

Eemeli Lahti

TERAPEUTTISEN KUNTOPYÖRÄN PROTOTYYPPI

TERAPEUTTISEN KUNTOPYÖRÄN PROTOTYYPPI

Eemeli Lahti
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Eemeli Lahti
Opinnäytetyön nimi: Terapeuttisen kuntopyörän prototyyppi
Työn ohjaaja: Esa Kontio
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018
Sivumäärä: 22 + 0 liitettä

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja rakennettiin proof of concept -prototyyppi uudenlaisesta kuntopyörästä, jonka ensisijainen käyttötarkoitus on toispuolihalvauspotilaiden kuntoutus. Kuntopyörään asennettiin sähkömoottori, joka avustaa vammautunutta puolta polkemaan ja luo polkemisvastuksen kuntopyörään. Työtehtäväksi rajattiin mekaniikan suunnittelu ja sähkömoottorin ohjaus.

Opinnäytetyö alkoi esisuunnittelulla syksyllä 2017. Esisuunnittelussa käytiin läpi erilaisia sähkömoottorityyppejä ja keinoja asentaa moottori aihiksi saatuun kuntopyörään. Vaihtoehtoina oli joko käyttää pyykkikoneen suoravetomoottoria, joka kiinnittyisi suoraan kuntopyörän poljinkehiöön, tai pientä DC-moottoria, jolle valmistettaisiin moottoripukki aihioon kiinnitystä varten.

Moottorityypiksi valittiin pieni DC-moottori, joka pyörittää kampia hihnavälityksellä. Kun käytettävä sähkömoottorityyppi oli päätetty, alkoi mekaniikan yksityiskohtainen suunnittelu, jossa suunniteltiin moottorin kiinnitys prototyypin aihioon ja keino, kuinka veto moottorilta kampiin toteutetaan. Moottorin kiinnitykseen suunniteltiin yksinkertainen moottoripukki, jolla moottori kiinnittyy kuntopyörän runkoon. Vetotavaksi valittiin hammashihna, jolloin saatiin tarkka ja välyksetön liike eteen- ja taaksepäin. Moottoriohjauksen esisuunnittelussa kartoitettiin tarvittavia komponentteja, niiden hankintatarve ja moottorinohjauksen toteutus. Itse prototyypin valmistus alkoi tammikuussa 2018.

Prototyyppi rakennettiin Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa hyödyntäen koulun laajaa metallityöstökonekantaa sekä laboratoriohenkilökunnan ammattitaitoa ja osaamista. Prototyyppi valmistui maaliskuun alussa 2018, ja se esiteltiin tilaajayrityksen edustajille maaliskuun lopulla. Projektin lopputuloksena oli vaatimusten mukainen prototyyppi, jota tilaaja yritystilaajayritys pystyy jatkokehittämään toimivaksi tuotteeksi.

Asiasanat: hemiplegia, kuntopyörä, mekaniikkasuunnittelu, PWM-ohjaus, sähköavustus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Machine and industrial engineering, mechanical engineering

Author: Eemeli Lahti
Title of thesis: Prototype of a therapeutic exercise bike
Supervisor: Esa Kontio
Term and year when the thesis was submitted: spring 2018
Pages: 22 + 0 attachment

The subject of the thesis is designing and building a "proof of concept" -prototype of a new kind of exercise bike with the primary purpose of rehabilitating hemiplegia patients. An electric motor is mounted onto the exercise bike, motor helps disabled people to pedal and creates the pedaling resistance. The scope was limited to design the mechanics and controls for the electric motor.

The thesis started with pre-design in the fall of 2017. The pre-design focused on various alternatives to the type of electric motor and how to install it. When the type of electric motor to be used was decided, a more detailed design of the mechanics and motor control component selection and acquisition began. Building the prototype itself began in January 2018.

The prototype was built at the Oulu University of Applied Sciences laboratory facilities utilizing the school equipment and laboratory personnel's skills and competencies. The prototype was completed in early March 2018 and was presented to the company representatives at the end of March.

The result of the project was the prototype according to the requirements which were recorded in the start-up memo at beginning of the project. This prototype will serve as basis for developing a functional final product.

Keywords: electric assistance, exercise bike, hemiplegia, mechanical design, PWM

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 TOISPUOLIHALVAUS	7
2.1 TIA	7
2.2 Aivoverenvuoto	7
2.3 Aivoinfarkti	7
2.4 Kuntoutus	8
3 KUNTOUTUKSEEN SOVELTUVAT FYSIOTERAPIALAITTEET	9
3.1 Saatavilla olevat laitetypit	9
3.2 Halutut ominaisuudet	9
4 PROTOTYYPIN SUUNNITTELU	10
4.1 Moottorin ja sen ohjauksen valinta	10
4.2 PWM	11
4.3 H-silta	11
4.4 Mekaniikan esisuunnittelu	12
5 PROTOTYYPIN VALMISTUS	14
5.1 Lähtökohta	14
5.2 Mekaaninen toteutus	14
5.3 Moottorinohjaus	18
6 YHTEENVETO	20
LÄHTEET	21

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana oli oululainen keksijäyhteisö Osuuskunta A. Vipunen. Työssä suunnitellaan ja rakennetaan prototyyppi kuntopyörästä, jonka ensisijainen käyttötarkoitus on toispuolihalvauspotilaiden kuntoutus. Tehtävänä on suunnitella tarvittava mekaniikka, valita sähkömoottori ja toteuttaa moottorinohjaus. Anturointi rajattiin opinnäytetyöstä pois. Ahioksi tuotteelle saatiin paikalliselta yritykseltä kuntopyörä, johon alettiin suunnittelemaan eri variaatioita prototyypin toteutuksesta.

Markkinoilla ei ole vastaavaa tuotetta, jossa vastuksen määrä mukautuu potilaan polkemistehon mukaan ja samalla avustaa vammautuneen puolen liikettä. Ongelmana tämän toteuttamisessa on saada moottori vaihtamaan avustuksen ja vastustuksen välillä nopeasti ja tasaisesti, jopa monta kertaa yhden kierroksen aikana siten, ettei se kuitenkaan häiritse polkemista. Tavoitteena tällä projektilla oli saada aikaan proof of concept -prototyyppi, jolla voidaan todentaa idean toimivuus käytännössä ja jota voidaan alkaa jatkokehittämään kohti toimivaa kaupallista tuotetta.

2 TOISPUOLIHALVAUS

Toispuolihalvaus eli hemiplegia on oire, jonka aivoverenkiertohäiriö jättää jälkeensä. Näistä tilapäistä ja vielä korjattavissa olevaa vauriota aiheuttaa TIA (Transient Ischemic attack). Pysyviä vaurioita aiheuttavat aivoinfarkti ja aivoverenvuoto. Hemiplegiassa toinen puoli henkilön kehosta on joko halvaantunut tai huomattavasti heikompi verrattuna terveeseen puoleen. (1.)

2.1 TIA

Transient Ischemic Attack eli TIA tarkoittaa nopeasti ohimenevää aivoverenkiertohäiriötä. Sen oireet ovat hyvin samanlaiset aivoinfarktin kanssa mutta se on ajallisesti lyhyempikestoinen. Oireet kestävät tavallisesti 2 - 15 minuuttia. Vaikka oireet menevät ohi pian, ei se tarkoita, että tilanne olisi normalisoitunut. 10 - 20 prosenttia ensimmäisen TIA:n saaneista saavat aivoinfarktin 90 vuorokauden kuluessa ja yli puolet kahden vuorokauden kuluessa. (1.)

2.2 Aivoverenvuoto

Aivoverenvuodossa valtimosuonen repeämä aiheuttaa verenvuotoa aivoihin. Vuotanut veri poistuu aivoista imeytymällä, mutta verenvuoto jättää jälkeensä kudsvauriota. Verenvuodon aiheuttaa aivojen pinnalla kulkevan valtimon synnyntäisen pullistuman repeäminen. (1.)

2.3 Aivoinfarkti

Aivoinfarktissa aivovaltimon tukkeuma aiheuttaa osassa aivokudosta hapenpuutetta, jonka seurauksena kudokset tuhoutuu. Tukkeuman voi aiheuttaa joko ahtautuneen valtimon synnyttämä verihyytymä tai kuten useimmissa tapauksissa etäämmällä joko sydämessä tai kaulavaltimossa muodostunut ja liikkeelle lähtenyt hyytymä. (1.)

2.4 Kuntoutus

Aivoinfarktipotilaille tehdään tilan vakiinnuttua arvio kuntoutuksen tarpeesta. Kuntoutustarve ja tavoitteet kirjataan yksilölliseen kuntoutussuunnitelmaan, jonka mukaan kuntoutusta aletaan toteuttamaan sairaalahoidon jälkeen. Tarve jatkokuntoutukselle arvioidaan säännöllisesti. (2.)

Potilaalle aloitetaan ensimmäisenä asentohoito, jossa erityisesti keskitytään jo vaurioituneiden nivelten asento- ja liikehoitoon. Aktiivinen kuntoutus aloitetaan sitten, kun potilaan tila on tarpeeksi vakaa. Eri terapiamuotojen kuten fysio-, toiminta- ja puheterapian tarve arvioidaan jokaisen potilaan kohdalla erikseen, ja ne alkavat osana moniammatillista kuntoutusta. Fysioterapialla pyritään parantamaan liikkumisen kuntoutusta. Fysioterapiassa käytetään useita eri harjoitusmenetelmiä, joilla pyritään palauttamaan kävelykykyä ja käsien toimintaa. (2.)

3 KUNTOUTUKSEEN SOVELTUVAT FYSIOTERAPIALAITTEET

Liikunnallisen kuntoutuksen tavoitteena on symmetrisen, kaksipuolisen kehonkuvan palauttaminen ja motoristen toimintojen uudelleen oppimisen kautta saavutettava mahdollisimman luonnonmukainen liikuntakyky. Alaraajojen osalta kuntoutukseen käytetään erilaisia fysioterapiakäyttöön valmistettuja kuntopyöriä tai samankaltaisia laitteita eri valmistajilta. (1.)

3.1 Saatavilla olevat laitetypit

Kuntopyöriä on pääasiassa kahta eri mallia: perinteistä upright-mallia, jossa istutaan normaalilla polkupyörän satulalla pystyasennossa, tai recumbent, jossa istuma-asento vastaa tuolilla istumista ja jossa on myös selkänoja. Lisäksi käytetään Motomediä eli restoraattoria. Restoraattorit ovat sähköavusteisia laitteita, jotka laitetaan tavallisen tuolin tai pyörätuolin eteen. Laite pyörittää potilaan jalkoja sähköavustuksella, mikä auttaa lihaksia rentoutumaan. Laite tunnistaa, kun jalkaan tulee spasti eli lihasjäykkyyden lisääntyminen. Tällöin laite alkaa pyörittämään jalkoja takaperin, mikä helpottaa lihasjännitystä ja rentouttaa jalan. Jalan rentouduttua voidaan taas alkaa polkemaan. (3)

3.2 Halutut ominaisuudet

Upright-malli sopii toispuolihalvauspotilaille paremmin, koska satulassa istuminen aktivoi selän lihaksia ja auttaa tasapainon harjoittelussa. Recumbent-mallissa poljettaessa lonkankoukistajat ovat löysänä ja asennosta seurauksena ei myöskään hyödynnetä koko pakaralihasta. Näistä syistä valittiin istuma-asennoksi perinteinen upright-malli ja tavallinen satula. Moottorihjaus toteutettiin kuitenkin siten, että taaksepäin pyörittäminenkin on mahdollista.

Olemassa olevissa laitteissa ei löytynyt projektia vastaavaa tuotetta. Laitteelta haluttiin, että istuma-asento on pystyssä. Moottori avustaa ja luo vastuksen sen mukaan, kumpi jalka polkee, jolloin jalkojen välinen voimaero tasaantuu. Laitteen tulisi olla vakaa, koska potilas ei kykene hallitsemaan tasapainoaan terveen ihmisen tavoin kuntopyörän päällä. Moottorin ja mekaniikan tulisi olla kompakti. Näiden lähtötietojen pohjalta prototyyppiä aletaan esisuunnittelemaan ja etsimään erilaisia vaihtoehtoja toteutukseen.

4 PROTOTYYPIN SUUNNITTELU

Esisuunnittelu alkoi marraskuussa 2017 ja valmistui tammikuun lopulla 2018. Esisuunnittelussa tutkittiin eri moottorivaihtoehtoja prototyypille sekä moottorin asennustapaa ja voiman välitystä. Esisuunnittelun aikaansaannokset katselmoitiin tammikuun alussa 2018 ja päätettiin, mitä esitetyistä ideoista lähdetään toteuttamaan.

4.1 Moottorin ja sen ohjauksen valinta

Moottoriksi projektille oli muutamia eri vaihtoehtoja. Näiden toteutuskelpoisuutta tutkittiin esisuunnittelun alkuvaiheilla.

Asiakasyrityksen toive oli, että prototyypissä olisi voitu käyttää pyykinpesukoneen suoravetomoottoria, jonka roottori olisi kiinnittynyt suoraan kuntopyörän kampiin. Tällöin ei olisi tarvittu mitään voimavälityselementtejä ja rakenne olisi pysynyt melko yksinkertaisena. Ongelmana oli kuntopyörän rungon rakenne ja käytössä oleva tila rungon ja kampien välissä. Jotta moottori olisi saatu sovitettua aihioon, olisi kampia pitänyt muokata leveämmiksi. Lisäksi pyykinpesukoneen suoravetomoottori on vaihtovirtamoottori, joka olisi vaatinut toimiakseen kallista ohjauselektroniikkaa kuten taajuusmuuntajan.

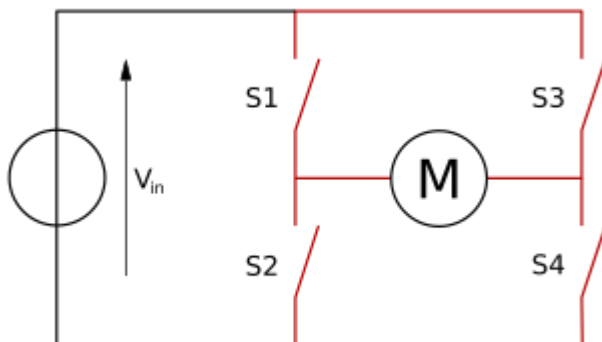
Moottoriksi valittiin Boschin valmistama 24 voltin ja 55 watin tasavirtamoottori, koska sellainen oli koululla varastossa ja sen uskottiin olevan riittävä prototyypiin. Tälle moottorille kiinnitystä varten tarvitsi suunnitella ja valmistaa vain yksinkertainen moottoripukki, joka kiinnitettiin runkoputkeen. Voima moottorilta kammille välittyy hammashihnalla, jolla saadaan tarkka ja välyksetön moottorin tilan muutos avustuksesta vastustukseen ja toisinpäin. Tasavirtamoottorin ohjaus on myös yksinkertaisempaa eikä vaadi erikoista ohjauselektroniikkaa. Ohjaukseen valittiin Arduino-nano-mikrokontrolleri, koska tilaajayrityksellä oli niitä jo valmiiksi. Arduinoa apuna käyttäen moottorin nopeutta ja suuntaa voidaan ohjata pulssinleveysmodulaatiolla. Arduinon ja moottorin väliin tarvittiin kuitenkin vielä moottorinohjain, joka kestää moottorin tarvitseman virtamäärän. Moottorinohjaimeksi valittiin BTS7960, joka kestää 24 voltia jännitettä ja 46 ampeeria virtaa. Moottorinohjainta ei haluttu mitoittaa juuri sopivaksi jo olemassa olevalle moottorille vaan tarkoituksella hankittiin ylimitoitettu sen varalta, että moottori pitäisi joskus vaihtaa tehokkaampaan.

4.2 PWM

PWM eli pulssinleveysmodulaatioissa rajoitetaan sähkömoottorille syötetyn virran määrää. Virtaa rajoitetaan kytkemällä sitä päälle ja pois nopealla tahdilla. Käytettävästä laitteen mukaan tämä voi tapahtua jopa kymmeniä tuhansia kertoja sekunnissa. Näiden pois- ja päälläoloaikojen suhde määrittää lopullisen moottorille tulevan virran. Tätä kutsutaan pulssisuhteeksi, joka ilmoitetaan prosentteina. Esimerkiksi pulssisuhte 100 % tarkoittaa, että virrankulku on rajoittamatonta ja sähkömoottori pyörii täydellä teholla. (4, s. 2 - 4.)

4.3 H-silta

H-sillalla tarkoitetaan elektronista kytkentää, jota käytetään moottorin ohjaukseen, kun moottoria pitää kyetä ajamaan eteen- ja taaksepäin. H-silta koostuu neljästä transistorista, kahdesta PNP- ja kahdesta NPN-transistorista. (5.) Kuvassa 1 on esitetty H-sillan rakenne. (5.)



KUVA 1. H-sillan rakenne (5)

H-sillan toimintaperiaate on yksinkertainen. Kuvassa 1 keskellä oleva M on moottori, jonka pyörimissuunta on muutettavissa kytkimillä S1 ja S4. Kun S1 ja S4 ovat suljettuina, moottorin läpi kulkee virta vasemmalta oikealle. Tällöin moottorin pyörimissuunta on myötäpäivään. Kun nämä avataan ja vuorostaan suljetaan S2- sekä S3-kytkimet, pyörimissuunta muuttuu vastapäivään. Mikäli moottori halutaan pysäyttää tai jarruttaa voidaan sulkea joko S1 ja S3 tai S2 ja S4. Ohjauslogiikka on esitetty taulukossa 1, jossa 1 tarkoittaa, että kytkin on suljettu, ja 0, että se on avoin. (5.)

TAULUKKO 1. H-sillan ohjauslogiikka

S1	0	1	1	0
S2	0	0	0	1
S3	0	1	0	1
S4	0	0	1	0
Moottorin tila	Vapaa	Jarru	Myötäpäivään	Vastapäivään

4.4 Mekaniikan esisuunnittelu

Mekaniikan esisuunnittelussa tutkittiin, kuinka moottori kiinnitettäisiin aihioon ja miten voimanvälitykseen käytettävät hihnapyörät ja hihna sijoittuvat. Mekaniikan toteutuksesta luonnosteltiin muutama eri vaihtoehto, jotka esiteltiin tilaajayritykselle. Yrityksen ehdottama pyykkikoneen moottoria varten olisi runkoon kiinnitetty jonkinlainen kiinnityslevy, johon staattori olisi tullut kiinni. Ongelman kuitenkin aiheutti roottorin suuri halkaisija ja leveys. Kuntopyörän kampia olisi pitänyt moottorin puolelta levittää noin 20 mm, jolloin myös toista puolta olisi pitänyt levittää saman verran, että polkimien etäisyys keskiön keskilinjasta sivuttaissuunnassa olisi pysynyt yhtä suurena kummallakin puolella. Erimuotoisella rungolla pyykkikoneen moottorin käyttö olisi onnistunut hyvin, mutta prototyyppi hahutettiin valmistaa pienellä budjetilla, joten aihiota ei muokattu, vaan päädyttiin yksinkertaiseen ratkaisuun, jossa on pieni moottori.

Toinen vaihtoehto oli käyttää tavallista tasavirtamoottoria. Sen pienen koon myötä sille paikan löytäminen aihioista oli helppoa ja sen tuoma lisäpaino saatiin alas runkoon. Moottoria varten suunniteltiin yksinkertainen moottoripukki, joka oli helposti ja nopeasti valmistettavissa leikattavista kappaleista. Voimanvälityselementtejä valittaessa kriteereinä oli tarkka ja välyksetön liike, jotta moottorin muuttaessa suuntaa ei tulisi polkemiseen huomattavaa nykimistä. Tämä saadaan aikaan hammashihnavälityksellä.

Hihnavälitystä suunniteltaessa piti ottaa huomioon moottorin pyörimisnopeus. Boschin moottorissa maksimi kierrosnopeus on 1 500 rpm. Normaalissa pyöriäilyssä kadenssi eli polkemistaajuus on noin 70 - 90 rpm. Ongelmaksi tulikin saatavilla olevien hammaspyörien koot. Suurimmat T5-profiilin hihnapyörät olivat 60-hampaisia ja pienimmät 10-hampaisia. Tällöin välityssuhteeksi saadaan 1:6, jolloin kampien maksimipyörimisnopeus moottorilla avustaessa on 250 rpm. Projektissa tultiin kuitenkin siihen päätökseen, että tämä on sopiva, jotta moottoria ei tarvitse ajaa täydellä nopeudella avustettaessa normaalissa pyöriäilykadenssissa.

Pienemmän hihnapyörän kiinnitys moottorin akselille oli yksinkertainen, siihen porataan 8 mm reikä keskelle, joka vastaa moottorin akselin halkaisijaa. Hammaspinnalle porattaisiin ja kierteitettäisiin M3 reikä lukitusruuville. Isoimman hihnapyörän kiinnitystä suunniteltaessa käytettiin hyväksi kuntopyörän vanhan kiilahihnapyörän kiinnitystapaa kampiin. Hihnapyörässä oleva kuusikulmainen reikä kopioitiin uuden hihnapyörän sisälaippaan ja hihnapyörä pultattiin tähän laippaan kiinni. Tällöin saatiin aikaan tukeva ja varma kiinnitys hihnapyörälle.

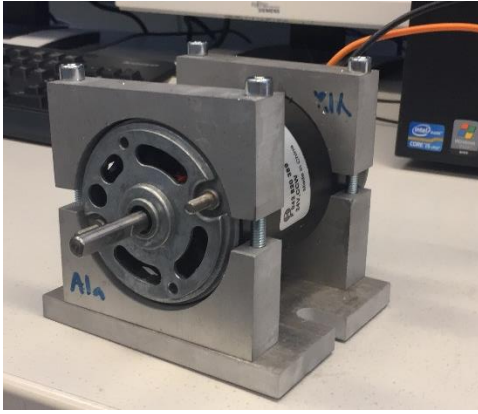
5 PROTOTYYPIN VALMISTUS

5.1 Lähtökohta

Prototyyppi valmistettiin Oulun ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan laboratoriotiloissa hyödyntäen koulun laitekantaa ja laboratoriohenkilökunnan osaamista. Lähtökohtana prototyypille oli Karhun kuntopyörä. Kuntopyörässä oli kampiin kiinnitetty suuri kiilahihnapyörä, joka pyöritti pienempää hihnapyörää. Pieni hihnapyörä oli kiinnitetty vauhtipyörään, jonka alla oli magneettivastus. Magneettivastuksen etäisyyttä vauhtipyörään muuttamalla kyettiin säätämään kuntopyörän vastusta. Kuntopyörästä purettiin lähes kaikki olemassa oleva mekaniikka ja jäljelle jäivät runko ja keskiö kampineen. Vauhtipyörän kiinnikkeet piti poistaa, koska moottorin kiinnitys oli esisuunnittelussa päätetty niiden kohdalle.

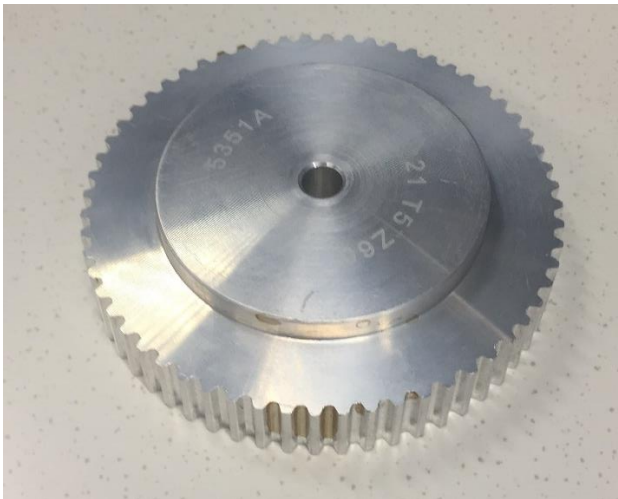
5.2 Mekaaninen toteutus

Mekaniikan valmistus alkoi moottorin kiinnityksen suunnittelulla. Kiinnitystavaksi valittiin yksinkertainen moottoripukki, joka oli helposti ja nopeasti valmistettavissa vesileikkämällä. Moottoripukin pohjalevy on 10 mm alumiinia ja moottorin kiinnikkeet 20 mm alumiinia. Moottorin alempiin kiinnikkeisiin porattiin ja kierteitettiin M8-reiät, joista ne pultattiin pohjalevyyn kiinni. Ylempiin kiinnikkeisiin tehtiin 7 mm vapaareiät, joiden läpi ne pultattiin alakiinnikkeisiin tehtyihin M6-reikiin. Moottoripukki kiinnittyy kuntopyörän runkoon hitsatulla kahdella M10-pultilla ja hihnan kireys säädetään pohjalevyssä olevilla pituussuuntaisilla urilla. Kuvassa 2 on esitetty valmis moottoripukki.



KUVA 2. Valmis moottoripukki

Veto moottorilta kuntopyörän kampiin toteutettiin hammashihnavedolla. Moottorin suuren kierrosluvun takia piti pyörien hammaslukujen suhde toisiinsa saada mahdollisimman suureksi. Pieneksi hihnapyöräksi valittiin Etran valikoimasta pienin saatavilla oleva 10-hampainen ja suuremmaksi suurin saatavilla oleva 60-hampainen. Tällöin vetosuhteella 1:6 saadaan kampien maksimi pyörimisnopeudeksi 250 rpm, moottorin maksimi pyörimisnopeuden ollessa 1 500 rpm. Jotta hihnapyörät saatiin kiinnitettyä kampiin ja moottorin akselille, jouduttiin niitä hieman muokkaamaan koneistamalla. Kuvassa 3 on iso hihnapyörä ennen koneistamista.



KUVA 3. Hihnapyörä ennen koneistusta

Kuntopyörän alkuperäisessä hihnapyörässä on 25 mm halkaisijalla oleva kuusikulmainen reikä, joka kiristetään toisella laakerikupilla kammassa olevaa laippaa vasten. Laipan vieressä on reikää vastaava kuusikulmainen muoto. Hihnapyörään koneistettiin 35 mm reikä

keskelle, jotta kammassa oleva laippa mahtuu läpi siitä. Lisäksi tehtiin neljä 6 mm reikää 35 mm säteellä keskipisteestä. Kuvassa 4 on hihnapyörä koneistuksen jälkeen.



KUVA 4. Koneistettu hihnapyörä

Hihnapyörälle vesileikattiin laipat 3mm ruostumattomasta teräksestä, jotka olivat 100 mm halkaisijalla. Näihin tehtiin myös 6 mm reiät 35 mm säteellä keskeltä. Toiseen laippaan tehtiin 35 mm reikä kuten hihnapyörässäkin ja toiseen 25 mm kuusikulmainen reikä. Tämä kokonaisuus pultattiin yhteen neljällä M6-pultilla ja kiinnitettiin kampeen samalla tavalla kuin alkuperäinen hihnapyörä. Kuvassa 5 laipat on pultattu hihnapyörään ja asennettu paikalleen kuntopyörän kamppiin.



KUVA 5. Hihnapyörä asennettuna kampiin

Pienempi hihnapyörä kiinnittyy moottorin akseliin, jonka halkaisija on 8 mm. Hihnapyörään porattiin 8 mm reikä sorvissa, jotta se olisi mahdollisimman keskellä hihnapyörää. Kuvassa 6 on hihnapyörä ennen sorvausta.



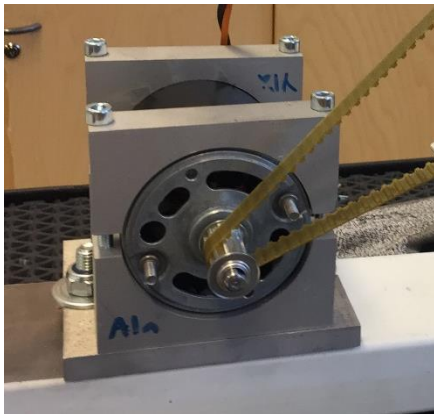
KUVA 6. Pieni hihnapyörä ennen sorvausta

Jotta hihnapyörä saatiin kiinnitettyä sorvin leukoihin, piti sille tehdä sovite pyöreästä muovitangosta. Sovitteeseen tehtiin 15 mm reikä keskelle, joka vastasi pienemmän hihnapyörän halkaisijaa hammaspinnan kohdalla. Tämän jälkeen sovite halkaistiin keskeltä, jolloin saatiin aikaan kaksi puoliympyrää. Nämä asetettiin hihnapyörän ympärille hammaspintojen kohdalle. Näin hihnapyörään tehtävä reikä tulee suoraan hammaspintoihin nähden, mutta sorvin leuat eivät vahingoita hihnapyörää. Kuvassa 7 pieni hihnapyörä on kiinnitetty sorviin sovitteiden avulla.



KUVA 7. Pienempi hihnapyörä kiinnitettynä sorviin muovisella sovitteella

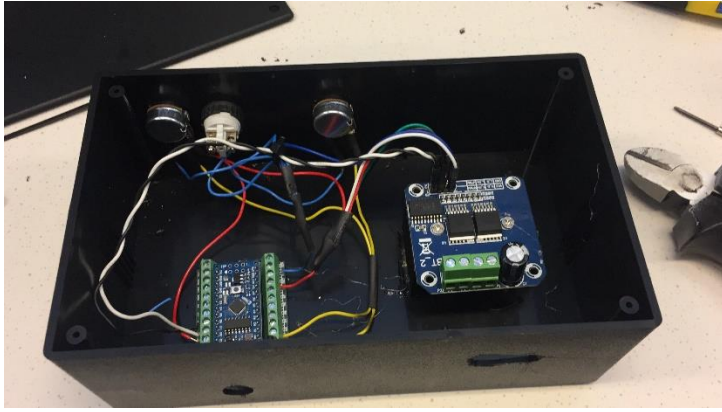
Hihnapyörä lukitaan moottorin akselille lukitusruuvilla, jota varten porattiin ja kierteitettiin M3-reikä. Moottorin akselissa on lukitusruuvia varten tasainen kohta, jotta hihnapyörä ei pääse pyörimään tyhjä. Kuvassa 8 näkyy valmis hihnapyörä kiinnitettynä moottorin akseliin.



KUVA 8. Hihnapyörä asennettuna moottorin akseliin

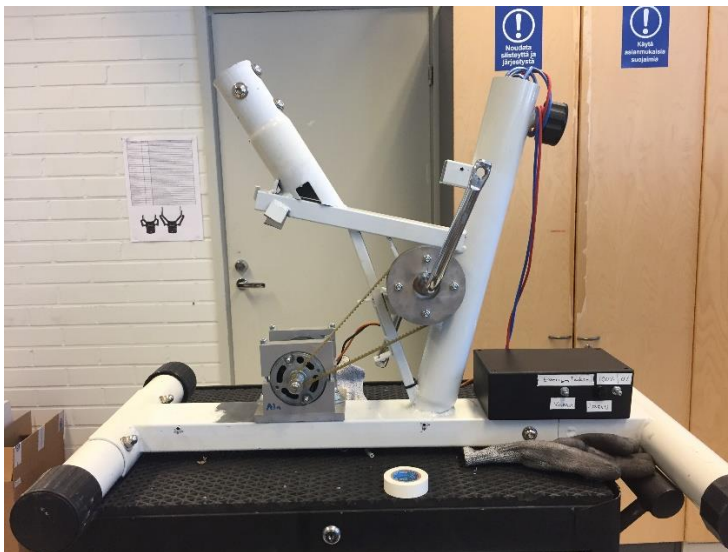
5.3 Moottorinohjaus

Moottorinohjaus toteutettiin käyttäen Arduino-mikrokontrolleria ja PWM-ohjausta. Arduino syöttää potentiometrillä annettua PWM-arvoa moottorinohjaimelle, joka on moottorin ja virtalähteen välissä rajoittamassa moottorille menevää virtaa. Moottorinohjaimena käytettiin BTS7960-moottorinohjainta. Kuvassa 9 näkyy elektroniikkakytkennät, kytkentöjä varten hankittiin muovinen kotelo suojaksi.



KUVA 9. Ohjauselektronikka

Moottorinohjaus eteen ja taakse sekä nopeuden säätö tapahtuu prototyypissä potentiometrillä. Myöhemmin prototyyppiin lisätään anturointi, joka ohjaa moottorin nopeutta ja tilaa. Jarrun kytkemistä varten on nappi, jota painettaessa moottori jarruttaa. Jarrulle on myös oma potentiometri, jolla säädetään vastustuksen määrää. Kun moottorinohjaus oli saatu valmiiksi, oli prototyyppi valmis luovutettavaksi tilaajayritykselle. Kuvassa 10 on valmis prototyyppi.



KUVA 10. Valmis prototyyppi

6 YHTEENVEO

Työn tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa opinnäytetyönä prototyyppi kuntopyörästä, jonka ensisijainen käyttötarkoitus on toispuolihalvauspotilaiden kuntoutus. Tehtävänä oli suunnitella tarvittava mekaniikka, valita sähkömoottori ja toteuttaa moottorinohjaus. Lopputuloksena saatiin aikaan toimiva prototyyppi, joka täyttää aloituspalaverissa lähtötietomuiistioon kirjatut vaatimukset. Tilaajayritys sai projektista alustan, johon voi alkaa rakentamaan toimivaa kokonaisuutta prototyypistä, jossa moottoria ohjataan antureilta saatavalla datalla.

Työ alkoi syksyllä 2017 esisuunnittelulla, joka valmistui tammikuussa 2018. Esisuunnittelussa tutkittiin, mitä tapoja on kiinnittää moottori kuntopyörään ja kuinka moottorinohjaus toteutetaan. Esisuunnittelun jälkeen suunniteltiin mekaniikka valitulle moottorityypille ja valittiin oheislaitteet moottorin ohjausta varten.

Helmikuussa 2018 alkoi prototyypin yksityiskohtien suunnittelu ja valmistaminen. Prototyyppi valmistui maaliskuussa 2018 ja se esiteltiin työn tilaajalle. Projektin molemmat osapuolet olivat tyytyväisiä tuloksiin ja tilaajayritys pystyy jatkamaan tuotteen jatkokehittelyä prototyypistä toimivaksi tuotteeksi.

Opinnäytetyö tarjosi mahdollisuuden hyödyntää 3D-mallinnusosaamista ja oppia lisää prototyyppien valmistuksesta. Prototyyppiä voisi jatkokehittää vielä asentamalla tehokkaamman sähkömoottorin. Nykyisellä moottorilla avustus on melko heikko ja moottorin luoma vastus melko pieni. Tällä nykyisellä moottorilla kyettiin kuitenkin kokeilemaan, että laite toimii halutulla tavalla. Opinnäytetyö onnistui hyvin ja pysyi sille projektisuunnitelmassa laaditussa aikataulussa. Myös tilaajayritys oli tyytyväinen projektin aikaansaantoon.

LÄHTEET

1. Tarnanen, Kirsi – Lindsberg, Perttu J. – Sairanen, Tiina – Tuunainen, Arja 2017. Tunista aivoinfrakti – hoitoon ja heti! (aivoinfrakti ja TIA) Käypähoito. Helsinki: Suomalainen lääkäriseura Duodecim. Saatavissa: www.terveysportti.fi/xmedia/khp/khp0005.pdf. Hakupäivä 3.5.2018.
2. Aivoverenkiertohäiriöt. Aivoliitto ry. Saatavissa: [https://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio_\(avh\)/perustietoa_avh_sta](https://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio_(avh)/perustietoa_avh_sta). Hakupäivä 11.2.2018.
3. Fysioterapeutti, Oulun Seudun Fysioterapia Oy. Puhelinhaastattelu 16.4.2018.
4. Lunkka, Kalle 2011. Pulssinleveysmodulaation käyttö moottorihjauksessa. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32920/Lunkka_Kalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 11.2.2018.
5. H-silta. 2017 Hutasu.net. Saatavissa: <https://www.hutasu.net/elektroniikka/teoriaa/h-silta/>. Hakupäivä 11.2.2018.