

# Venyvään elektroniikkaan pohjautuvan EKG-sensorin ja sen lisäosan muotoilu



Chris Hämäläinen  
Opinnäytetyö kevät 2020  
Teollinen muotoilu  
Metropolia Ammattikorkeakoulu

## Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä suunnittelen konseptit venyvään elektroniikkaan pohjautuvaan sydänsähkökäyrä- eli EKG-sensoriin ja tähän langattomasti yhdistettävään LED-näyttölisäosaan. Suunnittelen nämä konseptit opinnäytetyöni toimeksiantajalle, Elastronics-projektille, joka kehittää venyvää elektroniikkaa ja pyrkii luomaan sen valmistuskapasiteettia, toimitusketjuja ja infrastruktuuria Suomeen.

Opinnäytetyössäni tutkin benchmarkkauksen avulla olemassa olevia ratkaisuja sensoriin ja lisäosaan liittyen ja näiden pohjalta inspiroituneena luon tuotekonsepteja. EKG-sensorista teen prototyyppejä, joissa hyödynnän venyvään elektroniikkaan kehitettyjä kalvoja. Teen myös käytettävyydestin, jossa tutkin kahden EKG-sensoriprototyypin käytettävyyttä. Käytettävyydestistä saatujen tulosten avulla kehitän EKG-sensorikonseptia eteenpäin. Lisäosaa suunnittelen pelkästään konseptitasolla.

Luon konseptit demotuotteista, joiden avulla Elastronics-projekti voisi esitellä venyvän elektroniikan mahdollisuuksia muille toimijoille, jotka ovat mukana venyvän teknologian kehityksessä tai voisivat hyödyntää sellaisia teknologioita tulevaisuudessa. Näitä konsepteja Elastronics-projekti voi kehittää eteenpäin ja valmistaa oikeiksi demotuotteiksi koneillaan.

Tekijä: Chris Hämäläinen

Otsikko:  
Venyvään elektroniikkaan pohjautuvan  
EKG-sensorin ja sen lisäosan muotoilu

Sivumäärä: 66

Päivämäärä: 22.5.2020

Koulu:  
Metropolia Ammattikorkeakoulu

Tutkinto:  
Muotoilija (AMK)

Tutkinto-ohjelma:  
Muotoilun koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto:  
Teollinen muotoilu

Ohjaajat:  
Tuomo Äijälä, Ville-Matti Vilka

Avainsanat:  
Tuotemuotoilu, venyvä elektroniikka,  
EKG-sensori

## Abstract

In this thesis concepts designed for stretchable electronics based electrocardiogram or ECG sensor and its LED screen accessory are presented. These concepts were designed for the commissioner of this thesis, the Elastronics project, which develops stretchable electronics and builds out manufacturing capacity, supply chain and infrastructure into Finland.

In the thesis benchmarking was used to study existing solutions related to the sensor and its accessory and inspired by the results product concepts were created. Prototypes of the ECG sensor were made in which films developed for the stretchable electronics were used. In addition, a usability test was carried out, in which the usability of two ECG sensor prototypes were studied. Based on the results of the usability test the concept are developed further. The LED screen accessory was only designed at the concept level.

The concepts created as part of the thesis are concepts of demo products that would allow the Elastronics project to present the potential of stretchable electronics to other actors that are involved in the development of stretchable technologies or could utilise such technologies in the future. These concepts can be further developed by the Elastronics project and manufactured into real demo products with their machines.

Author: Chris Hämäläinen

Title:  
Designing stretchable electronics based  
ECG sensor and its accessory

Number of pages: 66

Date: 22.5.2020

University:  
Metropolia University of  
Applied Sciences

Degree:  
Bachelor of Culture and Arts

Degree programme:  
Design

Specialization:  
Industrial design

Instructors:  
Tuomo Äijälä, Ville-Matti Vilkka

Key words:  
Product design, stretchable electronics,  
ECG sensor

## Sisällysluettelo:

<u>1. Johdanto</u>	5	<u>4. LED-näyttölisäosan suunnittelu</u>	42
1.1 Brief	6	4.1 Benchmarkkaus	43
1.2 Toimeksiantaja	7	4.2 Design driverit	45
1.3 Ajankohtaisuus	7	4.3 Konseptointi	46
1.4 Tuplatimantti	8	4.4 LED-näyttölisäosan lopullinen konsepti	51
<u>2. Taustoitus</u>	9	<u>5. Visualisoinnit</u>	53
2.1 Viitekehys	10	<u>6. Yhteenveto</u>	57
2.2 Konsepteihin liittyvistä materiaaleista lyhyesti	11	6.1 Lopputulos	58
<u>3. EKG-sensorin suunnittelu</u>	12	6.2 Konseptien jatkokehitys	58
3.1 Benchmarkkaus	13	7. Lähteet	
3.2 Design driverit	16	8. Liitteet	
3.3 Ensimmäiset konseptit	17		
3.4 Konseptien jatkokehitys	24		
3.5 Viimeisen jatkokehitettävän konseptin valinta	32		
3.6 Käytettävyydestä	35		
3.7 Käytettävyydestin tulokset	36		
3.8 EKG-sensorin jatkokehitys käytettävyydestin perusteella	39		
3.9 EKG-sensorin lopullinen konsepti	40		

# 1. Johdanto

## 1.1 Brief

Opinnäytetyöni aiheena on suunnitella venyvään elektroniikkaan pohjautuvan EKG-sensorin sekä tämän lisäosana toimivan LED-näyttörakenteen muotokieli. EKG-sensorista halutaan sisäiset komponentit huomioiden mahdollisimman pieni. Lisäosan tarkoituksena on näyttää EKG-sensorin mittaustuloksia ja siinä ideana on hyödyntää jonkinlaista kankaista rakennetta, joka mahdollistaisi helpon ja mahdollisimman mukavan kiinnityksen keholle. Koska konseptoin kahta toisiinsa yhteen kuuluvaa tuotetta, tulee suunnittelussa ottaa myös huomioon tuotteiden yhtenäinen muotokieli.

Venyvää elektroniikkaa voidaan soveltaa mm. terveysteknologiaan ja urheiluteknologiaan. Tästä syystä kehittämässäni konsepteissa tuotteiden kertakäyttöisyys on suunnittelun taustalla varsinkin EKG-sensoria ajatellen, sillä se on tarkoitus kiinnittää iholle liimaamalla. Kehitetyistä konsepteista halutaan mahdollisimman innovatiivisia, sillä tuotekonsepteilla voidaan esitellä venyvän elektroniikan mahdollisuuksia esimerkiksi juuri edellä mainituille aloille. Suunniteltavien tuotteiden käytettävyys on myös suunnittelun keskiössä.

## 1.2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyöni toimeksiantaja, Elastronics-projekti, on Business Finlandin osittain rahoittama tutkimushanke, jossa Tampereen teknillinen yliopisto, Teknologian tutkimuskeskus (VTT) ja yritykset kehittävät joustavaa elektroniikkaa materiaaleista tuotantoprosesseihin ja kaupallistamiseen saakka. Projektin tavoitteena on synnyttää uutta liiketoimintaa ja vientituotteita sekä tukea alan työpaikkojen syntymistä Suomeen. Konsortioon kuuluvia yrityksiä ovat Inkron, Screentec, Flexbright, Forciot, Suunto, Nexstim ja GE Healthcare. (Vttresearch.com 2018.)

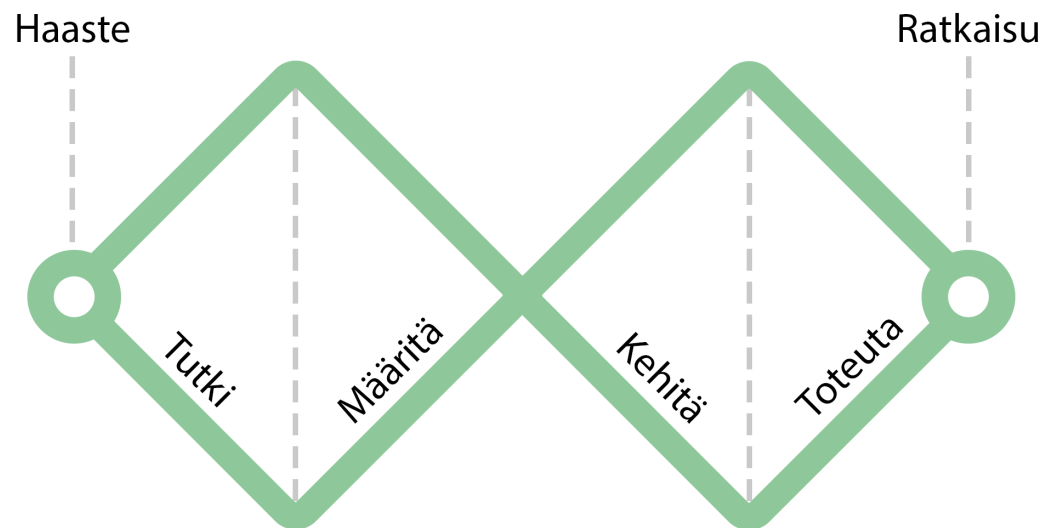
Elastronics-projektista yhteyshenkilönäni toimi VTT:n erikoistutkija Markus Tuomikoski, johon olin yhteydessä koko opinnäytetyöprosessini ajan. Venyvän elektroniikan asiantuntijaroolin lisäksi hän oli antamassa mielipiteensä mm. mitä kehittämiäni konsepteja kannatti kehittää eteenpäin.

## 1.3 Ajankohtaisuus

Joustavan elektroniikan avulla on mahdollista valmistaa uudenlaisia älyvaatteita ja iholle kiinnitettäviä älykkäitä laastareita, joiden käyttömukavuus, suorituskyky ja kestävyys ovat merkittävästi nykyisiä kaupallisia tuotteita parempia. VTT:n tutkimustiimin päällikön Teemu Alajoen mukaan suomalaisilla yrityksillä on hyvät mahdollisuudet menestyä kasvavilla maailmanmarkkinoilla. "Puettava elektroniikka on globaali megatrendi, jolla on merkittävä kasvupotentiaali sekä kuluttaja- että terveydenhuollonsovelluksissa. Esimerkiksi vuonna 2017 älykelloja ja aktiivisuusrannekkeita myytiin yli 100 miljoonaa kappaletta ja puettavien lääketieteellisten laitteiden liikevaihto oli 12,7 miljardia dollaria, hän kertoo." (Vttresearch.com 2018.)

## 1.4 Tuplatimantti

Tuplatimantti-kaavio kuvaa opinnäytetyöni muotoiluprosessin etenemistä sen alkuvaiheista lopputulokseen saakka. Kaavion "Tutki"-osuudessa tutustun olemassa oleviin tuotteisiin niin EKG-sensoriin että LED-näyttörakenteeseen liittyen benchmarkkauksen avulla. "Määritä"-osuudessa pohdin design drivereiden kautta näiden tärkeimpiä kriteereitä muotoiluun liittyen. "Kehitä"-kohdassa piirrän useita erilaisia konsepteja molemmista ja koitan keksiä mahdollisimman innovatiivisia ratkaisuja kumpaankin tuotteeseen. "Toteuta"-kohdassa testaan valittua EKG-konseptia käytettävyydestä ja viimeistelen molemmat konseptit lopullisiksi konsepteiksi.

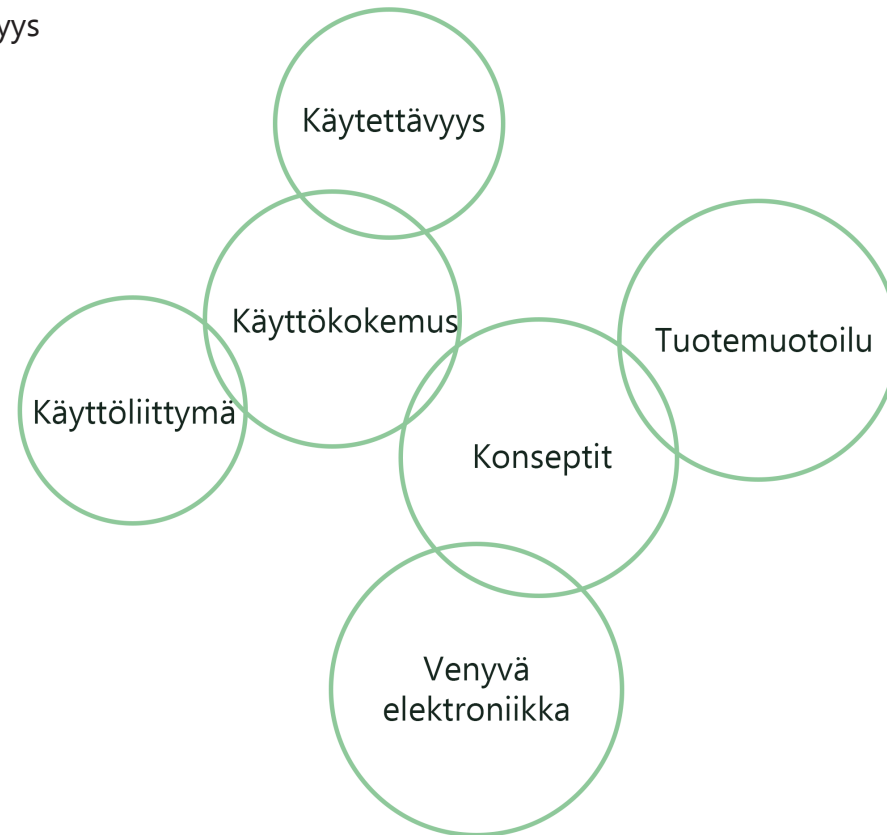


Kuva 1. Tuplatimanttikaavio.

## 2. Taustoitus

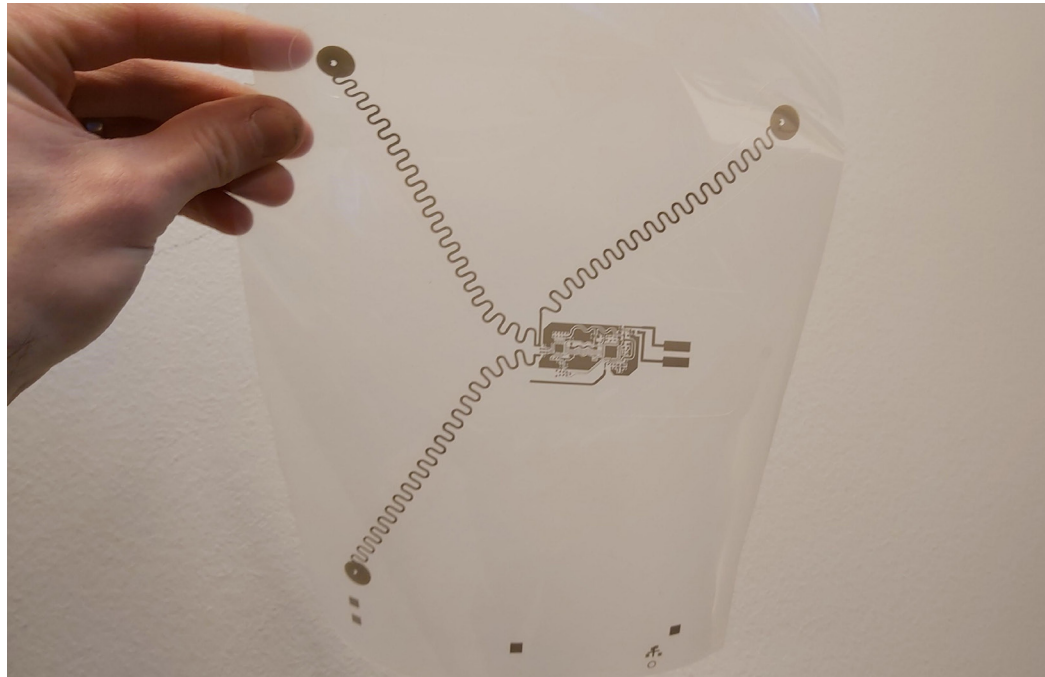
## 2.1 Viitekehys

Kokosin viitekehukseen asiat, jotka ovat opinnäytetyöni keskiössä. Avattuna viitekehys kuvaa, että lähestyn molempien konseptien suunnittelua tuotemuotoilun näkökulmasta, mihin vaikuttavat sekä venyvän elektronikan että käyttökokemuksen kriteerit. Käyttökokemukseen sisältyy tuotteiden käytettävyys sekä käyttöliittymä.



## 2.2 Konseptteihin liittyvistä materiaaleista lyhyesti

EKG-sensorin ja LED-näyttörakenteen tuotekonsepteihin liittyvät materiaalit ovat suurelta osin Elastronics-projektin päättämiä, sillä ne ovat pitkälti venyvän elektroniikan valmistusmenetelmien määrittelemiä, joten en opinnäytetyössäni ota juurikaan kantaa näihin materiaaleihin. Tärkeimmät materiaalit ovat termoplastinen polyuretaani eli TPU-kalvo ja tähän tulostettava hopeamuste. Näihin liittyy myös lisäksi mm. pintaliitoskomponentteja sekä adhesiiveja eli liima-aineita.

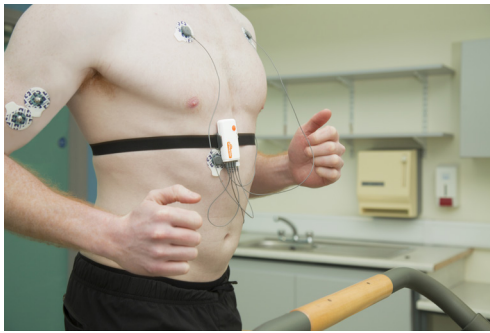


Kuva 3. Aikaisempi versio EKG-sensorin elektroniikasta TPU-kalvolla.

## 3. EKG-sensorin suunnittelu

### 3.1 Benchmarkkaus

Aiheeseen perehdyttyäni lähdin benchmarkkaamaan jo olemassa olevia tuotteita EKG-sensoriin liittyen. Koska venyvään teknologiaan pohjautuvia tuotteita ei ole markkinoilla vielä juurikaan, ei samankaltaisia benchmarkattavia tuotteita oikein löytynyt EKG-sensorin suhteen. Samankaltaisimmat tuotteet, jotka löysin, olivat litteät aivosähkökäyrä- eli EEG-sensorit, jotka eivät kuitenkaan olleet mielestäni venyvää teknologiaa. Tämän vuoksi benchmarkkasin myös vanhempia EKG-sensoreita ja muita aiheeseen liittyviä tuotteita kuten kinesioteippejä inspiraation tueksi.



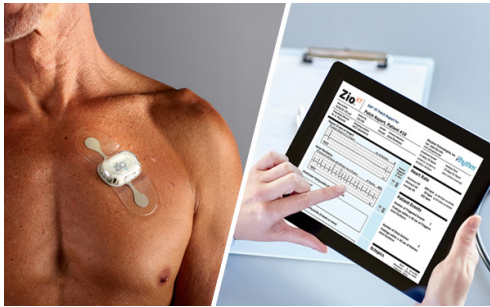
Shimmer3 ECG Unit



Bittium Faros, cardiac monitor



QardioCore, wearable ecg



Zio, cardiac monitor



Imec, disposable health patch



VitalPatch, health monitoring device



Mega Electronics, disposable EEG



StatNet, disposable EEG



Hexoskin, smart garments



KinesioTape



Screenshot EEG-sensorin esittelykappale

Kuva 4. EKG-sensorin benchmarkkausta.

Benchmarkatuista tuotteista nousi esiin ajatuksia, että sensorin olisi hyvä olla yleisilmeeltään mahdollisimman selkeä ja yksinkertainen, jotta se on mahdollisimman intuitiivinen käyttää sekä luotettavan näköinen. Tarkemmin sensorin muotojen suhteen sain benchmarkatuista tuotteista ajatuksia, että niiden olisi hyvä olla orgaanisia ja linjakkaita, kuten Imecin ja VitalPatchin laitteissa eikä sisältää mielellään teräviä kulmia. Itse miellän tällaiset muodot harkituiksi ja uskottaviksi.



Kuva 5. Imec, disposable health patch sekä VitalPatch, health monitoring device.

## 3.2 Design driverit

Benchmarkattuani erilaisia sensoreita mietin tuotteen suunnittelua ohjaavia design drivereita. Tärkeimmäksi kriteeriksi osoittautui sensorin koon määrittely. Sensorin on hyvä olla mahdollisimman pieni, jotta sitä on mahdollisimman mukava pitää päällä. Toisaalta myös mahdollisimman pieni koko on valmistuksen kannalta tehokasta. Toinen tärkeä kriteeri oli tuotteen riittävä kestävyys, mihin sensorin koolla on tietysti suora vaikutus. Lisäksi sensori ei saisi myöskään ärsyttää ihoa, mihin toisaalta käytetyillä valmistusmateriaaleilla ja liimoilla on merkitystä, mutta ne eivät sinänsä kuulu minun opinnäytetyöni määriteltäviksi.

### Design driverit:

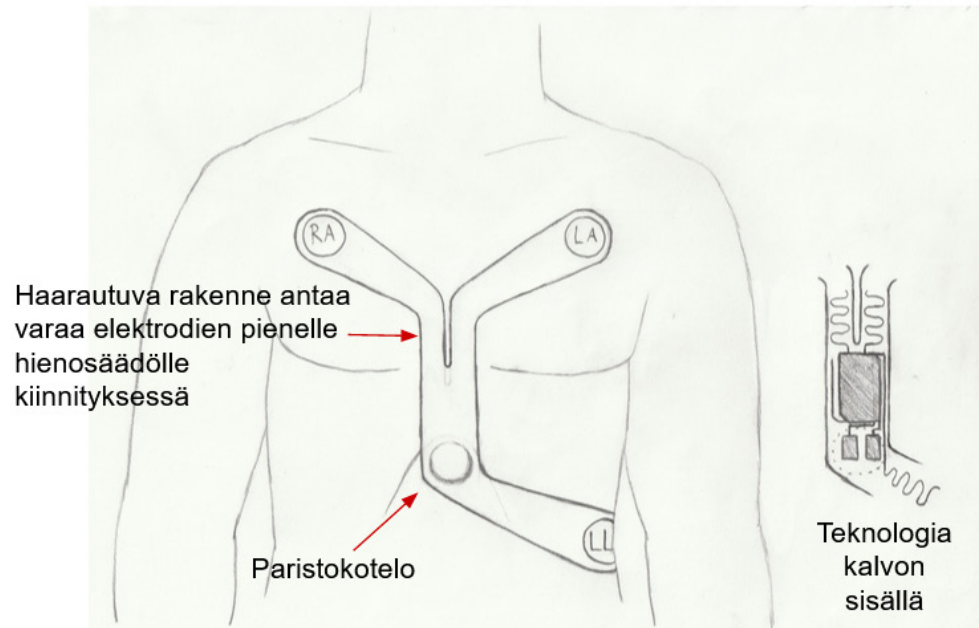
- Riittävän pieni, jotta mukava pitää päällä
- Tarpeeksi kestävä käytössä
- Ei saa ärsyttää ihoa

Design drivereiden lisäksi pohdin myös muita tuotteen suunnitteluun liittyviä asioita, kuten tuotteen käytettävyyttä, minkä olisi hyvä olla mahdollisimman intuitiivista, sekä tuotteen turvallisuutta.

### 3.3 Ensimmäiset konseptit

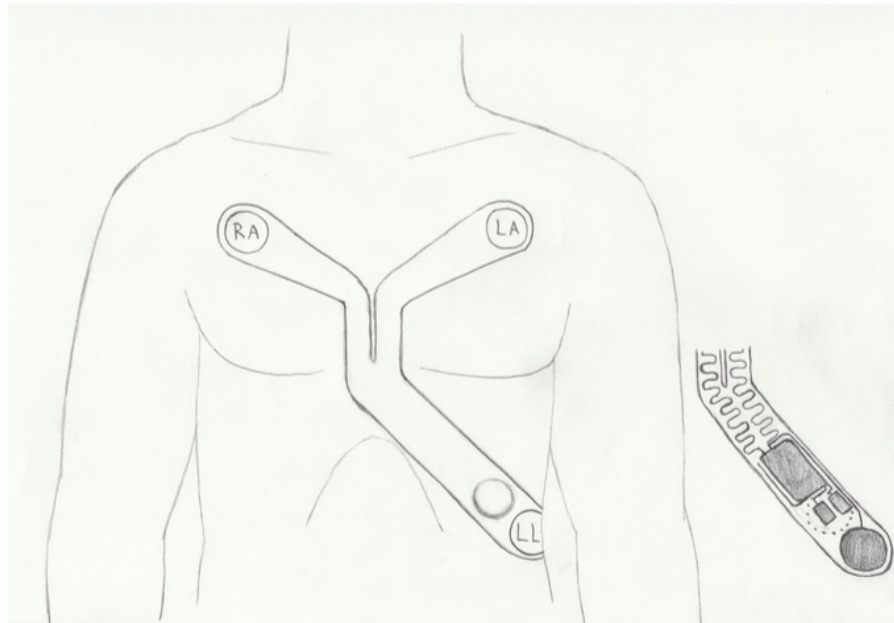
Ennen kuin aloin piirtämään ensimmäisiä konseptejani yhteyshenkilöni kertoi, että sensorin piirilevyn elektroniikka tarvitsee 100 mm x 25 mm:n kokoisen alueen toimiakseen ja että sensori toimisi pienellä paristolla, kuten esimerkiksi CR2016-nappiparistolla, johon tulisi myös jonkinlainen kotelointi. Näiden lisäksi suurempia kriteereitä ei oikeastaan ollut. Hän kertoi myös, että voisin tutkia sekä kolmi- että kaksielektrodisia EKG-sensoreita. Myös ohimo- ja korvasijoitettujen sensoreiden konseptointi voisi olla hyödyllistä, sillä vaikka niiden mittausmenetelmät poikkeavat jossain määrin EKG-sensorista niin ne kuitenkin mittaavat samanlailla sydämen toimintaa ja näin voisi löytyä mahdollisimman paljon erilaisia konseptteja. Lähdin piirtämään ensimmäisiä konseptejani huomioiden nämä seikat, joskaan en vielä tässä vaiheessa keskittynyt konseptteissa pariston ulkonäköön erityisemmin vaan pohdin sensorin kalvorakenteen muotokieltä.

# EKG-konsepti 1



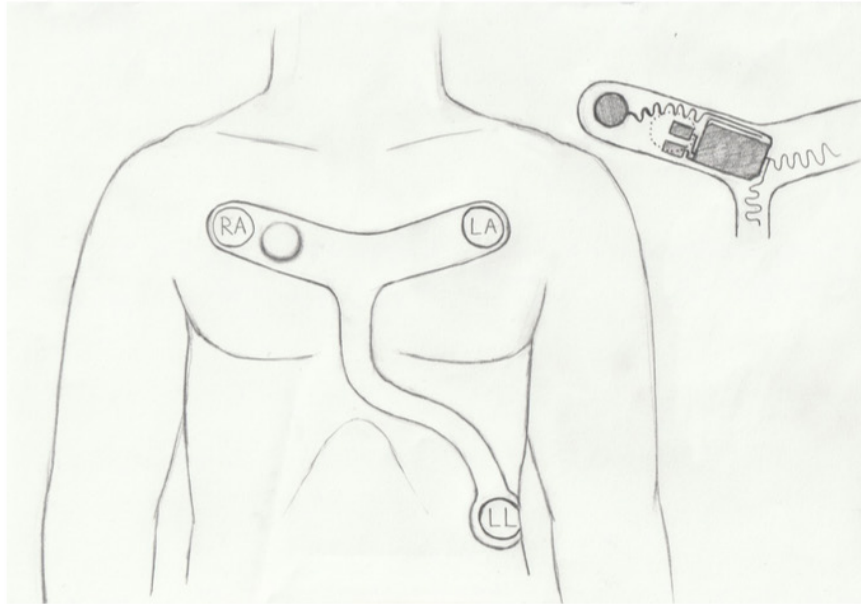
Keskiosasta haarautuva rakenne, joka mahdollistaa elektrodien hienovaraisen säätämisen kiinnitettäessä varsinkin kahdessa ylemmässä elektrodissa.

# EKG-konsepti 2



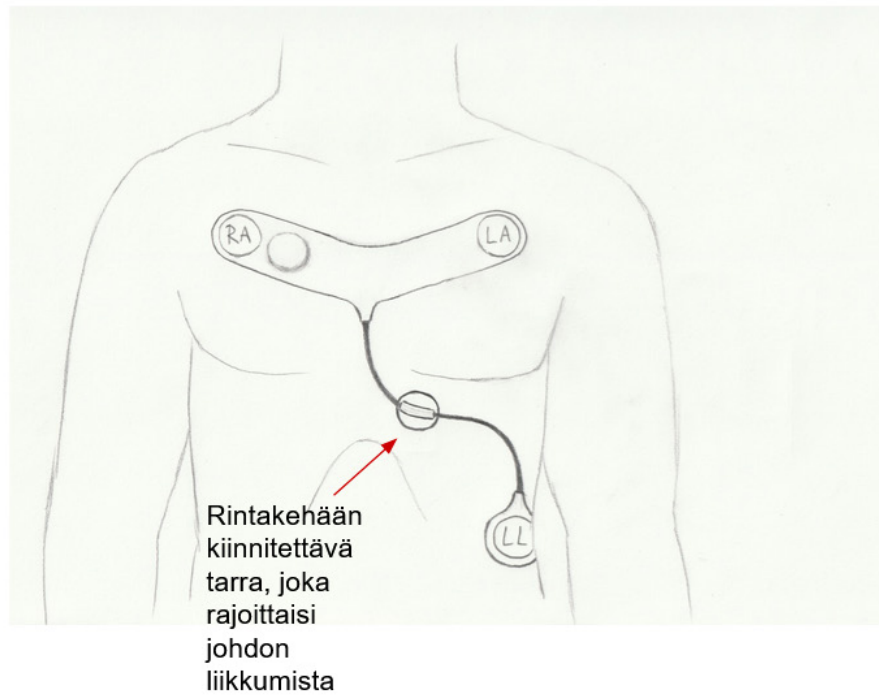
Edellisen konseptin variaatio. Samankaltainen keskiosasta haarautuva rakenne, mutta LL-elektrodi teknologian kanssa kulkee enemmän rintakehän luiden päällä ja paristo jää enemmän sivuun kuin keskelle rintakehää.

## EKG-konsepti 3



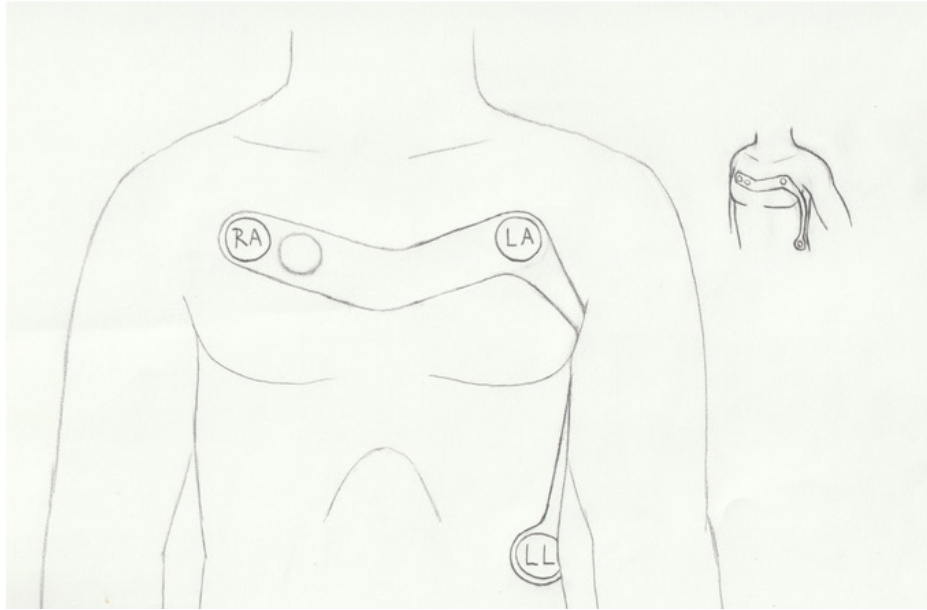
RA- ja LA-elektrodit ovat omassa, yhtä aikaa kiinnitettävässä, osiossaan, josta LL-elektrodi erkaantuu alaspäin.

## EKG-konsepti 4

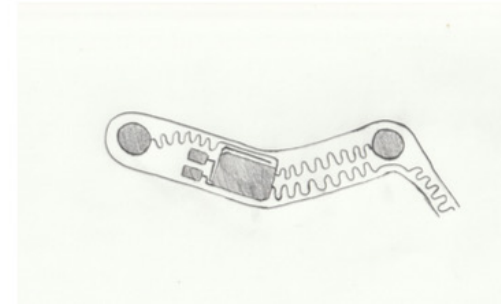


Variaatio edellisestä, jossa on sama idea, mutta LL-elektrodin kiinnitys on korvattu normaalilla johdolla. Johdossa voisi olla kiinni erillinen tarra, jonka avulla johdon voisi kiinnittää halutessaan rintakehään, ettei se liiku vapaasti.

# EKG-konsepti 5



Kyljen kautta kulkeva LL-kiinnitys olisi mukavampi rintakehän alueelle, mutta koska lihasten liikkeet ovat suurempia kyljessä, teippaus kylkeen ei varmaankaan olisi toimiva.



# EKG-konsepti 6 (A-D): Ohimomittaus

Sensorin elektroniikka on kalvoineen kankaan sisällä näissä konsepteissa

6A: Ohimoihin liimattava sensori, joka ei kuitenkaan olisi muuten otsaan liimattu.

6B: Ohimoihin liimattava sensori, joka kiertäisi takaraivon kautta

6C: Ohimoihin liimattava sensori, joka kulkiisi päälään yli kuulokkeiden tapaan

6D: Ohimoihin liimattava sensori, joka kulkiisi pään ympäri joustavassa nauhassa

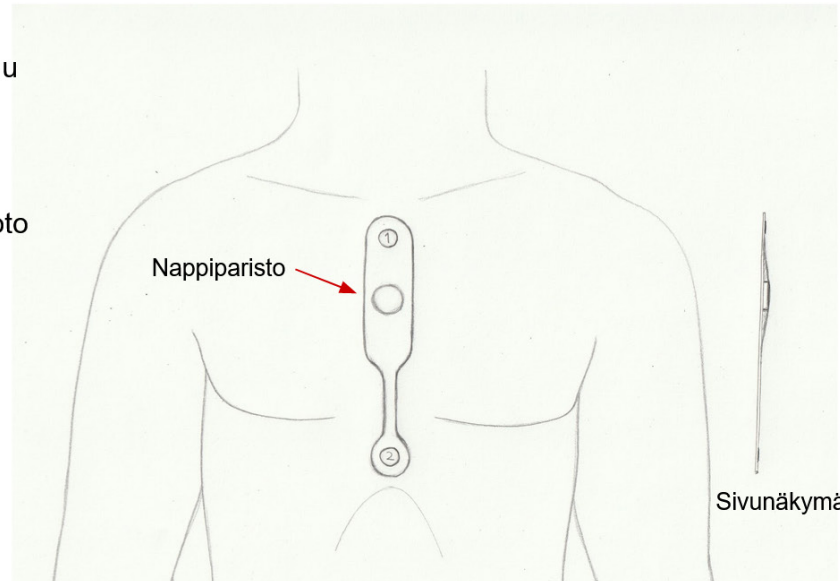
Kuva 8. EKG-konseptit 5 ja 6 (A-D).

# EKG-konsepti 7A: Kaksipisteinen mittaus

Tämä konsepti sijoittuu keskelle rintakehää. Muoto kapenee 5 mm leveäksi, kun toinen elektrodi erkaantuu sensorin elektroniikasta.

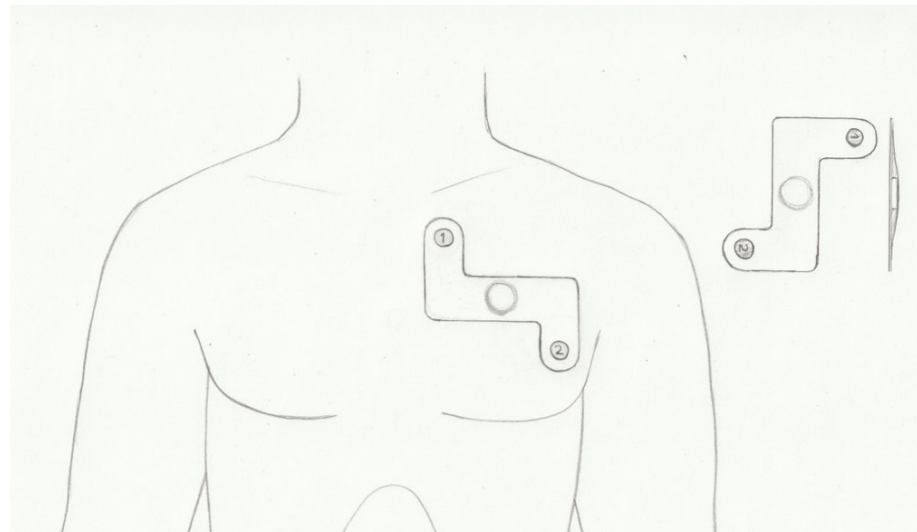
Tässä ja seuraavissa konsepteissa sovelsin VitalPatch-benchmarkkauksen muotokieltä, jossa muoto nousee ja laskee sisäisten komponenttien mukaan.

Numerot kertovat kiinnityksen liimausjärjestyksestä.



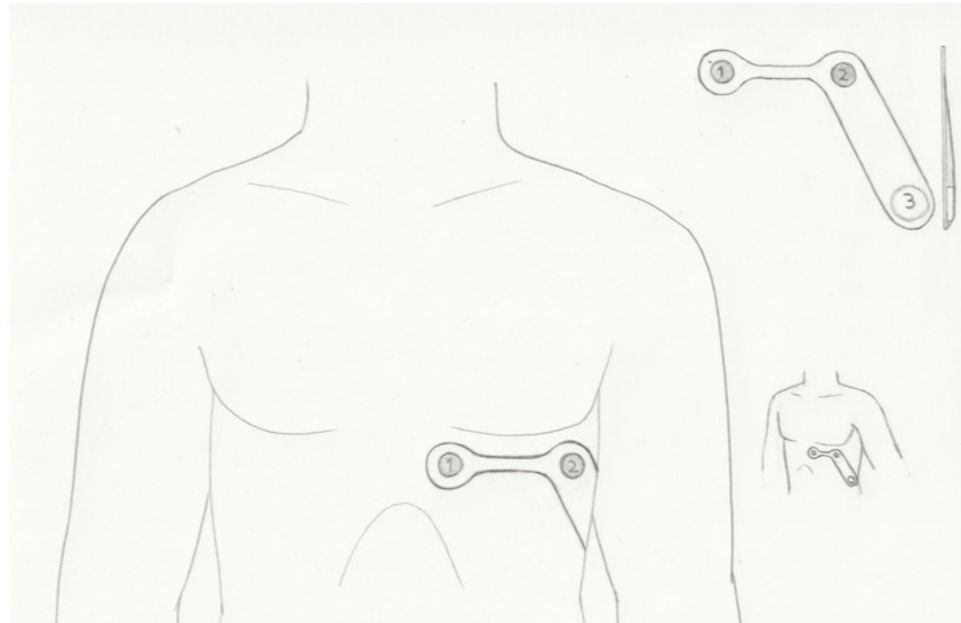
# EKG-konsepti 7B: Kaksipisteinen mittaus

Tässä konseptissa sensori on tämän muotoinen siksi, että halusin poiketa benchmarkatuista tuotteistani eli Ziosta ja VitalPatchista, jotka kiinnittyvät viistosti rintakehän vasemmalle puolelle.



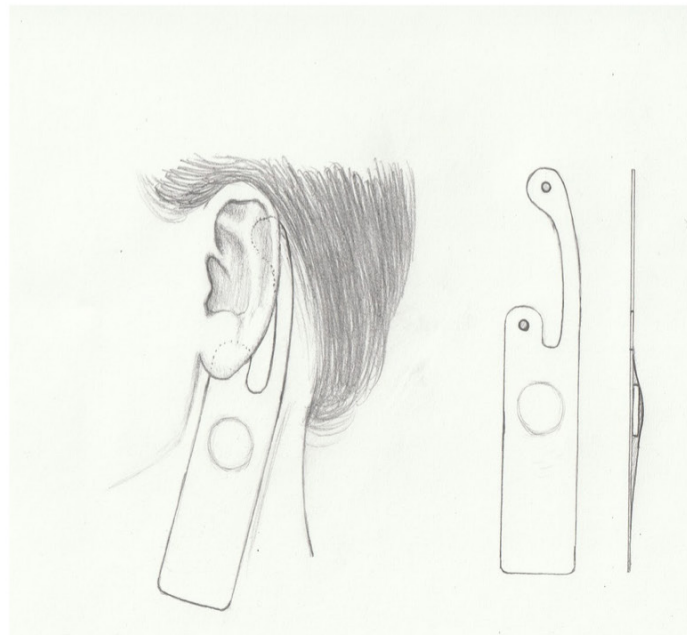
# EKG-konsepti 7C: Kaksipisteinen mittaus

Tässä konseptissa kolmannen eri sijainnin lisäksi paristo jää piiloon kyljen sivuun.

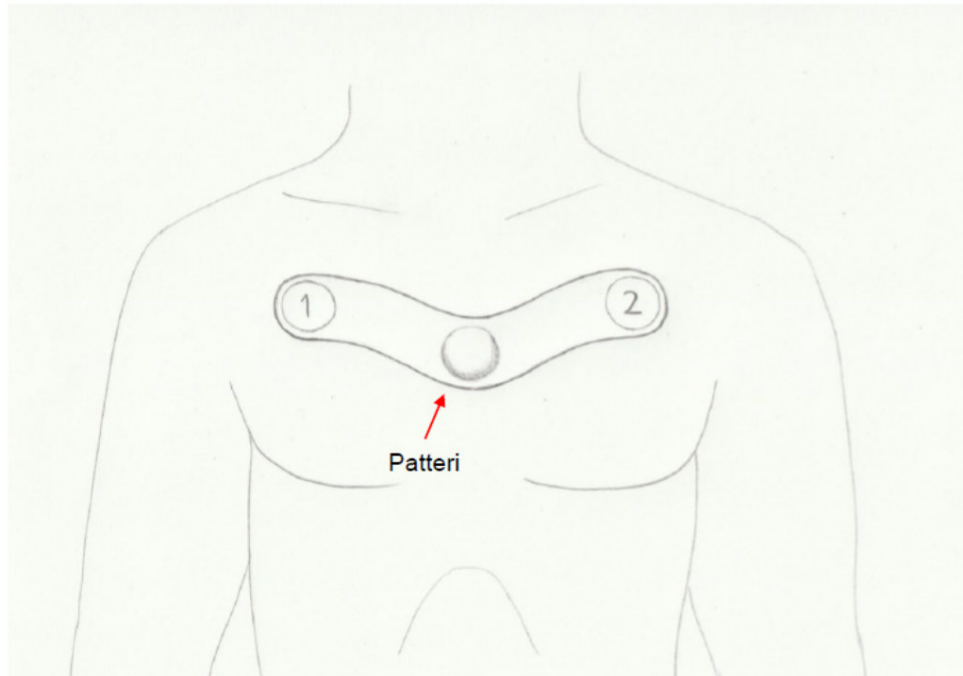


# EKG-konsepti 8: Korvantaustan mittaus

Tässä konseptissa mietin korvan taustan EKG-mittausta. Sensorin elektroniikka on adhesiivilla kiinni kaulassa.



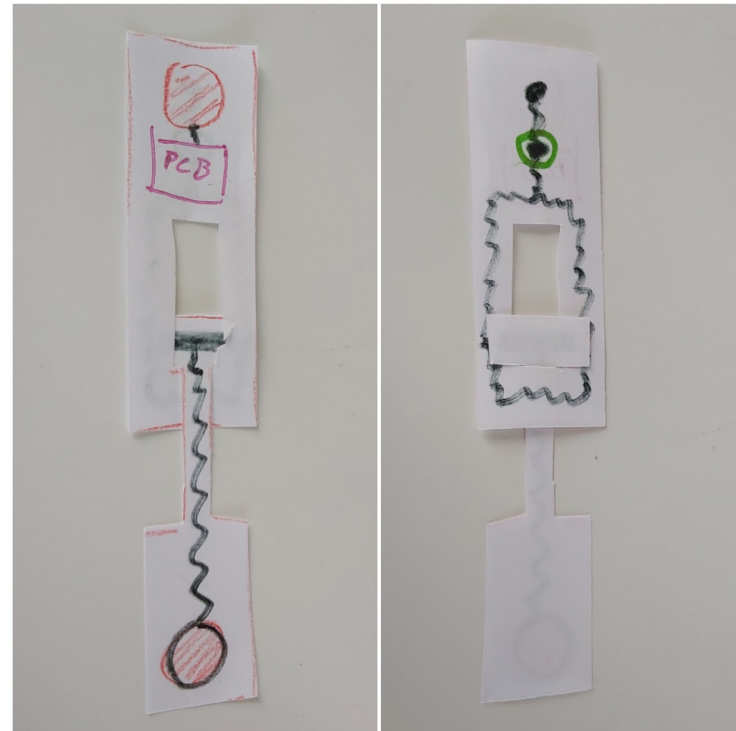
# EKG-konsepti 9: Kaksipisteinen mittaus



Kaksipisteinen laastari muistuttaa aiemmin piirtämääni kolmipisteistä EKG-sensoria ilman alaspäin erkanevaa elektroodia.

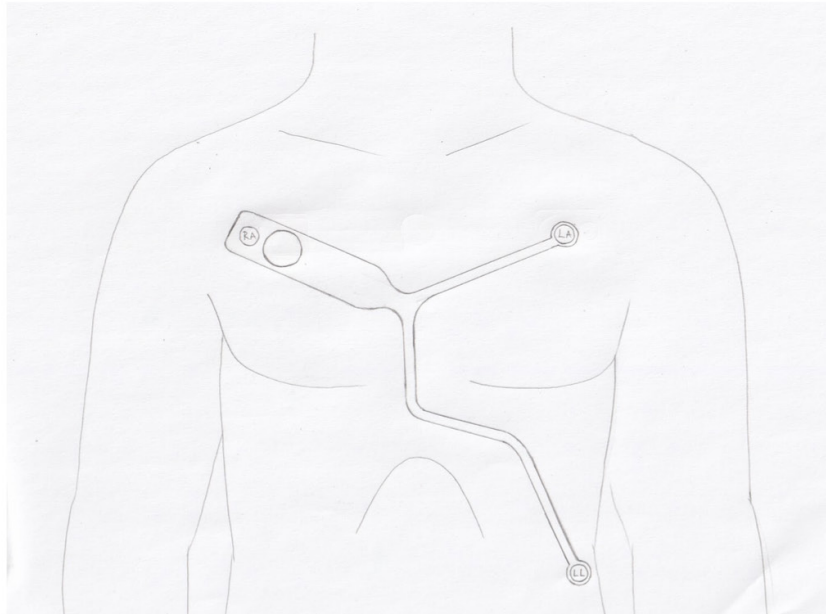
### 3.4 Konseptien jatkokehitys

Ensimmäisten luomieni konseptien jälkeen keskustelin yhteyshenkilöni kanssa siitä, mitkä niistä olivat hänen mielestään potentiaalisimpia ja mitä kannattaisi kehittää eteenpäin. Hän piti parhaina vaihtoehtoina konsepteja 3, 6A sekä 9, joita lähdin jatkokehittämään. Hän kertoi myös mahdollisuudesta mitata sydämen toimintaa korvannipukasta, johon kehitin myös konseptin. Tuossa kyseisessä konseptissa sekä konsepteissa 6D ja 6E yhdistin EKG-näytön suunnitteluun myös LED-näyttörakenteen, jota suunnittelin samaan aikaan EKG-sensorin kanssa. Tämän lisäksi yhteyshenkilöni kertoi idean konseptista, jossa EKG-sensori koostuu kahdesta erillisestä, toisiinsa nähden liukuvasta, kalvosta, jotka mahdollistavat pituuden säädön eri ihmisen ko'oilte ja jotka asennusvaiheessa voidaan kytkeä yhteen sähköisesti pelkän liimapinnan avulla. Kehitin tuota konsepti-ideaa myös eteenpäin.



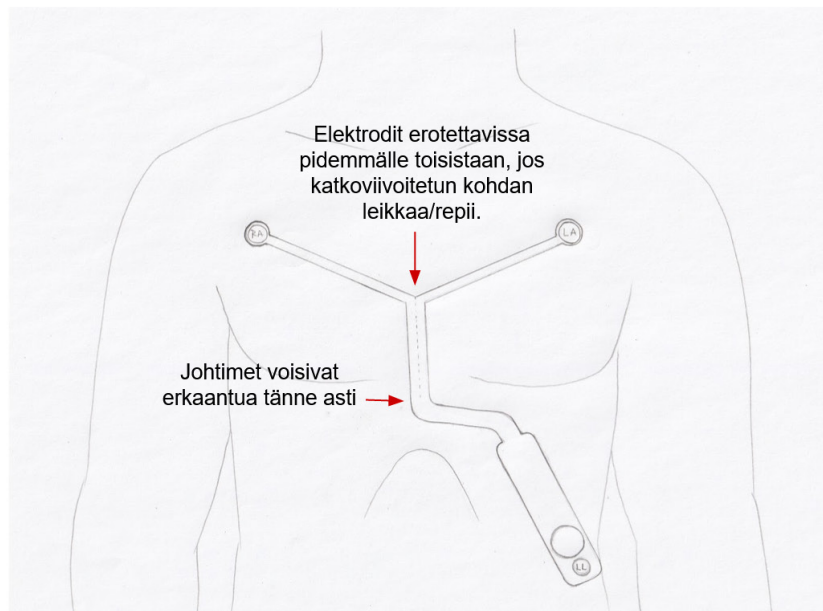
Kuva 12. Yhteyshenkilöni esittämä hahmomalli toisiinsa nähden liukuvista kalvoista.

## Konsepti 3A: Kolmipistemittaus



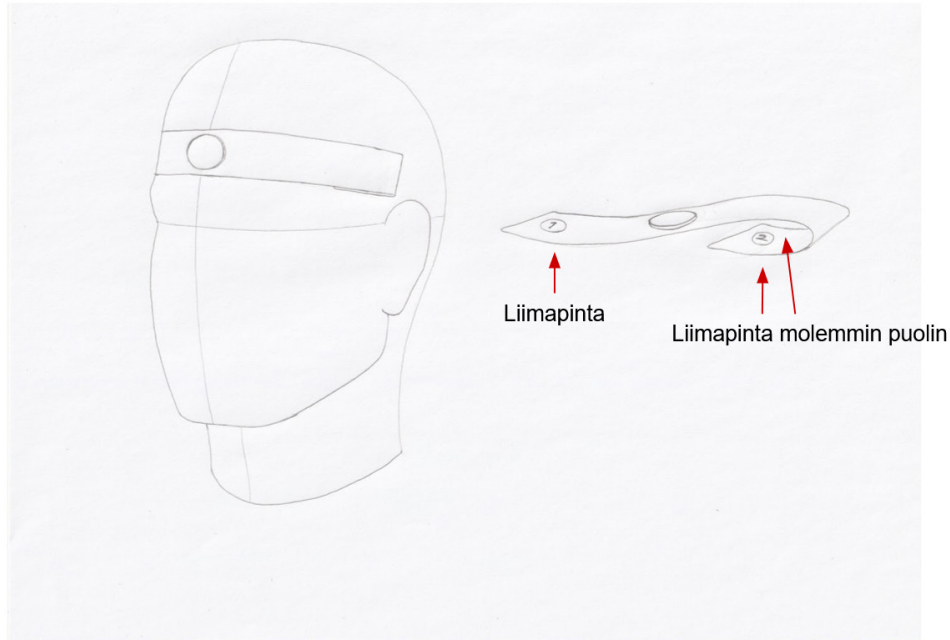
Tässä konseptissa johtimien kalvojen leveyksiä on kavennettu ajatuksena, että ne olisivat 5 mm leveitä. Sensorin teknologia sekä patteri on sijoitettu LA-elektroodin viereen.

## Konsepti 3B: Kolmipistemittaus



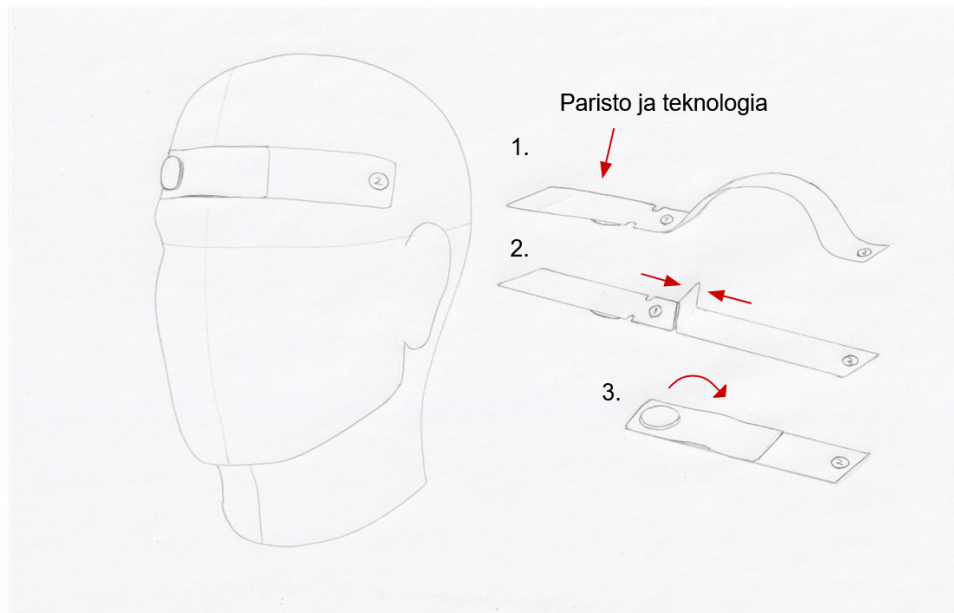
Tässä konseptissa johtimien kalvoja on myös kavennettu, mutta 5 mm leveät kalvot alkavat vasta kun RA- ja LA-johtimet erkaanevat toisistaan. Ajatuksena tässä on myös, että nämä kaksi elektrodia voisi erkaannuttaa toisistaan pidemmälle leikkaamalla, jos sille olisi tarvetta. Tämä voisi olla hyvä ominaisuus isompien kehotyyppien kanssa.

## Konsepti 6A: Ohimomittaus



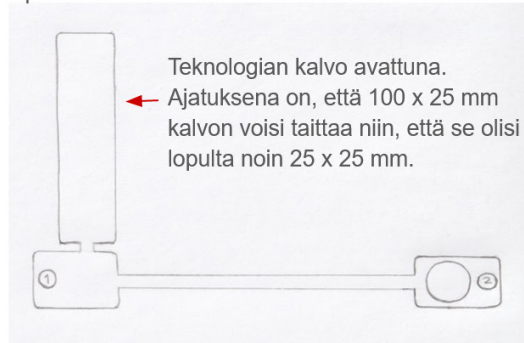
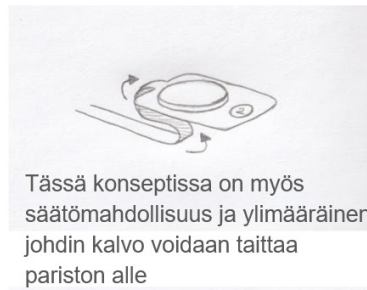
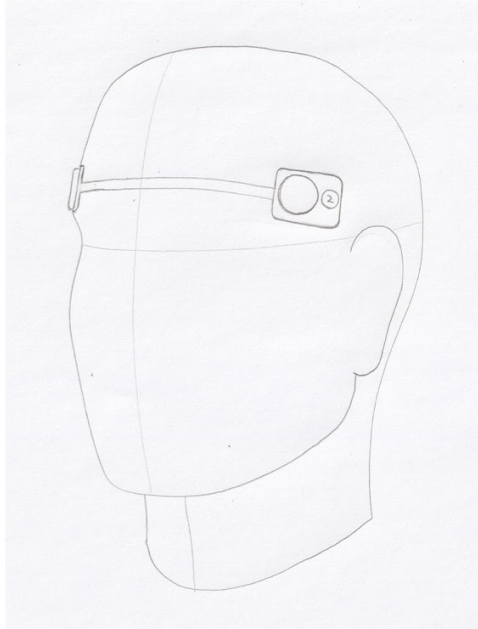
Tässä konseptissa kiinnitys ohimoille tapahtuisi niin, että ensin kiinnitetään elektrodi 1, jonka jälkeen elektrodi 2 kiinnittyy ”väärinpäin” muodostaen lenkin, jonka voi liimata litteäksi. Ongelmana tässä on, että sensori menee toisella ohimolla vähän pidemmälle kuin toisella ja tässä tapauksessa se voi näyttää vähän epäsymmetriseltä. Tämän vuoksi patterikaan ei voi olla keskellä sensoria, miten se tässä on piirretty, sillä säädöstä riippuen, se ei jäisi otsan keskelle.

## Konsepti 6B: Ohimomittaus



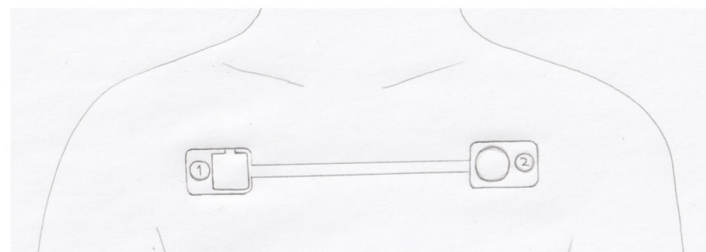
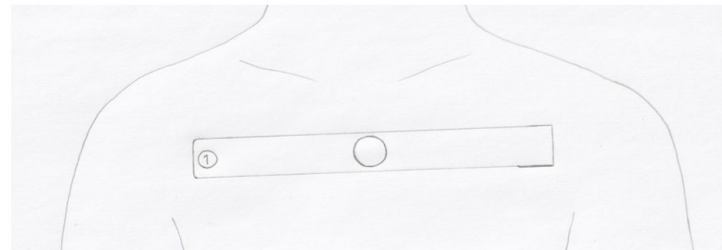
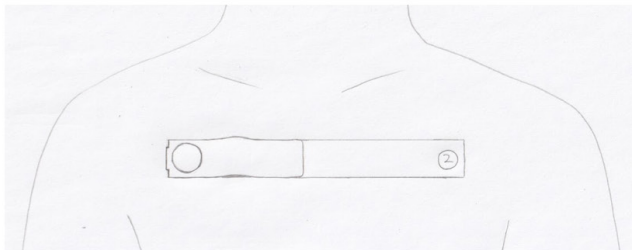
Konseptissa on samankaltainen pituuden säätömekanismi kuin konseptissa 9A, mutta tässä muodostuva ulkoneva kalvotaitos liimataan litteäksi kalvolla, jossa sensorin teknologia ja paristo ovat.

# Konsepti 6C: Ohimomittaus



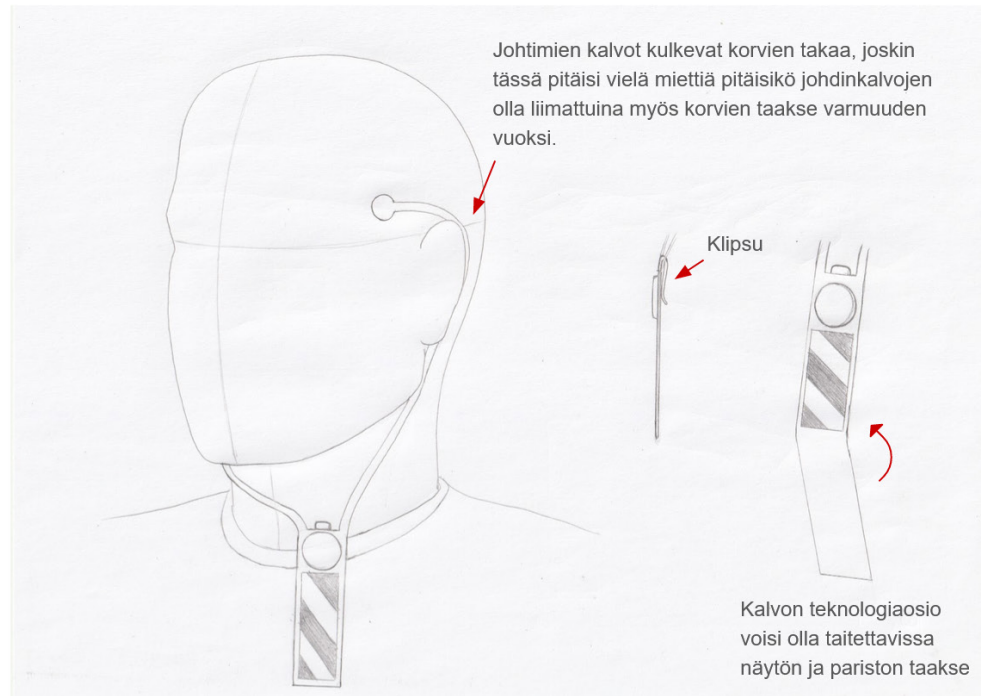
Konseptissa sensorin teknologian kalvo on taitettu ja liimattu kasaan, jotta se ei veisi niin paljon tilaa. Tämä ”paketti” on sijoitettu 1. elektrodin viereen ja paristo on sijoitettu 2. elektrodin viereen. Tämän ansiosta ohimoja yhdistävä kalvotus voi olla ohuempi. Tässä olen miettinyt sen noin 5 mm leveäksi, mutta, koska paristosta lähtee myös johtimia se ei varmaankaan voisi olla näin ohut.

## Konseptien 6A-C ajatuksia voisi hyödyntää vaihtoehtoisesti esim. kaksipisteisessä mittauksessa



Kuva 15. EKG-konsepti 6C sekä konseptien 6A-C pohdintaa soveltuviksi kaksipistemittaukseen.

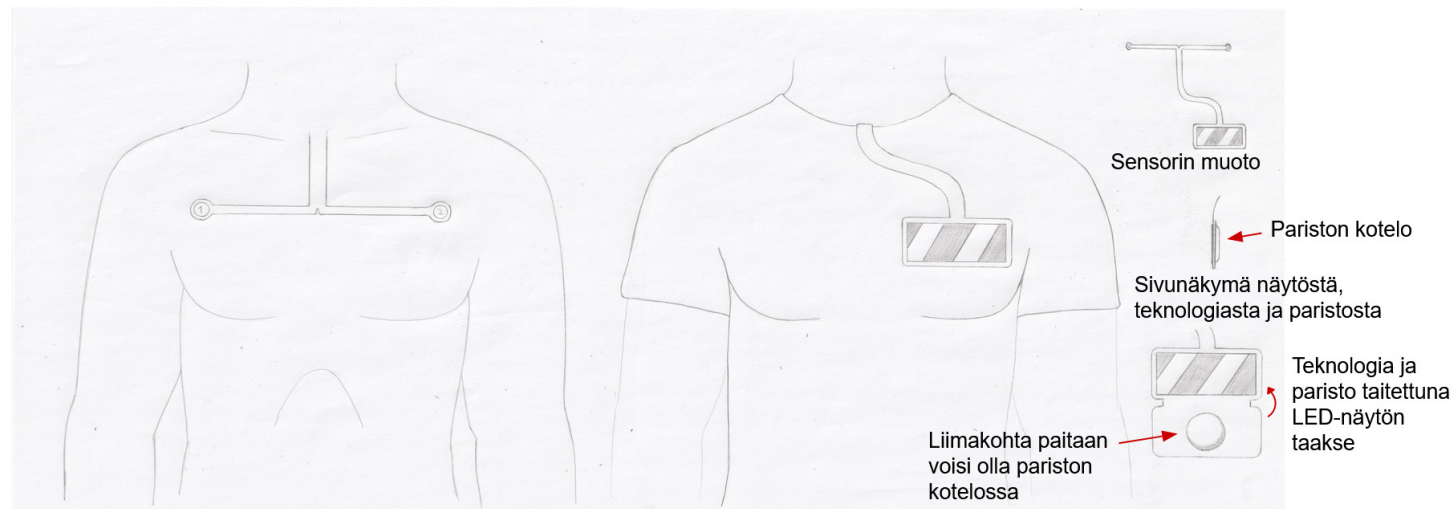
# Konsepti 6D: Ohimomittaus



Tässä konseptissa sensorin teknologia on sijoitettu kiinnitettäväksi klipsulla paidan kaulukseen kokonaan pois otsalta. Vaihtoehtoisesti kiinnitys voisi olla paidassa rintakehän kohdilla tai liimalla kiinnitettynä rintakehään.

Tämän kiinnityksen ansiosta voisi miettiä LED-näytön sijoittamista osaksi sensoria. Jos näytön tulosten pitäisi olla myös sensorin käyttäjälle nähtävillä, johdinten kalvojen pitäisi varmaankin olla pidemmät, jotta näytön pystyy irrottamaan ja sitä tarkastelemaan helpommin. Toisaalta, jos tämä olisi potilaskäytössä, tulokset potilaalle eivät ole niin merkittävät.

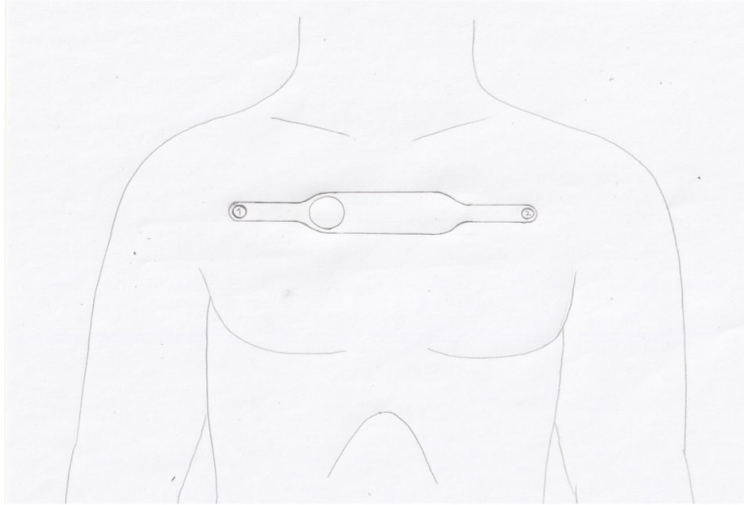
# Konsepti 6E: EKG-versio konseptista 6D



Konseptissa elektrodit ovat kytketty rintakehään, mutta teknologia ja LED-näyttö ovat liimattu paitaan kiinni (tai olisivat vaihtoehtoisesti klipsulla kiinni paidassa). Johtimet kulkisivat paidan kauluksen kautta paidan ulkopuolelle.

Kuva 16. EKG-konseptit 6D ja 6E.

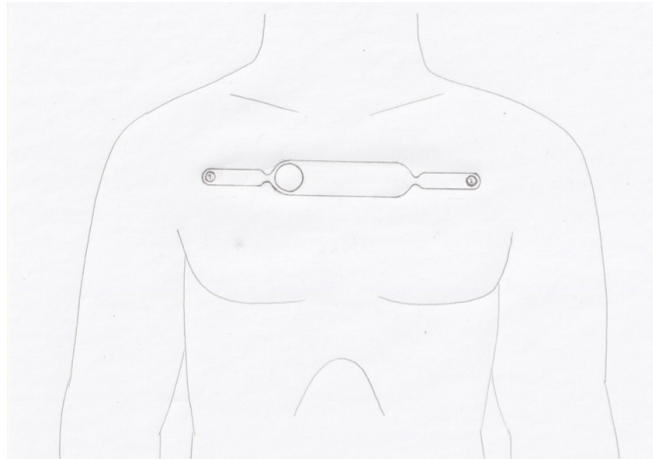
## Konsepti 9A: Kaksipistemittaus



Tässä konseptissa mietin koon muuttamista elektrodien välimatkan pienentämisen kautta. Ylimääräinen johdinkalvo liimattaisiin yhteen.



## Konsepti 9B: Kaksipistemittaus

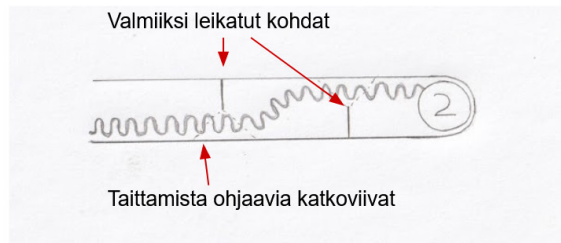
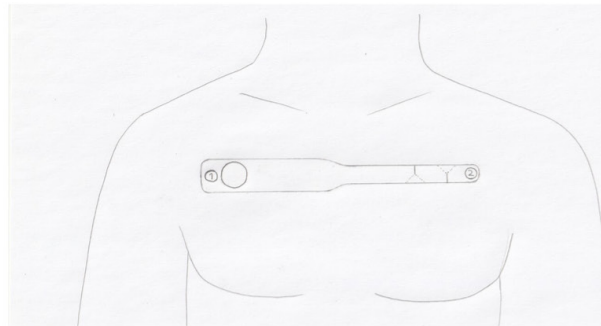


Tässä konseptissa säätömahdollisuus tapahtuisi niin, että kummankin elektrodin sijaintia voisi säätää johtimen kalvon kapeimmasta kohdasta, joka olisi 5 mm. Muuten johtimen kalvon leveys olisi sama kuin elektrodin eli 12 mm, mikä ei taivu yhtä herkästi kuin 5 mm leveä kohta.

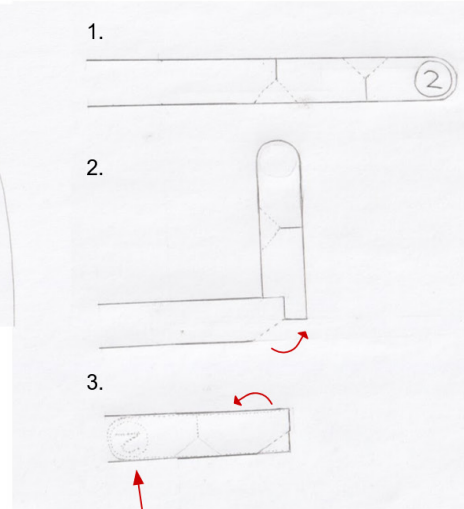


Johtimien kalvot liimattuina asentoon

## Konsepti 9C: Kaksipistemittaus



Johtimen kulku kalvojen sisällä

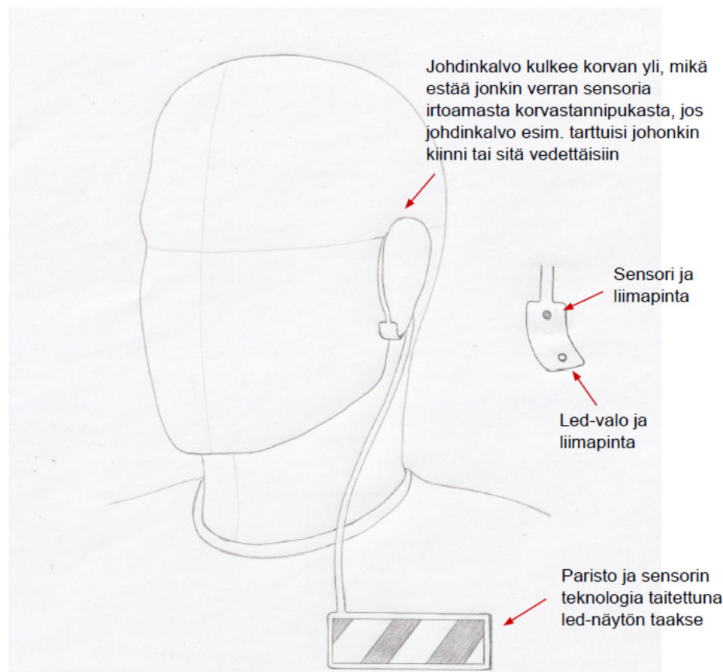


Elektrodi jää oikein päin kahden taitos kerran jälkeen

Taittamisen vaiheet

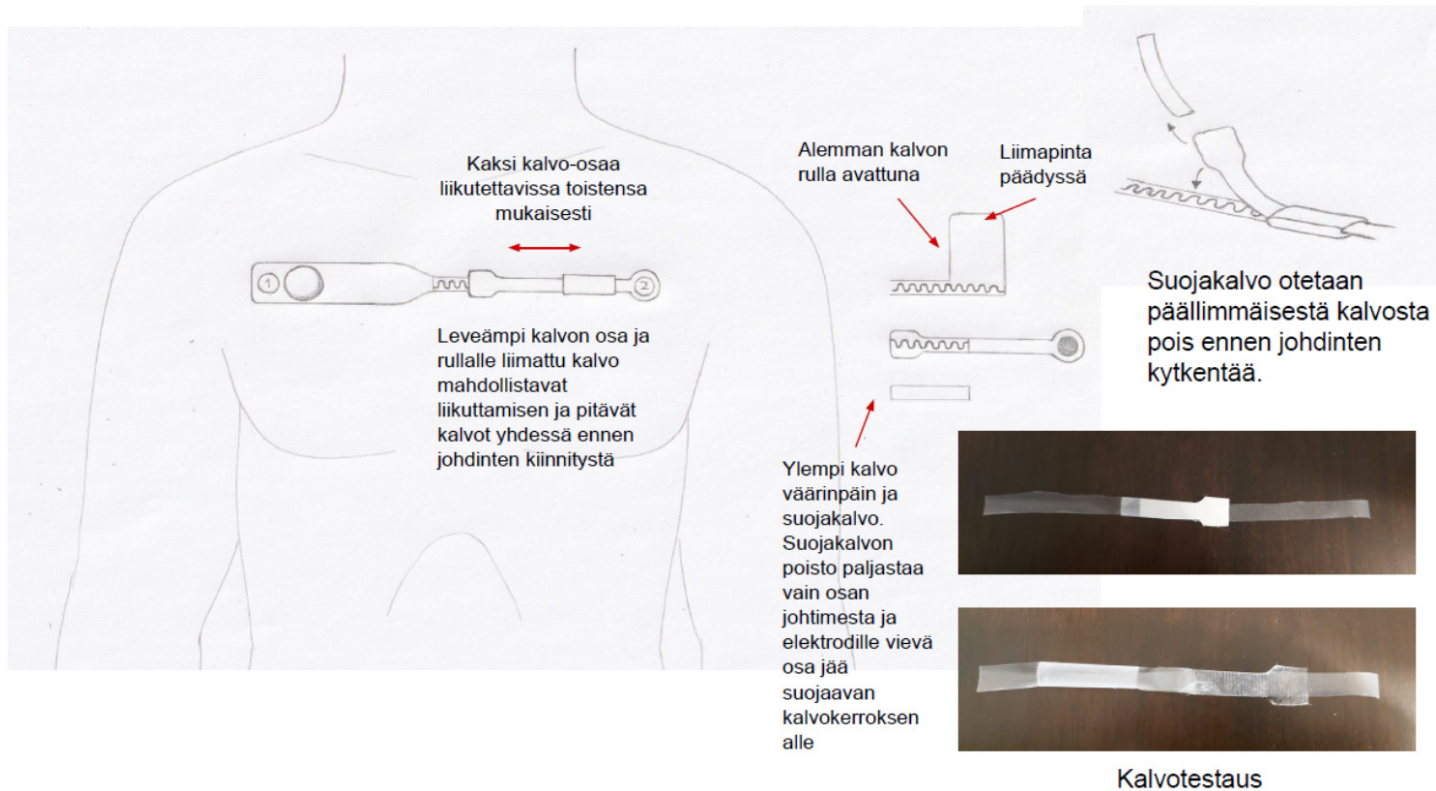
Tässä konseptissa mietin ideaa, jossa elektrodin sijaintia voisi muuttaa taitamalla johdin kalvo kaksi kertaa niin, että johdin kääntyy itsensä alle liimapuoli oikeinpäin. Tämä lyhentää elektrodin sijaintia verrattuna toiseen elektrodiin, mutta tämä toimii toisaalta hyvin porrastetusti, eikä sen asettelu ole kovin intuitiivista.

## Konsepti 10: Korvannipukan mittausta



Konseptissa korvannipukasta happisaturaatiota mittaava sensori kulkee korvan ylitse rintakehään saakka, mihin sensorin teknologia ja paristo ovat liimattuina. LED-valo ja tätä mittaava sensori ovat liimattuina korvannipukan molemmin puolin.

# Konsepti 11: Liukusäädettävä EKG-sensori

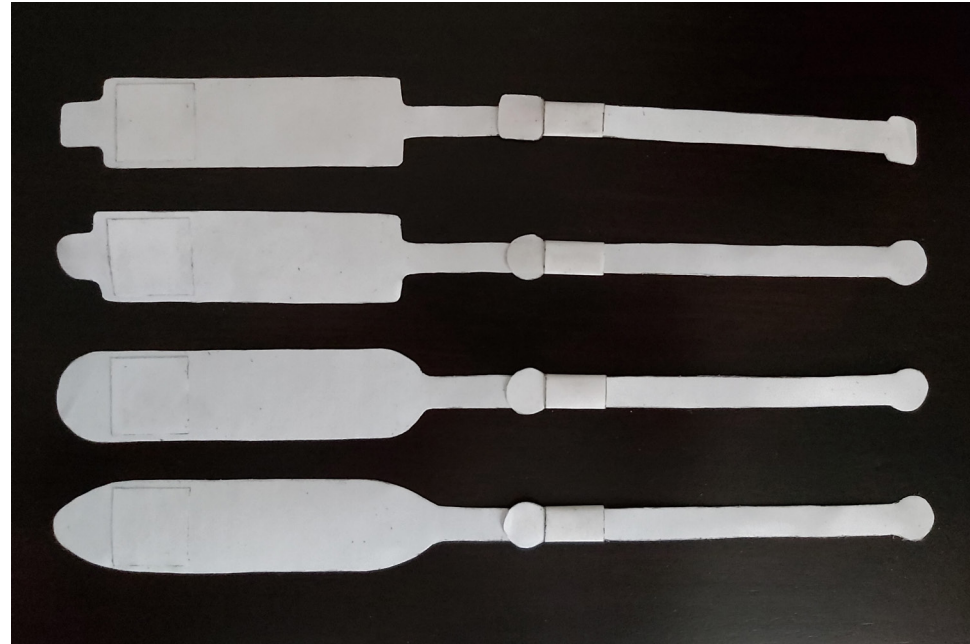


Konseptissa kaksi erillistä kalvoa liikkuvat toisiinsa nähden vaakasuunnassa. Tämä mahdollistaa sensorin koon säätämisen eri kehotyypeille. Kun sensorin koko on päätetty kalvojen johtimet yhdistetään toisiinsa poistamalla suojakalvo.

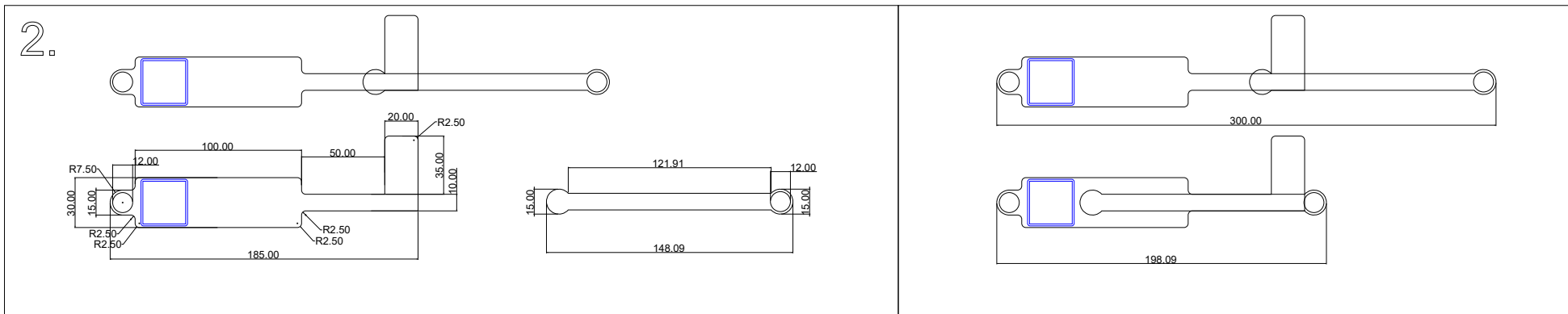
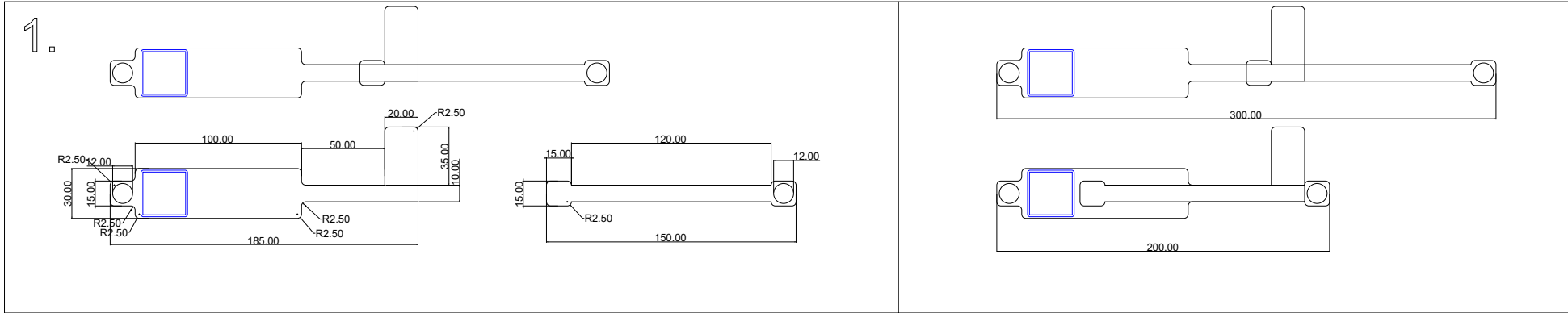
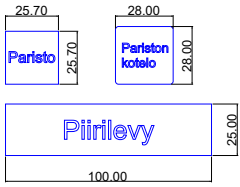
### 3.5 Viimeisen jatkokehittävän konseptin valinta

Konseptit piirrettyäni olin yhteydessä jälleen yhteyshenkilöni. Hän piti erityisesti liukusäädettävän EKG-sensorin konseptista, ja se valikoitui vielä jatkokehittäväksi konseptiksi, josta olisi tarkoitus suunnitella EKG-sensorin lopullinen konsepti. Siirryin tässä vaiheessa Rhinoceros-ohjelmaan kehittämään konseptia ja loin ensin neljä muodoltaan hieman erilaista varianttia konseptista, jotka myös mitoitin. Näihin jatkokehitettyihin konsepteihin mitoitin sensorin ensin itselleni sopivaksi, minkä jälkeen mitoitin sen säätömekanismin sellaiseksi, että se liukuu tuohon nähden lyhyemmäksi ja pidemmäksi. Tämän jälkeen kehitin vielä kahta varianttia eteenpäin ja korjasin mittoja paremmiksi. Näitä kahta varianttia päätin testata käytettävyydestä.

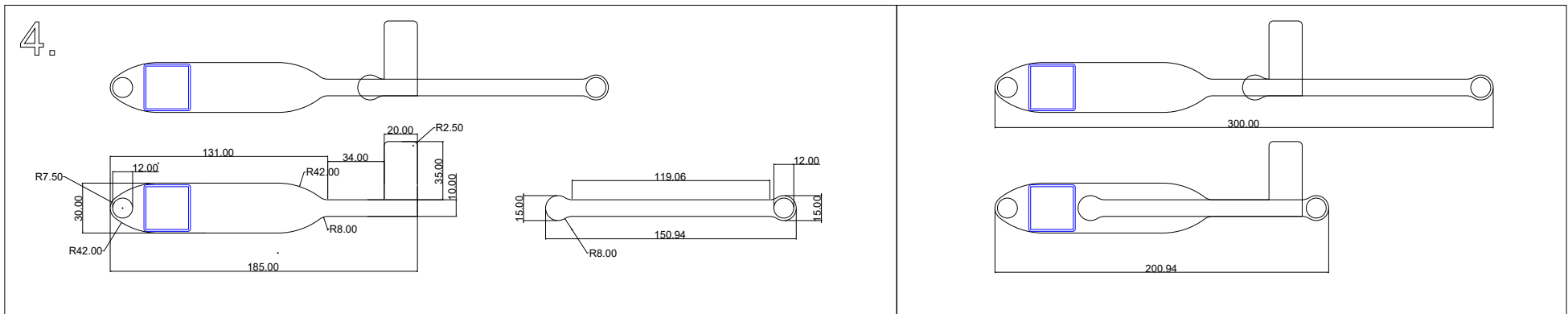
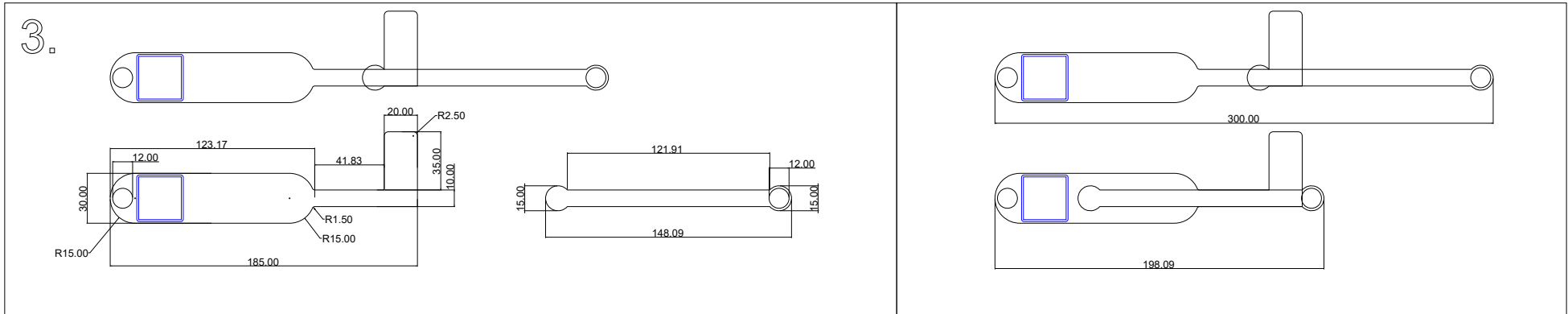
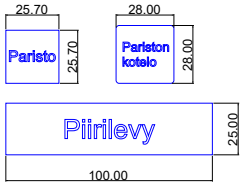
Tässä vaiheessa sain myös tietää, että EKG-sensorissa voitaisiin käyttää todella ohutta taipuisaa paristoa, joka olisi kiinteää nappiparistoa käytettävämpi vaihtoehto. Otin taipuisan pariston huomioon loppuisissa konsepteissani.



Kuva 20. Liukusäädettävän EKG-sensorin neljän eri konseptivariantin protoilua.



Kuva 21. Variantit 1 ja 2 neljästä eri liikusäädettävän EKG-sensorin konseptivariantista.

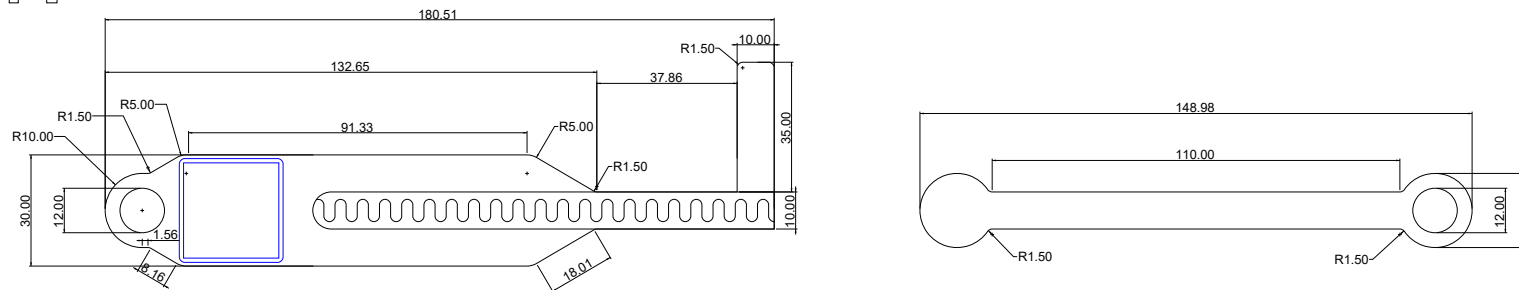


Kuva 22. Variantit 3 ja 4 neljästä eri liikusäädettävän EKG-sensorin konseptivariantista.

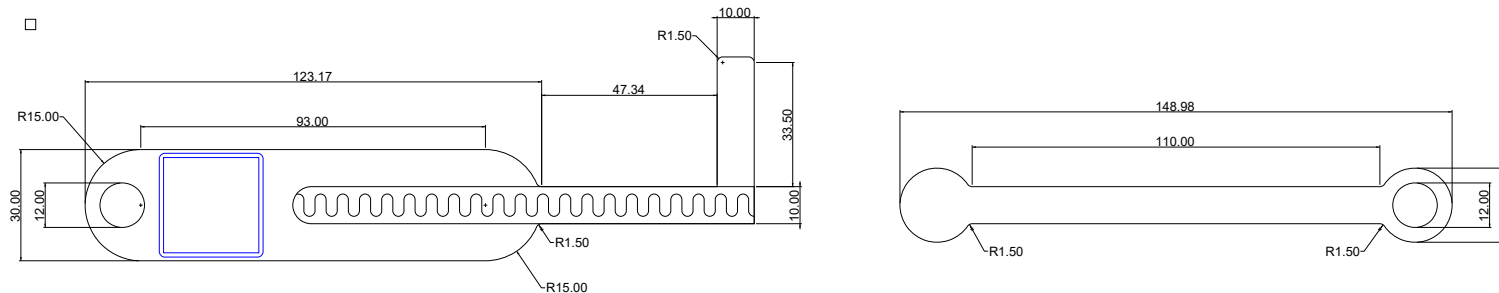
## 3.6 Käytettävyydesti

Päätin testata EKG-sensorin konseptin kahta varianttia viiden kaverini kanssa. Sain Elastronics-projektilta VTT:n kautta käyttöni oikeaa liimapintaista TPU-kalvaa, josta leikkasin kummastakin variantista prototyypit kullekin kaverilleni testattavaksi. Tein myös käyttöohjeet, joiden mukaan prototyyppejä tulisi käyttää ja valmistelin netissä täytettävän kyselyn, jossa kysyin prototyyppien ja ohjeiden käyttöön liittyviä kysymyksiä, joilla pyrin selvittämään niiden käytettävyyttä. Jokainen testaaja suoritti testin itsenäisesti ja vastasi sitten kyselyyn.

2.1.



3.1.



Kuva 23. Valitut konseptivariantit, joita testasin käytettävyydestissä.

### 3.7 Käytettävyydestin tulokset

Käytettävyydestistä kävi ilmi, että käyttöohjeissa olisi ollut parantamisen varaa. Ohjeiden perusteella kaikille käyttäjille ei ollut ihan selvää, mitkä kaikki suojakalvon osat tuli poistaa TPU-kalvolta. Myös enemmän välivaiheita kaivattiin ohjeisiin. Ohjeissa minulla oli myös käynyt yksi virhe, jossa yhdessä kohtaa oli väärä kuva irrotettavasta kalvosta.

Sensorin prototyyppien ensimmäisiä liimakalvoja piti muutama käyttäjä liian suurina. Keskimmäisten eli kolmansien liimakalvojen suhteen taas oli ongelmia saada ne pysymään kunnolla kiinni. Tähän ongelmaan ehdotettiin myös ratkaisua, että kyseinen liimakalvo voisi mennä reilummin alemman kalvon päältä iholle, jolloin se pysyisi paremmin kiinni.

Sensorien kestävydestä kävi ilmi, että siinä oli parannettavaa. Yhdellä käyttäjällä sensori oli alkanut repeämään sitä säädettäessä, ja toisella se oli katkennut kokonaan jumpatessa. Tähän voi tietysti vaikuttaa se, että prototyypit olivat minun itseni leikkaamia, minkä seurauksena prototyyppeihin oli voinut jäädä esimerkiksi pieniä viiltoja tai teräviä kulmia, jotka sitten testauksessa heikensivät prototyyppien kestävyyttä.

Muutama testaaja korjasi teippauksien asentoa päällä pitämisen aikana, minkä seurauksena ne eivät kestäneetkään enää niin hyvin sen jälkeen. Ne alkoivat irtoamaan tai eivät pysyneet enää kiinni ollenkaan. Tämä on toisaalta ymmärrettävää, sillä jos sensorin asentoa korjataan, sen liimapinta kuluu joka irrotuksen jälkeen. Myös sellainen huomio tuli yhdeltä käyttäjältä, että sensori oli mennyt kuprulle, kun kehon asento oli muuttunut istuttaessa. Tämä aiheutti häiritsevän tunteen iholla etenkin suurella liimapinnalla. Liimapinta aiheutti myös kyseisellä, sekä myös toisella käyttäjällä, punoitusta iholla sensorin irrotuksen jälkeen.

Käytettävyydestiin osallistui vain viisi ihmistä, mikä ei vielä riitä selvittämään kunnolla sensorien ongelma- ja kehityskohtia. Lisäksi koska testaus suoritettiin itsenäisesti, en itse ollut havainnoimassa käyttötilanteita, mistä varmasti olisi myös ollut hyötyä käytettävyyden tutkimuksessa. Parhaassa mahdollisessa tilanteessa käytettävyydestejä tehtäisiin useampi ja suuremmalla otannalla, jotta saataisiin suunniteltua paras mahdollinen tuote. Opinnäytetyöhöni tämä käytettävyydesti oli mielestäni kuitenkin riittävä ja tehdystä kyselystä onnistuin poimimaan useamman seikan, jotka otin huomioon sensorin lopullisen konseptin suunnittelussa.

Alkuun epäselvää kummin päin sensori puetaan (mikä pinta osoittaa kehosta pois päin). Isoin liimauspinta liian iso. Keskimäinen liimauspinta liian pieni ei koskettanut ihoa riittävästi.

Keskimäinen tarra voi kiinnittyä varmemmin sensorin päältä molemmin puolin keholle. Iso liimauspinta oikealta liian iso ja pitkäjänteinen. Vasen pienempi sensorin kapenevat reunat ja koko rakenteeltaan pienet ja seuraa heinkoon kestävyys.

Sensori B tuntui pysyvän tukevammin paikallaan, kun keskiosa kiinnittyi sekä itse sensoriin että ihoon. Sensorin A olin laittanut ehkä hieman liian kireälle asetukselle, jolloin keskiosan liimapinta kiinnittyi ainoastaan sensorin oikeanpuoleiseen liimapinnan päälle eikä lainkaan omalle iholleni. Tämän johdosta sensori ei tuntunut pysyvän päällä yhtä tukevasti.

Ei sitä juuri huomannut ja hyvin pysyi mikä oli yllättävää. Välillä vähän muistutti olemassaolostaan paitaa vasten ja repäisy sattui vähän.

Suojakalvon irrottamisessa ja säädössä vaati voimaa. Tämä aiheutti pieniä repeytymiä.

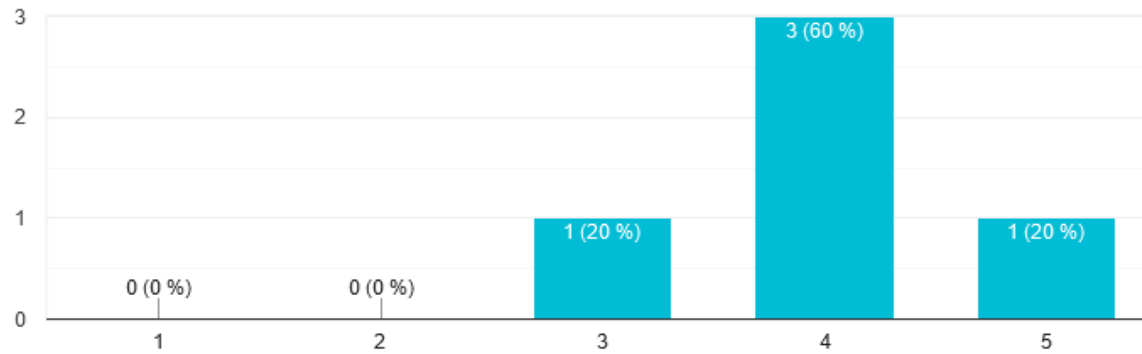
Tiukka. Hieman repesi säädössä. Vaatii lisää rakenteellista/materialista tukea.

Asettaessani sensorin seisoin ryhdikkäässä asennossa ja liimapinta tuntui olevan ihoa vasten suorassa, mutta istuessani ja työskennellessäni huomasin, että asentoni muuttui ja sensori meni tämän takia joistain kohdin kuprulle (sekä pitkän liimapinnan että "nauhaosan" kohdalta). Etenkin isoin liimapinta tuntui hieman kutittavalta ihoa vasten. Tämä johtui mahdollisesti osittain kupruilusta, sillä havaitsin tämän etenkin oikealla puolella, jossa liimapinta oli isompi. Tämä tunne oli sen verran voimakas, että se häiritsi keskittymistäni raportin kirjoittamiseen, jota tein pitäessäni sensoria.

Sensori A:n nauhaosa katkesi keskikiinnityksen tarran ja johtimen saumakohdasta. Tämä tapahtui tehdessäni taukojumppana pientä rintakehää avaavaa liikettä, jossa siirsin hartioita hieman taakse. Kiinnitin jo aluksi huomiota siihen, että sensori oli tältä osin ehkä hieman heiveröinen, sillä siihen oli ehkä tullut pieni viilto suojakalvoa leikattaessa.

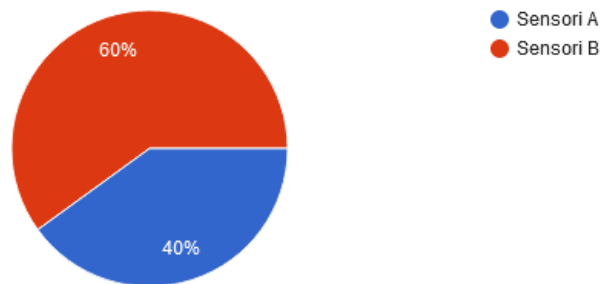
9a. Miten arvioisit sensorien koko käyttökokemusta asettamisesta, ylläpitämiseen ja irrottamiseen?

5 vastausta



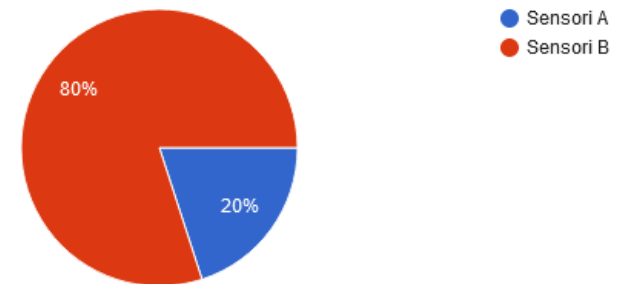
10a. Kumpi sensori mielestäsi on muotoilultaan paremman näköinen?

5 vastausta



12a. Kumman sensorin valitsisit lopulliseksi/jatkokehitettäväksi prototyyppiä?

5 vastausta

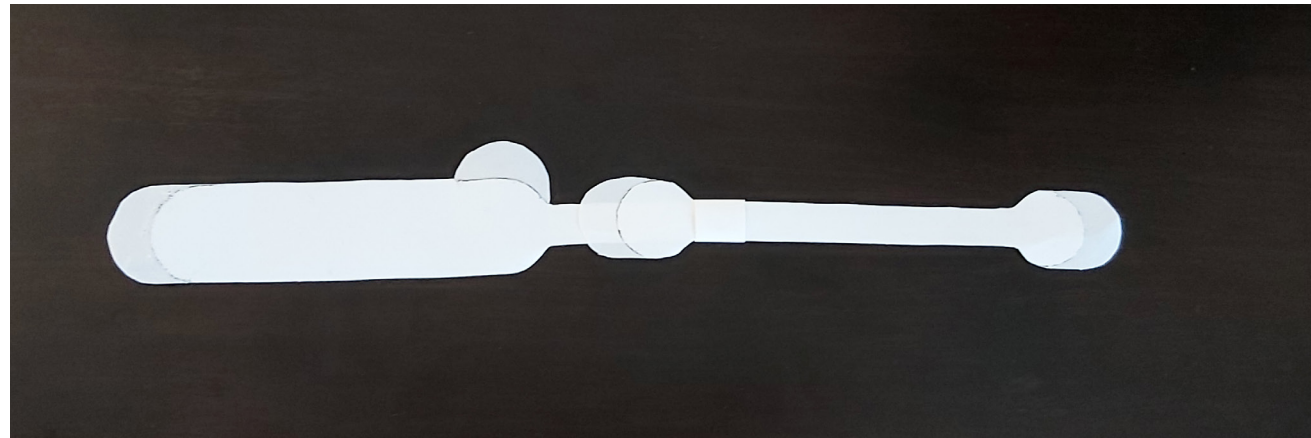


Kuva 25. Käytettävyydestin kyselyn diagrammeja.

### 3.8 EKG-sensorin jatkokehitys käytettävyydestin perusteella

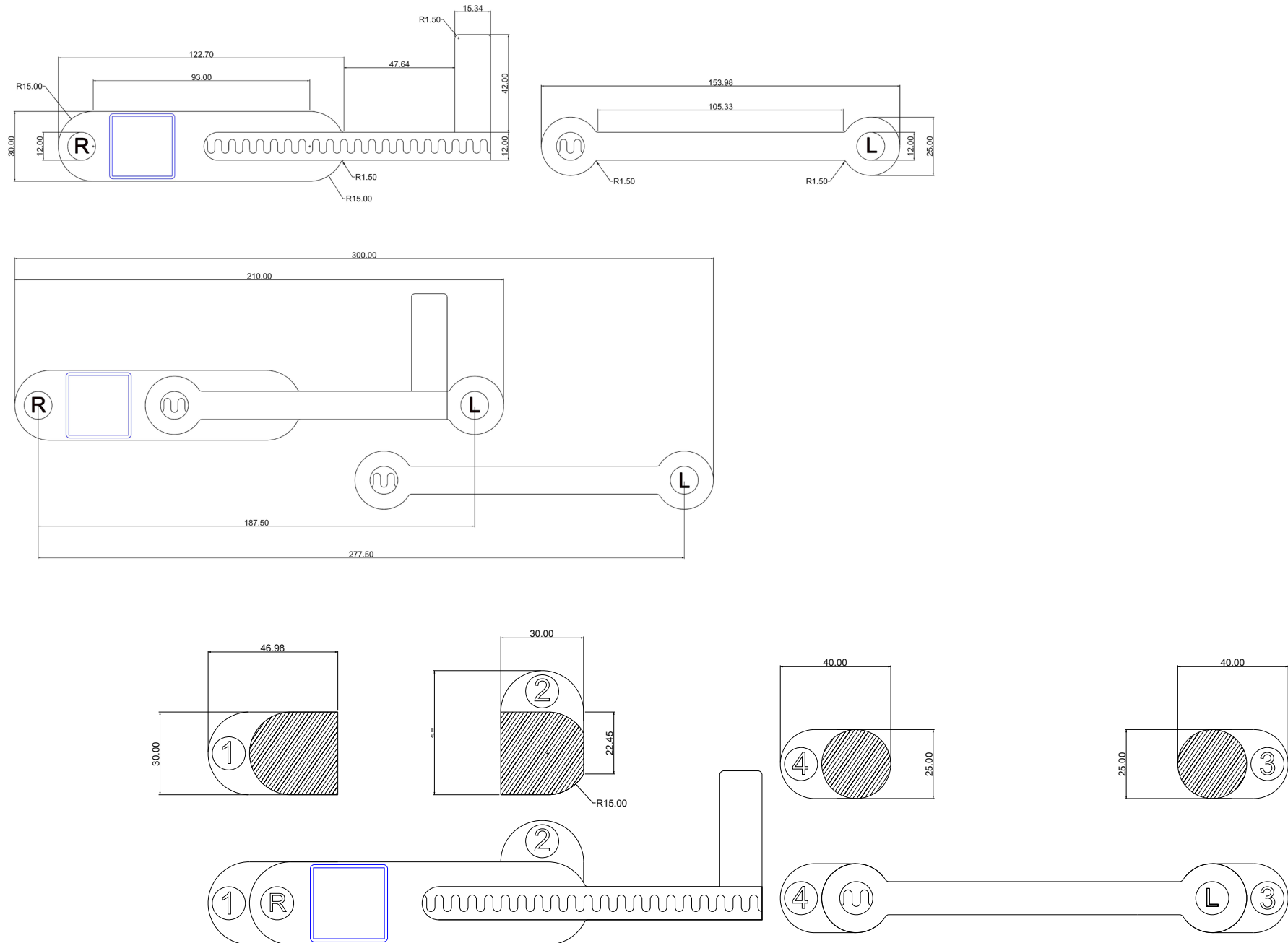
Näiden huomioiden perusteella ryhdyin jatkokehittämään EKG-sensoria eteenpäin. Koska keskimmäisen eli kolmannen liimakalvon kiinni pysymisessä oli ollut ongelmia, päätin leventää sitä 5 mm:n verran. Symmetrian vuoksi suurensin myös toista liimakalvoa saman verran. Muutoksen jälkeen kolmas liimakalvo ulottui paremmin iholle alemman kalvon päältä. Mietin myös mahdollisuutta tehdä kolmannesta liimakalvosta erityisen leveän, jolloin se olisi ylettynyt myös suuren ensimmäisen kalvon päältä iholle. Hylkäsin kuitenkin tämän idean, koska kolmannesta kalvosta olisi tullut tässä tapauksessa todella paljon isompi ja kömpelömpi, minkä lisäksi sen esteettisyys olisi kärsinyt.

Koska sensorien kestävydessä oli parantamista, päätin leventää vasemmanpuoleisen liimakalvon eli pituuden säätökalvon paksuutta kahdella millimetrillä ja paksuntamalla tämän ympärillä olevaa lenkkiä muutaman millimetrin verran. Tämän lisäksi lisäsin konseptiin myös kalvojen irrottamista helpottavat kielekkeet, koska siitä oli tullut käytettävyydestissä yksi kommentti ja omasta mielestäni kalvojen irrottamisen tarvitsi olla helpompaa. Muutin myös ensimmäiseksi irrotettavan liimapinnan kahdeksi pienemmäksi pinnaksi, koska sitä pidettiin liian suurena. Näiden muutosten seurauksena säädettävien kalvojen lyhyimmän mahdollisen pituuden leveys kasvoi 10 mm:n verran, mutta se ei mielestäni ollut niin suuri muutos, että olisin jättänyt edellä mainittuja muutoksia tekemättä. Suurin mahdollinen leveys pysyi ennallaan.

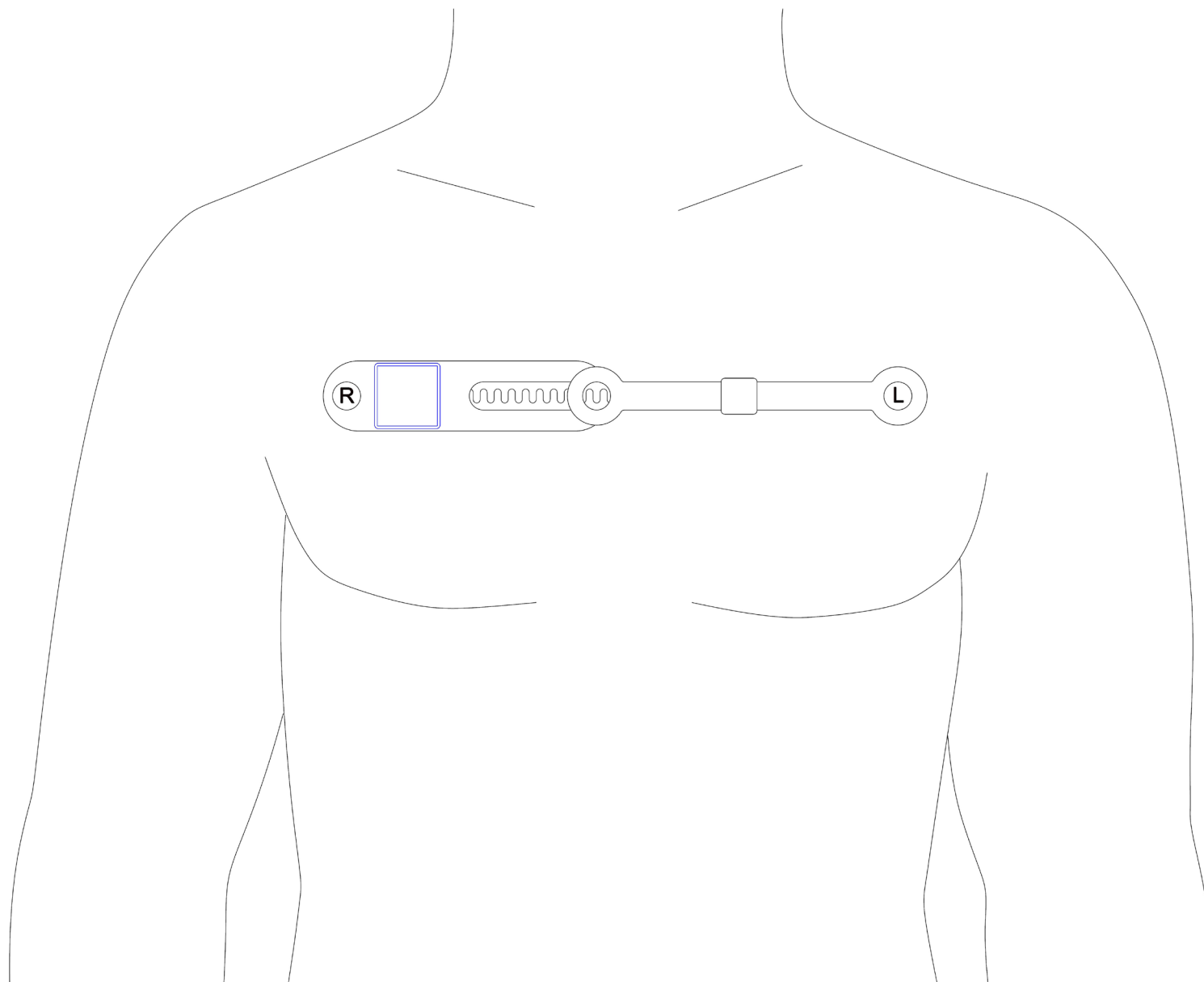


Kuva 26. Jatkokehitetyn liikusäädettävän EKG-sensorin protoilua.

### 3.9 EKG-sensorin lopullinen konsepti



Kuva 27. EKG-sensorin lopullinen konsepti sekä parannellut poistettavat suojakalvot.



## 4. LED-näyttöosion suunnittelu

## 4.1 Benchmarkkaus

LED-näyttölisäosan suhteen lähdin benchmarkkaamaan erilaisia käteen kiinnitettäviä ratkaisuja, koska ajattelin, että LED-näyttö olisi paras sijoittaa käteen, sillä siitä EKG-sensorin mittaustuloksia olisi helppo seurata. Benchmarkkauksesta kävi ilmi, että erilaisia käteen kiinnitettäviä ratkaisuja on olemassa markkinoilla paljon mitä erilaisemmissa tuotteissa, joten erilaisten rakenteiden ja kiinnitysmekanismien löytäminen oli kohtalaisen helppoa. Erityisesti erilaiset helpot lukitusmekanismit, kuten velcro- ja neppari kiinnitykset, vaikuttivat mielestäni toimivilta ratkaisuilta ja sovellettavilta LED-näyttölisäosaan.



Lukittava muovinen ranneke



Polyesteri ranneke



Puuvillainen hikinauha



Verenpainemittari, velcro kiinnitys



Caretaker Medical, patient monitor



Velcro ranneke



Huawei Band 2 Pro, ranneke silikonilla, kiinnitys muovisten tappien avulla



Apple Watch Sport Loop band, ranneke nylonia

## 4.2 Design driverit

Benchmarkkauksen jälkeen mietin lisäosan design drivereita. EKG-sensorin tavoin lisäosan tulisi kestää käytössä eikä se saisi ärsyttää ihoa. Sen olisi myös hyvä olla mahdollisimman helposti irrotettavissa käyttömukavuuden ja hygienian vuoksi.

### Design driverit:

- Helposti irrotettava
- Tarpeeksi kestävä käytössä
- Ei saa ärsyttää ihoa

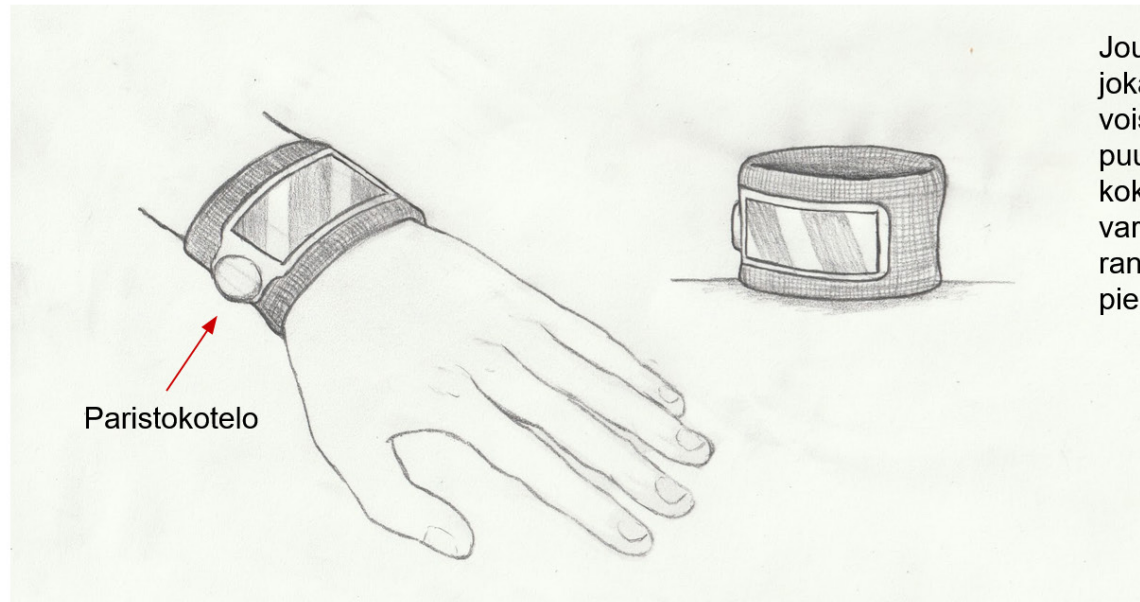
Design drivereiden lisäksi pohdin myös muita tuotteen suunnitteluun liittyviä asioita, kuten tuotteen käytettävyyttä, minkä olisi hyvä olla mahdollisimman intuitiivista, sekä tuotteen turvallisuutta.

## 4.3 Konseptointi

Ensimmäisissä konsepteissa mietin lähinnä kiinnitystä ranteeseen ja käsi- sekä olkavarteen, koska ajattelin, että käyttäjän olisi helpointa lukea näyttöä kädestä. Sovelsin benchmarkkauksista löytämiäni kiinnitysmekanismeja ja materiaaleja konsepteissani. Käsikonseptien jälkeen pohdin kuitenkin myös muita sijainteja ja konseptoin riipusmaisena ja paitaan integroidun version.

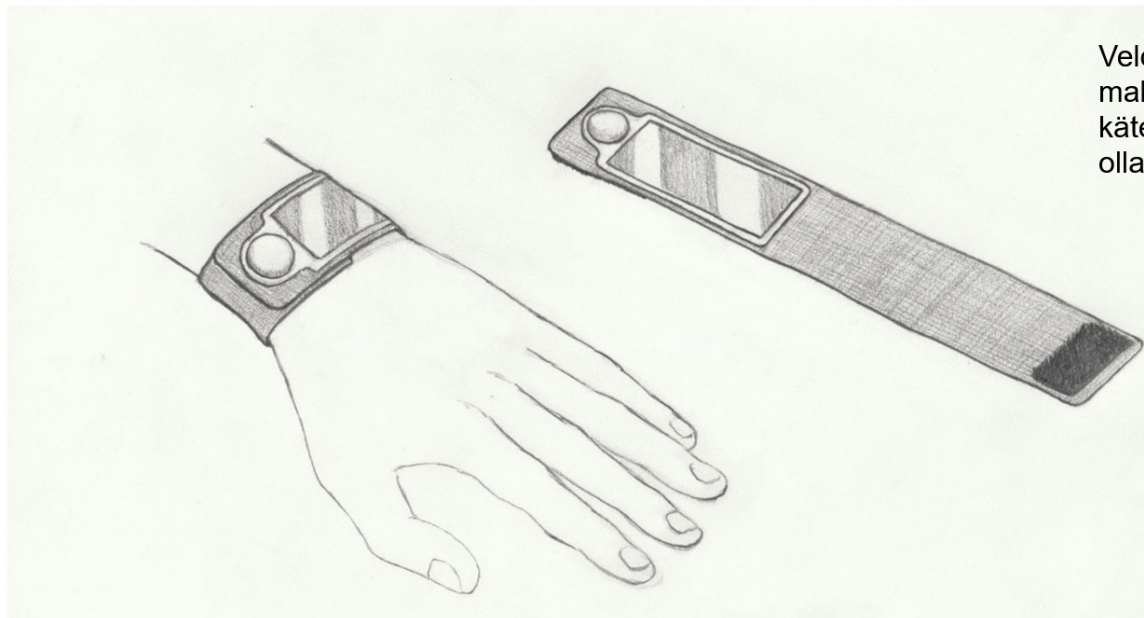
Yhteyshenkilöni piti konsepteistani, mutta ehdotti myös uudenlaista ideaa, jossa rintakehään kiinnitetyssä EKG-sensorissa olisi magneettinappi, joka yhdistyisi paitaan integroidun LED-näytön magneettinappiin. Magneettisen kytkennän avulla paidan LED-näyttö saa virtaa EKG-sensorin paristosta ja pystyy suoraan kommunikoimaan sensorin kanssa. Konseptoin tämän idean, jonka jälkeen kehitin siitä vielä lopullisen konseptin, joka toimii liikusäädettävän EKG-sensorin kanssa.

## LED-näyttö konsepti 1: Joustava ranneke



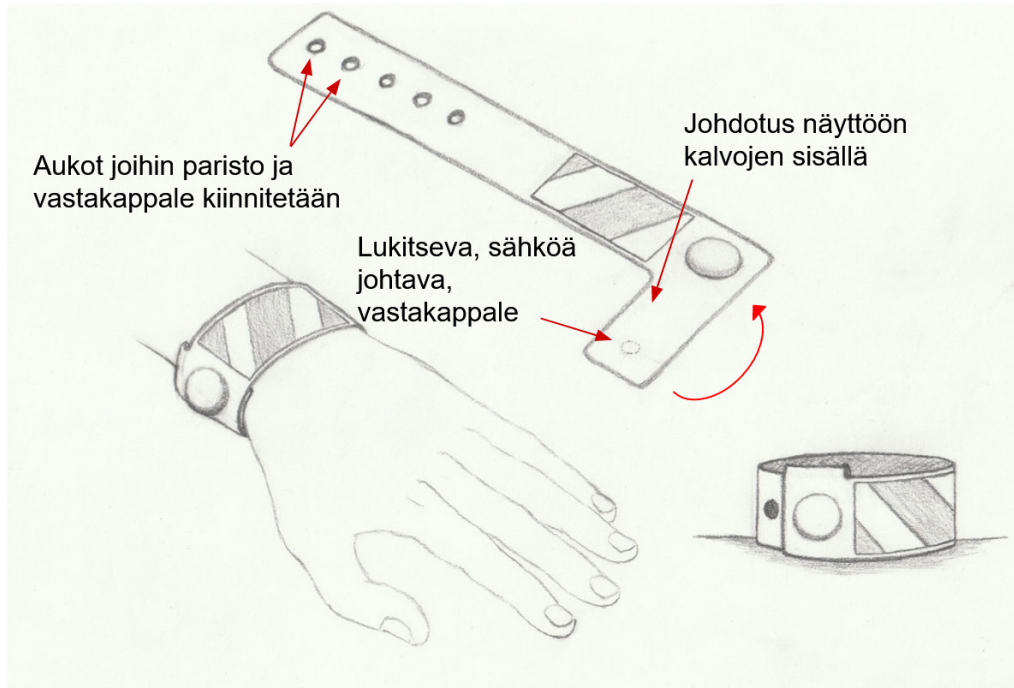
Joustava, hikinauhmainen, rakenne, joka pujotettaisiin käteen. Materiaali voisi olla mahdollisesti esimerkiksi puuvillaa. Koska ihmisillä on eri kokoisia käsiä, yksi koko ei varmaankaan riittäisi vaan oma versio rannekkeesta pitäisi olla isommille ja pienemmille ihmisille.

## LED-näyttö konsepti 2: Velcro-kiinnitettävä ranneke



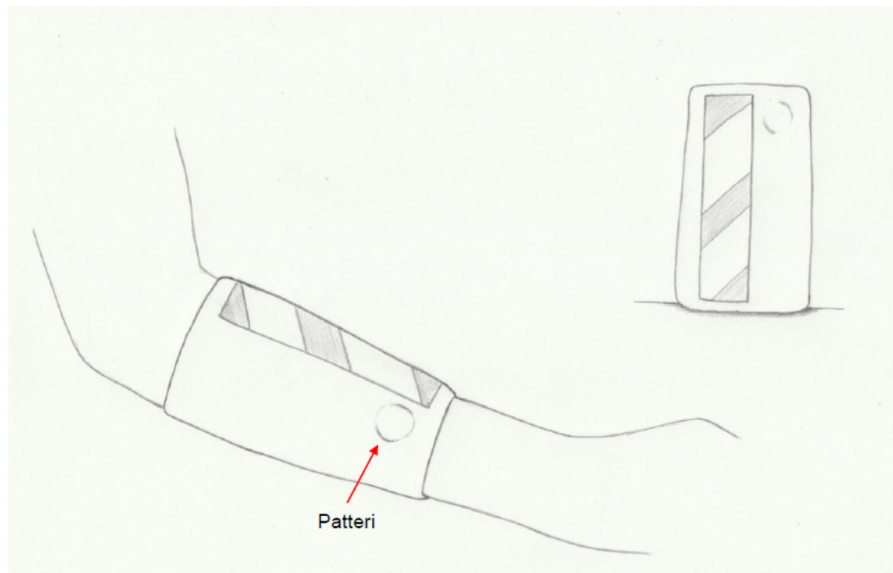
Velcro-kiinnitettävä ranneke mahdollistaisi helpon säädettävyyden käteen. Rannekkeen materiaali voisi olla esimerkiksi polyesteriä.

## LED-näyttö konsepti 3: Ranneke neppari kiinnityksellä



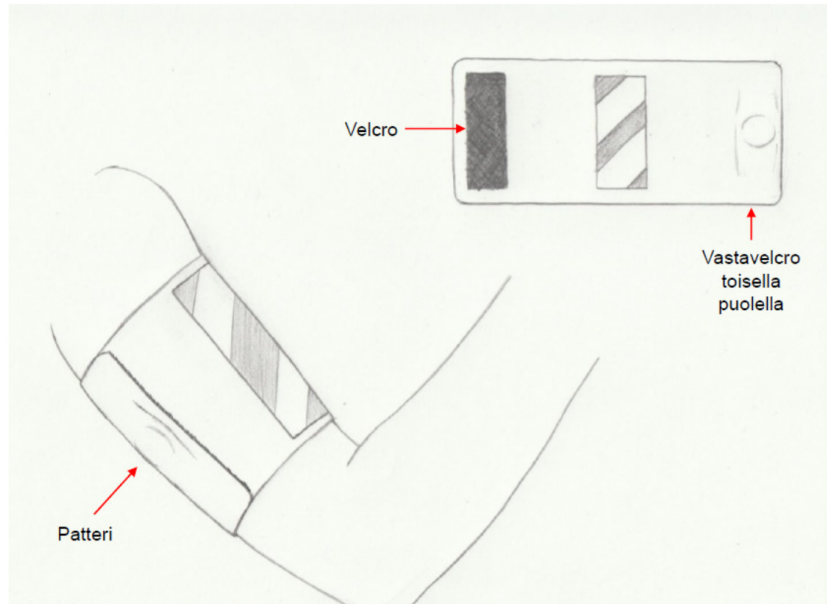
Ranneke neppari kiinnityksellä mahdollistaisi asteittaisen säädettävyyden käteen. Tässä konseptissa ajattelin myös näytön käynnistyksen toimivan niin, että kun paristo kytketään lukitsevaan vastakappaleeseen, pariston virta pääsisi kulkemaan tätä kautta johtoa pitkin näyttöön käynnistäen näytön.

## LED-näyttö konsepti 4: Käsivarsikiinnitys



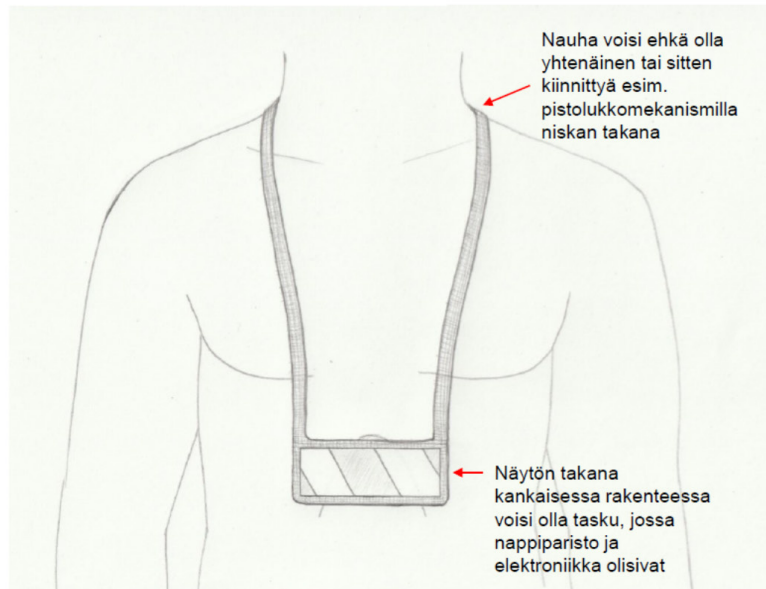
Tässä käsivarsikiinnityksen konseptissa sovelsin samankaltaista kiinnitysmenetelmää, eli käden ympärille joustettavaa materiaalia, mitä aiemmassa, ranteeseen kiinnittyvässä konseptissa myös pohdin. Paristo on piilossa kankaisen materiaalin sisällä.

# LED-näyttö konsepti 5: Olkavarsikiinnitys



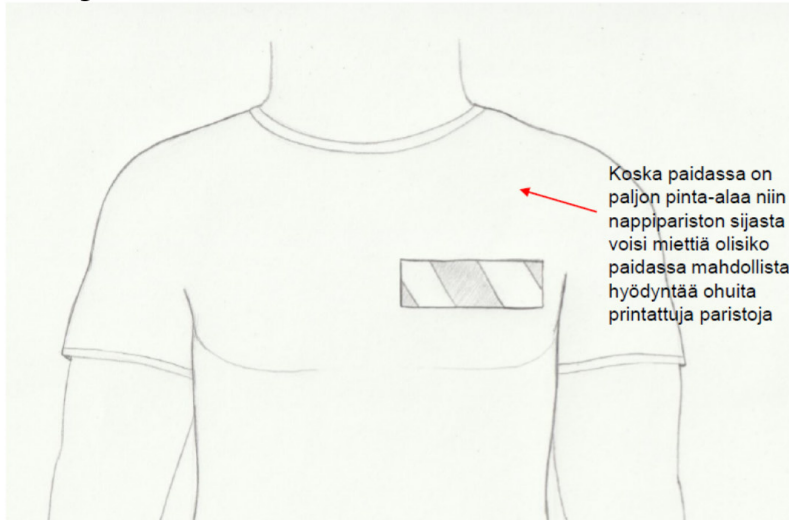
Tässä konseptissa sovelsin myös aiemmin ranteessa pohtimaani Velcro-kiinnitystä. Paristo on piilossa kankaan sisällä.

# LED-näyttö konsepti 6: Kankainen kaulanauha



Kaulaan ripustettavassa näytössä voisi näytön takana olla piilotasku paristolle ja elektroniikalle. Tässä konseptissa etuna on näytön helppo ripustus kaulaan ja sen ottaminen pois.

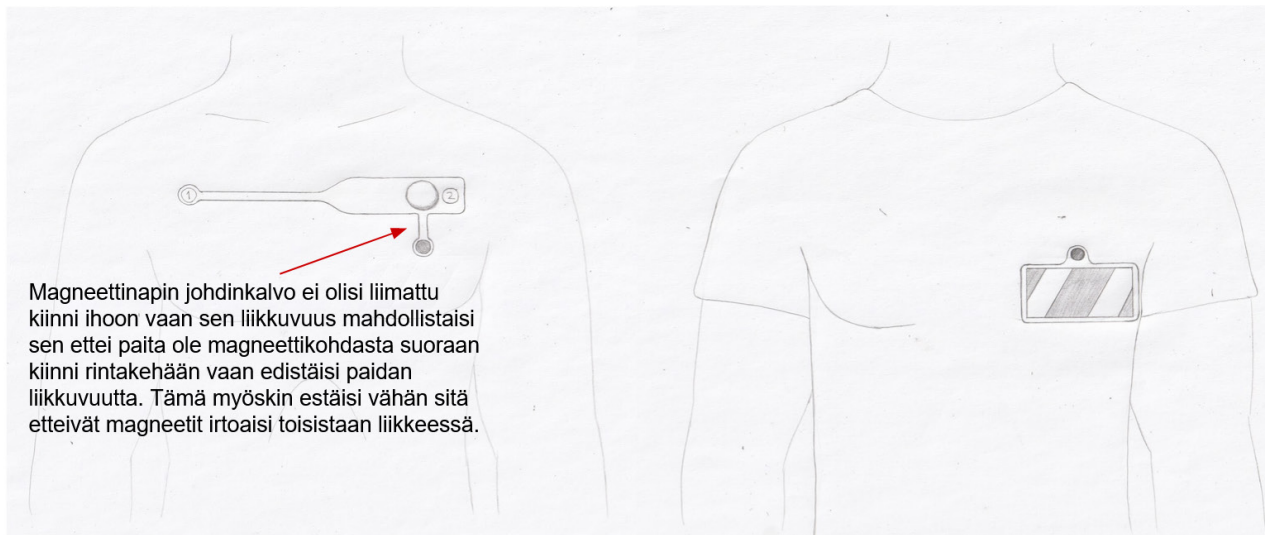
# LED-näyttö konsepti 7: Paitaan integroitu näyttö



Koska paidassa on paljon pinta-alaa niin nappipariston sijasta voisi miettiä olisiko paidassa mahdollista hyödyntää ohuita printattuja paristoja

Paitaan integroidussa näytössä ongelmana voisi olla näyttöä kantavalle henkilölle katsoa näyttöä ainakin, jos se on kuvan mukaisesti paidan yläosassa. Paidassa voisi toisaalta hyödyntää mahdollisesti ohuita printattuja paristoja.

# LED-näyttö konsepti 8: Magneettinappiliitäntä EKG:n ja LED-näytön välillä

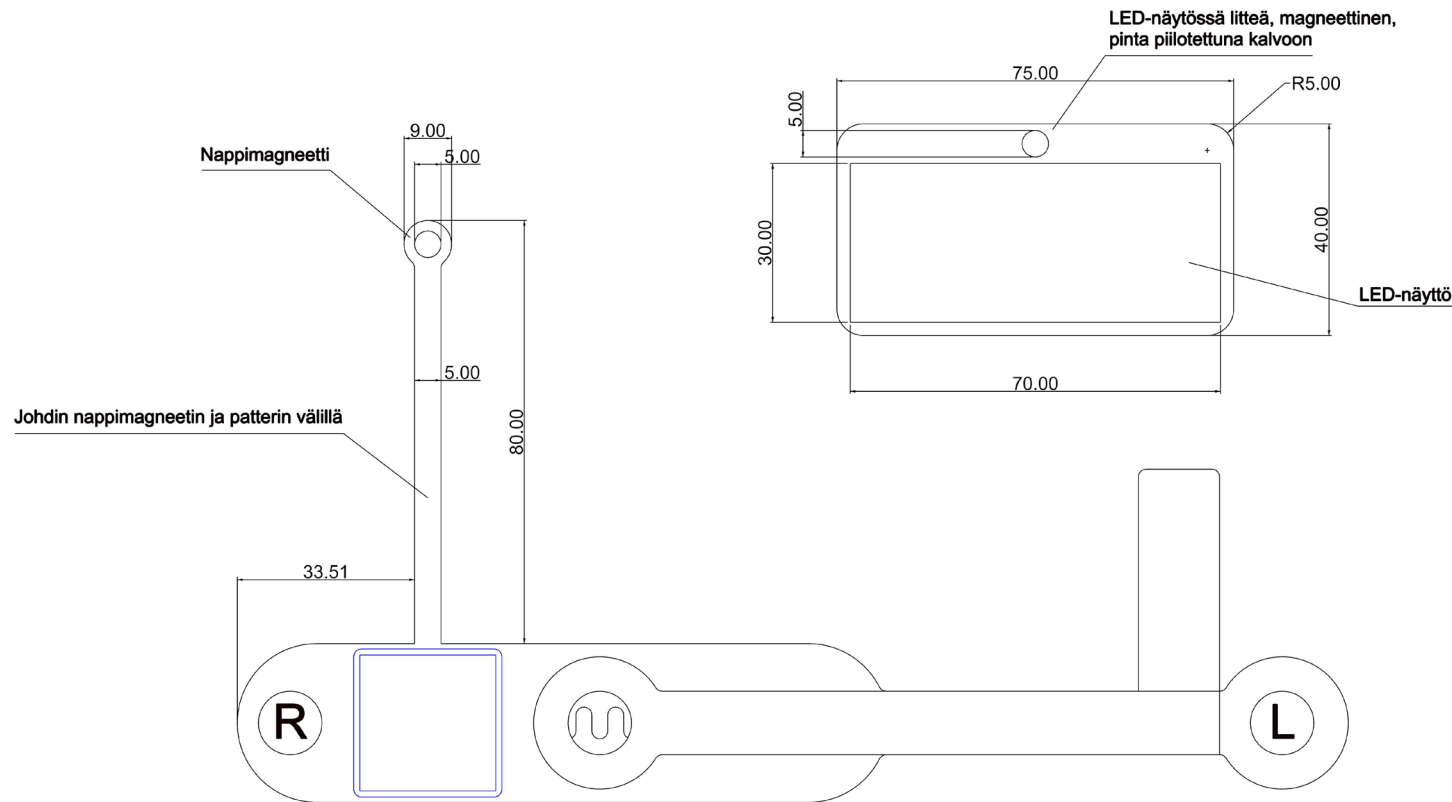


Magneettinapin johdinkalvo ei olisi liimattu kiinni ihoon vaan sen liikkuvuus mahdollistaisi sen ettei paita ole magneettikohdasta suoraan kiinni rintakehään vaan edistäisi paidan liikkuvuutta. Tämä myöskin estäisi vähän sitä etteivät magneetit irtoaisi toisistaan liikkeessä.

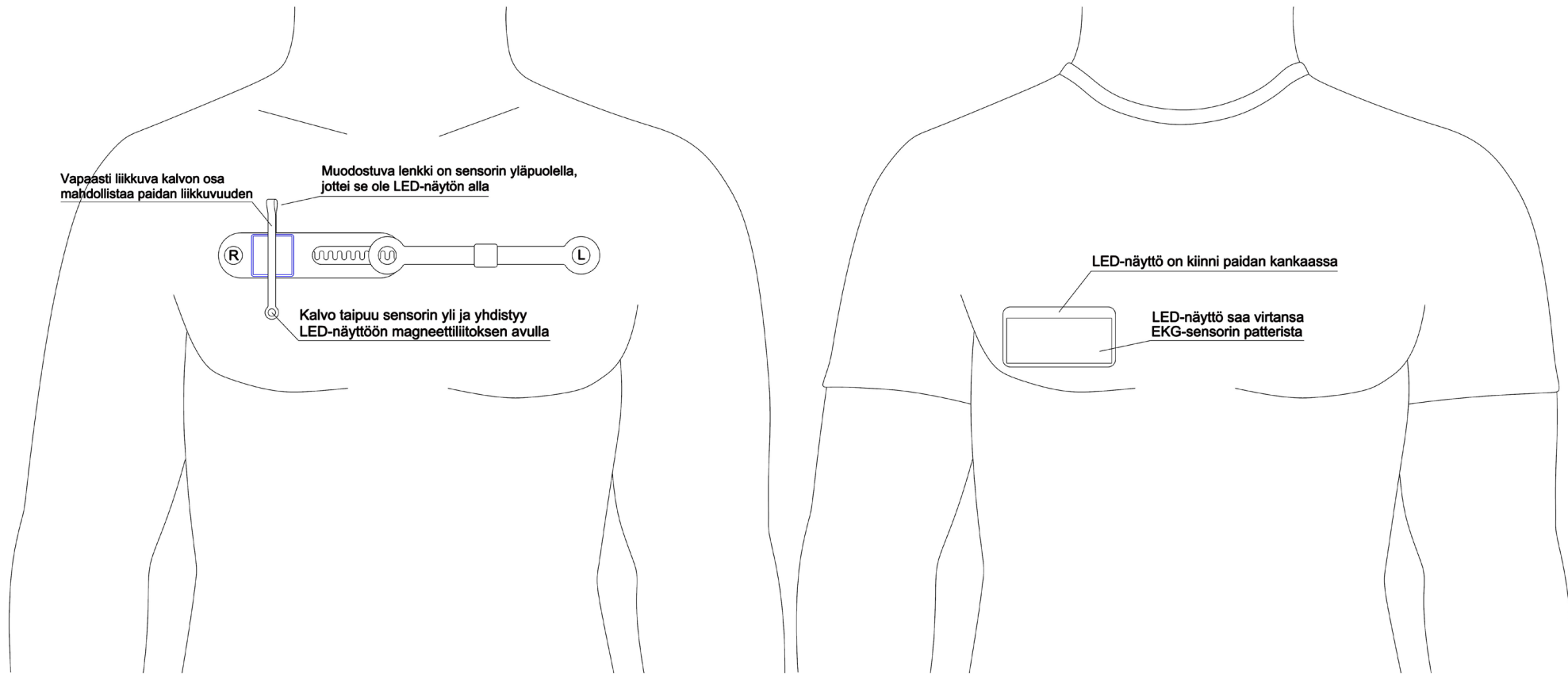
Konseptissa EKG-sensorista lähtisi patterin kohdalta alaspäin magneetti, joka voitaisiin liittää paitaan laminoidun LED-näytön vastakkaiseen osaan ja näin yksi paristo pitäisi molempia päällä.

## 4.4 LED-näyttölisäosan lopullinen konsepti

Versio EKG-sensorista, joka yhdistyy magneettiliitoksen avulla LED-näyttöön:



Kuva 34. LED-näyttölisäosan lopullinen konsepti.

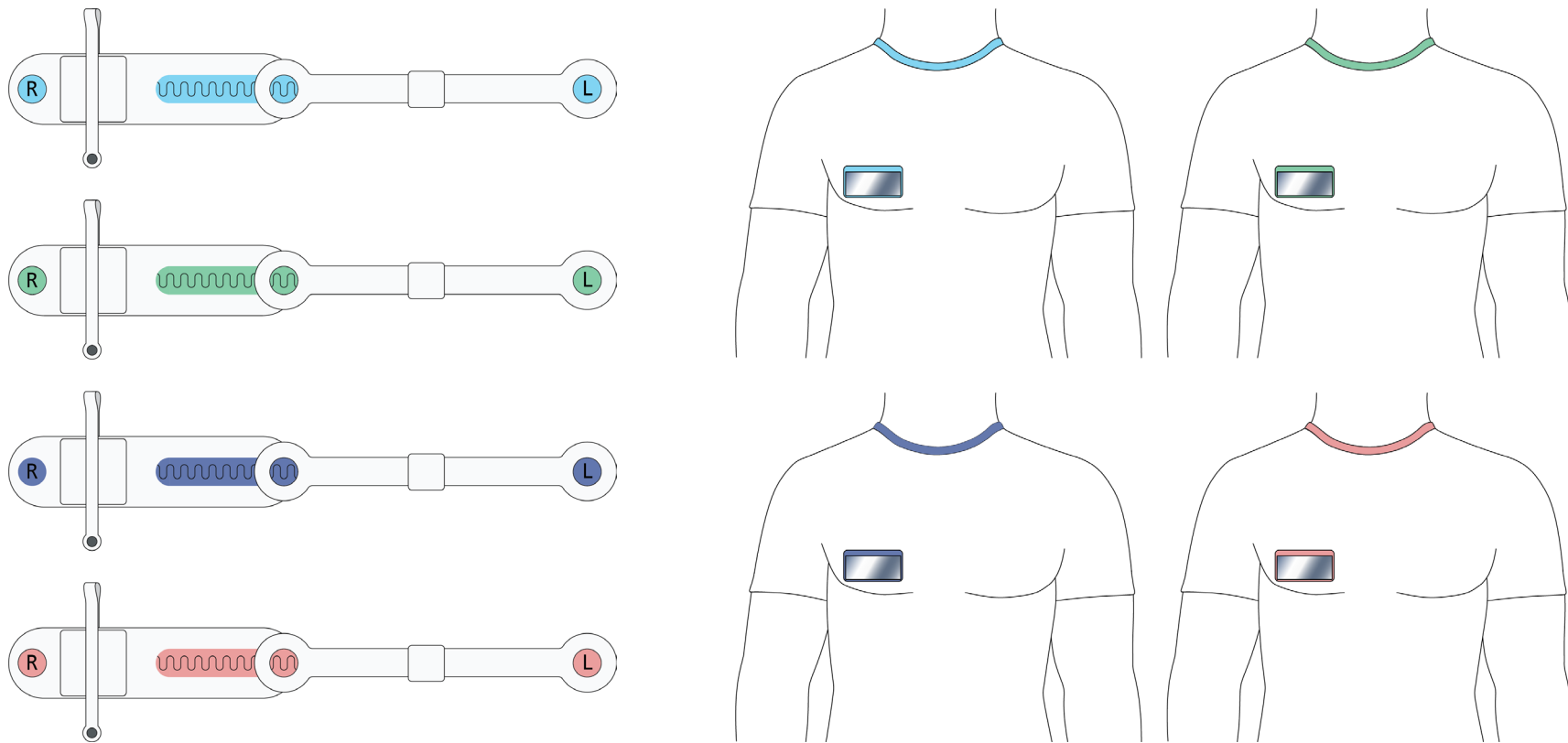


Kuva 35. LED-näyttölisäosan lopullinen konsepti päälle puettuna.

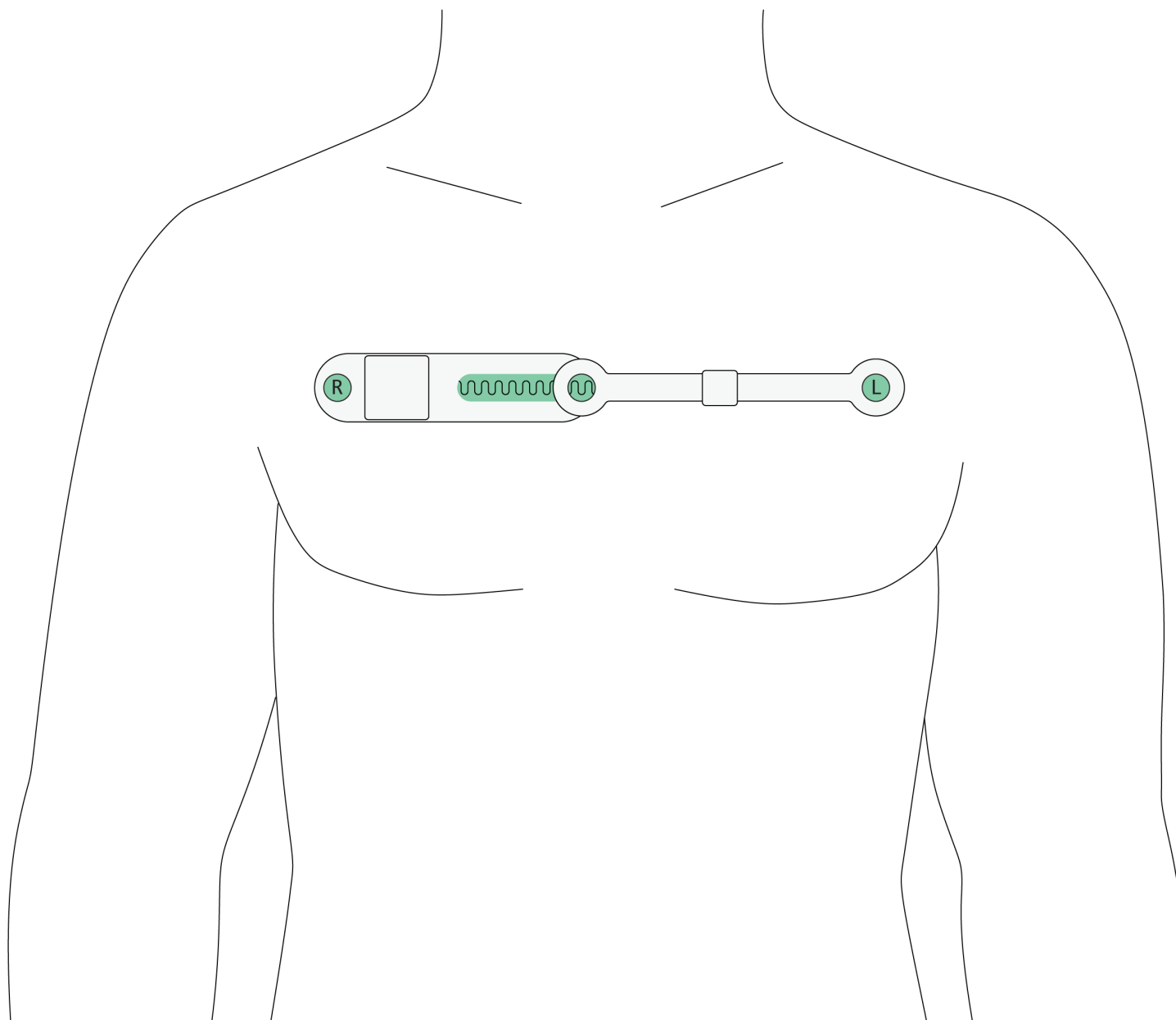
# 5. Visualisoinnit

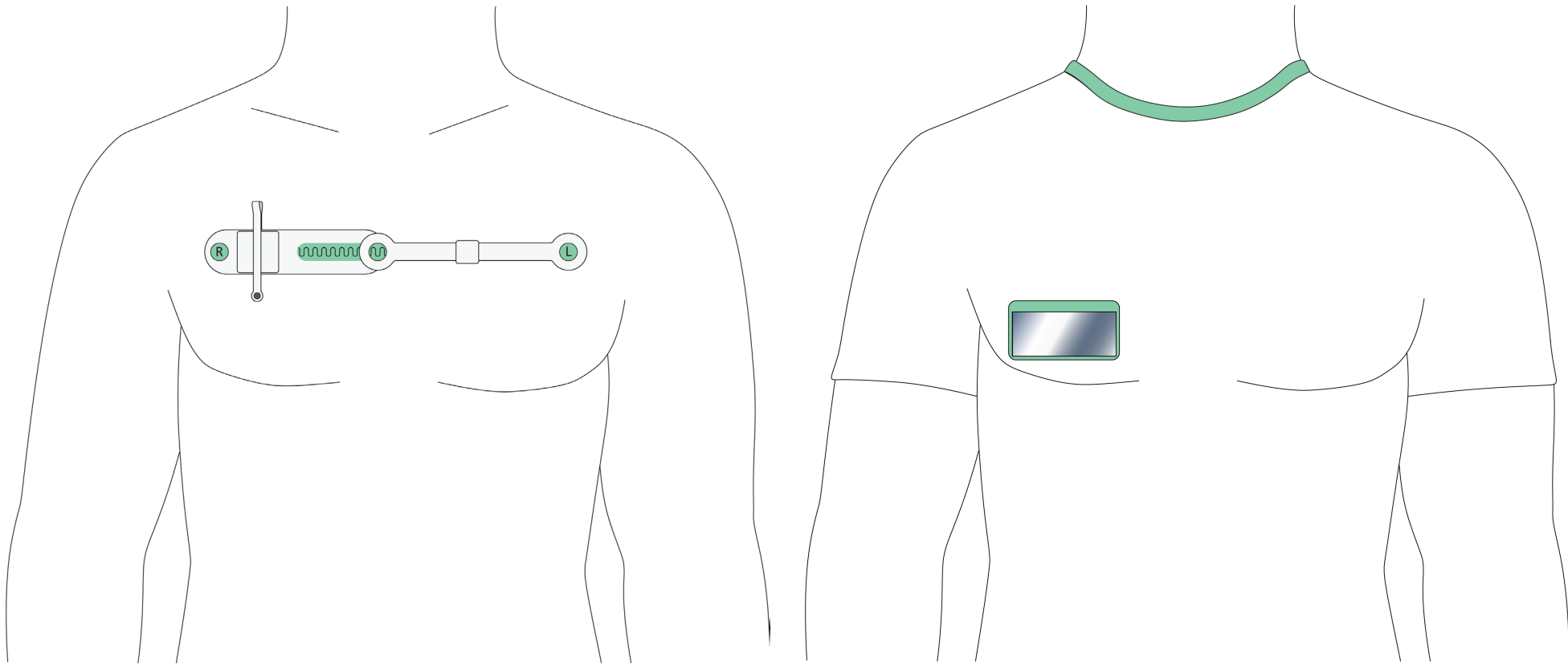
## 5. Visualisoinnit

Lopulliset konseptit suunniteltuani mietin niille molemmille yhtenäistä väripalettia, mitä voisi hyödyntää kalvomateriaaleissa, jotta molemmat konseptit ymmärtää yhteenkuuluviksi toisilleen. Otin vaikutteita värien suunnitteluun mm. Imeclin ja VitalPatchin sensoreista benchmarkkaamistani kuvista. Kokeilin neljää erilaista vaihtoehtoa, joista valitsin yhden käytettäväksi molempien konseptien visualisointikuvissa.



Kuva 36. Värien kokeilua EKG-sensoriin ja LED-näyttölisäosaan.





Kuva 38. Visualisoinnit LED-näyttölisäosan konseptista ja EKG-sensorista.

## 6. Yhteenveto

## 6.1 Lopputulos

Lopputuloksena syntyneet konseptit EKG-sensorista ja LED-näyttölisäosasta ovat mielestäni kohtalaisen onnistuneet. Mielestäni ne ovat innovatiivisia hyödyntäessään venyvän elektroniikan ominaisuuksia EKG-sensorin säädettävyydessä ja johdinten kytkennässä, sekä LED-näyttölisäosan magneettisessa yhdistämisessä. Konseptit ovat mielestäni demotuotteiksi soveltuvia, minkä vuoksi ne vastaavat mielestäni hyvin opinnäytetyön alussa esitettyyn briefiin.

## 6.2 Konseptien jatkokehitys

Tekemäni käytettävyydesti avarsi EKG-sensorin käytettävyyteen liittyviä kysymyksiä ja korosti kehityskohtia, jotka auttoivat sensorin lopullisen konseptin suunnittelussa. Luulen, että molemmat konseptit voisivat olla vieläkin parempia, mutta niitä molempia pitäisi vielä testata tarkemmin, jotta voisi nähdä mitä niissä voisi vielä kehittää eteenpäin. Konseptien jatko on tämän jälkeen Elastronics-projektin käsissä ja he voivat päättää valmistavatko he demotuotteet esitetyistä konsepteista tai kehittävätkö he niitä vielä eteenpäin. Jos demotuotteet päätetään valmistaa konsepteista vaativat ne jokatapauksessa vielä lisäsuunnittelua, sillä kaikki sensorissa ja lisäosassa käytettävät tulosteet ja komponentit pitää vielä suunnitella tarkasti omille paikoilleen.

## Lähteet:

Vttresearch 2018. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/joustavaa-elektroniikkaa-suomalaisten-yritysten-vientituotteisiin> (Katsottu 20.5.2020).

ACS Publications 2019. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.iecr.9b03628> (Katsottu 19.5.2020).

Designcouncil 2020. <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond> (Katsottu 20.5.2020).

## Kuvalähteet:

### **Merkitsemättömät kuvat on itse piirrettyjä, mallinnettuja tai valokuvattuja.**

Kuva 3: Markus Tuomikoski

Kuva 4:

<https://www.shimmersensing.com/products/shimmer3-ecg-sensor>

<https://www.bittium.com/medical/bittium-faros>

<https://www.getqardio.com/qardiocore-wearable-ecg-ekg-monitor-iphone/>

<https://www.irhythmtech.com/products-services/zio-xt>

<https://www.imec-int.com/drupal/sites/default/files/2019-01/HEALTH%20PATCH.pdf> (Oma kuvankaappaus sivustolta)

<https://vitalconnect.com/solutions/vitalpatch/> (Oma kuvankaappaus sivustolta)

<https://www.medicalexpo.com/prod/mega-electronics/product-69358-658003.html>

<https://www.mvapmed.com/statnet.html>

<https://www.screentec.com/fi/palvelut/laakinnalliset-elektrodit/> (Oma kuvankaappaus sivustolta)

<https://www.hexoskin.com/>

<https://health.clevelandclinic.org/kinesio-tape-can-it-help-your-athletic-performance/>

Kuva 5:

<https://www.imec-int.com/drupal/sites/default/files/2019-01/HEALTH%20PATCH.pdf> (Oma kuvankaappaus sivustolta)

<https://vitalconnect.com/solutions/vitalpatch/> (Oma kuvankaappaus sivustolta)

Kuva 12: Markus Tuomikoski

Kuva 29:

<https://www.pdc-big.com/wristbands/feature/rfid-wristbands> (Oma kuvankaappaus sivustolta)

<https://www.amazon.co.uk/Cloth-Event-Wristbands-Admission-Printing/dp/B0723D7383>

[https://www.amazon.com/Wristband-Sweatband-Absorbent-Protector-Basketball/dp/B07C3F7ZRD/ref=as\\_li\\_tl?ie=UTF8&camp=1789&creative=9325&creativeASIN=.amazon.co&linkCode=as2&tag=huahuasport-20&linkId=ripjjc64tgoltasrigvzbr1dbclj2zt](https://www.amazon.com/Wristband-Sweatband-Absorbent-Protector-Basketball/dp/B07C3F7ZRD/ref=as_li_tl?ie=UTF8&camp=1789&creative=9325&creativeASIN=.amazon.co&linkCode=as2&tag=huahuasport-20&linkId=ripjjc64tgoltasrigvzbr1dbclj2zt)

<https://www.amazon.in/Pressure-Clinically-Accurate-Adjustable-Broadcast/dp/B081JLP1P6>

<https://www.caretakermedical.net/caretaker/> (Oma kuvankaappaus sivustolta)

<https://www.gosprinters.com/product/reflective-velcro-wristband/>

<https://www.theverge.com/circuitbreaker/2017/9/9/16273704/huawei-band-2-pro-now-available-us-69>

<https://www.apple.com/watch/compare/> (Oma kuvankaappaus sivustolta)

## Liitteet:

### EKG-sensorin prototyypin käytettävyydestä

Käytettävyydestissä on tarkoitus pyrkiä selvittämään opinnäytetyössäni muotoileman sydänsähkökäyrä- eli elektrokardiogrammi-sensorin (EKG-sensori) ja sen ohjeiden käytettävyyteen liittyviä kysymyksiä. Kehitettävä sensori hyödyntää uudenlaista venyvää elektroniikkaa, jota opinnäytetyöni toimeksiantaja VTT kehittää. Teknologia mahdollistaa todella ohuiden ja joustavien elektronisten laitteiden valmistettavuuden. Tässä testissä käytettävät prototyypit hyödyntävät vain sensorissa käytettävää joustavaa kalvoa sekä liimapintaa eivätkä siis sisällä elektroniikkaa. Testissä kokeillaan kahta muodoltaan hieman erilaista versiota sensorista joihin viitataan nimillä Sensori A ja Sensori B (katso ohje). Testin tulosten perusteella pyritään selvittämään sensorien muotoilun mahdollisia ongelmakohtia sekä päättämään kumpi olisi lopullinen versio sensorista tai versio, jota vielä jatkokehittäisiin eteenpäin.

Testissä käydään läpi molempien versioiden testaus niin, että ensin testataan Sensori A pukemalla se päälle ja pitämällä sitä yllä kolmen tunnin ajan jonka jälkeen se otetaan pois ja puetaan päälle Sensori B, jota pidetään myös kolmen tunnin ajan yllä. Ajatuksena on, että ylläpitämisen aikana voi tehdä muuta ja testissä selvitetään miten sensorit selviävät normaalissa käytössä. Tämän jälkeen vastataan kyselyn kysymyksiin. Koska molemmat sensorit ovat hyvin samankaltaiset molempien vastaukset ovat todennäköisesti myös lähellä toisiaan. Mahdollisista eroavista vastauksista voi kirjoittaa tarkemmin avokysymyksiin.

**\*Pakollinen**

1a. Oliko käyttöohje selkeä eli ymmärsitkö mitä ohjeessa pyydetään tekemään? \*

Käyttöohje oli epäselkeä    1    2    3    4    5    Käyttöohje oli selkeä

1b. Oliko käyttöohje johdonmukainen eli oliko se looginen? \*

Käyttöohje oli epäjohdonmukainen    1    2    3    4    5    Käyttöohje oli johdonmukainen

1c. Ymmärsitkö ohjeen perusteella mitä johdinten kytkennällä (käyttöohjeen kohta IV) käytännössä tarkoitettaisiin toimivassa sensorissa? \*

- Kyllä
- En
- En ole varma

1d. Onko käyttöohjeessa mielestäsi jotain parannettavaa?

Oma vastauksesi

2a. Oliko sensorit mielestäsi helppo kiinnittää eli asettaa paikoilleen ja liimata? \*

Vaikea kiinnittää    1    2    3    4    5    Helppo kiinnittää

2b. Tarkempi arvio kiinnityksestä.

Oma vastauksesi

---

3a. Toimiko sensorien pituudensäätömekanismi mielestäsi hyvin? \*

1 2 3 4 5  
Ei toimi ollenkaan      Toimii täydellisesti

3b. Tarkempi arvio pituudensäätömekanismista.

Oma vastauksesi

---

4a. Tuntuiko sensorien pitäminen päällä epämukavalta? \*

1 2 3 4 5  
Todella epämukavalta      Ei yhtään epämukavalta

4b. Tarkempi arvio sensorien päällä pitämisestä.

Oma vastauksesi

---

5a. Kuinka huomaamattomalta sensorien päällä pitäminen tuntui? Eli kuinka usein kiinnitit huomiota sensoriin sitä yllä pitäessäsi? \*

1 2 3 4 5  
Kiinnitin huomiota useasti tai kokoajan sensoreihin      En kiinnittänyt huomiota sensoreihin juuri ollenkaan

5b. Tarkempi arvio sensorien ylläpitämisen huomioimisesta.

Oma vastauksesi

---

6a. Pysyvätkö sensorit paikoillaan koko käyttöajan vai irtosivatko ne/alkoivatko ne irtoamaan itsestään tai vahingossa? \*

- Pysyvät paikallaan  
 Irtoivat/alkoivat irtoamaan

6b. Jos sensorit irtosivat/alkoivat irtoamaan niin osaatko sanoa miksi?

Oma vastauksesi

---

7a. Vahingoittuivatko sensorit (repesivätkö/katkesivatko) niitä kiinnitettäessä tai yllä pidettäessä jotenkin? \*

- Eivät vahingoittuneet
- Vahingoittuivat

7b. Jos sensorit vahingoittuivat niin miksi?

Oma vastauksesi \_\_\_\_\_

8a. Kuinka helppo sensorit oli irrottaa iholta käytön päätteeksi? \*

- 1   2   3   4   5
- Irrottaminen oli hankalaa                  Irrottaminen oli helppoa

8b. Tarkempi arvio sensorien irrottamisesta.

Oma vastauksesi \_\_\_\_\_

9a. Miten arvioisit sensorien koko käyttökokemusta asettamisesta, ylläpitämiseen ja irrottamiseen? \*

- 1   2   3   4   5
- Sensorien käyttö oli vaivalloista                  Sensorien käyttö oli vaivatonta

9b. Tarkempi arvio koko käyttökokemuksesta.

Oma vastauksesi \_\_\_\_\_

10a. Kumpi sensori mielestäsi on muotoilultaan paremman näköinen? \*

- Sensori A
- Sensori B

10b. Kommentoi, jos osaat perustella miksi

Oma vastauksesi \_\_\_\_\_

11a. Kumpi sensori vaikutti kokonaisuudessaan toimivammalle vai oliko muotoilueroilla mielestäsi mitään suurempaa merkitystä käytön kannalta? \*

- Sensori A
- Sensori B
- Muotoilueroilla ei ollut suurempaa merkitystä

11b. Jos vastaus edelliseen oli Sensori A tai Sensori B, pystytkö perustelevaan miksi?

Oma vastauksesi \_\_\_\_\_

12a. Kumman sensorin valitsisit lopulliseksi/jatkokehitettäväksi prototyypiksi \*

- Sensori A
- Sensori B

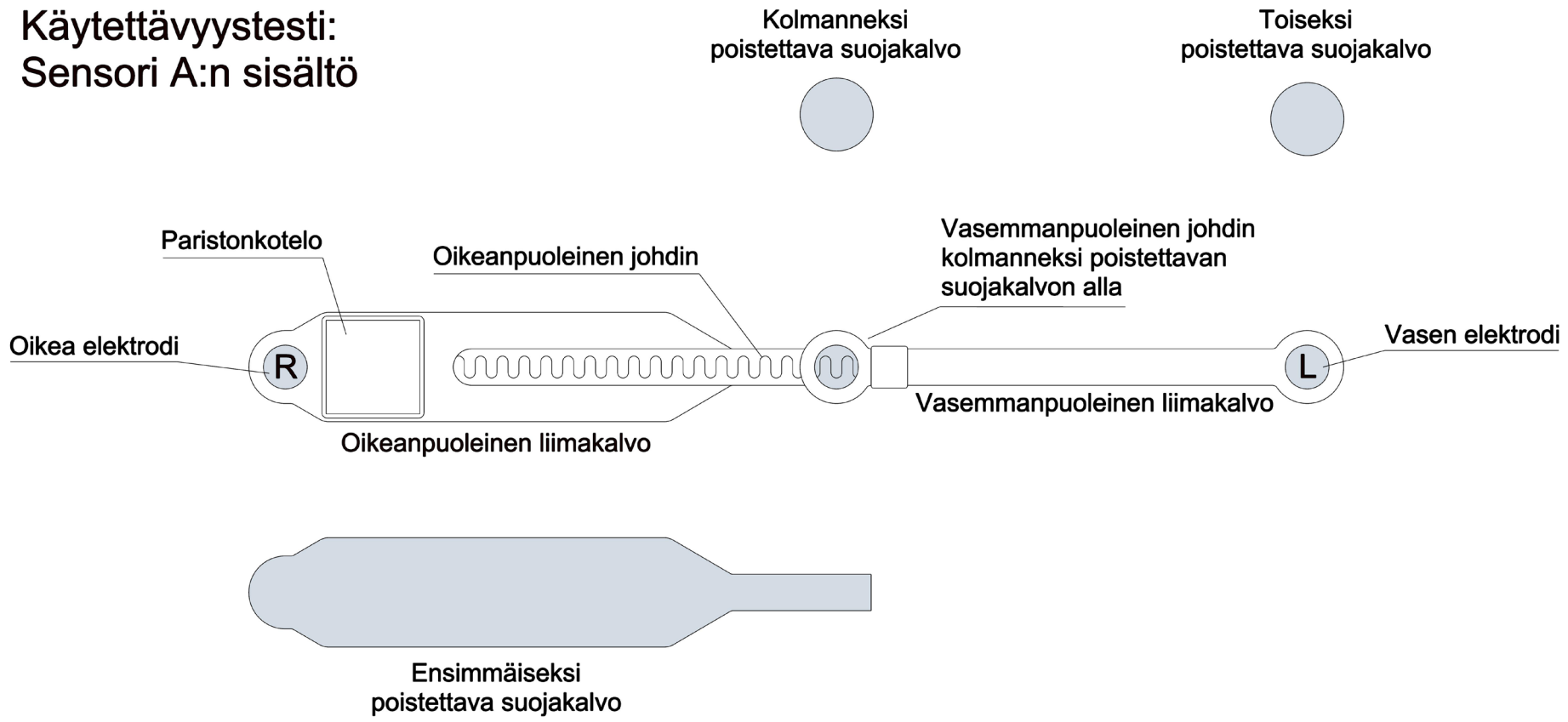
12b. Onko edellisessä kysymyksessä valitsemassasi sensorissa mielestäsi jotain jatkokehitettävää? Mikä ei toimi tai mikä voisi olla paremmin. Voi myös kommentoida molemmista sensoreista.

Oma vastauksesi \_\_\_\_\_

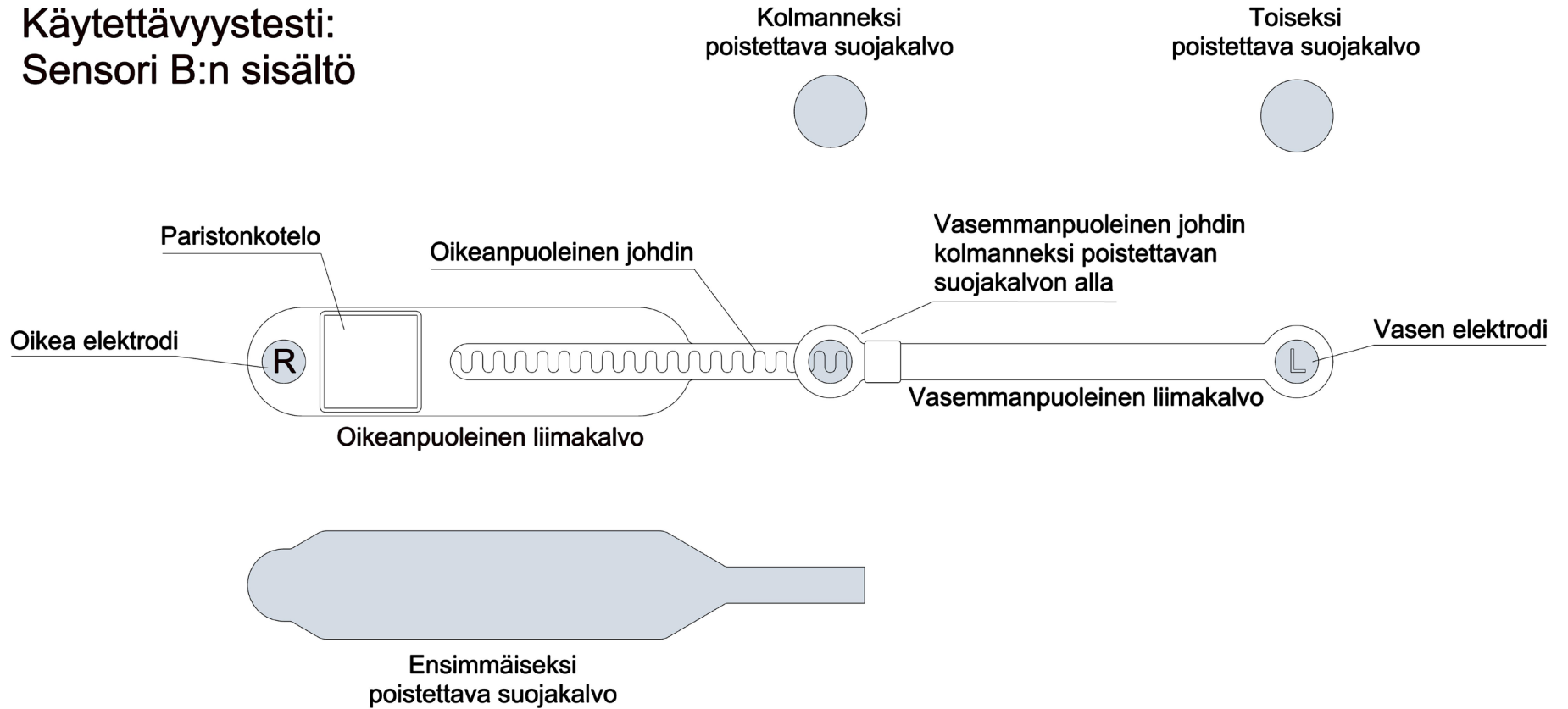
Vapaa kommentti

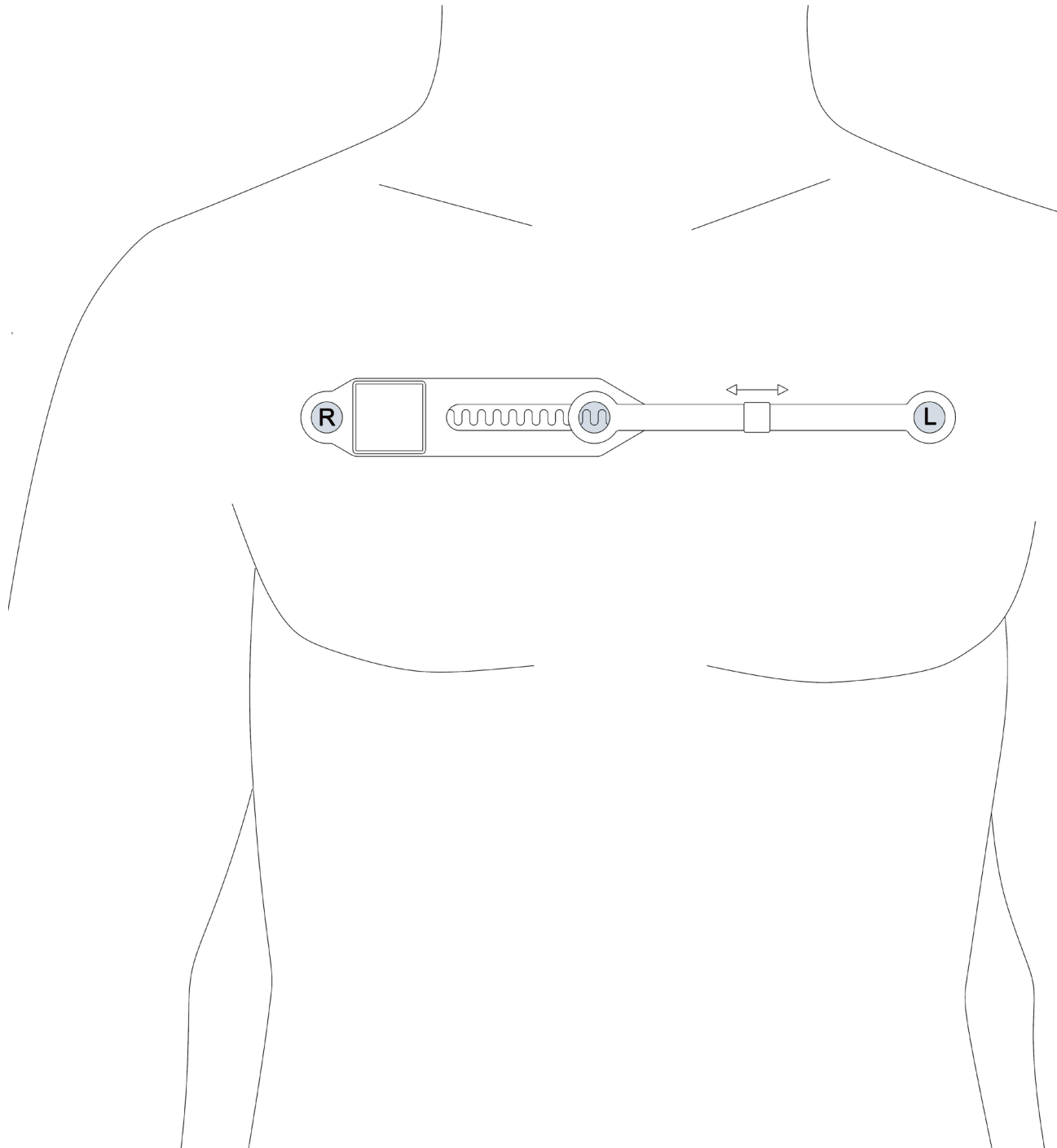
Oma vastauksesi \_\_\_\_\_

# Käytettävyydesti: Sensori A:n sisältö



# Käytettävyydesti: Sensori B:n sisältö





**Käytettävyydesti:**

**Käyttöohjeet (Sensori A ja B):**

**I:** Irrota suojakalvo Numero 1 ja aseta oikeanpuoleinen liimakalvo kuvan osoittamaan kohtaan.

**II:** Säädä vasemman elektrodin pituus sopivaksi liikuttamalla vasemmanpuoleista liimakalvoa oikealle tai vasemmalle.

**III:** Irrota suojakalvo Numero 2 ja aseta vasen elektrodi kuvan osoittamaan kohtaan.

**IV:** Irrota suojakalvo Numero 3 ja kytke johtimet toisiinsa.

**V:** Käytön jälkeen irrota sensori iholta.