

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

2024

Emma Laapotti

# Unen seurannan teknologia nykypäivänä



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Tieto- ja viestintätekniikka

2024 | 36 sivua

Emma Laapotti

## Unen seurannan teknologia nykypäivänä

Riittävä lepo on osa terveellisiä elämäntapoja ja nykypäivänä teknologia mahdollistaa meille omatoimisesti hyvinvoinnin tutkimisen kotona.

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää mitä unen seurannan teknologiaa kuluttajille myytävissä laitteissa on ja kuinka kuluttajille myytävät laitteet eroavat kliinisestä tutkimisesta.

Työssä selvitettiin Oura-älysoemuksen ja Withings Sleep Analyzer -unisenorin käyttämää teknologiaa aikaisempien tutkimusten pohjalta. Selvitetiin myös, kuinka niiden suorituskyky vertautuu unen seurannan kultaiselle standardille eli unipolygrafialle.

Tuloksista selvisi, että molemmat laitteet vastaavat unipolygrafian mittaamistarkkuutta, mutta datan keruuta kuluttajille myytävistä laitteista ei reguloida valtiollisen tahon toimesta. Tulosten perusteella voitiin kuitenkin päätellä, että kuluttajille myytäviä laitteita voitaisiin hyödyntää enemmän terveydenhuollossa niiden ei-invasiivisuuden ja alhaisten kustannuksien ansiosta.

Kuluttajille myytävät unen seurannan laitteet muuttuvat jatkuvasti kehityksen ja tutkimuksen myötä ja yritykset voivat päivittää tuotteidensa algoritmeja milloin tahansa. On siis aiheellista, että selvitystyötä jatketaan tulevaisuudessakin sillä jo tehdyt tutkimukset voivat vanhentua nopeasti.

Asiasanat:

Uni, puettava teknologia, unisenori, älysoemuks, unen seuranta

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Information and Communications Technology

2024 | 36

Emma Laapotti

## A Current Review of the Technology of Sleep Monitoring

As sufficient amount of sleep is a part of a healthy lifestyle and the technology available today enables us to study our own sleeping habits at home. The purpose of this thesis was to find out what sleep monitoring technology is available in consumer devices and how consumer devices differ from clinical research.

The study examined through previous research the technologies used by the Oura sleep ring and the Withings Sleep Analyzer sleep sensor and examined how their performance compares to the gold standard for sleep monitoring, the polysomnography.

The results indicated that both devices achieve measurement accuracy comparable to polysomnography. However, it is important to note that data collection in consumer-grade devices is not regulated by the government. Nevertheless, the findings suggest that consumer technologies could be more extensively utilized in healthcare settings due to their non-invasiveness and cost-effectiveness.

Consumer technologies are constantly evolving through development and research, and companies can update the algorithms in their products whenever. It is, therefore, appropriate that this research continue in the future, as studies already carried out can quickly become outdated.

Keywords:

Sleep, wearable technology, sleep sensor, smart ring, sleep monitoring

# Sisältö

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sanasto</b>                                      | <b>6</b>  |
| <b>1 Johdanto</b>                                   | <b>8</b>  |
| <b>2 Uni</b>  | <b>10</b> |
| 2.1 Unen rakenne                                    | 10        |
| 2.2 Parasomniat ja muut uneen liittyvät häiriöt     | 11        |
| <b>3 Unen fysiologia ja mittaamisteknologia</b>     | <b>15</b> |
| 3.1 Unen kliiniset tutkimukset                      | 15        |
| 3.2 Sydämen syke ja mittaaminen                     | 17        |
| 3.3 Hengitys ja kehon lämpötila                     | 18        |
| 3.4 Liikeanturit                                    | 19        |
| 3.5 Algoritmit ja koneoppiminen                     | 20        |
| <b>4 Puettava teknologia</b>                        | <b>21</b> |
| 4.1 Oura-sormus                                     | 21        |
| 4.2 Withings Sleep Analyzer -unisensori             | 23        |
| <b>5 Unisensorit ja lääkinälliset laitteet</b>      | <b>25</b> |
| 5.1 Ongelmia kuluttajien käyttämissä unisensoreissa | 25        |
| 5.2 Tulevaisuuden näkymät                           | 27        |
| <b>6 Yhteenveto</b>                                 | <b>29</b> |
| <b>Lähteet</b>                                      | <b>31</b> |

## Kuvat

|   |    |
|---|----|
| Kuva 1. Sydänfilmi kuvaa sydämen sähköistä toimintaa (Terveyskylä). | 17 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| Kuva 2. Oura-sormus (Oura 2024).                             | 21 |
| Kuva 3. Withings Sleep Analyzer -unisensori (Withings 2024). | 23 |

## Sanasto

|              |   |
|--------------|---|
| Apnea        | Hengityskatkos unen aikana, joka on yli 10 sekuntia (Bäck & Bachour 2015).  |
| Bland-Altman | Bland-Altmanin menetelmää pidetään kahden eri mittausmenetelmän välisen arvioinnin standardina (Mansournia ym. 2020)    |
| Bluetooth    | Pienitehoinen radio, joka lähettää dataa 2,4 GHz:n lisensoimattomalla taajuusalueella (Bluetooth 2024)                  |
| FDA          | Food and Drug Administration, Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto (FDA 2023)                                      |
| EBE          | Epoch-by-epoch, eli epookkien vertailu keskenään eri laitteista (Chinoy ym. 2021)                                       |
| EEG          | Aivojen sähköinen toiminta (Partinen 2019)  |
| EKG          | Sydämen toimintaa kuvaava filmi (Terveyskylä 2024)  |
| EMG          | Raajojen lihasjänteyden mittaus (Partinen 2019)   |
| EOG          | Silmien liikkeiden mittaus (Partinen 2019)  |
| Hypopnea     | Hengitysvirtauksen vähentyminen $> 30\%$ ja happisaturaation lasku $\geq 3\%$ yli 10 s ajan (Bäck & Bachour 2015)       |
| Melatoniini  | Hormoni, joka aiheuttaa väsymyksen tunnetta ja rytmittää sisäistä kelloa tahdistuen vuorokausirytmia (Terveystalo 2024) |
| NREM         | Non-rapid eye movement-uni, muu kuin vilkeuni (Patel ym. 2024)  |
| Oreksiini    | Välittäjäaine, joka toimii REM-unen vakiinnuttaja ja valveen säätelijänä (Sarkanen 2021)                                |

|           |   |
|-----------|---|
| PCR-testi | Polymeraasiketjureaktiotesti on tyypiltään nukleiinihapon monistustesti (NAAT), jota käytetään koronavirustartuntojen testaamiseen (CDC 2023) |
| REM       | Rapid eye movement-uni, vilkeuni (Patel ym. 2024)   |
| TST       | Total Sleep Time, kokonaisuniaika (de Zambotti ym. 2017)  |
| WASO      | Wake After Sleep Onset, herääminen unen alkamisen jälkeen (de Zambotti ym. 2017)  |

# 1 Johdanto

Puettava teknologia on yhä enemmän läsnä länsimaaisessa yhteiskunnassa. Kuluttajat ovat kasvavassa määrin kiinnostuneita seuraamaan terveytensä eri osa-alueita, mukaan lukien unta. (de Zambotti ym. 2016.)

Omaa unta voi seurata kotona erilaisilla laitteilla, joista tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Oura-sormusta ja Withings Sleep Analyzer -unisensoria, joka sijoitetaan patjan alle. Unen seuranta toteutetaan myös lääkinällisinä tutkimuksina esimerkiksi unipolygrafiana, jonka avulla voidaan diagnosoida unen aikana ilmeneviä sairauksia, kuten uniapneaa tai yöllistä epilepsiaa. (Partinen 2019.)

Koska ihminen nukkuu lähes kolmanneksen elämästään (Colten & Altevogt 2006), uni vaikuttaa kaikkeen hyvinvoinnissamme. Puettava teknologia on ollut yksi suosituimmista Fitness-trendeistä vuodesta 2016 lähtien. Tutkittuaan Amazonissa myynnissä olevaa Fitbit One -älykellon asiakasarviointeja viiden vuoden ajalta yhdeksi pääteemaksi tunnistettiin unen seuranta. Monet olivat kaivanneet mahdollisuuksia unen seurantaan kotona. (Chong ym. 2020.)

Kuluttajille on kasvavassa määrin saatavilla erilaisia tuotteita, joiden avulla voidaan seurata omaa unta. Moni ei kuitenkaan tiedä miten unen seuranta toimii puettavassa teknologiassa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia selvitys kahdesta erilaisesta teknologiaratkaisusta, joita käytetään unen seurannassa ja samalla selvittää, kuinka laitteiden mittaustarkkuutta tutkitaan. Selvitystyö tehtiin tarkastelemalla aikaisempia tieteellisiä tutkimuksia ja artikkeleita, joissa on hyödynnetty Oura-sormusta ja Withings Sleep Analyzer -unisensoria. Laitteiden lisäksi selvitettiin yleistä tietoa unesta ja sen fysiologiasta sekä unihäiriöistä.

Näkökulmaa rajattiin tutkimalla vain kahta tuotetta, jotka keskenään eroavat toisistaan. Markkinoilla on lukuisia erilaisia älykelloja, jotka ovat samankaltaisia Oura-sormuksen kanssa, joten selvityksessä keskitytään vain yhteen kädessä pidettävään sensoriin. Withings Sleep Analyzer -unisensori valikoitui toiseksi



tuotteeksi, koska sitä ei kiinnitetä kehoon. Tutkittavaksi valittujen tuotteet eroavat keskenään toisistaan, jolloin selvitystyö unen seurantaan käytettävästä teknologiasta olisi suurempi.

## 2 Uni

Unen aikainen tila puhdistaa aivoja, kun aivo-selkäydinneste huuhtelee soluvälitiloja syvemmältä. Syvimmissä univaiheissa hermosolujen kytkennät paranevat ja soluvauriot pääsevät korjaantumaan. Uni on sisäisen vuorokausirytmien säätelemä, johon vaikuttavat valo, päivän erilaiset rutiinit ja esimerkiksi työelämä. (THL 2024).

Valvoessa ja ihmisen unipaineen kasvaessa myös nukahtamisen todennäköisyys kasvaa. Vireystaso vaihtelee päivän aikana esimerkiksi syömisen jälkeen tai pitkään paikallaan istumisen jälkeen. Väsyneenä ihmisen keskittymiskyky heikkenee ja muisti huononee. Myös kyky arvioida omaa toimintaa realistisesti heikkenee ja alttius tehdä virheitä kasvaa. Väsymys voi johtua esimerkiksi stressistä, valvomisesta tai unihäiriöstä. (Partonen 2023.)

Ihmiset voivat olla luonnostaan aamu- tai iltavirkkuja (Partinen 2019). Ihmisten kronotyyppi eli vuorokausityyppi yleisesti asettuu näiden ääripäiden välille. Mieltymys ohjaa meidän päivittäistä toimintaamme kellonajan suhteen. Kronotyypin voi määritellä myös ruumiinlämmön avulla, kun se mitataan vuorokausirytmien huipun tai alhon aikana. (Partonen 2023.)

### 2.1 Unen rakenne

Uni koostuu eri unenvaiheista. Nämä vaiheet luokitellaan torkeuneen, kevyeen uneen, syvään uneen ja vilkeuneen eli REM-uneen. Torkeuni on valveen ja unen välimaasto. Syvän unen aikana fyysinen keho lepää. REM-unen aikana aivot kertaavat kuluneen päivän tunnetiloja ja kokemuksia. Unet nähdään suurelta osin REM-unen aikana. Unisyklot kiertävät ja yön aikana REM-unen lisäksi kevyt uni ja syvä uni vuorottelevat. (Partinen 2019.) Yleisesti näistä unisykleistä puhutaan REM-unesta ja NREM-unesta, joka kattaa torkeunen, kevyen unen ja syvän unen (Patel ym. 2024). Ensimmäinen unisykli kestää yleensä noin 70–100 minuuttia ja tämän jälkeen seuraavat syklot ovat kestoaltaan

pidempiä, noin 90–120 min. NREM-uni on noin 75–80 % kokonaisuniajasta ja REM-uni kattaa loput 20–25 %. (Colten & Altevogt 2006.)

Unisykliä aikana kehossa tapahtuu fysiologisia muutoksia. Nukahtamisen edetessä syke ja kehon lämpötila laskevat ja keho rauhoittuu. Syvän unen jälkeen REM-unessa esiintyy satunnaisia lihasten liikkeitä ja äkillisiä silmän liikkeitä. REM-unessa aivot ovat aktiivisena ja käyttävät lisääntyvässä määrin happea sekä syke ja verenpaine heittelevät. (Patel ym. 2024)

Ikääntyminen vaikuttaa nukkumistottumuksiin ihmisen koko elinkaaren aikana. Vastasyntyneet nukkuvat ilman vakiintunutta rytmiä 16–18 h päivässä muutamien tuntien sykleissä. Vuorokausirytmii alkaa kehittymään noin 2–3 kk iässä, joka pitkittää valoisana aikana valveillaoloa ja pimeällä pidentää unijaksoja. Unen tarve jatkaa pienenemistä vanhetessa ja murrosiässä unentarve laskee 9–10 tuntiin yössä. Samalla myös REM-unen määrä laskee. Aikuisiässä iän myötä heräämisaika aikaistuu ja unen vakiintuminen heikentyy. Keskimäärin vanhemmat aikuiset menevät aikaisemmin nukkumaan, kuin nuoremmat aikuiset. (Colten & Altevogt 2006.)

## 2.2 Parasomniat ja muut uneen liittyvät häiriöt

Parasomniat ovat unenaikaisia erityishäiriöitä, jotka ilmentyvät uneen liittyvänä poikkeavana liikehdintänä, käytöksenä tai tuntemuksena. Niiden yhteydessä esiintyy sensorisia, motorisen tai autonomisen hermoston muutoksia. (Hublin 2005.)

Behavioraalinen unioireyhtymä eli RBD ilmenee REM-unen aikana, jolloin kehon lihasjänteys ei ole nukkujalla heikentynyt. Tällöin liikkumiskyky on edelleen tallella. Oireilu ilmenee yleensä väkivaltaisessa unessa, jossa uneksijan aktiivisuus liittyy pakenemiseen tai puolustautumiseen. Uneksija saattaa potkia, lyödä tai lähteä liikkeelle sängystä pakoyrityksen yhteydessä. (Hublin 2005.)

Muita REM-unen aikana ilmeneviä parasomnioita ovat esimerkiksi painajaiset ja unihalvaukset. Painajaiset ovat ahdistavia unia, jotka ilmenevät esimerkiksi voimistuvina pelkotiloina, lopulta herättäen nukkujan. Painajaisessa ei kuitenkaan yleensä esiinny kehon liikkumista ja herääminen on normaalia. Unihalvaukset ovat nukahtaessa tai herätessä ilmenevä tila, jolloin raajojen tahdonalainen liikuttaminen on mahdotonta. Tila ilmenee noin muutaman minuutin ajan ja toimintakyky palautuu yleensä itsestään. (Hublin 2005.)

Uniapnea on yksi nopeimmin lisääntyneistä ei-tarttuvista sairauksista terveydenhuollossa ja jopa neljännesmiljoona suomalaisista kärsii siitä (Partinen 2019). Uniapnean muotoja ovat obstruktiivinen ja sentraalinen uniapnea. Obstruktiivista uniapneaa sairastavalla ilmenee unen aikana hengityskatkoksia, jotka johtuvat ylähengitysteiden ahtauden vuoksi. Tällöin sisään- ja uloshengitys estyy hetkellisesti. Näiden toistuvien hengityskatkosten vuoksi uni jää katkonaiseksi ja pinnalliseksi, joka esiintyy valveilla ollessaan poikkeuksellisen voimakkaana väsymyksenä, päänsärkynä ja muistihäiriönä. Sentraalisessa uniapneassa apneoita ja hypopneoita aiheuttaa aivojen hengityskeskukseen säätelyhäiriö, jolloin ylähengitystiet pysyvät auki, mutta hengitysliikettä ei tapahdu. Sentraalista uniapneaa esiintyy sydämen tai munuaisten vajaatoiminnan ja opioidien käytön yhteydessä. Sekamuotoisessa uniapneassa esiintyy kummankin eri uniapnean oireita yhdessä. (Aro ym. 2019.) Uniapnean oireita voidaan hoitaa uniapneakiskolla tai CPAP-hoidolla eli yläpainehengityshoidolla. (Honkanen 2023.) Hoitamaton uniapnea etenkin vaikea-asteisena lisää 3–6-kertaisesti kuolleisuutta aivoverenkiertohäiriöön, keuhkovaltimoverenpainetautiin ja sydän- ja verisuonisairauksiin (Hengityслиitto n.d.).

Narkolepsia on neurologinen liikaunisuussairaus, jonka keskeisiä piirteitä ovat nukahtelutaipumus ja väsymys. Tyypillisiä oireita ovat poikkeavan voimakas päiväaikainen väsymys ja lisääntynyt taipumus nukahtaa passiivisissa tilanteissa, kuten autoa ajaessa tai tv:tä katsoessa. Narkolepsia voidaan jakaa kolmeen eri alamuotoon, tyyppin 1, tyyppin 2 ja sekundaariseen narkolepsiaan. Tyyppin 1 narkolepsia on autoimmuunisairaus, jolloin elimistön omat

puolustusmekanismit tuhoavat virheellisesti omia rakenteita. Reaktio kohdistuu hypotalamukseen aivojen keskiosassa, jossa se kohdistuu oreksiinia tuottaviin hermosoluihin. Tyypin 2 narkolepsiassa ei esiinny oreksiinin puutosta ja sen aiheuttajaa ei tunneta. Sekundaariseen narkolepsiaan syynä voi tyypillisesti olla esimerkiksi aivovamma, aivokasvain, aivoverenkiertohäiriö tai MS-tauti. Oreksiinipitoisuus voi olla pienentynyt tämän tyypin yhteydessä. (Sarkanen 2021; Partinen ym. 2018.)

Unettomuudella tarkoitetaan häiriötilaa, jonka pääasiallisina vaivoina on nukahtamisen vaikeudet, unessa pysymisen vaikeus ja unesta kesken herääminen. Liikaunisuudessa häiriötilan vaivana on pääasiallisesti liiallinen väsymys. Nukutusta unesta ei virkistytä, vaikka se olisi kestoaltaan normaalia pitempi. Unen jäädessä huonolaatuiseksi se ei virkistä tarpeeksi ja kerryttää univelkaa. Univelka kertyy, kun henkilö ei saa tai ehdi nukkua tarpeeksi. (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2024.) Väestötasolla jopa 33 % ihmisistä kärsii ohimenevästi poikkeavasta väsymyksestä (Partonen 2023).

Unen ulkopuolella vaikuttavat häiriöt ovat esimerkiksi stressi ja masennus. Uni on tärkeä mekanismi stressistä toipumiseen ja pitkittyneenä voi aiheuttaa kroonista univajetta. Krooninen univaje altistaa sairauksille, kuten masennukselle tai metaboliseen oireyhtymän eri tyypeille. Pitkittynyt stressi lisää vireyttä, jolloin nukahtaminen ja unessa pysyminen hankaloituu. (Paunio & Porkka-Heiskanen 2008.)

Masentuneen uni poikkeaa terveen nukkumasta unesta monin tavoin. Masentuessa uni muuttuu yleensä mieltä virkistämättömäksi. Nuorilla masentuneilla ilmenee useimmiten liikaunisuutta ja vanhemmiten unettomuutta. Masentuneen yöunessa ei nähdä tavallisesti perusunesta vilkeuneen kiertäviä syklejä. Vilkeunen määrä on tavallista runsaampaa ja masentunut saattaa jopa suoraan nukahtaa siihen. Tämä voidaan havaita unipolygrafialla. (Partonen 2019.)

Havahtumishäiriöt esiintyvät pääsääntöisesti syvän unen aikaan ja näistä ei jää tarkkaa muistikuvaa jälkikäteen. Häiriöt esiintyvät usein suvuittain.

Havahtumishäiriöksi luokitellaan esimerkiksi sekavuushavahtuminen, unissakävely ja unikauhukohtaus. Sekavuushavahtuminen eli unihumala eroaa muista häiriöistä, sillä siihen ei liity kauhua tai sängystä poistumista. Häiriö ilmenee nukkujan oudosta käytöksestä kesken unen esimerkiksi herätyskelloon vastaaminen kuin se olisi puhelin. Häiriöön liittyy myös sekavaa puheensisältöä ja ääntelyä. Unissakävelyssä eli somnambulismissa nukkuja lähtee usein liikkeelle sängystään ja vaeltaa kotonaan. Unissakävelyssä saatetaan myös tehdä ruokaa tai lähteä kotiovesta ulos asti. Unissakävely on vaaratonta, mutta tapaturmariski on kuitenkin merkittävä vähäisen vireyden takia ja liikkuminen usein kömpelöä. Kävelyn kesto on yleensä alle 15 min. Unikauhukohtauksessa erityispiirre on voimakas kauhureaktio. Kohtaus alkaa usein huudolla ja nukkuja vaikuttaa olevan suuren kauhun vallassa. Nukkujan autonominen hermosto on voimakkaasti toiminnassa, jolloin syke ja hengitys kiihtyy ja silmien mustuaiset ovat laajentuneet. Kohtaus on yleisesti ohi viidessä minuutissa ja tämän jälkeen potilas nukahtaa uudelleen. (Hublin 2005.)

### 3 Unen fysiologia ja mittaamisteknologia

Unen aikaisia häiriöitä tutkitaan ja diagnosoidaan lääkärien toimesta erilaisilla tutkimusmenetelmillä. Tutkimusmenetelmät voivat olla esimerkiksi uni- tai yöpolygrafia, erilaisia univiivetutkimuksia tai kyselylomakkeita, kuten STOP-BANG-kysely. (Aro ym. 2019.)

#### 3.1 Unen kliiniset tutkimukset

STOP-BANG-kyselyä käytetään uniapnean todennäköisyyden arviointiin ennen yöpolygrafian määräämistä potilaalle (Aro ym. 2019). Kyselyssä selvitetään mitä yleisiä uniapnean oireita potilaalla esiintyy. Selvitettäviä oireita ovat esimerkiksi äänekäs kuorsaaminen, päiväsaikaan esiintyvä väsymys, mahdolliset hengityskatkokset, korkea verenpaine, painoindeksi, ikä, kaulan ympäryys ja sukupuoli. Kohdan täyttyessä saa yhden pisteen. Uniapnean todennäköisyys tulisi huomioida, jos kyselystä saa 3 pistettä tai enemmän. Sukupuolesta saa yhden pisteen, jos vastaaja on miespuolinen. (Uniapnea (obstruktiivinen uniapnea aikuisilla): Käypä hoito -suositus 2022.)

Yöpolygrafiassa tutkittavalta kerätään tietoa suun ja nenän kautta kulkevasta ilmvirrasta, hengitysliikkeistä, nukkumisasennosta, pulssia ja oksimetrianturilla happikyllästeisyyttä. Unipolygrafiassa tutkitaan näiden lisäksi myös sydämen toimintaa (EKG), silmien liikkeitä (EOG), aivojen sähkötoimintaa (EEG) ja leuanaluslihasten (EMG) ja raajojen lihasjäntetyttä. Tutkimuksen laajuudesta riippuen voidaan samalla tutkia jatkuvaa verenpainetta ja hiilidioksidia. Laajassa unipolygrafiassa saadaan selville esimerkiksi nukahtamisviiveet, yönunen pituus, eri univaiheet ja raajojen liikkeet. (Partinen 2019.) Pohjoismaissa yleisesti käytetään uniapnean diagnosointiin yöpolygrafiaa. Apnea todetaan rekisteröinnissä, kun ilmvirtaus pienenee 90 % ainakin kymmenen sekunnin ajaksi. Rekisteröinnissä apnea-hypopneaindeksi (AHI) kertoo nukkujan keskimääräisten hengitystapahtumien määrän tunnissa. (Aro ym. 2019.)

Aktigrafia on vuorokausirytmien tutkimista ei-dominoivan käden ranteeseen asetetun aktigrafian avulla. Aktigrafia on halvempi ja vähemmän invasiivinen tutkimustapa, kuin unipolygrafia. Aktigrafia sisältää kiihtyvyyssanturin, joka tunnistaa käyttäjän liikkeitä. Liikkeet luokitellaan tiheyden, keston ja intensiteetin mukaan eri arvoiksi. Laitetta pidetään tyyppillisesti noin kahden viikon ajan ja laitteeseen merkitään napin painalluksella nukkumaanmeno- ja heräämisajat. Tämän lisäksi tutkittava täyttää unipäiväkirjaa. Aktigrafilla saadaan selville esimerkiksi unijaksojen rauhallisuus, vaikka univaiheita ei voida tunnistaa tutkimuksesta. Myös pitkäaikainen datan kerääminen vähemmällä parametreilla luonnollisessa ympäristössä voi kertoa enemmän kuin yhden yön unipolygrafia. (Fekedulegn ym. 2020; Terveyskylä 2023a.)

Univiivetutkimus (multiple sleep latency test, MSLT) tehdään narkolepsian diagnosoimisen yhteydessä. Tutkimuksessa tutkitaan nukahtamisviivettä, nukahtaako tutkittava liian nopeasti suoraan vilkeeseen. Tutkimisessa mitataan aivojen sähkötoimintaa (EEG), silmien liikkeitä (EOG) ja leuanaluslihasten jänneyttä (EMG), hengitystä ja syketaajuutta. Tutkimusasetelmassa yritetään nukahtaa 20 minuutin aikana. Tutkimus toistetaan kahden tunnin välein klo 8.00–17.00 välisenä aikana viisi kertaa. Ennen univiivetutkimusta suoritetaan unipolygrafia, jotta voidaan poissulkea muut mahdolliset unihäiriöt. (Partinen ym. 2018; Terveyskylä 2023b.)

Hereilläpysymistutkimus (maintenance of wakefulness test, MWT) on päiväsaikaan toteutettava tutkimus, jossa tutkitaan päiväaikaista uneliaisuutta. Tutkimuksen kesto on 40 min ja tutkimusasetelmassa testataan hereillä pysymisen kykyä nukuttavissa olosuhteissa, kuten hämärässä huoneessa istuessa. Terve ihminen pysyy testin aikana hereillä noin puoli tuntia. (Doghramji ym. 1997; Terveyskylä 2023c.)

OSLER-tutkimuksella tutkitaan samalla periaatteella kuin hereilläpysymistutkimusta. OSLERissa tehtävänä on katsoa eteenpäin laitteeseen, johon syttyy pieni valo 3 s välein. Valon syttyessä tehtävänä on painaa laitteen nappia, jota pidetään kädessä. Jos nappia ei paineta 7

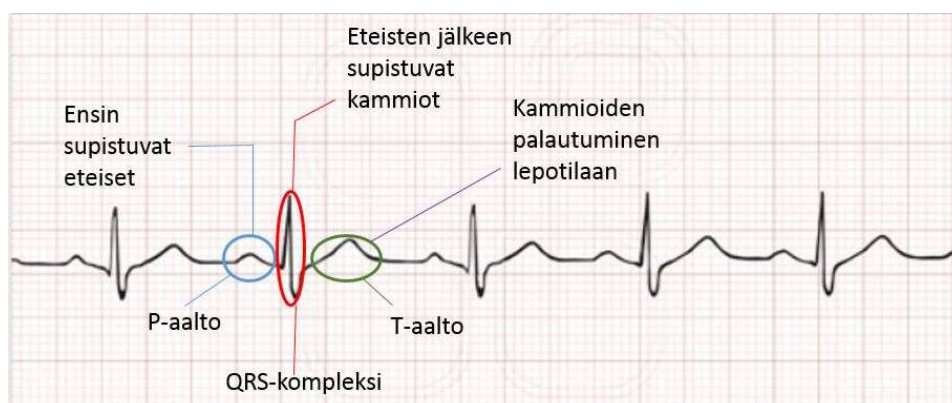


peräkkäisen valon kohdalla, testi päättyy oletukseen, että testattava on nukahtanut. (Terveyskylä 2023d.)

### 3.2 Sydämen syke ja mittaaminen

Sydän on ontto nelilokeroinen lihas, jonka tehtävänä on pumpata verta verisuonia pitkin elimistön osiin. Sydämen toimintaa ohjaa sähköinen järjestelmä, joka lähettää impulsseja johtoratoja pitkin ja saa sydänlihaksen supistumaan ja pumppaamaan verta. (Terveyskylä 2024a.)

Sydämen normaali rytmi on sinusrytmi, jonka aikana sydän supistelee säännöllisesti aikuisella leposykkeessä noin 60 – 80 lyöntiä minuutissa. Sydämen sähköistä toimintaa kuvataan EKG:n avulla, joka tuottaa kuvan 1 mukaista filmiä. Kuvassa P-aalto kuvaa eteisen supistumista, QRS-kompleksi kammioiden supistumista ja T-aalto palautumista lepotilaan. (Terveyskylä n.d.)



Kuva 1. Sydänfilmi kuvaa sydämen sähköistä toimintaa (Terveyskylä 2024a).

Verenpaine tarkoittaa valtimoverisuonissa olevaa painetta, joka syntyy sydämen pumpatessa verta eteenpäin. Verenpaineen ansiosta veri kiertää elimistössä kuljettaen happea ja ravinteita. Verenpaine vaihtelee vuorokausirytmien mukaan nousemalla liikkeessä ja jännitystilassa sekä laskemalla levossa. (Terveyskylä 2024b.)

Ihmisen syke vaihtelee unisykliä edetessä. Kehon rauhoittuessa myös syke rauhoittuu. Vilkeudessa ja herätessä syke ja verenpaine nousevat. (Patel ym.

2024). Fotopletysmografiaa hyödynnetään erityisesti ranteessa käytettävissä urheilukelloissa ja oksimetreissä (Chow & Yang 2020). Fotopletysmografia perustuu optiseen tekniikkaan, jonka avulla voidaan havaita veren virtaamisen muutoksia kudoksessa. Tekniikka perustuu sydämenlyönnin aiheuttamaan sykähdykseen valtimossa, joka johtaa veren tilavuuden muutoksiin. (Allen 2007.) Oksimetrin LED heijastaa valituilla aallonpituuksilla valoa ja valontunnistin laskee läpäisevän valon määrän hyödyntäen Beer-Lambertin lakia valon imeytymisestä. Aallonpituudet määrittävät hapettuneen hemoglobiini ja hapettoman hemoglobiinin tasojen suhteen toisiinsa. (Hafen & Sharma 2022.)

Ballistokardiografia on ei-invasiivinen menetelmä, joka perustuu veren ulosvirtauksen aiheuttaman kehon liikkeen mittaamiseen jokaisen sydänsyklin aikana (Giovangrandi ym. 2011).

### 3.3 Hengitys ja kehon lämpötila

Hengittäminen on kehon automaattinen toiminto, jonka vaiheet ovat sisäänhengitys, uloshengitys ja pieni tauko ennen seuraavaa sisäänhengitystä. Vuorokauden aikana ihminen sisäänhengittää jopa 20 000 kertaa. Elimistö käyttää sisäänhengitettyä happea polttamaan ravintoaineita solutasolla energiaksi. (Hengityслиitto n.d.)

Hengityksen muutokset unen aikana johtuvat hengityslihasten tahdonalaisen kontrollin puuttumisesta ja hengityskeskuksen toiminnan muutoksista. Hengitystiheys hidastuu ja rauhoittuu, kun edetään unisykleissä eteenpäin ja hitain vaihe esiintyy syvän unen aikana. REM-unen aikana hengitys muuttuu epäsäännölliseksi ja sen muutokset esiintyvät nopeiden silmänliikkeiden ennen ja jälkeen. (Stenberg 2019.) Hengityshäiriöitä voidaan havaita veren happisaturaatiota mittaamalla (Oura 2024).

Kehon lämpötilaa säätelee hypotalamus, joka asettaa sille oletusarvolämpötilan. Lämpötila vaihtelee vuorokausirytmien mukaan, mutta siihen voi vaikuttaa esimerkiksi kehon tulehdustila. Keho säätelee lämpötilaa lämmittämällä itseään

esimerkiksi lihasväristyksillä tai viilentämällä hikoilemisen avulla. (Campbell 2008.)

Lämmönsäätelyn muutokset ajoittuvat vuorokausirytmien mukaan unen aikaiseen vaiheeseen. Tällöin kehon lämpötila laskee ja aineenvaihdunta hidastuu. Lämmönsäätely ei toimi vilkeunen aikana, joka tarkoittaa hikoilun ja kylmänväreiden puuttumista ympäristön lämpötilasta huolimatta. (Stenberg 2019.)

### 3.4 Liikeanturit

Kiihtyvyyssanturit ovat laitteita, joiden avulla voidaan mitata kehon liikkeitä kiihtyvyyden perusteella. Antureista voidaan arvioida kehon liikkeiden intensiteetti ajan mittaan. (Chen & Basset 2005.) Suurin osa käytettävistä kiihtyvyyssantureista mittaavat kiihtyvyyttä kolmessa suunnassa, joiden avulla voidaan arvioida liikkeen tyyppi, askelten määrä, energiankulutus ja energian intensiteetti. Joissain laitteissa on myös mukana gyroskooppi, magnetometri, barometri ja altimetri. Gyroskoopin avulla voidaan mitata painovoiman kiihtyvyys ja tarkentaa liikkeen suuntaa ja kulmanopeutta. Näin algoritmi voi tarkemmin arvioida, millaista liikettä käyttäjä tekee. Magnetometri toimii kompassin tavoin ja voi tarkentaa liikkeenseurannan tarkkuutta havaitsemalla laitteen suunnan suhteessa magneettiseen pohjoiseen. Barometri ja altimetri tunnistavat korkeuden muutoksen, joiden avulla voidaan vielä enemmän tarkentaa antureiden arvioimaa dataa esimerkiksi ilmoittamalla nousun määrä. (Henriksen ym. 2018.)

Unen mittaamisessa erilaisilla liikeantureilla voidaan selvittää käyttäytymistä nukkumisen aikana. NREM- ja REM-unen voi erottaa toisistaan kehon liikkeiden perusteella ja liikeantureiden avulla voidaan analysoida nukkumisasentoa. (Nam ym. 2016.)

### 3.5 Algoritmit ja koneoppiminen

Koneoppimisella saadaan puettavat älylaitteet tekemään päätöksiä aikaisemmista kokemuksista oppimalla ilman, että laitetta on ohjelmoitu tiettyä tapahtumaa varten. Koneoppiminen luokitellaan yleisesti valvottuun, puolivalvottuun, valvomattomaan tai tehostettuun oppimiseen harjoitusdatan luonteen mukaan. Algoritmeja ja koneoppimisen teknologiaa terveydenhuollon laitteissa on tutkittu paljon viime vuosien aikana. Puettava teknologia voidaan luokitella lääketieteellisten asioiden internetiin eli IoMT, johon voidaan luokitella myös muut implantoitavat ja kiinteät sairaalan laitteistot, jotka ovat yhteydessä erillisiin sovelluksiin. Puettavassa teknologiassa algoritmit oppivat käyttäjien käytösmaalleja, joiden perusteella voidaan tunnistaa poikkeavia tuloksia käyttäjissä, kuten kaatumista tai tulehduksen aiheuttamia muutoksia kehon lämpötilassa. (Sabry ym. 2022.) Vaikka fyysiset sensorit erilaisissa tuotteissa olisivat samankaltaisia, algoritmien tekemät päätelmät ovat lähes uniikkeja useilla toimittajilla. Jokainen lisätty sensori voi vaikuttaa algoritmin tekemiin tulkintoihin ja laajentaa muista sensoreista saatavaa dataa, mutta se vaikuttaa myös tuotteen hintaan ja akunkäyttöön. (Henriksen ym. 2018.)

## 4 Puettava teknologia

### 4.1 Oura-sormus

Oura-sormus on älysormus, jonka on luonut suomalainen Oura Health Oy. Se on kestävä titaania ja painaa 4–6 g sormuksen koon mukaan. Siinä on litiumpolymeeriakku, joka se kestää jopa 7 päivää. Kuvassa 2 näkyy Oura-sormus ja sen sisäpinnan antureita (Oura 2024.)



Kuva 2. Oura-sormus (Oura 2024).

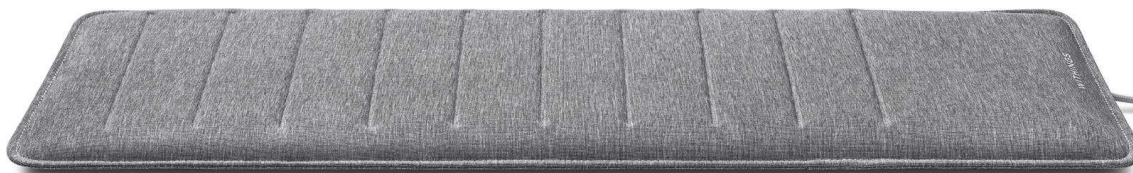
Oura-sormus mittaa sormesta yli 20 biometristä tietoa antureiden avulla. Sormuksessa on vihreitä ja punaisia LED-antureita, fotopletysmografiaa hyödyntävät infrapuna-anturit, lämpötila-anturit, fotodiodit ja kiihtyvyysanturi. Käyttäjä voi seurata antureiden keräämää dataa Oura-sovelluksen kautta, johon sormus synkronoi kerätyn datan Bluetoothin avulla. Oura-sormus on suunniteltu päivittäiseen käyttöön ja sen patentoitu algoritmi (de Zambotti ym. 2017) antaa unitietojen perusteella arvosanan käyttäjän valmiudesta uuteen päivään. Sormus kerää myös dataa esimerkiksi sydämen toiminnasta, aktiivisuudesta, palautumisesta, stressistä sekä naisten hormonaalisesta kierrosta. (Oura 2024.)

Unen seurannan laitteiden suoritusta vertaillaan usein unipolygrafiaan. Tutkimusasetelma toteutetaan yleisesti siten, että osallistujat nukkuvat yön käyttäen samanaikaisesti tutkittavaa tuotetta ja unipolygrafian mittauslaitteistoa. Laitteesta saatetaan määritellä erikseen vielä elementti, jota tutkitaan kuten unisyklien tunnistaminen tai sykevälivaihtelun havaitseminen. Esimerkiksi de Zambotti ym. Toteuttamassa tutkimuksessa vuonna 2017 oli mukana 41 tervettä nuorta iältään 14–22-vuotiaita, jotka nukkuivat laboratoriossa yön yli. Unta seurattiin Oura-sormuksen ja unipolygrafian avulla. Yön jälkeen laitteiden dataa vertailtiin hyödyntäen Bland-Altmanin kuvaajia ja EBE-analyysia. Tulosten vertailu osoitti, että EBE-analyysilla Oura-sormuksen unen havaitsemisherkkyys oli 96 %. Bland-Altmanin kuvaajilla havaittiin, että Oura-sormus aliarvioi syvää unta ja yliarvioi REM-unta. Muilla alueilla merkittävää eroa sormuksen ja unipolygrafian välillä ei havaittu. (de Zambotti ym. 2017.)

Toisessa tutkimuksessa, jonka Chee ym. Toteuttivat vuonna 2021 Oura-sormusta vertailtiin unipolygrafiaan ja aktigrafiaan samanaikaisesti joko kolmena tai viitenä yönä, riippuen yön pituudesta. Tutkimukseen osallistui 53 nuorta iältään 15–19-vuotiaita. Osallistujat pitivät aktigrafian kelloa ja Oura-sormusta päällään koko tutkimuksen ajan, jonka kesto oli 15 päivää. Tuloksista saatiin ilmi, että Oura-sormus aliarvioi TST:n keskimäärin 32,8–47,3 min ja yliarvioi WASO:n keskimäärin 30,7–46,3 min. Unipolygrafiaan verrattuna Oura-sormus aliarvioi REM-unen ja kevyen unen määrää sekä yliarvioi syvän unen määrää. EBE-analyysin mukaan sormus havaitsi erinomaisesti unen ja heräämisen tarkkuutta, erityispiirteitä ja herkkyyttä. Tulosten perusteella Oura-sormus suurimmaksi osin luokitteli kevyen unen syväksi uneksi jopa 25 % ajasta ja hereilläolon REM-uneksi jopa 13 % ajasta. Lopuksi todettiin, että Oura-sormus antaa vertailukelpoisen arvion unen kestosta ja ajoituksesta, mutta aliarvioi merkittävästi nuorten unta. Tutkimuksen tuloksissa huomioitiin aikaisemmin toteutettua de Zambotti ym. Tutkimusta vuodelta 2017, että käytettävän sormus oli toisen sukupolven tuote. Tuotteella voi olla päivitetty algoritmi ja teknologia edellisiin tutkimuksiin verrattuna. (Chee ym. 2021.)

## 4.2 Withings Sleep Analyzer -unisensori

Withings Sleep Analyzer -unisensori on patjan alle laitettava sensori, joka sijoitetaan keskivartalon kohdalle. Sensori on kehitetty yhteistyössä ranskalaisen Antonie-Béclère sairaalan unilääkäreiden kanssa. Kuvassa 3 on unisensori ja se painaa 350 g. Sensori yhdistetään Bluetoothin avulla älypuhelimeen, josta unidataa voi tarkastella Withings sovelluksesta. (Withings 2024.)



Kuva 3. Withings Sleep Analyzer -unisensori (Withings 2024).

Unisensori kerää dataa unen eri vaiheista, joiden avulla voidaan seurata palautumista yön aikana ja havainnoi kuorsaamisen ilmenemistä. Unisensori kerää nukkujan hengityksestä, sydämen sykkeestä ja liikkumisesta dataa. Datan avulla unisensori kerää yhteen tiivistelmän yöstä kuuteen indikaattoriin, joista se antaa käyttäjälle sovellukseen arvosanan unenlaadusta. (Withings 2024.) Tuotteessa on pneumaattinen sensori ja äänisensori. Patjassa on termoplastinen polyuretaanityyny, joka täytetään ilmalla ja on liitettynä paineanturiin. Painesignaali erottaa kolme eri mekaanista tulosta: kehon liikkeitä, hengitysliekket ja sydämen sykkeen ballistokardiografian avulla. (Edouard ym. 2021.) Äänisensori tunnistaa kuorsaamista muistuttavia ääniä ja hengityskatkoksia (Withings 2024).

Edouard ym. Toteuttamassa tutkimuksessa vuonna 2021 Withings Sleep Analyzer -unisensoria käytettiin potilailla, joilla epäiltiin obstruktiivista uniapneaa. Unisensoria käytettiin ensin yöpolygrafian kanssa, sitten unipolygrafian kanssa. Tutkimukseen osallistui 118 potilasta, jotka olivat iältään

18–70-vuotiaita, ja tutkimus toteutettiin samanaikaisesti Antoine-Béclère sairaalassa Ranskassa ja Saint-Pierre Yliopistollisessa sairaalassa Belgiassa. Tutkimuksessa tutkittiin AHI-ilmentymiä. Tuloksissa käy ilmi, että unisensori oli lähes samaa mieltä AHI-tapahtumista kuin unipolygrafia. Unisensorin herkkyys oli yli 0,825 %, joka asetettiin rajaksi keskuksen ulkopuoliseen testaukseen. Yhtäkään potilasta, jolla todettiin vakava uniapnea ei luokiteltu normaaliksi tai lieväksi tapaukseksi. Kuitenkin voitiin huomata, että unisensorilla oli vaikeampi havaita hypopneonia kuin apneonia. Unisensori myös yliarvioi TST:n ja aliarvioi WASO:n. Voitiin todeta, että sentraalien uniapnea olisi helpompi havaita kuin obstruktiivinen uniapnea. (Edouard ym. 2021.)

Koska Withings Sleep Analyzer -unisensori ei mittaa veren happisaturaatiota, on sen muutoksia mahdotonta arvioida. Myöskään hengitysvirtausta ei mitata, joten on vaikea erottaa apneat ja hypopneat toisistaan. Näin fenotyyppejä ei voida määrittää. Unisensori ei anna yksityiskohtaista tietoa unisykleistä tai jalkojen liikkeistä, joten muita unihäiriöitä kuten unettomuutta olisi vaikeaa seurata tällä laitteella. (Edouard ym. 2021.)



## 5 Unisensorit ja lääkinälliset laitteet

Lääkinällinen laite on MD-asetuksen (EU/2017/745) mukaisesti instrumentti, laitteisto, väline, ohjelmisto, implantti, reagenssi, materiaali tai muu tarvike, jonka valmistaja on tarkoittanut käytettäväksi ihmisillä lääketieteellisiin tarkoituksiin. Nämä lääketieteelliset tarkoitukset ovat diagnosointi, ennakointi, ennusteen laatiminen, tarkkailu, hoito tai lievitys. Myös lääkinällisen laitteen puhdistukseen, desinfiointiin tai sterilointiin tarkoitettut tuotteet ovat lääkinällisiä laitteita. Suomessa lääkinällisiä laitteita valvoo lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Fimea. (Fimea n.d.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellut laitteet ovat tutkimusten perusteella vastanneet unipolygrafian mittaustarkkuutta eli unitutkimuksen kultaista standardia (Withings 2024; Oura 2024). Tämä tarkoittaa, että tuotteita on testattu unipolygrafian kanssa samanaikaisesti eri ikäisten kanssa sekä ihmisten kanssa, joilla on jo diagnosoitu unihäiriö (de Zambotti ym. 2016). Validoinnista huolimatta tuotteet eivät ole lääkinällisiä laitteita. Esimerkiksi Oura-sormuksen käyttöehdoissa varoitetaan, että palvelut eivät ole lääkinällisiä laitteita eikä kerättävä mittaustieto voi korvata lääkäreiden tai lääketieteen ammattilaisten palveluita (Oura 2024). Validointi vaatii kuitenkin mittavaa tutkimista laajalla otannalla. Tulokset saattavat muuttua testattavien mukaan, sillä Ouran algoritmi on kehitetty testaamalla pääasiassa nuoria ja terveitä valkoihoisia aikuisia. Lisätyötä voidaan tarvita tutkimuksista, joissa käytetään eri ikäisiä ja eri etnisiä ryhmiä edustavia henkilöitä. Nämä ominaisuudet voivat vaikuttaa sydämen sykkeen perustuvien tutkimusten yleistettävyyteen ja tarkkuuteen. (Chee ym. 2021.)

### 5.1 Ongelmia kuluttajien käyttämissä unisensoreissa

Tärkeintä laitteiden tarkastelussa on tietää, miten terveys ja hyvinvointi eroavat toisistaan. Terveydellä lähtökohtaisesti tarkoitetaan olotilaa, kuten onko läsnä sairauksia tai rajoitteita. (Stoewen 2015.) Hyvinvoinnin tarkastelu on ollut

kasvavassa suosiossa viimeisten vuosikymmenten aikana. Hyvinvointi voidaan määritellä olevan aktiivinen prosessi, jonka avulla voidaan tulla tietoisiksi paremmasta olost, jota kohti tehdään valintoja. Tärkeää on itseohjautuvuus ja itsensä tunteminen prosessin aikana. (National Wellness Institute 2024.)

Potilaat usein saattavat esittää saamaansa dataa tutkijoille, joista potilaat odottavat tulkintaa tai tukea diagnosointiin. Ongelma kuitenkin on, että kuluttajien itsekeräämälle datalle ei ole standardeja tulkinnan suhteen. Laitteiden käytöstä kerätyn datan tulkitsemista ei myöskään valvota valtiollisen tahon toimesta. Kuitenkin niiden mahdollisuuksia ja kustannustehokkuutta on alettu huomioimaan. (de Zambotti ym. 2016.)

Kuluttajille markkinoidussa tuotteessa datan keräämisen ymmärtämiseen liittyy useita ongelmia. Yhtiöille ei ole kannattavaa jakaa tuotteidensa teknisiä tietoja, kuten sensorien ja algoritmien tarkkuutta tai kerättyä raakaa dataa kuluttajille yrityssalaisuuksien varjolla. Tuotteet kertovat pystyvänsä erottelemaan kevyen ja syvän unen mittaamisen, mutta eivät kuitenkaan kerro, kuinka unisyklit määritellään ja mitataan. (de Zambotti ym. 2016.)

Lääketieteellistä ja hyvinvoinnin dataa on käyttäjien näkökulmasta vaikea erottaa toisistaan, koska laitteet seuraavat samassa sovelluksessa yhdessä mitattavia muuttujia. Hyvinvointitietoja ei tulisi käyttää diagnosoimisessa, vaan tarkastella pelkästään omia aktiivisuus- ja unitietoja. Kuitenkin usein kuluttajien käyttämässä teknologiassa on käytössä lääkinnälliseksi laitteeksi määriteltyä teknologiaa, kuten fotopletysmografiaa. Oman hyvinvoinnin seuraamiselle on tilaa teknologiassa, mutta datan määrän kasvamiselle tarvitaan enemmän ymmärtämistä tuotteita käyttäessä. Riskinä on myös sosiaaliset, eettiset ja ekologiset ongelmat. Liiallinen riippuvuus teknologiasta, tietosuojasta ja tietojen hyödyntäminen sekä akun kesto. Riippuvuus teknologiasta voi johtaa vääristyneeseen turvallisuudentunteeseen, jolloin käyttäjä saattaa keskittyä vääriin parametreihin ja olla hakeutumatta asianmukaiseen hoitoon tarvittaessa. (Scheid ym. 2023.)

Laitteissa on myös ristiriitoja algoritmien kanssa. Mikään koneoppimisen malli ei kuitenkaan voi taata toimivansa 100 %:n tarkkuudella. Terveystieteiden koneoppimismallit on suunniteltava varovasti ja yleistävästi, mutta kuitenkin ottaen huomioon käyttäjän henkilökohtaisia piirteitä. (Sabry ym. 2022.) Algoritmeissakin on puutteita, koska ne eivät tiedä yksilöissä esiintyviä muutoksia esimerkiksi kahvin, stressin tai lääkityksen vaikutuksia sykkeeseen. Algoritmeissa ei käytetä tiettyä standardisoitua tapaa, vaan ne vaihtelevat yhtiön ja tuotteen mukaan. Yritykset voivat päivittää omia algoritmejaan milloin tahansa, jonka takia teknologiaa tarkastelevat tutkimukset voivat vanhentua hyvinkin nopeasti. (Scheid ym. 2023.)

## 5.2 Tulevaisuuden näkymät

Vuonna 2019 alkanut maailmanlaajuinen koronaviruspandemia (WHO n.d.) sysäsi puettavan teknologian uudelle alueelle. Nyt monet tieteilijät valmistelevat uudenlaista teknologiaa erityisesti tekoälyä hyödyntäen epidemioiden varalta. Passiivisten tartuntatautien aikainen tunnistaminen voi olla kriittistä ennaltaehkäisyä takia. Monet tartuntaketjut saattavat muodostua ennen ensimmäisten selkeiden oireiden ilmenemistä, jolloin tautia on saattanut levittää tiedostamatta. Mason ym. Tuottamassa ensimmäisessä TemPredict-tutkimuksessa kerättiin Oura-käyttäjiltä fysiologista dataa sormuksen avulla ja tuotettiin päivittäisiä oirekyselyitä. Tapauksista, joista saatiin varmistus koronasta PCR-testin avulla ja laadukasta fysiologista dataa, valmisteltiin algoritmi. Algoritmi tunnistoi COVID-19 puhkeamisen koneoppimisen luokittelun avulla ja tunnistoi taudin käyttäjästä keskimäärin 2,75 päivää aikaisemmin, ennen kuin hän hakeutui testattavaksi. Puettavan teknologian kehittämä algoritmi käyttäjän omasta lämpötilasta, sydämen sykkeestä ja hengitystiheydestä voi luoda käyttäjästä yksilöllisen perustason. Tällöin fysiologiset muutokset ovat helpompi havaita, sillä infektiota voi vaikuttaa niiden toimintaan. (Mason ym. 2022.)

Apple Watch -älykello sai FDA:lta hyväksynnän eteisvärinän (AFib) seurannalle 22-vuotiaille ja sitä vanhemmille käyttäjille, joilla eteisvärinää ei ole aikaisemmin

havaittu. Kliinisessä tutkimuksessa kelloa käytettiin EKG:n kanssa ja epäsäännöllisen rytmien havainnointi toimi 88,6 % tarkkuudella ja havaitsemis spesifisyys toimi 99,3 % tarkkuudella. (Apple n.d.) Apple Watch on ensimmäinen puettava teknologia, johon on sisään rakennettu EKG eteisvärinän havaitsemiseksi (Pepplinkhuize ym. 2022).

## 6 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tavoite oli selvittää, millaisia erilaisia unen tutkimusmenetelmiä on ja millaista kuluttajille tehtyä unen seurannan teknologiaa on. Mahdollisuudet oman hyvinvoinnin seuraamiseen ovat lisääntyneet ja tietoa hyvinvoinnista on yhä enemmän saatavilla kuluttajille. Ihminen nukkuu noin kolmanneksen elämästään, joten voidaan sanoa, että uni on tärkeä osa hyvinvointia. Uneen liittyy kuitenkin myös sairauksia, joita selvitetään terveydenhuollossa erilaisilla tutkimusmenetelmillä. Tavoite oli selvittää, miksi unta halutaan selvittää ja miten kuluttajille myytävät laitteet tulkitsevat unta. Työssä tarkasteltiin kahta erilaista unisensoria, jotka ovat myynnissä kuluttajille: Oura-älysormusta ja Withings Sleep Analyzer - unisensoria. Kummallakin sensorilla on kultaisen standardin taso unen seurannassa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi selvitys unesta, unihäiriöistä ja kahdesta kuluttajille myytävästä laitteesta unen seurantaan. Saatiin selville, miten kuluttajille myytävät laitteet toimivat ja kuinka niitä on tutkittu. Selvityksessä tuli myös ilmi ongelmia, joita kuluttajien unen seurannan laitteissa on. Näitä ongelmia ovat esimerkiksi sosiaaliset ja eettiset ongelmat. Lopuksi työssä tarkasteltiin lääkinällisiä laitteita ja pohdittiin puettavan teknologian tulevaisuutta. Selvisi, että tässä katsauksessa läpikäytyt tuotteet eivät ole lääkinällisiä laitteita, vaikka tuotteet käyttävätkin samaa teknologiaa hyväksytyjen lääkinällisten laitteiden kanssa.

Unipolygrafiaa pidetään kultaisena standardina unen mittauksessa ja erilaiset kuluttajatuotteet tavoittelevat unipolygrafian tasoista mittaustarkkuutta. Tuotteiden mittaustarkkuustutkimukset toteutetaan usein samanaikaisesti unipolygrafian kanssa ja näitä tuloksia vertaillaan keskenään esimerkiksi Bland-Altmanin kuvaajalla tai EBE-analyysillä.

Selvityksessä ei onnistuttu tutkimaan tuotteiden unenpisteytysalgoritmeja, koska valmistajat eivät ole kertoneet näitä julkisuuteen. Tuotteet antavat käyttäjälle unipisteitä kerätyn datan perusteella, joka kertoo nukutun unen

laadusta käyttäjälle. Algoritmien salassapito ja sovelluspäivitykset vähentävät vanhempien tuotetutkimusten luotettavuutta. Harvalla tuotteen käyttäjistä on tarpeeksi koulutusta tulkitsemaan omaa terveystietoa, ja terveydenhuollossakaan dataa ei voi hyödyntää, sillä ei mittausympäristöä eikä laitteiden algoritmeja ole standardisoitu. Kerätyn datan pohjalta analysointi on liian suuri riski mahdollisten virheiden takia.

Erilaisten sensoreiden suosio tulee varmasti kasvamaan lähivuosina teknologian kehityksen myötä, joten olisi sopiva aika miettiä, kuinka niistä saadaan hyöty irti niin kuluttajasektorilla kuin terveydenhuollossakin. Kuluttajille myytävien sensoreiden alhainen hinta ja laaja käyttömahdollisuus tulisi ehdottomasti ottaa huomioon terveydenhuollossa ennaltaehkäisyyn ja tutkimisen näkökulmasta. Näiden tuotteiden teknologian laajempaan käyttöön havahduttiin esimerkiksi COVID-19-epidemian aikana, kun Oura-sormuksen lämpötilasensori havaitsi käyttäjällään kehon lämpötilan nousun ennen kuin käyttäjä itse sitä havaitsi.

## Lähteet

Allen, J. 2007. Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiological measurement*. DOI: 10.1088/0967-3334/28/3/R01.

Aro, M.; Myllylä, M.; Anttalainen, U. & Saaresranta, T. 2019. Uniapneaepäily. *Lääketieteellinen aikakauslehti Duodecim*. Vol. 17.

<https://www.duodecimlehti.fi/duo15049>

Apple 2024. Healthcare. Viitattu 25.4.2024.

<https://www.apple.com/healthcare/apple-watch/>

Bluetooth 2024. Bluetooth Technology Overview. Viitattu 28.3.2024.

<https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>

Bäck, L. & Bachour, A. 2015. Obstrukttiivinen uniapnea aikuisilla.

*Lääketieteellinen aikakauslehti Duodecim*. Vol. 16.

<https://www.duodecimlehti.fi/duo12400#top-wrapper>

Campbell, I. 2008. Body temperature and its regulation. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, Vol. 9, No 6, 259-263.

Centers for Disease Control and Prevention 2023. COVID-19 Testing: What You Need to Know. Viitattu 17.4.2024. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/testing.html>

Chee, N.; Ghorbani, S.; Golkashani, H.; Leong, R.; Ong, J. & Chee, M. 2021. Multi-Night Validation of a Sleep Tracking Ring in Adolescents Compared with a Research Actigraph and Polysomnography. *Nature and Science of Sleep*. Vol. 13. 177-190. DOI: 10.2147/NSS.S286070.

Chinoy, E.; Cuellar, J.; Huwa, K.; Jameson, J.; Watson, C.; Bessman, S.; Hirsch, D.; Cooper, A.; Drummond, S. & Markwald, R. 2021. Performance of seven consumer sleep-tracking devices compared with polysomnography. *Sleep*. DOI: 10.1093/sleep/zsaa291.

Chong, K.; Guo, J.; Deng, X. & Woo, B. 2020. Consumer Perceptions of Wearable Technology Devices: Retrospective Review and Analysis. *JMIR Mhelath Uhealth*. DOI: 10.2196/17544.

Chow, H. & Yang, C. 2020. Accuracy of Optical Heart Rate Sensing Technology in Wearable Fitness Trackers for Young and Older Adults: Validation and Comparison Study. JMIR Mhealth Uhealth. DOI: 10.2196/14707.

Colten, H. & Altevogt, B. 2006. Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem. Institute of Medicine (US) Committee on Sleep Medicine and Research; 2, Sleep Physiology.

de Zambotti, M.; Godino, J.; Baker, F.; Cheung, J.; Patrick, K. & Colrain, I. 2016. The boom in wearable technology: cause for alarm or just what is needed to better understand sleep? SLEEP. DOI: 10.5665/sleep.6108.

de Zambotti, M.; Rosas, L.; Colrain, I. & Baker, F. 2019. The Sleep of the Ring: Comparison of the ŌURA Sleep Tracker Against Polysomnography. Behav Sleep Med. DOI: 10.1080/15402002.2017.1300587.

Doghramji, K.; Mitler, M.; Sangal, R.; Shapiro, C.; Taylor, S.; Walsleben, J.; Belisle, C.; Erman, M.; Hayduk, R.; Hosn, R.; O'Malley, E.; Sangal, J.; Schutte, S. & Youakim, J. 1997. A normative study of the maintenance of wakefulness test (MWT). Electroencephalogr Clin Neurophysiol. Vol. 103, 554-562. DOI: 10.1016/s0013-4694(97)00010-2.

Edouard, P.; Campo, D.; Bartet, P.; Yang, R.; Bruyneel, M.; Roisman, G. & Escourrou, P. 2021. Validation of the Withings Sleep Analyzer, an under-the-mattress device for the detection of moderate-severe sleep apnea syndrome. Journal of Clinical Sleep Medicine. DOI: 10.5664/jcsm.9168.

FDA 2023. What We Do. Viitattu 25.4.2024. <https://www.fda.gov/about-fda/what-we-do>

Fekedulegn, D.; Andrew, M.; Shi, M.; Violanti, J.; Knox, S. & Innes, K. 2020. Actigraphy-Based Assessment of Sleep Parameters. Ann Work Expo Health. DOI: 10.1093/annweh/wxaa007.

Fimea n.d.. Läkinnällisen laitteen määritelmä. Viitattu 20.3.2024. [https://fimea.fi/laakinnalliset\\_laitteet/mita-ovat-laakinnalliset-laitteet-/laakinnallisen-laitteen-maaritelma](https://fimea.fi/laakinnalliset_laitteet/mita-ovat-laakinnalliset-laitteet-/laakinnallisen-laitteen-maaritelma)

Giovangrandi, L.; Inan, O.; Wiard, R.; Etemadi, M. & Kovacs, G. 2011. Ballistocardiography - a method worth revisiting. DOI: 10.1109/IEMBS.2011.6091062.



Hafen, B. & Sharma, S. 2022. Oxygen Saturation. StatPearls Publishing.

Hengitysliitto n.d. Uniapnea. Viitattu 19.3.2024.

<https://www.hengitysliitto.fi/hengitys-sairaudet/uniapnea/>

Henriksen, A.; Haugen Mikalsen, M.; Woldaregay, A.; Muzny, M.; Hartvigsen, G.; Hopstock, L. & Grimsgaard, S. 2018. Using Fitness Trackers and Smartwatches to Measure Physical Activity in Research: Analysis of Consumer Wrist-Worn Wearables. J Med Internet. DOI: 10.2196/jmir.9157.

Honkanen, A. 2023. Uniapnea, unenaikaiset hengityskatkokset. Lääkärikirja Duodecim. Viitattu 19.2.2024. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00712>

Hublin, C. 2005. Parasomniat: ilmiöitä unen ja valveen rajoilla. Lääketieteellinen aikakausikirja Duodecim. Vol. 14. <https://www.duodecimlehti.fi/duo95098>

Mansournia, M.; Waters, R.; Nazemipour, M.; Bland, M. & Altman, D. 2020. Bland-Altman methods for comparing methods of measurement and response to criticism. Glob Epidemiol. Vol. 3. DOI: 10.1016/j.gloepi.2020.100045.

Mason, A.; Hecht, F.; Davis, S.; Natale, J.; Hartogensis, W.; Damaso, N.; Claypool, K.; Dilchert, S.; Dasgupta, S.; Purawat, S.; Viswanath, V.; Klein, A.; Chowdhary, A.; Fisher, S.; Anglo, C.; Puldon, K.; Veasna, D.; Prather, J.; Pandya, L.; Fox, L.; Busch, M.; Giordano, C.; Mercado, B.; Song, J.; Jaimes, R.; Baum, B.; Telfer, B.; Philipson, C.; Collins, P.; Rao, A.; Wang, E.; Bandi, R.; Choe, B.; Epel, E.; Epstein, S.; Krasnoff, J.; Lee, M.; Lee, S.; Lopez, G.; Mehta, A.; Melville, L.; Moon, T.; Mujica-Parodi, L.; Noel, K.; Orosco, M.; Rideout, J.; Robishaw, J.; Rodriguez, R.; Shah, K.; Siegal, J.; Gupta, A.; Altintas, I & Smarr, B. 2022. Detection of COVID-19 using multimodal data from a wearable device: results from the first TemPredict Study. Scientific Reports 12. DOI: 10.1038/s41598-022-07314-0.

Nam, Y.; Kim, Y. & Lee, J. 2016. Sleep Monitoring Based on a Tri-Axial Accelerometer and a Pressure Sensor. Sensors (Basel). DOI: 10.3390/s16050750.

National Wellness Institute 2024. About Wellness. Viitattu 4.4.2004.

<https://nationalwellness.org/resources/nwi-wellness-promotion-competency-model/>

Oura 2024. Oura experience. Viitattu 19.2.2024. <https://ouraring.com/fi/oura-experience>

Oura 2023. Oura-tuki. Viitattu 20.2.2024. <https://support.ouraring.com/hc/fi/articles/21255327138579-Oura-sormusten-v%C3%A4rit-ja-viimeistelyt>

Oura 2024. Käyttöehdot. Viitattu 4.4.2024. <https://ouraring.com/fi/terms-and-conditions>

Partinen, M. 2019. Mitä uni on. Uniutiset 2/2019. <https://www.uniliitto.fi/wp-content/uploads/2019/06/Uniutiset-2-2019.pdf>

Partinen, M. 2019. Uniapnea on kansansairaus. Uniutiset 2/2019. <https://www.uniliitto.fi/wp-content/uploads/2019/06/Uniutiset-2-2019.pdf>

Partinen, M.; Alakuijala, A.; Sarkanen, T. & Sved, G. 2018. Narkolepsian moninainen oirekuva ja käypä diagnostiikka. Lääkärikirja Duodecim. Vol. 134 1689-1698.

Partonen, T. 2019. Masennus ja uni. Uniutiset. <https://www.uniliitto.fi/wp-content/uploads/2019/06/Uniutiset-2-2019.pdf>

Partonen, T. 2023. Vireys, väsymys ja suorituskyky. Lääkärikirja Duodecim. Viitattu 6.4.2024. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01007/vireys-vasymys-ja-suorituskyky>

Patel, A.; Reddy, V.; Shumway, K. & Araujo J. 2024. Physiology, Sleep Stages. StatPearls Publishing.

Paunio, T. & Porkka-Heiskanen, T. 2008. Unen merkitys sairauksien synnyssä. Psykosomatiikka. Lääkärikirja Duodecim. Vol. 124, 695-701.

Pepplinkhuizen, S.; Hoeksema, W.; van der Stuijt, W.; van Steijn, N.; Winter, M.; Wilde, A.; Smeding, L. & Knops, R. 2022. Accuracy and clinical relevance of the single-lead Apple watch electrocardiogram to identify atrial fibrillation. Cardiovasc Digit Health J. DOI: 10.1016/j.cvdhj.2022.10.004.

Sabry, F.; Eltaras, T.; Labda, W.; Alzoubi, K. & Malluhi, Q. 2022. Machine Learning for Healthcare Wearable Devices: The Big Picture. Journal of Healthcare Engineering. DOI: 10.1155/2022/4653923.

Sarkanen, T. 2021. Narkolepsia. Lääkärikirja Duodecim. Viitattu 6.4.2024.  
<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00399>

Scheid, J.; Reed, J. & West, S. 2023. Commentary: Is Wearable Fitness Technology a Medically Approved Device? Yes and No. Int J Environ Res Public Health. DOI: 10.3390/ijerph20136230.

Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Keuhkolääkäriyhdistyksen ja Suomen Unitutkimusseura ry:n asettama työryhmä 2022. Uniapnea (obstruktiivinen uniapnea aikuisilla). Käypä hoito -suositus Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 18.4.2024. [www.kaypahoito.fi](http://www.kaypahoito.fi)

Stoewen, D. 2015. Health and wellness. The Canadian Veterinary Journal, Vol. 9, 983-984.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2024. Uni. Viitattu 19.2.2024.  
<https://thl.fi/aiheet/elintavat-ja-ravitsemus/uni>

Terveyskylä 2020a. Sydämen toiminta. Viitattu 14.3.2024.  
<https://www.terveyskyla.fi/sydansairaudet/tietoa/syd%C3%A4men-rakenne-ja-toiminta/syd%C3%A4men-toiminta>

Terveyskylä 2020b. Tietoa verenpaineesta. Viitattu 27.3.2024.  
<https://www.terveyskyla.fi/sydansairaudet/tietoa/verenpaine/tietoa-verenpaineesta>

Terveyskylä 2023a. Liikeaktiiviteettitutkimus eli aktigrafia. Viitattu 8.4.2024.  
<https://www.terveyskyla.fi/tutkimukseen/kuvantamistutkimuksia/unitutkimukset/liikeaktiiviteettirekister%C3%B6inti-eli-aktigrafia>

Terveyskylä 2023b. Univiivetutkimus. Viitattu 9.4.2024.  
<https://www.terveyskyla.fi/tutkimukseen/kuvantamistutkimuksia/unitutkimukset/hereillapysymistesti-mwt>

Terveyskylä 2023c. Hereilläpysymistutkimus. Viitattu 9.4.2024.  
<https://www.terveyskyla.fi/tutkimukseen/kuvantamistutkimuksia/unitutkimukset/hereill%C3%A4pysymistesti-mwt>

Terveyskylä 2023d. OSLER-tutkimus. Viitattu 9.4.2024.  
<https://www.terveyskyla.fi/tutkimukseen/kuvantamistutkimuksia/unitutkimukset/osler-testi>

Terveystalo 2024. Melatoniini. Viitattu 17.4.2024.

<https://www.terveystalo.com/fi/tietopaketti/melatoniini>

Withings 2024. Sleep Analyzer. Viitattu 19.2.2024.

<https://www.withings.com/be/en/sleep-analyzer>

World Health Organization n.d.. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic.

Viitattu 4.4.2024. <https://www.who.int/europe/emergencies/situations/covid-19>