

Jenna Korhonen

**MAKSIMIVOIMAMITTARIN SOVELTUMINEN LIHASVOIMAN  
KEHITYKSEN SEURANTAAN**

**MAKSIMIVOIMAMITTARIN SOVELTUMINEN LIHASVOIMAN  
KEHITYKSEN SEURANTAAN**

Jenna Korhonen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Hyvinvointiteknologia  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma, avopalvelun teknologia

---

Tekijä: Jenna Korhonen

Opinnäytetyön nimi: Maksimivoimamittarin soveltuminen lihasvoiman kehityksen seurantaan

Työn ohjaaja: Jukka Jauhiainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016 Sivumäärä: sivut + liitteet

32

---

Opinnäytetyö liittyy Oulun seudun ammattikorkeakoulun hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskukseen (HYTKE) kehittämään maksimivoimamittariin. Maksimivoimamittarilla voidaan arvioida painonnoston ykkösmaksimia maksimia selkeästi pienemmillä painoilla ja yhdellä nostokerralla.

Opinnäytetyössä tutkittiin maksimivoimamittarin soveltumista koehenkilöjoukon lihasvoiman kehittymisen seurantaan neljän viikon seurantajakson aikana. Seurantajakson aikana puolet koehenkilöistä harjoitteli ja puolet ei. Harjoittelevalle ryhmälle laadittiin jokaiselle koehenkilölle henkilökohtainen harjoitusohjelma, jonka oli tarkoitus kehittää penkkipunnerruksen maksimitulosta.

Tämä lihasvoiman kehitys oli helposti havaittavissa perinteisesti painoilla mitattuna, mutta työssä selvitettiin näkyikö kehitys myös maksimivoimamittarin tuloksessa.

Tutkimuksesta kävi selvästi ilmi, ettei lihasvoiman kehitys näkynyt maksimivoimamittarin tuloksessa toivotulla tavalla. Koko koehenkilöjoukkoa tutkittaessa todellisen maksimivoiman ja maksimikiihtyvyyden välinen korrelaatio oli olematon. Yksilöllisemmin tarkasteltuna voitiin kuitenkin osan tuloksista huomata, että maksimivoimamittari pystyi ennustamaan lihasvoiman kehitystä.

---

Avainsanat: maksimivoimateknologia, kiihtyvyyssanturit, painonnosto, voimaharjoittelu

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Medical Engineering

---

Author: Jenna Korhonen

Title of thesis: Maximum strength Meter as a Method to Measure the Development of Muscular Strength

Supervisor: Jukka Jauhiainen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016 Number of pages:

32

---

The purpose of this thesis was to collect information on how a maximum strength meter developed in Oulu University of Applied Sciences can be used to evaluate the development of muscular strength.

The maximum strength meter is used in measuring one repetition maximum strength in weight lifting with clearly lighter weights, one repetition at a time.

The data were gathered by conducting a survey among participants over a four week period. During this period half of the participants did weight training while the other half did not. Every person in the group that trained had a personalized training program which aimed to develop the maximum result in bench press.

Development of muscular strength among the survey group was clearly noticeable when measuring it traditionally with weights but the purpose of this survey was to study whether the development could also be seen by using the maximum strength meter.

The results clearly show that the development of muscular strength cannot be indicated in a desired way by using the maximum strength meter. Studying the whole survey group, the correlation between the true maximum strength and the maximum acceleration was almost non-existent.

When researching survey participants individually, the maximum strength meter could be seen to predict the development of muscular strength in some cases.

---

Key words: Maximum Strength Technology, Accelerometer, Weight lifting, Strength training

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskusta aiheesta sekä tutkijayliopettaja Manne Hannulaa ja yliopettaja Jukka Jauhiaista työn ohjaamisesta. Erityiskiitos myös kaikille kahdellekymmenelle koehenkilölle, jotka mahdollistivat tämän tutkimuksen.

Tärkein tuki matkan varrella on ollut oma perhe, kiitos rakkaat.

30.5.2016

Jenna Korhonen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

|   |                                        |    |
|---|----------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO.....                          | 7  |
| 2 | MAKSIMIVOIMAMITTAUS.....               | 8  |
|   | 2.1 Maksimivoimateknologia.....        | 8  |
|   | 2.2 Maksimivoimamittari.....           | 9  |
|   | 2.3 Kiihtyvyyssanturi.....             | 10 |
|   | 2.4 Aiemmat tutkimukset.....           | 11 |
| 3 | VOIMAHARJOITTELU.....                  | 13 |
|   | 3.1 Voimaominaisuudet.....             | 13 |
|   | 3.2 Penkkipunnerrus.....               | 15 |
|   | 3.3 Penkkipunnerruksen vaiheet.....    | 16 |
| 4 | MITTAUKSET.....                        | 19 |
|   | 4.1 Koehenkilöt.....                   | 19 |
|   | 4.2 Mittausasetelma.....               | 20 |
|   | 4.3 Mittauslaitteisto ja aineisto..... | 22 |
| 5 | TULOKSET.....                          | 24 |
| 6 | POHDINTA.....                          | 30 |
|   | LÄHTEET.....                           | 31 |

# 1 JOHDANTO

Nykyään tekniikka on osana lähes jokaisen liikkujan arkea, eikä enää pelkästään ammattilaisten tai huippu-urheilijoiden. Enää ei riitä, että kello ranteessa mittaa vain sykettä ja poltettuja kaloreita, vaan tekniikan kehityksen myötä kuluttajat osaavat vaatia entistä enemmän pidemmälle vietyjä sovelluksia. Nykytekniikalla pyritään auttamaan urheilijaa maksimoimaan tuloksia ja palautumaan suorituksesta sekä estämään loukkaantumisia.

Maksimivoimamittari soveltuu nimenomaan estämään loukkaantumisia mittaamalla henkilön maksimaalista nostokykyä pienemmillä painoilla. Joissakin lajeissa on tärkeää tietää juuri senhetkinen penkkipunnerruksen maksiminostomäärä. Yleensä tämän maksimin löytämiseen on vain yksi keino, eli urheilija lisää nostettavaa painoa vähitellen niin kauan, että hän ei enää jaksaa nostaa suurempaa massaa. Useat nostokerrat kuitenkin heikentävät todellista maksimipenkkipunnerrustulosta. Vanhalla menetelmällä saatu tulos saattaakin poiketa huomattavasti urheilijan todellisesta maksiminostotuloksesta. Laskenta-algoritmia hyödyntävällä ohjelmalla saadaan maksimipenkkipunnerrustuloksesta huomattavasti realistisempi ja luotettavampi tulos. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, pystyikö maksimivoimamittari ennustamaan koehenkilöjoukon lihasvoiman kehitystä.

Työn teettäjänä toimi Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskus (HYTKE). Keskus tarjoaa asiantuntijapalveluita, laitteita ja ohjelmistoja tuotekehitykseen hyvinvointiteknologian sektorilla.

## 2 MAKSIMIVOIMAMITTAUS

Lihaskunto vaihtelee päivittäin riippuen monista eri tekijöistä, kuten esimerkiksi edellisen päivän harjoittelusta, aikaisemmista harjoituksista palautumisesta jne. Tästä johtuen saman harjoitusohjelman tekeminen voi tuntua joinakin päivinä raskaalta ja toisina päivinä liiankin kevyeltä. Laskenta-algoritmia hyödyntävän ohjelman avulla aktiivurheilija voi jokaisen harjoituskerran aluksi testata juuri senhetkisen maksimipenkkipunnerrustuloksensa ja sen perusteella suunnitella jokaiselle päivälle sopivan harjoitusohjelman. Tällä tavalla urheilija voi saada itsestään irti mahdollisimman paljon jokaisella harjoituskerralla. (1.)

Koska maksimituloksen määrittäminen laskenta-algoritmia hyödyntävän ohjelman avulla on nopeaa ja vaivatonta, voidaan sen avulla helposti seurata, onko käytetty harjoitusohjelma juuri kyseiselle henkilölle sopiva eli saavutetaanko sillä juuri haluttuja tuloksia tietyssä ajassa. Jos haluttuja tuloksia ei ole saavutettu, voidaan harjoitusohjelmaan tehdä tarvittaessa muutoksia, jotka nopeuttavat tulosten saavuttamista. (1.)

### 2.1 Maksimivoimateknologia

Maksimivoimateknologialla voidaan määrittää nostajan ykkösmaksimi. Ykkösmaksimilla tarkoitetaan nostajan maksimitulosta painonnostoliikkeessä eli sitä painoa, jonka nostaja jaksaa nostaa yhden kerran ylös. (1.) Ykkösmaksimia käytetään suunniteltaessa harjoitteluohjelmia kuntoilijoille, ja sillä voidaan arvioida maksimisuoritus (2, s. 1).

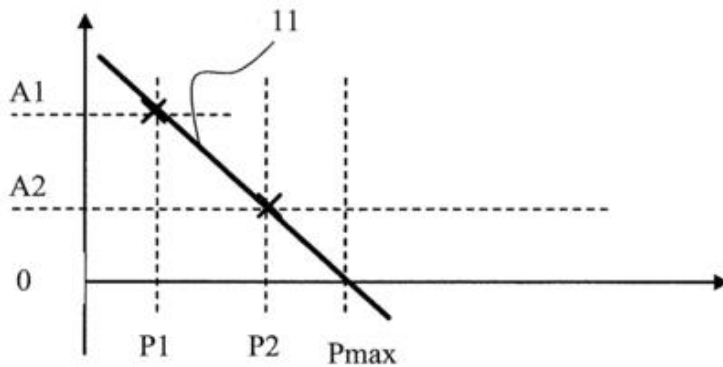
Ykkösmaksimin määrittämiseen on käytetty useita erilaisia menetelmiä. Yleisesti on käytetty menetelmää, jossa nosto suoritetaan 7–10 kertaa. Ykkösmaksimin laskemiseen on useita kaavoja, joista osa arvioi ykkösmaksimia yleisellä tasolla ja osa tietyssä harjoituksessa. Yleisellä tasolla arvioivat kaavat perustuvat kuitenkin yleensä penkkipunnerrukseen, koska se on yksi yleisimmistä liikkeistä. (3, s. 4.)



## 2.2 Maksimivoimamittari

Maksimivoimamittarin järjestelmä koostuu rannekkeesta ja mittausohjelmistosta. Rannekkeen sisältämä kiihtyvyyssanturi lähettää tarvittavan datan mittakortin kautta LabView-ohjelmaan. LabView-ohjelmassa data käsitellään ja muutetaan analogisesta digitaaliseen muotoon. LabView-ohjelmaan asetetaan aluksi käyttäjän tiedot: nimi, sukupuoli, ikä, paino, pituus ja kuntoharrastus vuosina. Tämän jälkeen ohjelma kysyy nostossa käytettävää painon määrää ja arvioitua maksiminoston määrää. Jos käyttäjä on uusi ja kirjautuu ensimmäistä kertaa ohjelmaan, tällöin järjestelmä kalibroidaan kyseiselle henkilölle. Kalibrointi on tärkeä suorittaa ensimmäistä kertaa ohjelmaa käyttävälle henkilölle, jotta mittauksissa tulee huomioitua käyttäjän fyysiset mitat ja aikaisempi kuntoilutausta sekä nostotyylit, joiden mukaan käyttäjälle luodaan yksilöllinen kalibrointikerroin. (4, s. 9.)

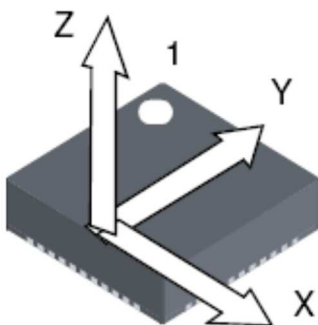
Muistissa olevien tietojen pohjalta laite arvioi käyttäjän suorituksen maksimiarvon. Tämä on esitetty kuvassa 1. Laskennassa ensimmäinen nosto sijoitetaan kohtaan  $(P_1, A_1)$ , jossa  $P_1$  on nostossa käytetty paino ja  $A_1$  ensimmäisen noston maksimikiihtyvyys. Toinen nosto sijoitetaan koordinaatiston kohtaan  $(P_2, A_2)$ , jossa  $P_2$  on toisen noston paino ja  $A_2$  toisen noston maksimikiihtyvyys. Prosessori määrittää näiden pisteiden kautta kulkevan suoran ja tutkii, missä kohdassa tämä suora saavuttaa pystyakselilla arvon nolla. Tätä pistettä vastaa lukema  $P_{\max}$ , joka on myös arvioitu maksimaalinen tulos kyseisessä nostoliikkeessä. Tulos näkyy laitteen näytöllä. (5, s. 3.)



KUVA 1. Maksiminoston laskeminen (5, s. 8)

### 2.3 Kiihtyvyyssanturi

Rannelaitteessa käytetyssä kiihtyvyyssanturissa LISL02AQ3 on 3-akselinen anturi (kuva 2) ja mikropiiriin integroitu käyttöliittymä, joka voi esittää ulospäin analogisen signaalin anturilta. Käyttäjä voi valita mittausalueen joko 2 tai 6 g:hen saakka. Kokonaiskiihtyvyyden mittauksen tarkkuus on  $\pm 10\%$ . LISL02AQ3 sopii moniin muihinkin sovelluksiin, kuten matkapuhelimiin, peli- ja muihin virtuaalimaailman ohjaimiin, varashälyttimiin, inertianavigointiin ja muihin laitteisiin sekä robotteihin. (6, s. 1.)



KUVA 2. Kiihtyvyyssanturin akselien suunnat (6, s. 2)

Anturi koostuu riippuvasta silikonirakenteesta, joka on kiinnitetty alustaan muutamasta pisteestä. Näin se pystyy vapaasti liikkumaan havaitun kiihtyvyyden suunnassa. Kun anturi havaitsee kiihtyvyyttä, se aiheuttaa epätasapainon kapasitiiviseen puolisoltaan. Tämä epätasapaino mitataan käyttäen apuna

varausten tasoittumista vastauksena kondensaattoriin kohdistettuun jännitepulssiin. (6, s. 5.)

Anturin tarkkuus ja 0G-taso on tehdaskalibroitu. Kalibroinnissa on käytetty käyttöjännitettä  $V_{dd} = 3,3 \text{ V}$  lämpötilassa  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Asetukset on talletettu laitteeseen ja ne latautuvat joka kerta, kun laitteeseen kytketään virta. (6, s. 3, 6.)

## 2.4 Aiemmat tutkimukset

Manne Hannulan, Jari-Pekka Ronnun ja Jukka Jauhiaisen tutkimuksen "Prediction of One Repetition Maximum in Weight Lifting with Multilinear Regression Model" (7) tarkoituksena oli määrittää ykkösmaksimi suorituksesta käyttämällä usean muuttujan lineaarista regressioanalyysia. Kokeessa 24 henkilöä suoritti penkkipunnerruksen painolla, joka oli suurin mahdollinen, jonka he arvioivat jaksavansa nostaa. Nostossa syntynyt kiihtyvyys tallennettiin kiihtyvyyssanturilla. Tulokset osoittivat, että kiihtyvyyssanturilla voidaan ennustaa ykkösmaksimia, mutta tarkkuus kaipaavaa vielä kehittämistä. (7, s. 1–2.)

Jukka Salmen, Jari-Pekka Ronnun, Manne Hannulan, Sami Leskisen ja Vesa Linnamon tutkimuksessa "1-RM Bench Press Performance Estimated with Accelerometer Method" (8) tutkittiin, voiko penkkipunnerruksen ykkösmaksimin ennustaa luotettavasti uudella kiihtyvyyssanturiin perustuvalla metodilla. Koehenkilöinä oli 22 miestä. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että on mahdollista arvioida penkkipunnerrussuoritusta tekemällä vain yksi submaksimaalinen nosto käyttäen uutta kiihtyvyyssanturiin perustuvaa menetelmää. Arviotarkkuus on kilpailukykyinen muiden vastaavien arviointimenetelmien kanssa. (8.)

"Prediction of One Repetition Maximum in Dumbbell Concentration Curl and Shoulder Press" -tutkimuksessa (9) M. Hannula, A. Hirvikoski, M. Isorinne ja J. Jauhiainen tutkivat, voiko ykkösmaksimin ennustaa kiihtyvyyden avulla. Tutkimukseen osallistui 30 miestä, jotka suorittivat hauiskäännön ja pystypunnerruksen, jotka mitattiin kyseessä olevalla laitteistolla. Tuloksista

huomattiin, että ykkösmaksimin arvio oli tarkempi hauiskäännölle kuin pystypunnerrukselle. Ilmeisin syy tähän oli se, että hauiskäännössä suoritusta oli helpompi säädellä ja että pystypunnerruksessa lähellä ykkösmaksimia suoritetuissa nostoissa koehenkilöt usein käyttivät tahtomattaan kehoa apuna nostossa. Tulokset osoittivat, että ykkösmaksimin ja kiihtyvyyden välillä on selvä korrelaatio, mutta kerätyssä datassa oli paljon vaihtelevuutta ja olemassa olevan korrelaatioilmiön käyttö sellaisenaan ei anna tarkkoja tuloksia ykkösmaksimille. (9, s.1–4.)

Jaana Lammelan opinnäytetyön ”Algoritmi penkkipunnerruksen maksimituloksen arvioimiseksi” (10) tavoitteena oli kehittää laskennassa käytettävää laskenta-algoritmia niin, että sen antama tulos olisi mahdollisimman luotettava. (10.)

Katja Kainulainen on tehnyt opinnäytetyön ”Kiihtyvyyssanturien kalibrointi” (11), jossa tarkoituksena oli laskea kalibrointikertoimet maksimivoimamittarissa käytettävälle kiihtyvyyssanturille. Tuloksena saatiin uudet, toimivat kalibrointikertoimet. Testauksen perusteella voitiin todeta, että jokaiselle anturille erikseen lasketut kertoimet toimivat luotettavammin kuin keskiarvokertoimet ja niiden käyttö on suositeltavampaa. (11.)

Lisäksi maksimivoimamittariin liittyen on tehty kolme projektityötä. MAVO-projekti tehtiin vuosien 2006 ja 2007 vaihteessa liittyen maksimivoiman mittaamiseen käytettävän laitteen käyttöliittymän suunnitteluun ja toteutukseen LabView-ohjelmalla. MAVO 2 -projekti toteutettiin keväällä 2007, jolloin tehtävänä oli tutkia mittauksista kerätyn aineiston perusteella, kuinka hyvin menetelmän algoritmi ennustaa maksimitulosta kahdessa eri lihaskuntoliikkeessä. MAVO 3 -projekti keskittyi selvittämään maksimivoimamittarin mahdollisia käytettävyysongelmia.

## 3 VOIMAHARJOITTELU

### 3.1 Voimaominaisuudet

Voimaominaisuuksia on pääasiassa kolmenlaisia: *maksimivoimaa*, *kestovoimaa* ja *nopeusvoimaa*. Se, mitä voimaominaisuutta harjoitus kehittää, riippuu toistomäärästä, lisäkuorman määrästä, palautusaikojen pituudesta ja liikenopeudesta. Se, mitä kenenkin tulee harjoitella, on kiinni tavoitteista sekä omasta pääalajista. Kaikkea ei voida treenata yhtä aikaa ainakaan voitokkain tuloksin. Esimerkiksi 100 m:n pikajuoksijoiden on turha harjoittaa lihaskestävyyttä, sillä pääosin he tarvitsevat pikavoimaa ja perusvoimaa. Mäkihyppääjien treeniohjelma puolestaan sisältää pääosin räjähtävävoima- ja maksimivoimaharjoituksia. Punttisalilla esimerkiksi kyykky-, penkki- ja maastanostotuloksia parantamaan pyrkivät tekevät pääosin maksimivoima- ja perusvoimaharjoituksia. (12.)

Maksimivoima on voimataso, joka saavutetaan yhdellä tahdonalaisella lihassupistuksella. Yksi suoritus kestää noin 2–4 sekuntia. Maksimivoima kehittyy lihasten kasvun, sekä hermotuksen kautta. Maksimivoima jaotellaan kahteen alatyyppeihin; *perusvoima* ja *maksimivoima*. (12.)

*Perusvoima* lisää voimaa lihasmassan kasvun kautta. Jokainen perusvoima- eli lihasmassaharjoitus saa aikaan mikrovaurioita lihassoluihin, joita elimistö sitten korjaa seuraavan 2–3 vrk:n aikana hieman alkuperäistä isommiksi (hypertrofia). Lihassolujen kasvu tapahtuu aina vain leveys- ja korkeussuunnissa eli lihassolut eivät pitene, mutta paksunevat. Perusvoimaharjoittelu lisää myös lihaksen välittömiä energianlähteitä (kreatiinifosfaatti) sekä parantaa nopean voimantuoton ja anaerobisen suorituskyvyn edellytyksiä. Lihasmassan kasvatuksessa toimivat parhaiten 6-8 tai 12-15 toiston sarjat. (12.)

*Maksimivoima* lisää voimaa hermotuksen paranemisen kautta. Lihassoluja käskyttävät motoriset yksiköt pystyvät maksimivoimaharjoitusten avulla

käskyttämään yhä useampia lihassoluja. Aloittelijoilla hermotuksen paraneminen on huomattavan nopeaa ensimmäisten 8-12 viikon aikana. Lihasmassa ei sanottavasti kasva tällaisilla harjoitteilla. Hermotuksen parantamisessa toimii parhaiten 1-6 toiston sarjat. (12.)

*Kestovoimalla* tarkoitetaan elimistön kykyä ylläpitää kussakin urheilulajissa tarvittavia lajinomaisia voimatasoja mahdollisimman kauan. Kestovoimasuoritukseen vaikuttavat lihasten energiantuotannolliset ominaisuudet eli aerobinen ja anaerobinen kyky tuottaa energiaa. Kestovoima jaotellaan kahteen alatyypin: *lihaskestävyyteen*, jolla parannetaan yleistä harjoituskestävyyttä ja lihaksiston paikallista aerobista energianmuodostustehoa, ja *voimakestävyyteen*, jolla parannetaan lihasvoimaa (perusvoima), lihaksen välittömiä energiavarastoja, paikallista maitohaponsietokykyä (anaerobinen kapasiteetti) sekä hitaiden ja nopeiden lihassolujen työtehoa eli taloudellisuutta tehosuorituksissa. (12.)

*Nopeusvoimalla* tarkoitetaan kykyä tuottaa mahdollisimman lyhyessä ajassa mahdollisimman suuri submaksimaalinen voimataso. Nopeusvoima paranee pitkäjänteisellä harjoittelulla, sillä nopeus on monimutkainen fyysinen suoritustekijä, jossa koordinaatiokyvyllä ja kunnolla on keskeinen merkitys. Nopeusvoima jaotellaan kahteen alatyypin: *pikavoimaharjoitteluun*, jolla parannetaan mm. nopeiden lihassolujen hermotusta syklisissä (toistuvat suoritukset) lajeissa sekä lihaksen elastisia ominaisuuksia, ja *räjähtävään voimaan*, joka on osittain sama asia kuin pikavoima, mutta räjähtävää voimaa harjoitettaessa pyritään tekemään jokainen toisto niin maksimaalisen nopeasti kuin vain suinkin mahdollista. (12.) Taulukossa 1 on tiivistetty nämä voiman pääosa-alueen alatyypin harjoittelusuositukset.

TAULUKKO 1. Esimerkkejä kunkin voiman pääosa-alueen alatyypin harjoittelusta (12)

| Tyyppi             | Toistoja | Palautus | Sarjoja | Liikkeitä* | Vastus   |
|--------------------|----------|----------|---------|------------|----------|
| 1.1 Perusvoima     | 4-12     | 2-3min   | 2-5     | 2-3        | 50-85%   |
| 1.2 Maksimivoima   | 1-3      | 2-4min   | 4-6     | 3          | 90-100%  |
| 2.1 Lihaskestävyys | 20-30    | 30s      | 3-5     | 5-8        | oma keho |
| 2.2 Voimakestävyys | 10-20    | 20-45s   | 3       | 8-10       | 20-50%   |
| 3.1 Pikavoima      | 6-10     | 2-3min   | 3-6     | 3-5        | 30-80%   |
| 3.2 Räjähävävoima  | 1-5      | 2-4min   | 3-5     | 3-5        | 40-90%   |

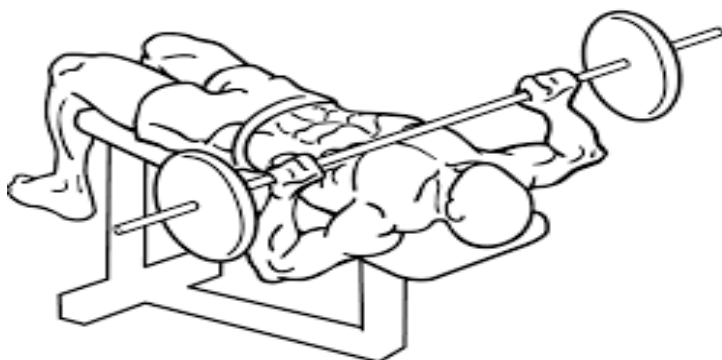
### 3.2 Penkkipunnerrus

Penkkipunnerrus on yksi voimanoston kolmesta liikkeestä. Kuvassa 3 on oikeaoppinen penkkipunnerruksen alkuasento. Punnerrus suoritetaan erityisellä penkillä selällään maaten siten, että jalkaterät ovat maassa ja rintakehä kaarella siten, että hartiat ja pakarat ovat penkkiä vasten.



KUVA 3. Penkkipunnerruksen alkuasento (13)

Punnerrettaessa levytanko, johon painot on kiinnitetty, tuodaan vaakasuorassa rintakehälle ja nostetaan kädet ylös suoristaen (kuva 4). Toisto tulisi tehdä rauhallisesti, eikä esimerkiksi kilpailuissa hyväksytä pompauttamalla tehtyjä suorituksia.



*KUVA 4. Levytanko rintakehälle tuotuna (13)*

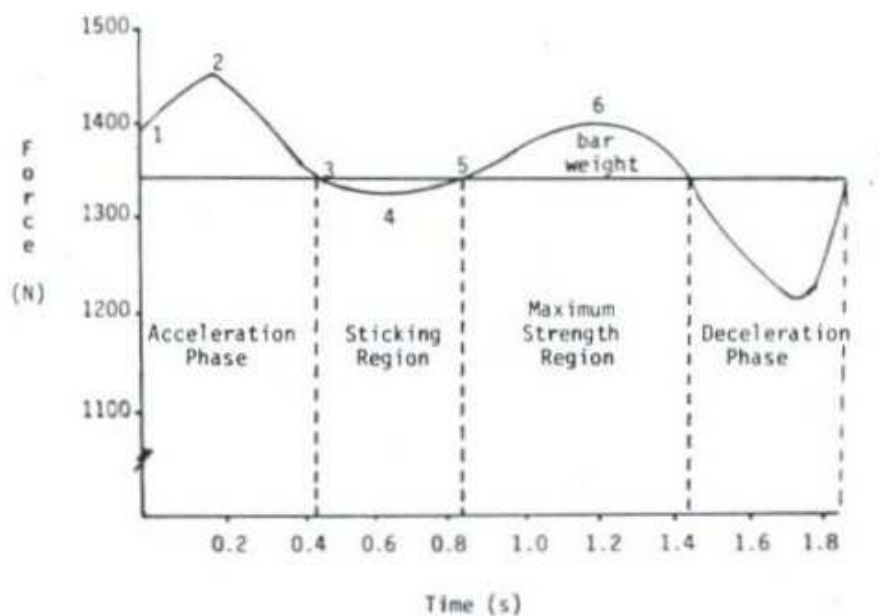
Yleisen määritelmän mukaan lihaksiltaan hyväkuntoinen mies pystyy nostamaan kerran ainakin oman painonsa penkkipunnerruksessa. Aktiivinen harrastaja voi yleensä nostaa noin 1,2–2,0 kertaa oman painonsa ja alan huiput nostavat jopa yli 2,7 kertaa oman painonsa. Penkkipunnerrus kohdistuu eniten rintalihaksiin. Toissijaisia nostoon vaikuttavia lihaksia ovat muun muassa tangon lähtövaiheessa iso rintalihas sekä hartialihaksen etuosa koko suorituksen ajan. Ojentajia tarvitaan lähinnä suorituksen loppuvaiheessa. Penkkipunnerruksessa oteleveydellä on tärkeä merkitys. Kapealla otteella liike vaikuttaa enemmän ojentajiin kuin leveä ote. Liike tehostuu, kun kädet pidetään lähellä kylkiä. Leveällä otteella taas liike vaikuttaa enemmän rintalihaksiin ja hartioihin. (13.)

### **3.3 Penkkipunnerruksen vaiheet**

Maksimaalisen onnistuneen penkkipunnerruksen nostovaihe voidaan jakaa neljään osaan kiihdytysvaihe, ”jumiutumisvaihe”, maksimaalisen voimantuoton alue sekä hidastumisvaihe (kuva 5). Kiihdytysvaiheessa (1) tanko lähtee rinnan päältä ja saavuttaa kiihtyvyyden huippunsa (2) noin  $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$  tämän vaiheen alusta. Jumiutumisvaiheen alku (3) on ensimmäinen vaihe, jossa tankoon tuotetaan

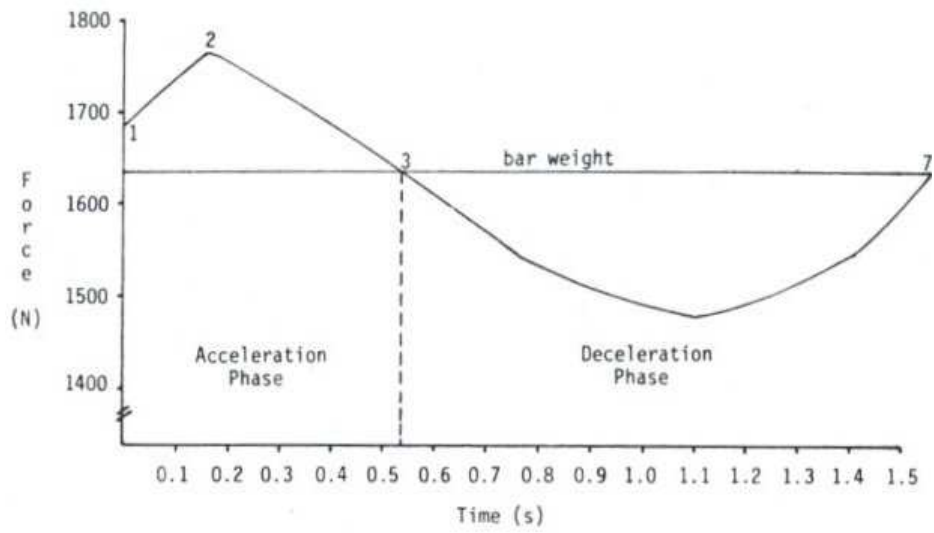


vähemmän voimaa kuin se painaa. Jumiutumisvaihe alkaa, kun saavutetaan suorituksen huippunopeus. Puolivälissä jumiutumisvaihetta (4) saavutetaan kiihtyvyyden minimivaihe ja vaiheen lopussa (5) tangon nopeus on minimissään. Maksimaalisen voimantuoton alueella tankoon tuotetaan enemmän voimaa kuin se painaa. Näin tanko saavuttaa tämän alueen kiihtyvyydspisteensä (6). Hidastumisvaiheessa tankoon tuotettu voima laskee selvästi, mutta lopussa kiihtyvyys taas hieman nousee ja tankoon tuotetaan vähitellen jälleen sen painon verran voimaa, kun kädet ojennetaan täysin (7). (14, s.10-12.)



KUVA 5. Voima-aikakäyrä maksimaalisessa onnistuneessa nostossa (14, s.10-12.)

Submaksimaalisessa nostossa esiintyvät vain kiihdytys- ja hidastumisvaiheet, jotka nähdään kuvasta 6. Jumiutumis- ja maksimaalisen voimantuoton vaiheet jäävät siis kokonaan suorituksesta pois. (14, s.10-12.)



KUVA 6. Voima-aikakäyrä submaksimaalisessa nostossa (14, s.10-12.)

## 4 MITTAUKSET

### 4.1 Koehenkilöt

Testattavina oli 20 koehenkilöä, joiden iät vaihtelivat 24 ja 30 vuoden välillä. Koehenkilöistä puolet harjoitteli penkkipunnerrusta aktiivisesti kuukauden ajan sovitun harjoitusohjelman mukaan ja puolet ei. Kummassakin ryhmässä puolet oli naisia ja puolet miehiä. Taulukoissa 2 ja 3 on esitelty koehenkilöiden tiedot sekä jokaisen todelliset maksimivoimatulokset ja maksimikiihtyvyydet harjoitusjakson alussa ja lopussa. Varsinaista rekrytointitapahtumaa ei tarvinnut järjestää, koska sain laajasta tuttavapiiristäni hyvän koehenkilöjoukon kokoon. Oli suuri etu, että koehenkilöt olivat entuudesta tuttuja, koska pystyin luottamaan siihen, että he olivat oikeasti sitoutuneita harjoittelemaan ja olemaan mukana tutkimuksessa kuukauden ajan. Lisäksi oli hyvä, että tiesin jo valmiiksi heidän taustoistaan. Koehenkilöistä osa oli kuntosaliharrastajia ja osa ei, mutta kaikille kuitenkin penkkipunnerrusliike oli entuudestaan tuttu.

*TAULUKKO 2. Harjoittelevien koehenkilöiden tiedot*

| Harjoittelevat koehenkilöt | Sukupuoli | Alussa                  |                   | Lopussa                 |                   |
|----------------------------|-----------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
|                            |           | Todellinen maksimivoima | Maksimikiihtyvyys | Todellinen maksimivoima | Maksimikiihtyvyys |
| 1                          | N         | 47,5                    | 11,90             | 52,50                   | 12,6              |
| 2                          | M         | 127,5                   | 12,10             | 132,50                  | 12,3              |
| 3                          | N         | 40                      | 11,00             | 42,50                   | 11,7              |
| 4                          | M         | 102,5                   | 11,90             | 102,50                  | 12,4              |
| 5                          | M         | 130                     | 11,70             | 130,00                  | 12,1              |
| 6                          | M         | 127,5                   | 10,50             | 125,00                  | 10,3              |
| 7                          | M         | 127,5                   | 10,20             | 125,00                  | 10,3              |
| 8                          | N         | 32,5                    | 10,50             | 32,50                   | 10,1              |
| 9                          | N         | 29                      | 10,10             | 35,40                   | 11,8              |
| 10                         | N         | 25                      | 11,30             | 26,00                   | 11,8              |

TAULUKKO 3. Ei-harjoittelevien koehenkilöiden tiedot

| Ei-harjoittelevat koehenkilöt | Sukupuoli | Alussa                  |                    | Lopussa                 |                    |
|-------------------------------|-----------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
|                               |           | Todellinen maksimivoima | Maksimi-kiihtyvyys | Todellinen maksimivoima | Maksimi-kiihtyvyys |
| 11                            | N         | 30                      | 10,5               | 32                      | 11,7               |
| 12                            | N         | 24                      | 10                 | 24                      |                    |
| 13                            | N         | 27,5                    | 9,3                | 23                      |                    |
| 14                            | N         | 24                      | 10                 | 25,25                   | 11                 |
| 15                            | N         | 24                      | 11,2               | 24                      | 10,6               |
| 16                            | M         | 55                      | 10,1               | 55                      |                    |
| 17                            | M         | 67                      | 11,9               | 70                      | 12,4               |
| 18                            | M         | 70                      | 11,4               | 70                      | 12,4               |
| 19                            | M         | 60                      | 11,2               | 60                      | 10,7               |
| 20                            | M         | 75                      | 11,7               | 77                      | 10,9               |

Ennen seurantajakson alkamista kaikille koehenkilöille laadittiin omat henkilökohtaiset harjoitusohjelmat. Vaikka koehenkilöiden lähtökohdat olivatkin hyvin erilaiset, se ei ollut ongelma, koska harjoitusohjelmaa laatiessani otin huomioon jokaisen senhetkisen lihaskunnon. Harjoitusohjelma tähtäsi pelkästään maksimivoiman kasvuun penkkipunnerruksen tuloksessa, joten ohjelma muodostui pelkästään penkkipunnerrusliikkeestä, jossa tehtiin lyhyitä sarjoja ja toistoja suurilla painoilla kaksi kertaa viikossa. Harjoitusohjelmassa käytetyt painot suhteutettiin jokaisen koehenkilön senhetkiseen maksimitulokseen, niin että painot olivat 70–80 % maksimista.

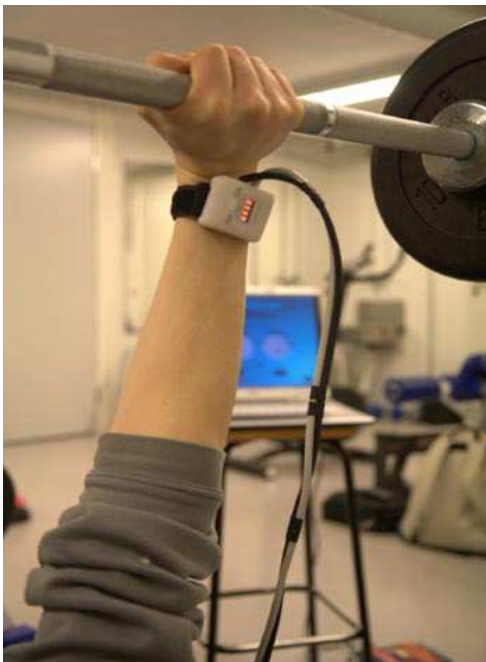
#### 4.2 Mittausasetelma

Tutkimuksen suorittamisen pääpaino oli seurantajakson aikana. Ennen seurantajakson alkua kaikilta koehenkilöiltä testattiin perinteisesti painoja nostamalla penkkipunnerruksen maksimitulos ja kalibroitiin maksimivoimamittari yksilöllisesti.

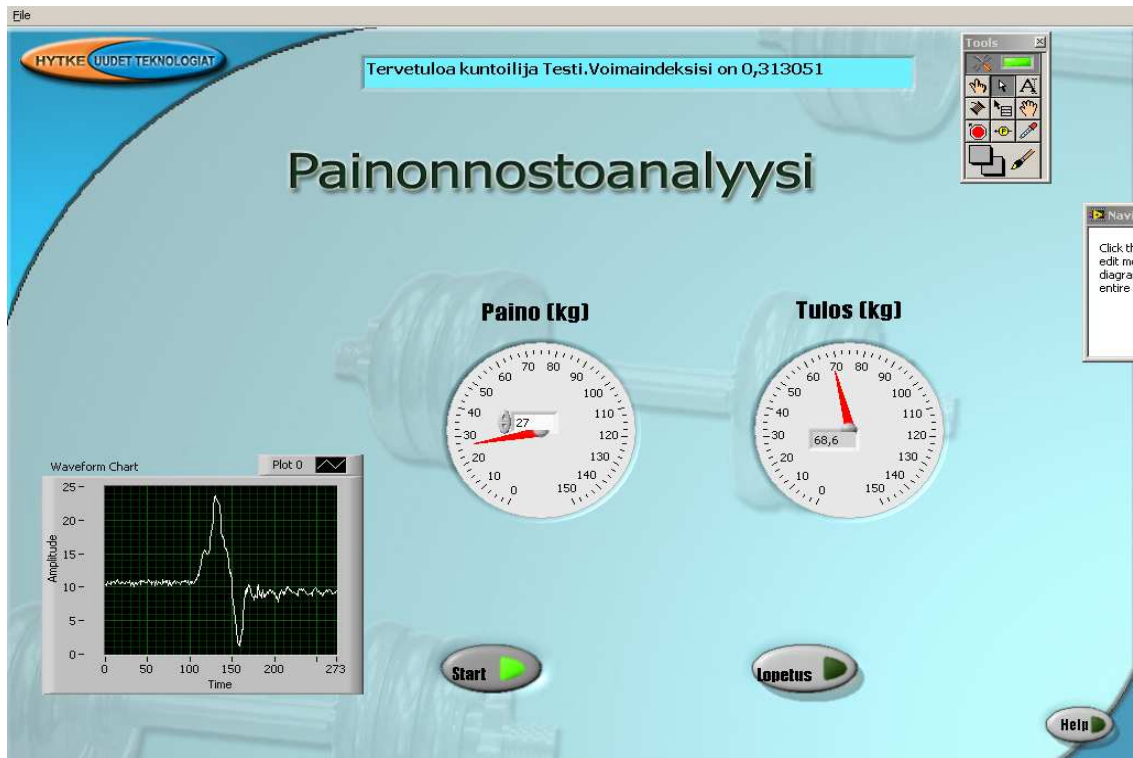
Alussa jokaiselle koehenkilölle arvioitiin oma submaksimaalinen paino niin, että nosto suoritettiin mahdollisimman nopeasti ja puhtaasti. Painon täytyi kuitenkin

olla vähintään puolet todellisesta maksimista. Paino selvitettiin jokaiselle kokeilemalla. Painon täytyi olla tarpeeksi painava, ettei lihaksia reväytetty, mutta samalla myös tarpeeksi kevyt, jotta koehenkilö jaksoi nostaa painon nopeasti. Kaikkien koehenkilöiden submaksimaalinen paino sijoittui välille 70–80 % todellisesta maksimista. Seurantamittaukset tehtiin joka viikko samalla submaksimaalisella painolla.

Mittausta suorittaessaan koehenkilö meni selälleen penkkipunnerrusasentoon maksimivoimamittari ranteessaan ja punnersi aina merkkiään kuultuaan. Kuvassa 7 näkyy testaustilanne mittauksesta. Jokaisella mittauskerralla koehenkilöt toistivat penkkipunnerrusliikkeen 4–6 kertaa, jotta saatiin tulosten luotettavuuden kannalta varmasti kolme onnistunutta otosta. Jokainen mittaus tilanne pyrittiin suorittamaan aina samalla tekniikalla ja samoissa olosuhteissa. Seurantajakson aikana koehenkilöiden lihasvoiman kehitystä seurattiin maksimivoimamittarin avulla viikon välein. Kuvassa 8 on kuva ohjelmistosta mittauksen suorituksen aikana. Vasemmassa alalaidassa oleva kiihtyvyyssignaali kertoo, onko tulos hyväksytty vai ei.



*KUVA 7. Maksimivoimamittarin rannelaitteen prototyyppi*



KUVA 8. Ohjelmisto mittaustilanteessa

Seurantajakson päätyttyä koehenkilöiden maksimitulos testattiin sekä maksimivoimamittarilla että perinteisesti painoilla. Ei-harjoittelevan ryhmän koehenkilöiden mittaustaikana toimi koulun kuntosali ja harjoittelevan ryhmän koehenkilöiden mittaukset suoritettiin jokaisen omilla vakiokuntosaleilla ympäri Oulua.

### 4.3 Mittauslaitteisto ja aineisto

Tutkimuksessa käytettäviä laitteita olivat kannettava tietokone ja siihen kytketty maksimivoimamittari (kuva 9). Lisäksi tietokoneelle tarvittiin MST-ohjelma. Seurantajakson aikana jokaisen koehenkilön mitatut maksimitulokset tallentuivat aina automaattisesti Microsoft Access -tietokantaohjelmaan. Ohjelmisto sisälsi laskenta-algoritmin, joka laski mittarannekkeen lähettämien tietojen perusteella koehenkilön maksiminostomäärän. Ohjelmisto myös piirsi käyrän jokaisesta mittauksesta, jotta jo mittaustilanteessa oli helppo nähdä, oliko mittaus onnistunut halutulla tavalla. Lisäksi pidin erillistä päiväkirjaa viikoittaisista

maksimivoimamittauksista. Tulosten analysoinnissa käytettiin tietokantaan tallentuneita maksimivoimatuloksia ja taulukko-ohjelmaa.



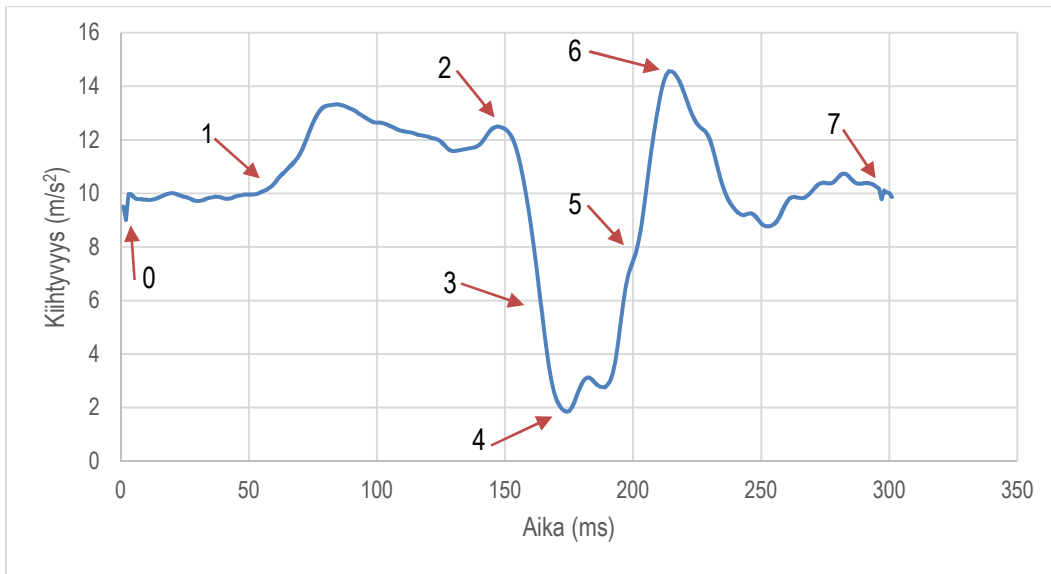
*KUVA 9. Maksimivoimamittaus ohjelmistolla*

Jokaisen koehenkilön henkilökohtaiset harjoitusohjelmat dokumentoitiin, jotta niissä olevat vaihtelut voitiin huomioida tulosten analysoinnissa.

## 5 TULOKSET

Tulosten analysointi perustui koehenkilöiden viikoittaisista seurantakerroista tallentuneisiin kiihtyvyyssignaaleihin. Penkkipunnerruksen kiihtyvyyssignaalista nähdään liikkeen kaikki eri vaiheet (kuva 10). Mittari on kalibroitu siten, että levytangon paikallaan ollessa (0) mittari näyttää putoamiskiihtyvyyden mukaista arvoa  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Kiihdytysvaiheessa (1) tanko lähtee rinnan päältä ja saavuttaa kiihtyvyyden huippunsa (2), joka on juuri se kohta, josta saadaan suorituksen maksimikiihtyvyyssarvo. Kyseinen arvo on silmämääräisesti katsottu jokaisesta signaalista erikseen ja pyritty valitsemaan juuri se korkein kohta jokaisesta onnistuneesta suorituksesta. Epäonnistuneita suorituksia ei ole huomioitu tuloksissa, missä signaalit poikkesivat paljon hyväksytystä suorituksesta. Vaiheen (3) alku on ensimmäinen vaihe, jossa tankoon tuotetaan vähemmän voimaa kuin se painaa. Jumiutumisasihe alkaa, kun saavutetaan suorituksen huippunopeus. Puolivälissä jumiutumisasihetta (4) saavutetaan kiihtyvyyden minimivaihe, jolloin kiihtyvyys käy lähellä nollaa ja vaiheen lopussa (5) tangon nopeus on minimissään. Maksimaalisen voimantuoton alueella tankoon tuotetaan enemmän voimaa kuin se painaa. Näin tanko saavuttaa tämän alueen kiihtyvyyssasteensa (6). Hidastumisvaiheessa tankoon tuotettu voima laskee selvästi, mutta lopussa kiihtyvyys taas hieman nousee ja tankoon tuotetaan vähitellen jälleen sen painon verran voimaa, kun kädet ojennetaan täysin (7).





KUVA 10. Hyväksytty suoritus

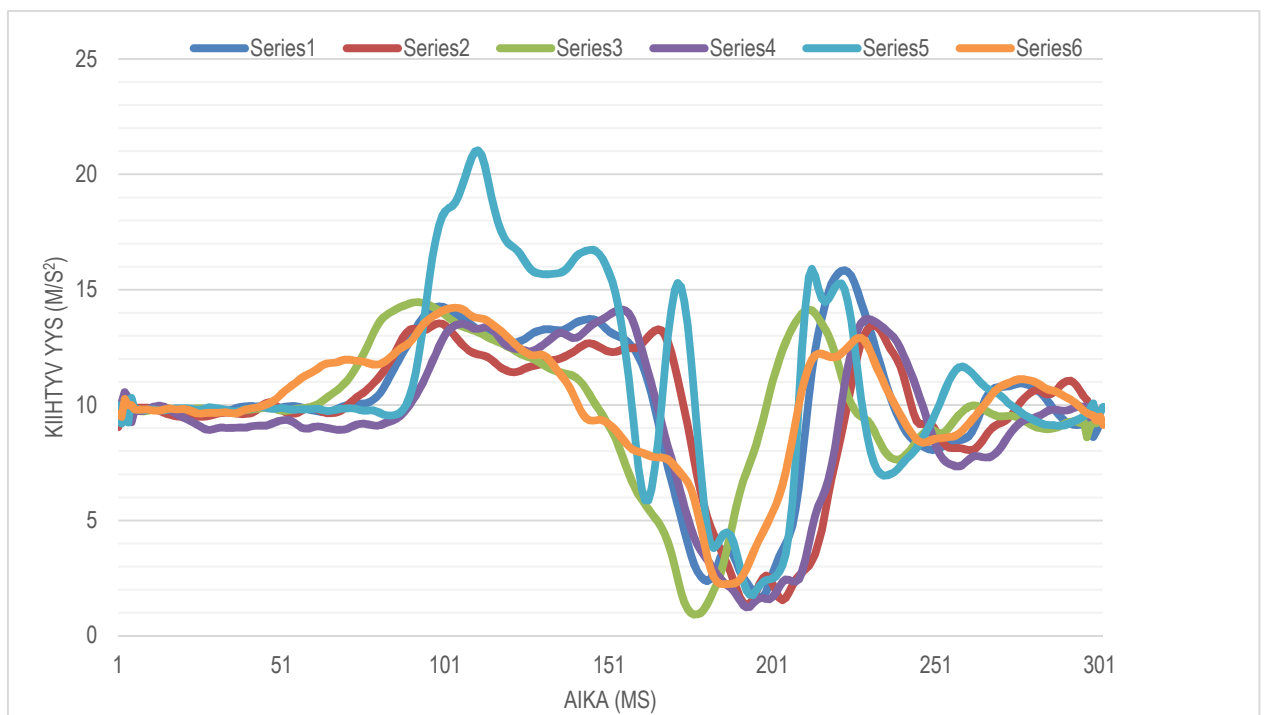
Kaikki tulokset ovat koottu taulukoihin 2–3 ja kuviin 13–18.

Kuvassa 11 on koehenkilö 1:n viisi peräkkäistä mittausta, joista on valittu kolme puhtainta signaalia. Tässä tapauksessa ne olivat Series1, Series2 ja Series3. Tuloksista on jätetty huomioimatta Series4 ja Series5. Tässä mittauksessa kuitenkin kaikki viisi signaalia olisivat olleet hyväksytyjä, koska yksikään signaali ei poikennut liikaa hyväksytystä suorituksesta.



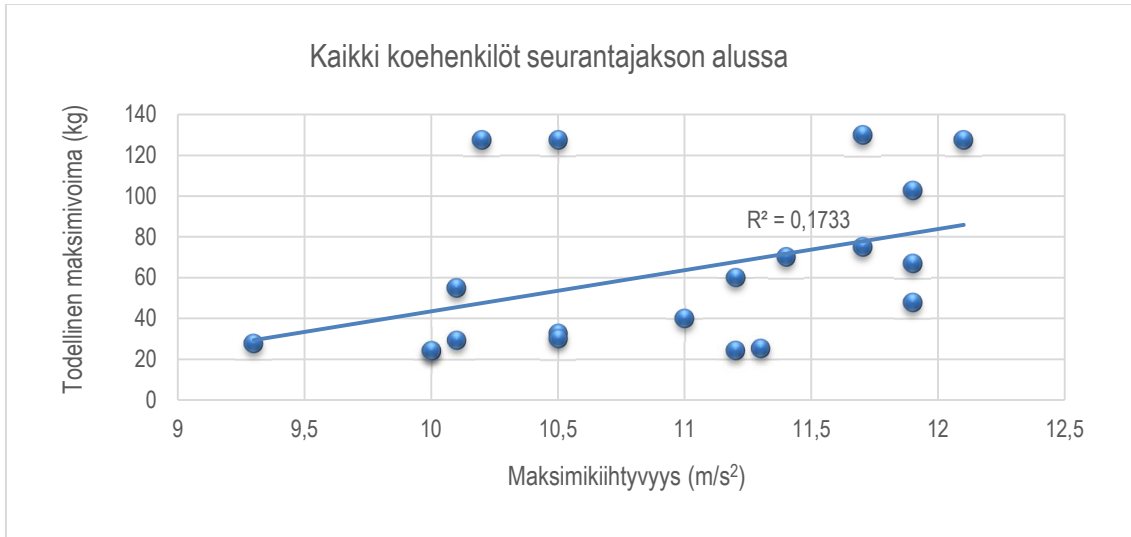
KUVA 11. Esimerkkikuvaaja koehenkilön penkkipunnerrusliikkeen kiihtyvyyssignaaleista

Kuvassa 12 on koehenkilö 4:n kuusi peräkkäistä mittausta, joista on valittu kolme puhtainta signaalia. Tässä tapauksessa ne olivat Series1, Series2 ja Series4. Tuloksista on jätetty huomioimatta Series3 ja Series6, koska suoritukset ovat selvästi epäonnistuneita eikä signaaleissa ole selkeää maksimikiihtyvyyden huippuarvoa. Series5 oli myös epäonnistunut suoritus, koska signaali oli niin selkeästi muista poikkeava, etteivät noin suuret kiihtyvyydsarvot olleet uskottavia verrattuna muihin signaaleihin.

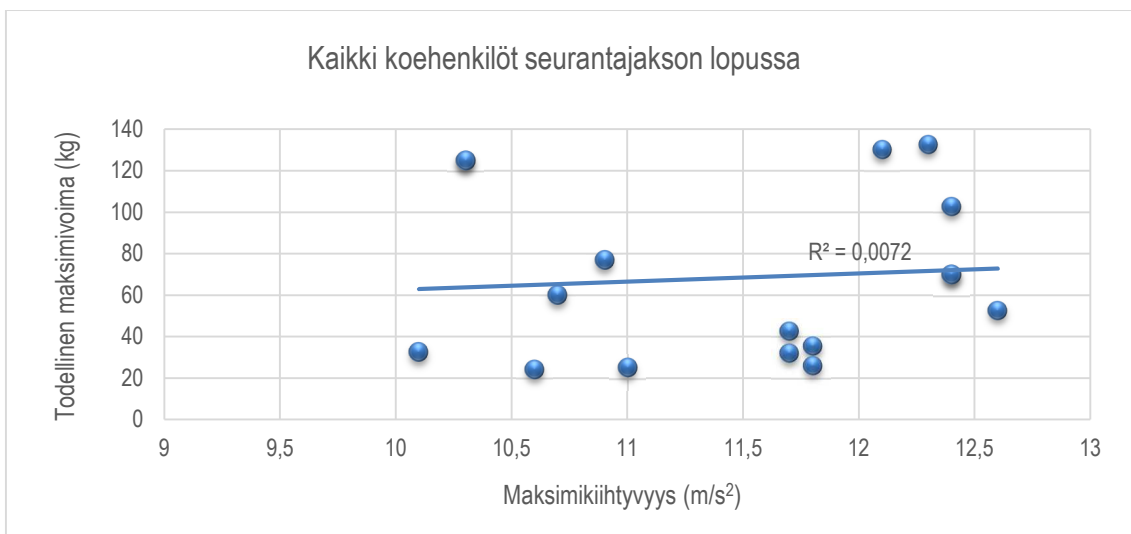


KUVA 12. Toinen esimerkkikuvaaja koehenkilön penkkipunnerrusliikkeen kiihtyvyyssignaaleista

Todellisen maksimivoiman ja maksimikihtyvyyden korrelaatio koko koehenkilöjoukkoa tutkittaessa on huono, sillä se on lähes nolla (kuvat 13–14).

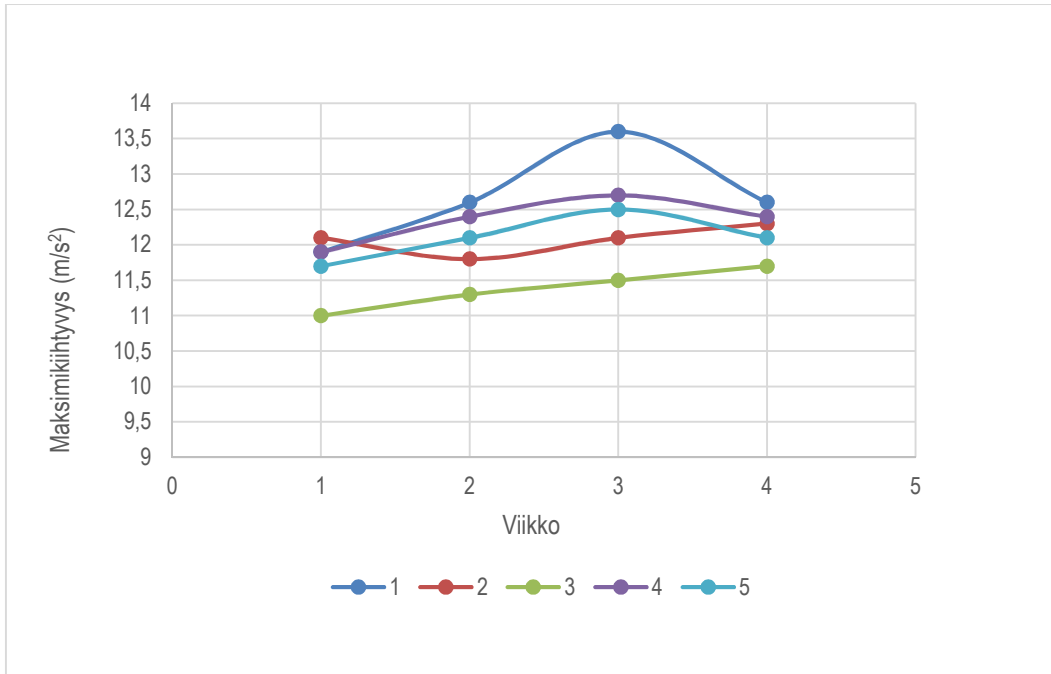


**KUVA 13.** Korrelaatio seurantajakson alussa, jolloin korrelatiokerroin on 0,1733

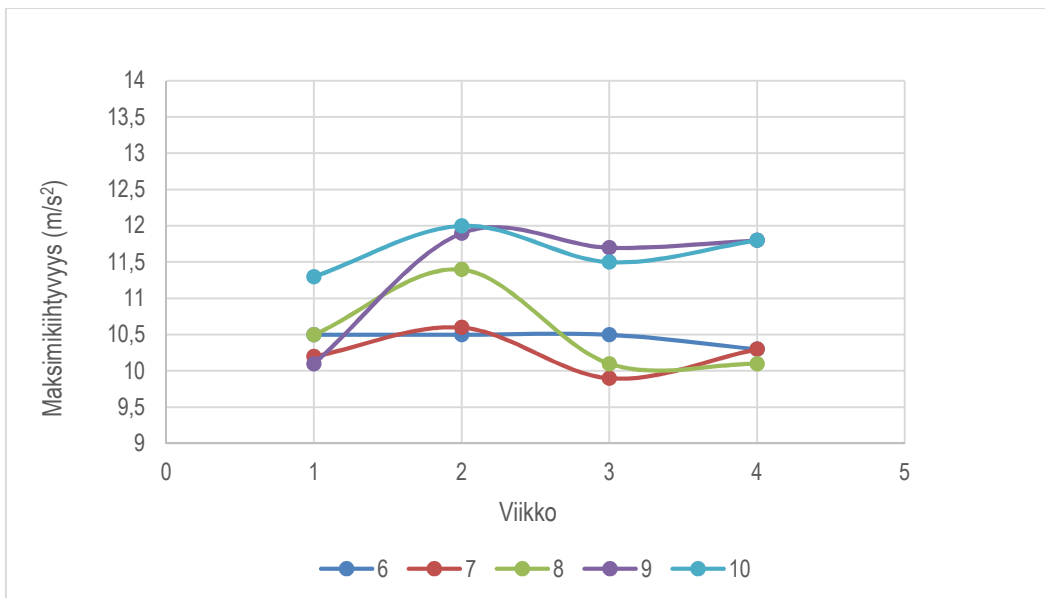


**KUVA 14.** Korrelaatio seurantajakson lopussa, jolloin korrelatiokerroin on 0,0072

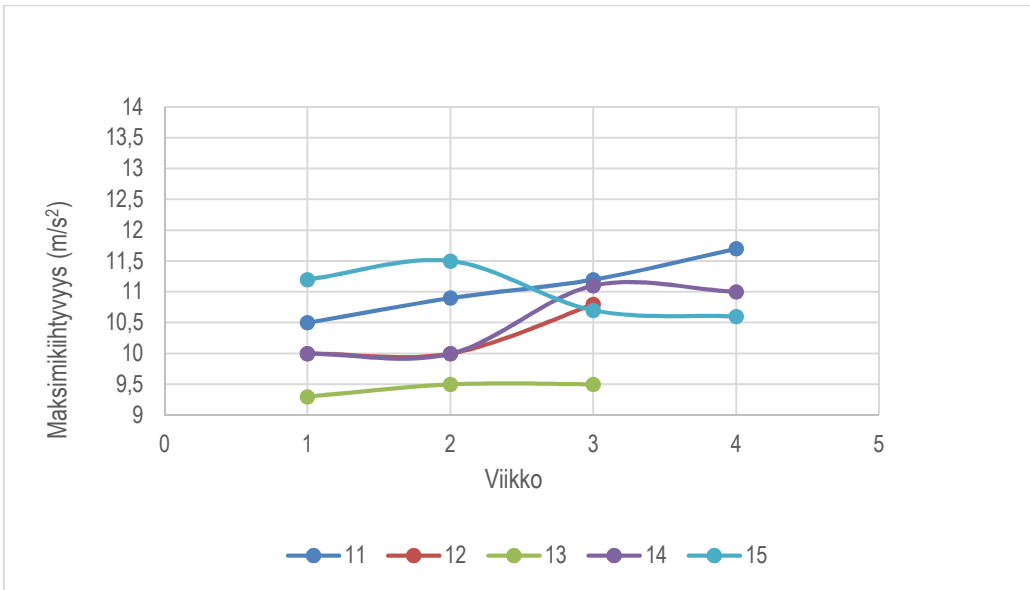
Kun seurataan koehenkilöiden maksimivoimaa ajan funktiona nähdään, että maksimikiihtyvyyden arvo kasvaa neljän viikon seurantajakson aikana (kuva 15–18).



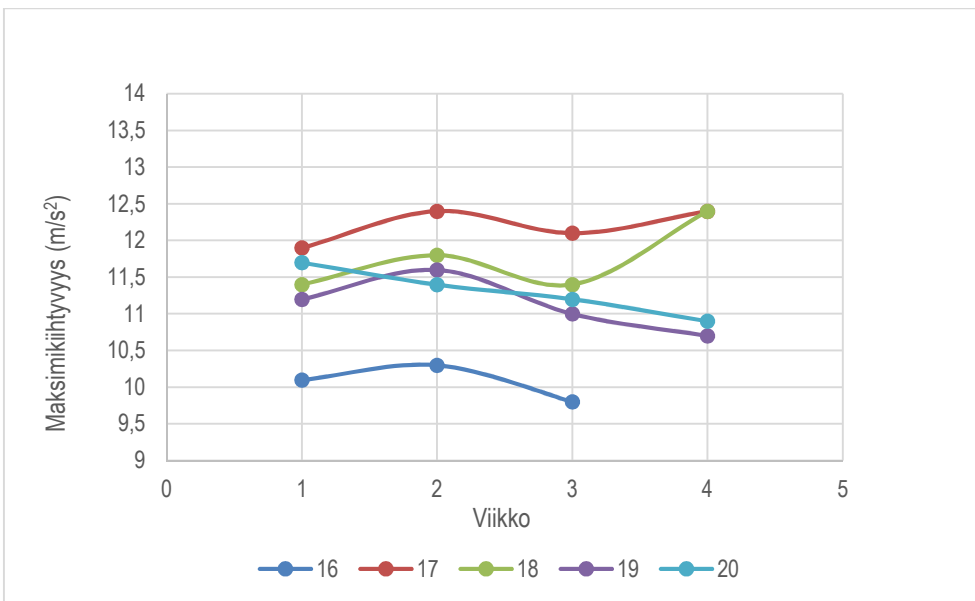
KUVA 15. Yksilöllisen maksimikiihtyvyyden kehitys koehenkilöillä 1–5



KUVA 16. Yksilöllisen maksimikiihtyvyyden kehitys koehenkilöillä 6–10



KUVA 17. Yksilöllisen maksimikiihtyvyyden kehitys koehenkilöillä 11–15



KUVA 18. Yksilöllisen maksimikiihtyvyyden kehitys koehenkilöillä 16–20

Kuvaajista nähdään, ettei lihasvoiman kehitys näkynyt maksimivoimamittarin tuloksessa toivotulla tavalla. Koko koehenkilöjoukkoa tutkittaessa korrelaatio todellisen maksimivoiman ja maksimikihtyvyyden välillä oli lähes olematon. Yksilöllisemmin tarkasteltuna lihasvoiman kehitys näkyi kuitenkin joidenkin koehenkilöiden tuloksessa varsin realistisesti.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia maksimivoimamittarin soveltumista koehenkilöjoukon lihasvoiman kehittymisen seurantaan neljän viikon seurantajakson aikana. Oletettua oli, että harjoittelevien koehenkilöiden maksimitulokset olisivat lopussa suurempia kuin alussa ja ei-harjoittelevan ryhmän maksimitulokset pysyisivät samoina. Koehenkilöryhmistä vain toinen harjoitteli, jotta näiden ryhmien vertailussa nähtäisiin, tapahtuiko ryhmissä kehitystä. Maksimivoiman kehitys oli kuitenkin yksilöllistä ja seurantajakson lopussa huomattiin, että joku ei kehittynyt ollenkaan ja joku kehittyi huomasti. Tutkimuksessa tarkoitus olikin selvittää, näkyivätkö nämä erot myös maksimivoimamittarin tuloksessa.

On harmillista todeta, että lihasvoiman kehitys ei näkynyt maksimivoimamittarin tuloksessa toivotulla tavalla. Koko koehenkilöjoukkoa tutkittaessa korrelaatio todellisen maksimivoiman ja maksimikiihtyvyyden välillä oli lähes olematon. Luultavasti suurin syy tähän oli algoritmin epätarkkuus, mutta myös koehenkilöiden taustoilla oli merkitystä. Positiivista olikin huomata, että yksilöllisemmin tarkasteltuna lihasvoiman kehitys näkyi osaltaan maksimivoimamittarinkin tuloksessa. Etenkin tottuneiden kuntosaliharrastajien maksimivoimamittarin tulokset olivat lähempänä todellisia. Maksimivoimamittari rekisteröi suorituksen aikana pienetkin virheliikkeet tuloksessa, joten varmempi tekniikka antoi luotettavamman tuloksen. Toisaalta mitä suurempi todellinen maksimitulos oli, sitä suurempia virhearviointeja näkyi mittarin tuloksessa. Lisäksi tulosten epävarmuutta lisäsi joidenkin koehenkilöiden liian lyhyt palautumisaika treeneistä sekä sairastelun jälkeinen puolikuntoisuus, jolloin nostoliike oli huomattavasti normaalia hitaampi.

Algoritmi ei tällaisenaan ole vielä valmis kaupalliseen tuotteeseen, mutta jatkuva kehitystyö luo mahdollisuuden saada täysin toimiva algoritmi tulevaisuudessa. Tärkeintä oli lopulta se, että esille saatiin jotain sellaista, joka puutteineen kuitenkin toimii ja siten antaa tulevalle kehitystyölle hyvän alustan.

## LÄHTEET

1 Hytke uudet teknologiat. 2009. Saatavissa: [www.oamk.fi/~manneha](http://www.oamk.fi/~manneha). Hakupäivä 9.3.2009.

2 Hannula, M. – Hirvikoski, A. – Isorinne, M. – Jauhiainen, J. Prediction of One Repetition Maximum in Dumbbell Concentration Curl and Shoulder Press. 2008. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskus.

3 Chromiak, Joseph A. – Dohoney, Paula – Lemire, Derek – Abadie, Ben R. – Darracott, Chip. Prediction of one repetition maximum strength using four to six and seven to ten repetition maximum strength tests in young adult females. Saatavissa: [www.msahperd.com/ejournal/Strength%20Prediction.pdf](http://www.msahperd.com/ejournal/Strength%20Prediction.pdf). Hakupäivä 21.5.2010.

4 Leiviskä, Petteri. 2009. Maksimivoimamittalaitteen rakentaminen ja testaus. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

5 Hannula, Manne 2005. Urheilusuorituksen arviointimenetelmä ja laite. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Patenttihakemus.

6 LIS3L02AQ3 mems inertial sensor: 3-Axis  $\pm 2g/\pm 6g$  linear accelerometer. 2005. Datalehti. STMicroelectronics.

7 Hannula, Manne – Jauhiainen, Jukka – Rontu, Jari-Pekka. 2007. Prediction of one repetition maximum in weight lifting with multilinear regression model. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskus.

8 Hannula, Manne – Leskinen, Sami – Linnamo, Vesa – Rontu, Jari-Pekka – Salmi, Jukka. 2007. 1-rm bench press performance estimated with accelerometer

method. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskus. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.

9 Hannula, M. – Hirvikoski, A. – Isorinne, M. – Jauhiainen, J. Prediction of One Repetition Maximum in Dumbbell Concentration Curl and Shoulder Press. 2008. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskus.

10 Lammela, Jaana. 2007. Algoritmi penkkipunnerruksen maksimituloksen arvioimiseksi. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

11 Kainulainen, Katja. 2008. Kiihtyvyyssanturien kalibrointi. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

12 Voimaharjoittelu. 2016. Saatavissa: <http://www.punttis.net/voimaharjoittelu>. Hakupäivä 21.4.2016.

13 Penkkipunnerrus. 2016. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Penkkipunnerrus>. Hakupäivä 21.4.2016.

14 Hulmi, Juha. Penkkipunnerruksen biomekaniikka ja sen sovellukset tekniikkaan sekä käytännön harjoitteluun. Saatavissa: <http://www.cc.jyu.fi/~jjhulmi>. Hakupäivä 3.5.2009.