a proveo je tim stručnjaka u Velikoj Britaniji. Analizirali su BUK u normalnom i sporom tempu kod dvadeset zdravih sudionika (7). Rezultati su odražavali visok stupanj točnosti za BUK na ravnoj površini, ali za kretanje po stubama bili su netočni (7). Pametni satovi za brojanje koraka najčešće koriste akcelerometar s tri osi (8). Akcelerometar uz posebne algoritme za analizu pruža softveru informaciju u kojemu je pravcu okrenut uređaj, a kao što naziv sugerira, mjeri promjenu brzine u jedinici mjerenja (9). Osim akcelerometra, uređaji korišteni za praćenje tjelesne aktivnosti u pametnim satovima obuhvaćaju žiroskope, kompase, GPS, barometarske visinomjere i drugo (10). Žiroskop, primjerice, potencijalno može poboljšati točnost mjerenja uređaja mjerenjem gravitacijskoga ubrzanja, orijentacije i kutne brzine i time bolje procijeniti vrstu aktivnosti (11). Akcelerometar, žiroskop i kompas mogu biti tri odvojena dijela opreme ili se mogu kombinirati u zajednički senzor pokreta (10).

Passing-Bablok regresijska analiza (PBRA) statistička je metoda koja omogućuje provjeru podudarnosti dviju analitičkih metoda te prisutnost sustavne razlike u mjerenju među njima (12). Ta regresijska analiza tip je linearne regresije u kojoj nema zavisne i nezavisne varijable, a preduvjeti za izvođenje su numeričke varijable koje su međusobno u linearnom odnosu (13). Rezultati se prikazuju u koordinatnom sustavu. Na os x nanose se rezultati dobiveni jednom , a na os y drugom metodom. Rezultat PBRA-e regresijski je pravac s pripadajućim intervalima pouzdanosti (13). Intervali pouzdanosti identificiraju konstantno ili proporcionalno odstupanje između metoda, odnosno služe za procjenu točnosti rezultata (12). Kako je uvjet za korištenje PBRA-e linearan odnos između dvije ispitivane varijable, potrebno je ispitati linearnost Cusumovim testom.

Pomoću PBRA-e moguće je ispitati razliku u mjerenjima BOS-a i BUK-a između dva pametna sata, što bi djelomično dalo odgovor na pitanje o razini pouzdanosti pametnih satova koji se mogu koristiti kao amaterski uređaji za samostalno praćenje zdravstvenoga stanja. Stoga je cilj ovoga istraživanja ispitati potencijalnu razliku između mjerenja skupim i jeftinim pametnim satom, iz čega bi se moglo zaključiti kolika je opreznost potrebna pri uvažavanju i interpretaciji podataka dobivenih takvim mjernim uređajima u svrhu procjene vlastitoga zdravlja.

Ispitanici i metode

Kako je minimalni broj mjerenja za PBRA 50 parova mjerenja na dva različita mjerna uređaja, odnosno dva pametna sata, za potrebe ovoga istraživanja napravljeno je 56 parova mjerenja BOS-a te isto toliko mjerenja BUK-a usporednim praćenjem rezultata na oba pametna sata. Jedan je sat bio postavljan na lijevu ruku, drugi na desnu, uz povremeno premještanje. Premještanje satova radilo se zbog smanjenja eventualne razlike, iako takva razlika nije bila očekivana.

Mjerenja BUK-a rađena su pri različitim aktivnostima. Dio je napravljen pri laganoj šetnji i ubrzanome hodu, a dio pri trčanju i drugim oblicima kretanja. Trajanje aktivnosti bilo je različito, kao i vrijeme izvođenja. Oba su sata u isto vrijeme bila pokrenuta i započela bi aktivnost. Svaki sat kompatibilan je s odgovarajućom aplikacijom koja je prikupljala i analizirala podatke. Pametni satovi su za povezivanje s aplikacijama koristili Bluetooth, a za točnije praćenje lokacije i rute GPS. Nakon dolaska na zamišljeni cilj pojedino mjerenje bilo bi prekinuto te je zapisan trenutni rezultat. Na taj su način opetovano obavljana mjerenja navedenih aktivnosti. Kretanje rukama u najvećoj su mjeri ujednačavane, radi mogućnosti pretvaranja zamaha rukom u korak. BOS je mjereno nakon završetka hodanja, u mirovanju ili nakon tjelovježbe i različitih fizičkih napora. Mjerenja BOS-a bilo bi pokrenuto na oba sata te bi ostatak minute bio proveden u mirovanju, dok satovi ne pokažu konačan broj otkucaja. Sat je pri svakom mjerenju bio učvršćen uz ruku kako bi se smanjio utjecaj vanjskoga svjetla na senzore za mehanizam mjerenja pulsa. Kao jeftini pametni sat korišten je meanIT M7 (Slika 1), s aplikacijom Lefun Health, a kao skupi Amazfit GTR 2 (Slika 2), s aplikacijom Zepp. Okvirna cijena jeftinijega sata iznosila je oko 150 kn, a skupljega oko 1500 kn.



Slika 1. Pametni sat meanIT M7 (vlastiti izvor)

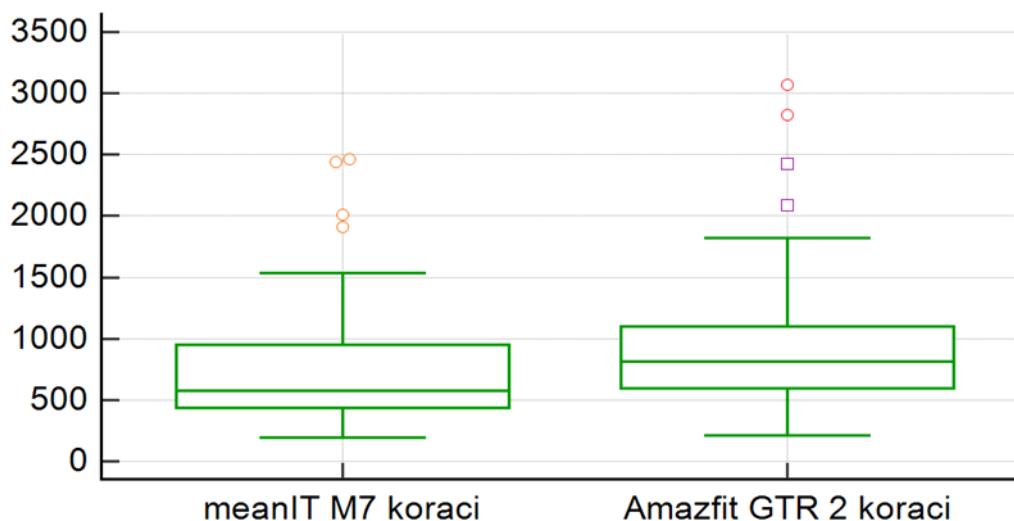


Slika 2. Pametni sat Amazfit GTR 2 (vlastiti izvor)

Za statističku obradu prikupljenih podataka korištene su standardne metode. Izmjerene numeričke varijable prikazane su medijanom i interkvartilnim rasponom. Mjerenja su bila zavisna, stoga je korišten neparametrijski Wilcoxonov test sume rangova. Za usporedbu mjerenja korištena je PBRA te za dodatnu kontrolu Spearmanov test korelacije. Rezultati su prikazani opisno te u grafikonima, a za statističku analizu korišten je program MedCalc (inačica 19.3., MedCalc Software bvba, Ostend, Belgija). Statistička značajnost postavljena je na 0,05 te su sve P vrijednosti dvostrane.

Rezultati

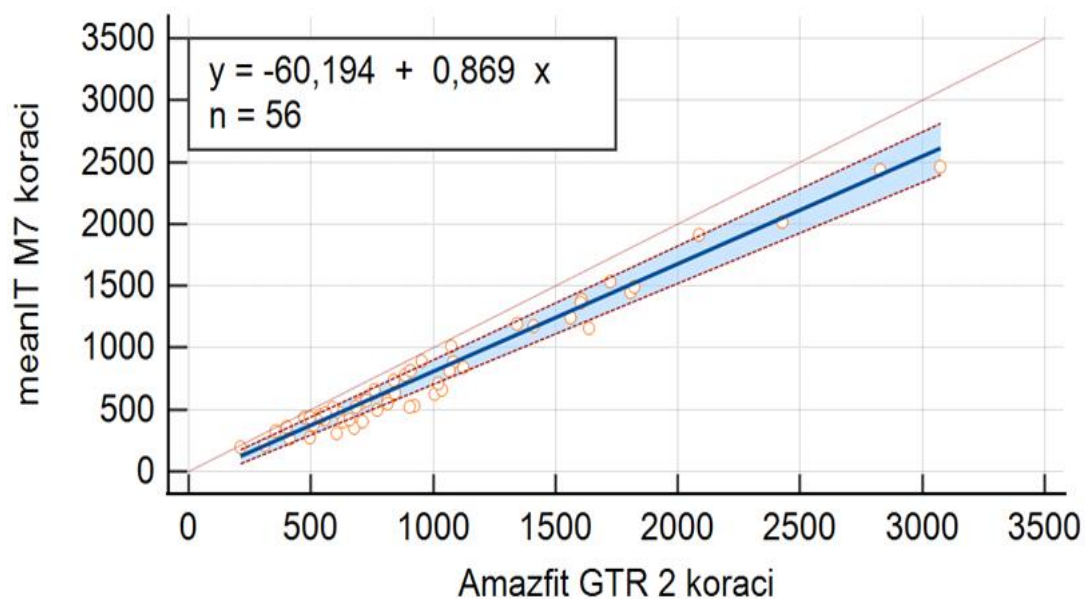
Uvodno je napravljeno probno mjerenje, radi dobivanja preliminarnoga uvida u točnost samih uređaja. Na 100 metara udaljenosti samostalno izbrojan BUK bio je 123, jeftiniji sat (meanIT M7) izmjerio je 115, a skuplji (Amazfit GTR 2) 132 koraka. Samostalno izmjeren broj otkucaja srca u minuti iznosio je 70, dok je ista vrijednost na jeftinijem satu bila 67, a na skupljemu 68.



Slika 3. Distribucija izmjerenih vrijednosti broja koraka pametnim satovima

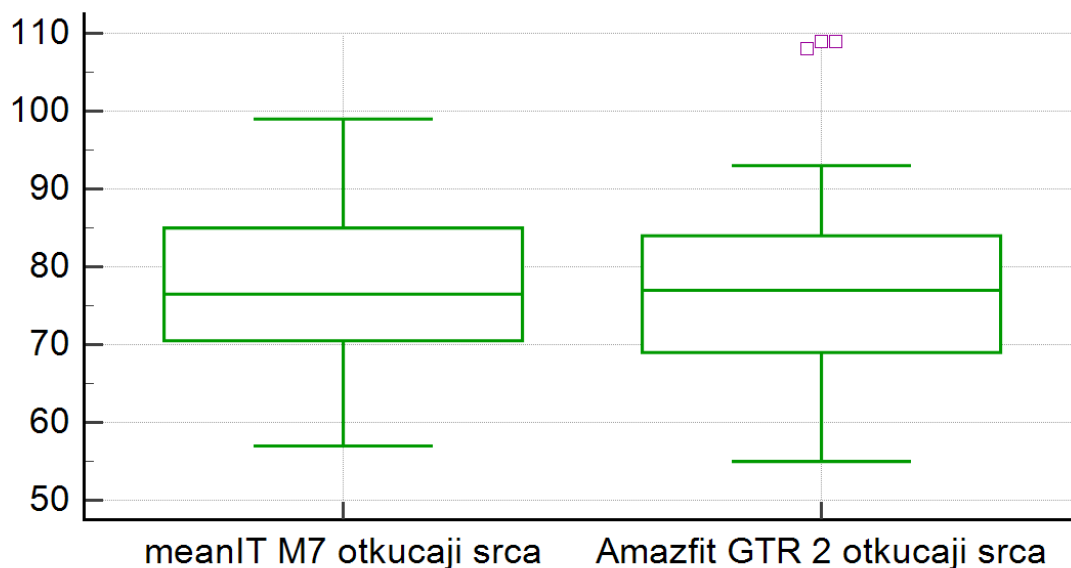
Daljnja analiza pokazala je značajnu razliku između mjerenja BUK-a s dva različita pametna sata (Wilcoxonov Test, $P < 0,001$), odnosno Amazfit GTR 2 pokazuje u prosjeku značajno više koraka (Slika 3), što potvrđuju i rezultati PBRA-e (Slika 4). Cusumov test pokazao je da nema značajnoga odstupanja od linearnosti ($P = 0,93$), što zadovoljava uvjet za korištenje PBRA-e. Spearmanov test korelacije ($Rho = 0,95$; $P < 0,001$) pokazuje visoku, pozitivnu i statistički značajnu povezanost između mjerenja (95 % CI: 0,92 do 0,97).

Provjerom intervala pouzdanosti za odsječak na osi y uočava se prisutnost konstantnoga odstupanja jer vrijednost 95 % CI ne obuhvaća 0. Prisutno je statistički značajno odstupanje između mjerenja dvije navedene metode, a pri mjerenju viših vrijednosti razlika se povećava. Kako 95 % CI koeficijenta smjera pravca ne obuhvaća 1, prisutno je također statistički značajno proporcionalno odstupanje između metoda. Regresijska linija ukazuje na postojanje otklona između regresijskoga pravca i linije identiteta te se otklon povećava mjerenjem viših vrijednosti broja koraka (Slika 4). Razlika mjerenja u medijanama iznosi 238, dok razlika u aritmetičkim sredinama iznosi 210,5 koraka, odnosno utvrđena je statistički značajna razlika u mjerenjima BUK-a između skupoga i jeftinoga pametnog sata.



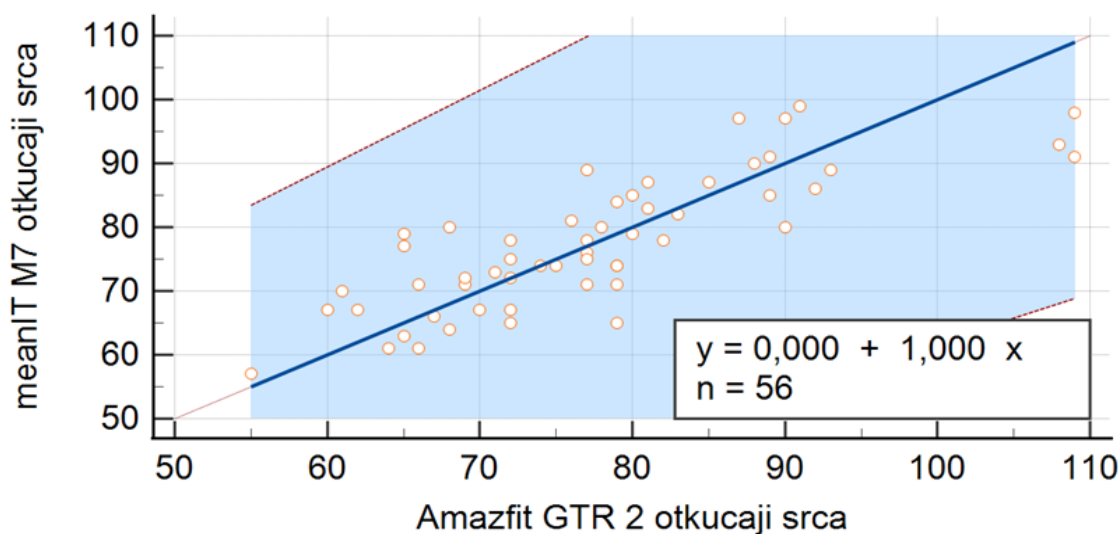
Slika 4. Grafički prikaz rezultata dobivenih Passing-Bablok regresijskom analizom

Analiza podataka nije pokazala značajnu razliku između mjerenja BOS-a pametnim satovima [Wilcoxonov Test, $P = 0,95$ (Slika 5)], što potvrđuju i rezultati PBRA-e (Slika 6). Zadovoljen je uvjet za korištenje PBRA-e, odnosno Cusumov test pokazao je da nema značajnoga odstupanja u linearnome odnosu između mjerenja BOS-a pomoću dva pametna sata ($P = 0,92$). Spearmanov test korelacije pokazao je statistički značajnu povezanost ($Rho = 0,77$; $P < 0,001$) između mjerenja brzine otkucaja srca (95 % CI: 0,63 do 0,86).



Slika 5. Distribucija izmjerenih vrijednosti brzine otkucaja srca pametnim satovima

Nadalje, 95 % CI odsječka na osi y obuhvaća 0, što znači da ne postoji statistički značajno konstantno odstupanje između metoda. 95 % CI koeficijenta smjera pravca obuhvaća 1, stoga možemo zaključiti da ne postoji statistički značajno odstupanje između metoda. Nije uočeno statistički značajno konstantno ni proporcionalno odstupanje u mjerenju BOS-a.



Slika 6. Grafički prikaz rezultata dobivenih Passing-Bablok regresijskom analizom

Rasprava i zaključak

Iako davno predstavljeni, pametni satovi u današnje doba još uvijek se smatraju modernom tehnologijom i još pronalaze svoje mjesto u široj primjeni. Mobilnost, jednostavnost rukovanja i brojne funkcije koje svakodnevnim radnjama čine zanimljivijima i jednostavnijima, samo su neki od razloga rastuće popularnosti pametnih satova. Tržište je s vremenom prihvaćalo sve više različitih pametnih uređaja s razlikama u cijeni, sadržaju, mogućnostima i kvaliteti. Iako se u opisima većine pametnih satova naglašava da to nisu profesionalni medicinski uređaji, ispituje se povezanost njihovih mjerenja s profesionalnim uređajima, primjerice u praćenju BOS-a, kao i različitosti izvedenih podataka iz pametnih satova različitih modela i proizvođača. Tako je ovo istraživanje bilo provedeno u svrhu ispitivanja razlike između dva nova pametna sata, od kojih je jedan bio skup, a drugi jeftin. Ispitivala se razlika u mjerenju BOS-a i BUK-a, a dobivene vrijednosti analizirane su PBRA-om.

Ovim istraživanjem potvrđeno je da postoji razlika u mjerenjima dva pametna sata, a veličina razlike ovisi o ispitivanoj funkciji. Pri probnom mjerenju meanIT M7 (jeftinija varijanta) pokazao je manji BUK u odnosu na samostalno brojanje ispitanika. Amazfit GTR 2 (skuplja varijanta) u istim je uvjetima pokazao veći BUK od meanIT M7 sata, a time i od BUK-a izbrojanoga od ispitanika. Nastavak istraživanja potvrdio je razliku, odnosno pokazalo se da skuplji sat mjeri značajno veći BUK od jeftinijega. Razlika je potvrđena i PBRA-om, odnosno regresijski pravac vizualno prikazuje odstupanje te se povećanjem BUK-a povećava i razlika između mjerenja.

U jednom ranijem istraživanju provedeno je ispitivanje razlike između mjerenja pametnim satom čiji je brojač koraka podatke dobivao iz akcelerometra i dva pametna sata s komercijalnim brojačima koraka. Prvi, nazvan ADAM - prema aplikaciji, specijaliziran je za mjerenje BUK-a u uvjetima sporoga i isprekidanog kretanja (14). Istraživanje je provedeno na više ispitanika, a rezultati su pokazali veliku sličnost u mjerenjima tri uređaja pri dugim, neprekinutim šetnjama, no pri sporim i isprekidanim šetnjama pametni sat specijaliziran za takve uvjete mjeri znatno točnije, s pogreškom od 5 %, što je znatno manje od 20 - 30 % pogreške preostala dva uređaja (14). Studija spomenuta u uvodu ovoga rada detektirala je znatne pogreške pri mjerenju BUK-a prilikom kretanja stubama, dok je visoka točnost

zabilježena pri kretanju po ravnoj površini (7). Vidljivo je da su rezultati studija različiti, ali ipak s rezultatima relevantnim ovisno o vrsti ispitivane aktivnosti. Ovisno o potrebnoj funkciji i mogućnostima pojedinca, moguće je pronaći dovoljno kvalitetan pametni sat,. U ovome se istraživanju pokazalo da postoji razlika u kvaliteti mjerenja skupim i jeftinim pametnim satom, no bilo bi dobro provesti dodatno istraživanje s profesionalnim uređajem kao kontrolom.

Što se tiče mjerenja BOS-a, probnim su mjerenjem dobivene slične vrijednosti, s razlikom od dva otkucaja za skupi i tri za jeftini sat u odnosu na samostalno određen BOS. Daljnji analizirani rezultati istraživanja nisu pokazali značajnu razliku mjerenja BOS-a između jeftinoga i skupoga pametnog sata. Iz jednadžbe regresijskoga pravca proizlazi kako nema konstantnoga ni proporcionalnoga odstupanja između mjerenja pojedinim satom, odnosno visok je stupanj podudarnosti mjerenja. Rezultati istraživanja razlike u mjerenju BOS-a između skupljega i jeftinijega pametnog sata upućuju na to da cijena uređaja ne mora nužno odrediti i kvalitetu. Jeftiniji sat pokazao se kao dosljedan u ovoj vrsti mjerenja te nije pokazivao značajne razlike u odnosu na skuplji sat. Nadziranje BOS-a pomoću pametnih satova moglo bi igrati važnu ulogu u bliskoj budućnosti jer suradnjom stručnjaka iz različitih područja takva vrsta tehnologije može znatno napredovati. Sve se češće provode istraživanja razlike između profesionalnih i amaterskih uređaja, pri čemu je amaterski uređaj upravo pametni sat koji mjeri parametre važne za fiziologiju i održavanje homeostaze ljudskoga tijela, u svrhu približavanja tehnologije široj populaciji, različitim dobnim skupinama, za učinkovitiju brigu o zdravlju, uočavanje pogoršanja kroničnoga stanja, aritmija i slično. Zanimljivo istraživanje točnosti senzora BOS-a pametnih satova provedeno je na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, pod pretpostavkom da se oni uvelike razlikuju od puno skupljih i složenijih profesionalnih uređaja (4). Dobiveni rezultati upućuju na zaključak da su senzori ispitivanih pametnih satova sukladni profesionalnim uređajima (4). Naravno, treba uzeti u obzir ispitivani model, ali to se može saznati samo usporedbom s kontrolnim validiranim uređajem. Također, prilikom mjerenja potrebno je paziti na ispravnost tehnike, jer i male pogreške mogu dovesti do promjene podataka koje će pametni sat prikazati. Pametni sat trebao bi biti sigurno učvršćen na mjestu, kako bi se minimalizirali artefakti koji mogu nastati pomicanjem fotopletizmografske sonde po tkivu, primjerice artefakt nastao interferencijom ambijentalnoga svjetla (6). Jedno je ispitivanje četiri pametna sata usporedbom s profesionalnim uređajem za mjerenje srčane aktivnosti kao kontrolom, pokazalo da nijedan pametni sat nije bio točan koliko profesionalni uređaj, no zamijećena je puno veća učinkovitost mjerenja pri mirovanju, uz smanjenje prilikom fizičke aktivnosti (15).

Upotreba pametnih satova ima velik potencijal za budućnost, posebno u praćenju stanja pacijenata s aritmijom ili rizikom od kardiovaskularnih bolesti. Pametni satovi dostupni su široj populaciji, daju mogućnost samostalne analize i prikupljanja podataka o zdravstvenom stanju. Velika im je prednost mobilnost i jednostavnost korištenja. U novije vrijeme potiče se rasterećenje zdravstvenih ustanova, kao i skrb za stare i bolesne unutar obitelji. Primjer je pandemija Sars-Cov-2, pri kojoj su oslonac bile tehnologija i telemedicina. Nosivi uređaji poput pametnih satova u budućnosti bi mogli igrati značajnu ulogu u samostalnom praćenju zdravstvenih parametara. Kao što su rezultati ovoga istraživanja pokazali, pametni uređaji razlikuju se ovisno o cijeni i složenosti, ali ponajprije odabranoj funkciji, jer svaki uređaj ima svoje prednosti i nedostatke, što ne mora određivati samo cijena. Tako su mjerenja BUK-a prilično odstupala, dok su s druge strane mjerenja BOS-a prilično usklađena te nije uočena statistički značajna razlika između mjerenja jeftinim i skupim pametnim satom. Međutim, treba uzeti u obzir da se ovim istraživanjem nije utvrđivalo koji pametni sat mjeri ispravno, kao i da nije poznata točna vrijednost pojedinih mjerenja BOS-a i BUK-a.

Potrebna su daljnja istraživanja koja bi pokazala koji je sat točniji te koliko odstupa od stvarnih vrijednosti, odnosno potrebno je usporediti satove s nekim referentnim, umjerenim mjernim uređajem definirane točnosti. Plan je u nastavku ovoga istraživanja uključiti i neke druge,

poznatije i manje poznate marke satova te svakako ponoviti istraživanje uključivanjem većega broja ispitanika. Zaključno, pametni sat može se koristiti u privatne svrhe radi okvirnoga praćenja fizikalnih veličina, no ostaje upitna njegova točnost kao potencijalnoga medicinskodijagnostičkoga uređaja.

Literatura

1. Hrvatska enciklopedija mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža; 2021. dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=51083>, pristup 29. kolovoza 2021.
2. Nenormalni srčani ritmovi, Medicinski priručnik za pacijente. MSD; 2014. dostupno na: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-za-pacijente/bolesti-srca-i-krvnih-zila/nenormalni-srcani-ritmovi>, pristup 1. rujna 2021.
3. Laskowski ER, What's a normal resting heart rate? Expert answers at Mayo Clinic; 2020. dostupno na: <https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/fitness/expert-answers/heart-rate/faq-20057979>, pristup 1. rujna 2021.
4. Pejak I, Otočan D, Horvat M. Primjena android wear pametnih telefona s fotopletizmografskim senzorima u biofeedback terapiji. Polytechnic and design 2017; 2:133-141.
5. Isakadze N, Martin SS. How useful is the smartwatch ECG? Trends Cardiovasc Med 2020; 7:442-448.
6. Allen J, Photoplethysmography and its Application in Clinical Physiological Measurement. Physiol Meas 2007; 3:R1-39.
7. Ahanathapillai V, Amor JD, Goodwin Z, James CJ. Preliminary study on activity monitoring using an android smart-watch, Healthc Technol Lett 2015; 1:34-39.
8. Reeder B, David A. Health at hand: A systematic review of smart watch uses for health and wellness. J Biomed Inform 2016; 63:269-276.
9. Lashkari. C. How do wearable fitness trackers measure steps? News-Medical.Net 2019; dostupno na: <https://www.news-medical.net/health/How-do-wearable-fitness-trackers-measure-steps.aspx>, pristup 1. rujna 2021.
10. Vračun J. Moderna tehnologija za praćenje tjelesne aktivnosti. Varaždinski učitelj 2021; 6:355-363.
11. Henriksen A, Mikalsen MH, Woldaregay AZ, Muzny M, Hartvigsen G, Hopstock LA i sur. Using Fitness Trackers and Smartwatches to Measure Physical Activity in Research: Analysis of Consumer Wrist-Worn Wearables. J Med Internet Res 2018; 3:e110.
12. Bilić-Zulle L. Comparison of methods: Passing and Bablok regression. Biochem Med 2011; 1:49-52.
13. Topić E, Primorac D, Janković S, Štefanović M, i sur. Medicinska biokemija i laboratorijska medicina u kliničkoj praksi, 2. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2018.
14. V. Genovese, A. Mannini, A. M. Sabatini. A Smartwatch Step Counter for Slow and Intermittent Ambulation. IEEE Access 2017; 5:13028-13037.
15. Wang R, Blackburn G, Desai M, Phelan D, Gillinov L, Houghtaling P, i sur. Accuracy of Wrist-Worn Heart Rate Monitors. JAMA Cardiol 2017; 1:104-106.