

**BMEP004 / Lapputyö.**  
**Voima ja EMG kevennetyssä ja keventämättömässä**  
**vertikaalihypyssä.**

## YHTEENVETO

Työn tavoitteena on perehtyä seuraaviin EMG:n ja voiman mittaamiseen liittyviin ilmiöihin.

- Havainnoida EMG-signaalin suuruuden riippuvuutta mittausikkunan koosta
- Vertailla EMG-signaalin suuruutta isometrisessä supistuksessa ja vertikaalisen hypyn ponnistusvaiheessa
- Vertailla vertikaalihypyn nousukorkeutta, kun se lasketaan kahdella eri menetelmällä.

Mitattavina muuttujina ovat voima ja Vastus Lateralis (VL) lihaksen EMG. Molempia mitataan sekä maksimaalisessa isometrisessä supistuksessa (maximum voluntary contraction, MVC) että kahdessa erityyppisessä vertikaalihypyssä, joita ovat

- hyppy ilman kevennystä
- hyppy kevennyksen kanssa.

Työssä tarvitaan EMG mittalaitteisto, voimapenkki ja voimalevy sekä keräysjärjestelmä. Näiden käyttöön on tutustuttu johdatusdemoissa. Ohjeisiin on suositeltavaa tutustua huolellisesti etukäteen, jottei arvokasta mittausaikaa tuhraantuisi työohjeen lukemiseen.

Työstä palautetaan raportointilomake, joka on saatavilla tämän ohjeen lopusta ja ladattavana myös Excel-  
taulukkona. Raportointilomake palautetaan s-postilla työn ohjaajalle.

# 1 NOUSUKORKEUDEN LASKEMINEN

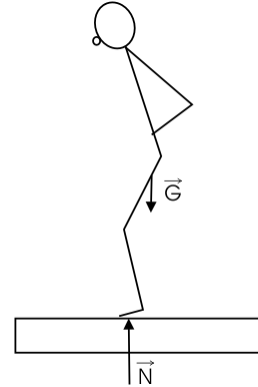
Vertikaalihypyn nousukorkeus voidaan määrittää ilman kalliita kuvausmenetelmiä lentoajan tai impulssin avulla. Lentoajan mittaamiseen riittää pelkkä kontaktilevy, kun taas impulssia varten vaadittavan voiman mittaamiseen on käytössä oltava voimalevy. Molempiin tapoihin liittyy omat virhelähteensä, ja siksi työssä vertaillaan laskettuja tuloksia keskenään.

## 1.1 Kuinka impulssi määritetään

Hyppääjään kohdistuu kontaktin aikana kaksi gravitaatiokentän suuntaista vastakkaista voimaa: levyn tukivoima  $\mathbf{N}$  ja gravitaatiovoima  $\mathbf{G}$ . Hyppääjän saama impulssi on yhtä kuin häneen kohdistuvan kokonaisvoiman  $\mathbf{F}_{kok}$  ja kontaktiajan  $t_k$  tulo.

$$(1.1) \quad I = \vec{F}_{kok} t_k = (\vec{N} + \vec{G}) t_k = (N - G) t_k$$

Voiman ja vastavoiman lain mukaan, jos levy kohdistaa hyppääjään voiman  $\mathbf{N}$ , kohdistaa hyppääjä yhtä suuren voiman levyyn. Voimanlevyn antama lukema on siis  $\mathbf{N}$  ja impulssia laskettaessa on muistettava vähentää paino  $\mathbf{G}$ .



## 1.2 Lähtönopeuden laskeminen impulssin avulla

Impulssi ( $I$ ) on toisaalta yhtä kuin hyppääjän liikemäärän muutos.

$$(1.2) \quad I = \Delta p = m \Delta v = m(v_l - v_a) \quad \text{impulssi}$$

missä  $p$  on liikemäärä,  $m$  on hyppääjän massa,  $v_l$  on nopeus kontaktin lopussa ja  $v_a$  on nopeus kontaktin alussa.

Yhtälön (1.2) ratkaisemiseksi tarvitaan tieto nopeudesta kontaktin alussa. Tämä nopeus riippuu valitusta hypytekniikasta. Tässä työssä vaihtoehtoja ei ole, koska sekä hypyssä ilman kevennystä (HIK) että hypyssä kevennyksellä (HK) hyppääjä seisoo alussa paikallaan, jolloin lähtönopeus on nolla. Tällöin yhtälö (1.2) supistuu muotoon

$$(1.3) \quad v_l = \frac{I}{m} \quad \text{lähtönopeus}$$

## 1.3 Nousukorkeuden laskeminen

Kun lähtönopeus tiedetään, tarvitaan nousukorkeuden laskemiseen vain kinematiikkaa. Nousukorkeus  $h$  voidaan ilmaista kahdella tavalla. Se on

$$(1.4) \quad h = \frac{1}{2} g t_n^2 \quad \text{nousukorkeus}$$

missä  $t_n$  on nousuaika. Vaihtoehtoisesti

$$(1.5) \quad h = \frac{1}{2} v_l t_n$$

missä  $v_l$  on lähtönopeus. Yhdistämällä yhtälöt (1.4) ja (1.5) saadaan

$$(1.6) \quad h = \frac{v_l^2}{2g}$$

Koska yllä esiintyvä lähtönopeus  $v_l$  on aiemmin lausuttu impulssin avulla erikseen kaikille eri hyppytekniikoille, voidaan nousukorkeus kirjoittaa seuraavasti

$$(1.7) \quad h = \frac{I^2}{2gm^2} \quad \text{nousukorkeus impulssista}$$

Toinen tapa laskea lentokorkeus on lentoajan perusteella. Koska lentoaika on yhtä kuin kaksi kertaa nousuaika,  $t_{lento}=2t_n$ , voidaan nousukorkeus aina lausua

$$(1.8) \quad h = \frac{1}{8} g t_{lento}^2 \quad \text{nousukorkeus lentoajasta}$$

## 2 MITTAUSOHJEET

Ryhmästä yksi toimii koehenkilönä. Muiden tehtävä voivat olla esim. ohjeiden antaja, valmistelija, koneen käyttäjä, kirjuri jne. riippuen osallistujien määrästä.

### 2.1 Mittalaitteet

Työssä tarvitaan seuraavat mittalaitteet:

- 2-napainen EMG pintaelektrodi
- EMG lähetin (langaton)
- EMG vastaanotin
- Voimalevy ja -penkki
- AD-muunnin
- Tietokone (jossa Signal ohjelmisto)

### 2.2 Valmistelut

Jos luet tätä ensimmäistä kertaa itse demossa, hyi, hyi!

- Varmista, että kaikki anturit on oikein kytketty ja ne saavat pirtaa (verkosta tai paristosta)
- Luo mittauskonfiguraatio (kanava 1 = EMG, kanava 2 = voimalevy, kanava 3 = penkki). Muista, että penkillä ja voimalevyllä on eri vahvistus.
- Kiinnitä pintaelektrodi VL lihaksen pinnalle SENIAM:in ohjeiden mukaisesti. Mittaa yleismittarilla, että elektrodin napojen välinen resistanssi on  $<5k\Omega$ .
- Tarkista, että voimalevyn ja -penkin antamat arvot ovat oikein. Esim. voit asettaa levyllä jonkin tunnetun painon, kuten itsesi. Kun olet varmistunut, että molemmat mittaavat oikein, voit aloittaa mittauksen.
- Tee yksi lämmittelysuoritus voimapenkissä ja määritä EMG:n signal-to-noise-ratio (SNR) = EMG:n amplitudi MVC:n aikana / kohinan amplitudi  $>20$ .

Ennen hyppyjen aloittamista varmistetaan, että hyppääjä ymmärtää hypyn oikean suoritustekniikan, ja tarvittaessa hyppyä harjoitellaan, kunnes suoritustekniikka on silmämääräisesti arvioiden vakiintunut.

#### Hyppy ilman kevennystä

Käytetään myös termiä staattinen hyppy. Hyppääjä kyykistyy ponnistussyvyyteen, odottaa tässä asennossa 2 sekuntia ja ponnistaa lopulta räjähtävästi.

#### Hyppy kevennyksellä

Hyppääjä lähtee suorilta jaloilta, pudottautuu nopeasti alas ponnistussyvyyteen, josta ponnistaa välittömästi.

### 2.3 Mittaukset

Kokeessa suoritetaan seuraavat mittaukset:

- 3 x maksimaalinen isometrinen polvenojennus voimapenkissä (90 asteen polvikulmalla)
- 5 x hyppy ilman kevennystä voimalevyllä (HIK)
- 5 x hyppy kevennyksellä voimalevyllä (HK)

## 3 TULOSTEN ANALYSOINTI JA RAPORTOINTI

Valmiiseen raportointilomakkeeseen täytetään pyydetty muuttujat ja annetaan laskuesimerkit lentokorkeuden laskemisesta. Lyhyessä pohdinnassa on tärkeää tarkastella ainakin

- Kuinka impulssin ja lentoajan avulla lasketut nousukorkeudet eroavat toisistaan (% tai cm:n avulla tarkasteltuna)
- Kuinka monta prosenttia hypyn konsentrisen vaiheen EMG on isometrisestä EMG:stä.
- Kuinka EMG:n toistettavuus riippuu analysointi-ikkunan koosta.

### 3.1 Analysoitavat muuttujat

**Jokaisesta** isometrisestä supistuksesta analysoidaan:

- Maksimivoima (2 s ikkuna)
- 1 x EMG:n root mean square (RMS) arvo (2 s ikkuna)

**Yhdestä** isometrisestä supistuksesta analysoidaan lisäksi:

- 5 x EMG:n RMS arvo (1.0 s ikkuna, siirrä ikkunaa aina 0.2 sekuntia eteenpäin)
- 5 x EMG:n RMS arvo (0.2 s ikkuna, siirrä ikkunaa aina 0.4 sekuntia eteenpäin)

**Jokaisesta** vertikaalihypystä analysoidaan

- Kontaktiaika (konsentrisen vaihe)
- EMG:n RMS arvo (konsentrisen vaihe)
- Impulssi
- Lentoaika
- Nousukorkeus impulssin avulla laskettuna
- Nousukorkeus lentoajan avulla laskettuna

### 3.2 Raportointi

Raportointilomakkeen voi palauttaa sähköpostin välityksellä (Excel-pohja saatavilla verkosta) tai paperilla. Paperitöistä skannattuja kuvia ei oteta vastaan. Raportointilomakkeena ei ole pakko käyttää kurssille luotua valmista mallia. Mallin tiedot voi kopioida omaan asiakirjaansa. Itse luodusta asiakirjasta täytyy kuitenkin löytyä kaikki mallissa olevat tiedot.

## 4 RAPORTOINTILOMAKE / BMEP004 LAPPUTYÖ 1.

**Taulukko 1. Koehenkilön tiedot ja EMG:n laatu**

Pituus (cm)		Napojen resistanssi (k $\Omega$ )	
Massa (kg)		EMG SNR	

**Taulukko 2. Isometriset maksimit**

	Max voima (2 s)	EMG RMS (2 s)
1		
2		
3		

**Taulukko 3. EMG ikkunan leveyden vaikutus RMS:än (yhdestä isometrisestä suorituksesta).**

	EMG RMS (1.0 sekunnin ikkuna)	EMG RMS (0.2 sekunnin ikkuna)
1		
2		
3		
4		
5		
Keskiarvo, KA		
Keskihajonta, KH		
Variaatiokerroin, VK = KH / KA		

**Taulukko 4. Tulokset – hyppy ilman kevennystä**

Suoritus	Konsentrinen vaihe			Lentovaihe		
	Aika (s)	EMG RMS	Impulssi (Ns)	Aika (s)	Korkeus1 (m)	Korkeus2 (m)
HIK 1.						
HIK 2.						
HIK 3.						
HIK 4.						
HIK 5.						
KA						
KH						
VK						

**Taulukko 5. Tulokset – hyppy kevennyksellä**

Suoritus	Konsentrinen vaihe			Lentovaihe		
	Aika (s)	EMG RMS	Impulssi (Ns)	Aika (s)	Korkeus1 (m)	Korkeus2 (m)
HIK 1.						
HIK 2.						
HIK 3.						
HIK 4.						
HIK 5.						
KA						
KH						
VK						

**Selitykset ja lyhenteet:**

Korkeus1 = Impulssin avulla laskettu nousukorkeus; Korkeus2 = lentoajan avulla laskettu nousukorkeus.

HIK = hyppy ilman kevennystä; HK = hyppy kevennyksellä; KA = keskiarvo; KH = keskihajonta; VK = variaatiokerroin (KH/KA).



#### 4.1 Laskuesimerkit (muista merkitä mistä hypystä laskuesimerkki on)

Hyppy ilman kevennystä:



Hyppy kevennyksellä:



#### 4.2 Pohdintaa: