

**Voice Massage -käsittelyn vaikutukset  
hyperfunktionaalisen dysfonian hoidossa**

Puheopin, puhetekniikan ja  
vokologian linjan  
pro gradu -tutkielma  
Tampereen yliopistossa  
syyskuussa 2007  
Jaana Tyrmi

Tampereen yliopisto

Puheopinlaitos

TYRMI, JAANA: Voice Massage – käsittelyn vaikutukset hyperfunktionaalisen dysfonian hoidossa Pro gradu –tutkielma, 65 s., 5 liitesivua.

Puheoppi, vokologia

Syyskuu 2007

### Immediate effects of 'Voice Massage' treatment on hyperfunctional dysphonia

'Voice Massage' (VM) treatment manipulates muscles related to voice and speech production. This study used objective acoustic and aerodynamic and subjective questionnaire measurements to investigate the instant effects of VM in 10 female patients diagnosed with hyperfunctional dysphonia. They recorded repetitions of word 'paappa' as softly as possible and in habitual loudness and read a text sample before and after 1-hour VM-treatment and 1-hour lying on bed. Subglottic pressure was estimated from oral pressure during [p] in the syllable repetitions. Transglottal flow was captured with a mask. Glottal resistance (pressure / flow) was calculated. Voice production was studied with electroglottography (EGG), from which the closed quotient (CQ, i.e. closed time/ total period) was calculated. Fundamental frequency and sound pressure level (SPL) were measured from both syllable repetitions and the text samples and alpha ratio [(SPL of the range 1-5 kHz) - (SPL of the range 50 Hz-1 kHz)] was calculated from the text samples. A questionnaire was used to record subjective sensations. F0 and SPL were lower both after VM and resting, but the changes did not differ significantly between these conditions. No significant changes were found in resistance or in CQ. Subjects reported significantly more increase in the ease of phonation and reduction of tension in the neck, shoulders and back after VM compared to resting. The positive subjective effects of VM may reflect pure psychological reactions or possibly some positive physiological changes that cannot be measured in the vocal parameters used.

Key words: Massage, subjective sensations, glottal resistance, EGG, F0, SPL, spectrum slope

## KIITOKSET

Tätä tutkimusta ei olisi syntynyt ilman professorini Anne-Maria Laukkasen horjumatonta tukea ja ainaista apua. Kiitän häntä ja Tampereen Puheopinlaitosta tutkimuksen tukemisesta. Kärsivällisyydestä ja avuliaisuudesta kuuluu kiitos foniatri Juha Vintturille sekä yhteistyöstä Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin foniatrian poliklinikalle. Kiitän myös laitoksemme laboratoriomestaria Jarmo Heliniä, jota ilman kenttälaboratoriota ei olisi pystytetty ja purettu eikä teknisiä haasteita selvitetty. Tilastollisen analyysin asiantuntija apuansa antoi filosofian maisteri Jyrki Ollikainen.

Haluan kiittää prosessissa mukana olleita ystäviäni ja kollegoita, joiden apu on ollut korvaamatonta. Sydämellinen kiitos avopuolisolleni Matti Airaksiselle kodin lämmöstä ja joululahjasta. Lainaan Jaana Pajun (2003) runoa ”Keskeneräisyys”, jossa kuvastuu oivallisesti pro gradu -tutkielmani vaiheet:

*Keskeneräisyys on lahja,  
valmis neliö ei tahdo olla kukaan.*

*Olla tiensä päässä on olla lopussa,  
puolimatassa on voimia vaikka kuinka!*

*Jo kaukaa huiskuttaa ystävä hymysuin,  
liedellä hautuva illallinen tuoksuu jo  
ja sauna lämmittää ajatuksena.*

*Keskeneräisyys on lahja, uskollisina  
odottavat tekemättömät työt.*

## SISÄLTÖ

1. Johdanto .....	1
2. Teoreettinen tausta.....	3
2.1 Lihasten histologia .....	3
2.1.1 Lihasaktivaatio ja väsyminen.....	6
2.1.2 Proprioseptinen aisti .....	8
2.2 Äänentuottoon vaikuttavat lihakset ja niiden toiminta .....	9
2.2.1 Kurkunpään ulkoiset lihakset.....	11
2.2.2 Kurkunpään sisäiset lihakset.....	12
2.3 Funktionaalinen dysfonia .....	15
2.3.1 Funktionaalinen dysfonia toiminnan tasolla.....	16
2.3.2 Hyperfunktionaalinen dysfonia.....	18
2.4 Yleistä äänentutkimuksen menetelmistä .....	21
2.4.1 Aerodynaamiset tutkimusmenetelmät .....	22
2.4.2 Paineen ja virtauksen mittaus .....	23
2.4.3 Glottisresistanssi .....	25
2.4.4 Akustiset äänentutkimusmenetelmät.....	25
2.4.5 Perustaajuus .....	26
2.4.6 Äänenvoimakkuus.....	27
2.4.7 Alfaratio.....	28
2.4.8 Elektroglottografia (EGG).....	30
2.5 Hieronnan vaikutukset .....	32
2.5.1 Hieronnan vaikutus ääneen.....	34
2.5.2 Voice Massage .....	36
2.5.3 Aikaisempaa tutkimusta .....	38
3. Tutkimuskysymykset .....	40
4. Tutkimuksen aineisto ja menetelmät .....	41
4.1 Koehenkilöt .....	41
4.2 Koeasetelma.....	41
4.3 Kyselykaavake .....	42
4.4 Ääninäytteiden nauhoitus .....	42
4.5 Ääninäytteiden analysointi .....	43
4.6 Tilastollinen analyysi .....	46
5. Tulokset.....	47
5.1 Omat havainnot.....	47
5.2 Akustiset tulokset.....	48
5.2.1 Luentanäyte.....	48
5.2.2 Sanatoisto.....	49
5.3 Aerodynaamiset mittaukset .....	50
6. Pohdinta .....	53
6.1 Akustisten tulosten pohdintaa.....	53
6.2 Aerodynaamisten ja EGG tulosten pohdintaa .....	54
6.3 Koehenkilöiden omien arvioiden pohdintaa.....	55
6.4 Tutkimusmenetelmien pohdintaa.....	55
7. Jatkotutkimusmahdollisuudet .....	57
8. Päätelmät .....	58
Lähteet .....	59
Liitteet.....	66

## 1. Johdanto

Lihaksilla on tärkeä osuus äänentuotossa. Niillä säädellään ilmavirtaa keuhkoista ääntöväylään (äänihuulille ja edelleen kurkunpään läpi suu- ja nenäonteloihin), jota puolestaan muokataan lihasten avulla niin, että tulos kuullaan puheena. Lihaksilla vaikutetaan keuhkoista virtaavan ilman paineeseen ja virtausnopeuteen ja äänihuulien värähtelytaajuuteen. Lihasten avulla voidaan muuntaa äänihuulien paksuutta, pituutta ja niiden välimatkaa toisiinsa nähden sekä välimatkaa ylä- ja alapuolella oleviin onteloihin. Kurkunpään sisäisten lihasten tehtävänä on asettaa äänihuulet riittävän lähelle toisiaan, jotta varsinainen värähtely äänihuulten limakalvoilla voisi tapahtua.

Hyperfunktionaalinen dysfonia on toiminnallinen äänihäiriö, jonka taustalla on emotionaalista ja fyysistä stressiä. Hyperfunktionaalista stressiä pidetään yleisesti äänihäiriönä, jota voi seurata vakavammat ääniongelmat. Siksi on tärkeää keskittyä tutkimaan keinoja hoitaa hyperfunktionaalista dysfoniaa. Stressi aiheuttaa jännittymistä ja rasittumista kehossa ja joillain henkilöillä jännittyminen keskittyy erityisesti niskan ja kaulan ja erityisesti kurkun alueen lihaksiin (Verdolini, 1998a). Kurkunpään ulkoiset ja sisäiset lihakset reagoivat emotionaaliseen stressiin, ja siksi näiden lihasten liiallinen aktiviteetti liittyy usein funktionaalisiin äänihäiriöihin (Aronson, 1990). Liiallinen lihasaktiviteetti aiheuttaa epätasapainoa ääntöväylän eri osien välillä. Kuormituksen myötä lihasten lepopituuteen tulee muutoksia ja se aiheuttaa ääniväylän osien välillä epätasapainoa. (Milutinović, 1996.)

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää, mitä muutoksia äänenparametreissa ja koehenkilöiden subjektiivisissa tuntemuksissa tapahtuu välittömästi Voice Massage -käsittelyn jälkeen. Tuloksia verrataan niihin muutoksiin, joita saadaan vastaavanmittaisen makuulla tapahtuvan levon jälkeen. Suomessa Voice Massage -menetelmää käytetään ääniongelmien kuntoutuksen apuna. Menetelmä on kehitetty Suomessa jo 80 -luvulla, mutta tutkimuksia siitä on tehty vähän.

Voice Massage -käsittelyn ja hyperfunktionaalisen dysfonian yhteinen nimittäjä on lihakset. Menetelmän avulla pyritään vaikuttamaan väsyneeseen, rasittuneeseen ja lyhentyneeseen lihakseen, joka on hyperfunktionaalisen dysfonian fyysinen oire. Mutta miten lihas toimii ja miksi se väsy? Mitä lihakselle tapahtuu väsymisen seurauksena ja mihin hieronnalla pyritään? Mitkä kurkunpään lihakset ovat tärkeitä äänentuotossa ja miten ne kurkunpäässä sijaitsevat?

Hyperfunktionaalinen dysfonia on haasteellinen diagnoosi. Sen taustalla on monia tekijöitä, joiden poistaminen on haasteellista. Hyperfunktionaalisen dysfonian kuntouttaminen on haasteellista. Miten hyperfunktionaalinen dysfonia määritellään ja miksi sitä esiintyy enemmän naisilla? Miten ääniongelma muodostuu ja miten äänentuoton alueen lihakset toimivat häiriöisessä äänessä? Miten hyperfunktionaalista dysfoniaa ja ääntä voidaan tutkia?

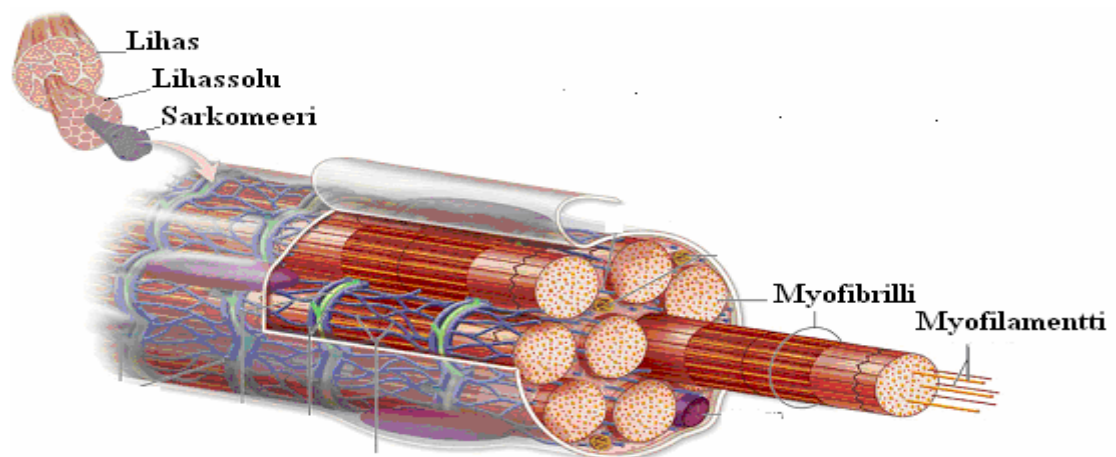
Vastauksen saamiseksi näihin kysymyksiin teoriaosuudessa käsitellään lihaksen fysiologiaa ja anatomiaa, funktionaalista ja hyperfunktionaalista dysfoniaa. Lisäksi selvennetään joitain yleisesti tutkimuksessa käytettäviä äänenparametreja, hierontaa yleensä ja erityisesti Voice Massage -menetelmää. Varsinaiseen tutkimuskysymykseen, Voice Massage -käsittelyn vaikutuksista hyperfunktionaaliseen dysfoniaan, pyritään saamaan vastauksia tutkimustulosten avulla pohdintaosiossa.

## 2. Teoreettinen tausta

### 2.1 Lihasten histologia

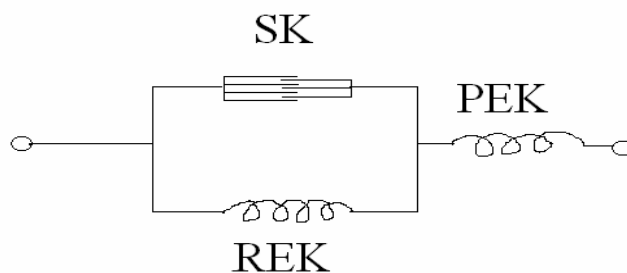
Hyperfunktionaalisessa dysfoniassa tyypillistä on ääniväylän ja kurkunpään lihasten liiallinen voiman käyttö sekä äänentuoton alueen lihasten jännittyminen (Deem & Miller, 2000; Nicolosi, Harryman & Kresheck, 2004). Lihaksen jännittyminen ja rentoutuminen edellyttää lihaksen kudosten mikrorakenteiden toimintaa.

Lihassolut eli lihassyöt muodostavat suurimman osan lihaskudoksesta. Kehon luisia osia liikuttavat lihakset on poikkijuovaista, tahdonalaista lihaskudosta. Kudostyyppejä on kolmenlaisia. Sisäelinten seinämissä esiintyvä lihaskudos on sileää, tahdosta riippumatonta kudosta kuten on myös sydämen sydänlihaskudos. Luurankolihas kiinnittyy jänteiden tai sidekudoskalvojen avulla luihin tai rustoihin, joita lihaskudos supistuessaan liikuttaa. Lihassolu muodostuu myofibrilleistä, jotka puolestaan koostuvat peräkkäisistä sarkomeereista. Yhden toiminnallisen perusyksikön, sarkomeerin, sisällä ovat proteiinimyofilamentit aktiini ja myosiini (ks. kuva 1). (Hiltunen ym., 2003.)



KUVA 1. Kuvassa on suurennettuna sarkomeeri. Ne muodostavat myofibrillin, jotka puolestaan muodostavat lihassolun. Sarkomeerin pituutta säätelevät aktiini ja myosiini ([http://academic.kellogg.edu/herbrandsonc/bio201\\_McKinley/muscular.htm](http://academic.kellogg.edu/herbrandsonc/bio201_McKinley/muscular.htm).)

Kuvassa 2 on kuvattu luurankolihaslun eri osia, kuten lihassolun supistuvat ja elastiset osat. Supistuva osa pitää sisällään toiminnalliset osat aktiinin ja myosiinin, joiden liukuessa toistensa lomitse tapahtuu varsinainen supistuminen. Supistuvan osan rinnalla tai sen jälkeen voi olla elastinen osa, joka muodostuu sarkolemmasta, endomysiumista, perimysiumista ja/tai epimysiumista. Kun supistuva osa lyhenee, elastinen osa lihaksesta venyy. Tämä tasapaino osien välillä saattaa häiriintyä liiallisesta lihaskuormituksesta (Karhela & Hervonen, 1989) ja vaikuttaa lihaksen pituuteen levossa.



KUVA 2. Karhelan ja Hervosen (1989 s.9) lihaksen mekaanisen toimintamallin mukaan SK on supistuva osa, REK on rinnakkainen elastinen osa ja PEK on jälkimmäinen, elastinen lihasten osa

Lihassupistus tapahtuu, kun hermoimpulssi välittyy hermo-lihasliitoksessa olevan aksonin haaran kautta lihakseen. Yhdellä aksonilla saattaa olla yhteys jopa pariintuhanteen lihassoluun, jotka kaikki supistuvat yhtä aikaa impulssin aikana. Näitä liikehermosolun ja lihassolujen muodostamia toiminnallisia kokonaisuuksia kutsutaan motorisiksi yksiköiksi. (Hiltunen ym. 2003.)

Lihaskudos voidaan jakaa nopeisiin ja hitaisiin solutyyppeihin, niiden aineenvaihdunnallisten ja supistumisominaisuuksien mukaan. Nopeat lihassolut (FT; fast-twitch) ovat tyyppiä II, ja ne jakautuvat alakategorioihin, tyypeihin IIa ja IIb (nykyään myös IIx). Molemmat tyyppin II lihassytyt supistuvat nopeasti, koska ne pystyvät aktiopotentiaalin aikana siirtämään elektrokemiallista tietoa nopeasti eteenpäin hermosta lihakseen. Tästä syystä niiden myosiini pystyy nopeasti pilkkomaan energiaa ATP:stä (ks. luku 2.3). Tyyppin II solut käyttävät enimmäkseen anaerobisen glykolyysin avulla saatua energiaa. Solutyyppi IIa käyttää energian lähteenä myös aerobisesti tuotettua energiaa. Kun liikkeen



intensiteetti muuttuu tai liike on luonteeltaan pysähdy-ja-jatka, käytetään solutyyppejä II. Tyypin II lihassy on luonteeltaan helposti väsyvää. (McArdle, Katch & Katch, 2001.)

Hitaat kudokset (ST) ovat tyyppiä I, ja verrattuna tyypin II kudokseen, ne ovat kolme kertaa hitaampia supistumaan. Niiden kyky ottaa vastaan aktiopotentiaalissa vapautunutta kalsiumia on hidasta, jonka seurauksena niiden myosiinin aktiivisuus ATP:n pilkkojana on myös hidasta. Kudostyyppi I käyttää vain hapettumisen kautta tuotettua energiaa. Kudoksen mitokondriot ovat suuria ja pääenergian lähde on rasva. Kudostyyppi I pystyy vastustamaan väsymistä pitempään kuin IIa. (McArdle, Katch & Katch, 2001.)

Sen perusteella, kuinka nopeasti myosiini tuottaa ATP:stä energiaa kudoksen käyttöön lihaksen supistuessa, voidaan päätellä lihaksen supistumisnopeus ja rasiuksenkestävyys (MCH, myosin molecule's heavy chain – proteiinipitoisuus). Nämä tekijät puolestaan kertovat lihaksen toimintatarkoituksesta. Kurkunpään lihaksissa hallitsevana ovat lihastyypit IIa ja lihastyypeistä nopeimmin supistuva IIb. Kannurustoa liikuttavat lihakset ovat nopeimmin supistuvia kurkunpään lihaksista (Shiotani, Westra & Flint, 1999) ja ne sulkevat ääniraon nopeasti. Kannurustolihakissa (mm. interarytenoideus) on IIa:n lisäksi I ja IIx kudostyyppiä, joka tekee kudoksesta hivenen herkemmän väsymiselle (Tellis ym., 2004).

Lihasten kudostyyppipitoisuudet vaihtelevat yksilöiden välillä. Hoh (2005) on koonnut eri tutkimuksista tietoa ihmisen kurkunpään lihasten MCH -pitoisuuksia kilpirusto-kannurustolihaksesta (TA), takaisesta kannurustolihaksesta (PCA) ja rengas-kilpirustolihaksesta (CT) (ks. Taulukko 1, s.8).

TAULUKKO 1. Eri kudostyyppien prosentuaaliset esiintymismäärät kurkunpään lihaksissa (Hoh, 2005).

	I	IIa	IIx	IIb	
TA	14-30	49	21-37	0-43	%
PCA	36-55	38-54	7-10	0	%
CT	35	61	4	0	%

Taulukon perusteella voidaan päätellä, että kilpirusto-kannurustolihas (TA) on erittäin nopeasti supistuva lihas ja kestää rasitusta kohtalaisesti. Takainen kannurustolihas (PCA, ääniraon avaaja) on myös nopeasti supistuva lihas, ja se kestää rasitusta paremmin kuin kannurustolihas. Rengas-kilpirustolihas voidaan myös lukea nopeasti supistuviin lihaksiin, se on kuitenkin hitaampi supistumaan kuin kannurustolihas ja kestää heikosti rasitusta.

### 2.1.1 Lihasaktivaatio ja väsyminen

Pitkään jatkuneen, liiallisen lihasjännittymisen seurauksena on lihasten väsyminen. Hyperfunktionaalisen dysfonian oireena on äänentuotonlihasten väsyminen ja kykenemättömyys toimia tarkoituksenmukaisesti. Väsymisen yhteydessä tiettyjen biokemiallisten aineiden määrä lihaskudoksessa lisääntyy ja toisten laskee. Tätä epätasapainoa ei kuitenkaan saada korjattua pelkästään verenkiertoa kiihdyttämällä. Seurauksena väsymisestä on turvotus kudoksessa (McArdle, Katch & Katch, 2001). Se vaikeuttaa äänihuulten värähtelyä ja lisää voiman käyttöä äänentuotossa (Titze, 2000).

Lihassolun supistumista ja energia-aineenvaihduntaa säätelee solunsisäinen kalsium-pitoisuus ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Lihassolua hermottavasta aksonista vapautuu impulssin aikana kalsiumia ja lisääntynyt kalsiumin määrä estää aktiinin liukumisen. Tästä syystä myosiini pääsee aktivoitumaan ja vapauttamaan ATP:stä energiaa lihaksen käyttöön (Myosin ATPase). ATP on kolmen fosfaatti- ja adenosiinimolekyylin sidos, joka rakentuu fosforin ja hapen erilaisista energiaa sitovista sidoksista. Fosforin uloimpien sidosten purkaantuminen tuottaa energiaa. Kun ATP reagoi

veden kanssa ja energiaa vapautuu, jää jäljelle ADP (adenosiini difosfaatti) ja fosfaatti. (McArdle, Katch & Katch, 2001.)

Lihaksessa vapautuva energia aktivoi supistuvan osan toimintaan. Nopeaan energian tuottamiseen ATP:stä ei tarvita lainkaan happea. Lihassoluun on varastoituneena pieni määrä ATP:tä tyydyttämään nopean energian tarpeen. ATP:n lisäksi toinen erittäin paljon energiaa sitova, anaerobinen, lihaskudoksen sisäinen energian lähde on fosforikreatiini (PCr). Fosforikreatiinin ja ADP:n avulla saadaan nopeasti ilman happea tuotetuksi glykokeenivarastoista ATP:tä lihassolujen käyttöön. Energian tarpeen pidentyessä otetaan hapen avulla ATP:tä käyttöön rasva- ja glykokeenivarastoista. Hapen ja hydrogeenin reagoidessa tuotetaan vettä ja vesi puolestaan reagoi ATP:n kanssa ja tuottaa näin energiaa lihassolujen käyttöön. (McArdle, Katch & Katch, 2001.) Lihaksen toiminnan ja energian tuottamisen kannalta on tärkeää, että solulla on käytössään riittävästi happea ja vettä.

Väsymys on kehon tapa varoittaa yllärasituksesta. Väsymys voidaan kokea psyykkisenä tai fyysisenä. Psyykkinen vireystila vaikuttaa fyysiseen jaksamiseen tai koettuun väsymyksen tunteeseen. Tuntemukset uupumisesta voivat siis vaihdella hetkestä toiseen. Fyysisellä tasolla väsymistä saattaa esiintyä eri tasoilla lihaksen toimintaketjua: hermostollisella tai lihas-hermoliitostasolla, kemiallisen aineenvaihdunnan tai myofilamenttien tasolla. (McArdle, Katch & Katch, 2001; Åstrand ym., 2003.)

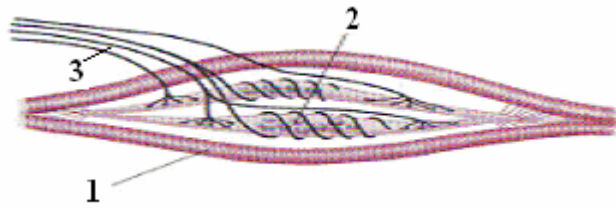
Lihäsväsymys voidaan jakaa sentraaliseen ja perifeeriseen väsymykseen. Jako ei ole anatominen, vaan pyrkii kuvaamaan väsymisen toiminnallisia taustoja. Joskus sentraalisen väsymisen taustat saattavat löytyä perifeerisistä tekijöistä. Sentraalisen väsymisen aikana lihaksen hermostollinen aktivaatio on puutteellinen, jolloin lihas ei pysty aktivoimaan kaikkia lihasyksiköitä toimimaan tehokkaasti. Perifeerisessä väsymisessä on puolestaan kysymys siitä, etteivät lihassyty pysty toimimaan maksimaalisesti, vaikka niille on tullut hermostosta käsky toimia. (McArdle, Katch & Katch, 2001; Åstrand ym., 2003.)

Väsyminen saattaa olla alkuperältään muutakin kuin biomekaanista, lihaksen avulla toteutettavaan toimintaan ja rakenteiden liikkeisiin liittyvää ilmiötä. Taustalla saattaa olla lihaksen yliaktivaatiota esimerkiksi ahdistuneisuudesta (Aronson, 1990). Tällainen ei-biomekaaninen, toiminnan kannalta tarpeeton lihasaktiviteetti on yleisempää alhaisilla lihassupistumisvoimakkuuksilla. Matalan tason supistumisvoiman tuotosta palautuminen kestää kauemmin kuin maksimaalisesta supistumisesta. Submaksimaalisen rasituksen, hieman alle maksimaalisen suorituksen tapahtuvan pitempiaikaisen supistusvoiman, jälkeistä väsymistä on vaikea todentaa objektiivisilla parametreilla. (Åstrand ym., 2003.)

Lihaksen afferentit aistivat pH:n muutoksen lihaksessa ja reagoivat 6.6 ja sen alittavaan kudoksen happamoitumiseen viestimällä muutoksesta aivoille. Tästä seuraa efferenttien refleksiivinen vaste. Yksilöt kestävät kudoksen happamoitumista eri lailla. Lihaskudoksen pH:n alenemiseen vaikuttavat energian tuotannossa syntyvät aineenvaihduntajätteet kuten maitohapot. Happamoituminen vaikuttaa kudoksessa olevaan proteiiniin ja sitä kautta kudoksen energiansaantiin. Happamoituminen vaikuttaa myös myofibrilliin, niin että aktiinin ja myosiinin aktivoituminen ja sidoksesta purkautuminen vaikeutuu. (McArdle, Katch & Katch, 2001; Åstrand ym., 2003.) Happamoituminen koetaan särkynä lihaksessa.

### **2.1.2 Proprioseptinen aisti**

Kaikki muutokset luurankolihaksissa eivät ole tahdonalaisia, vaan niitä ohjaa myös proprioseptinen aisti eli asento- ja liiketuntoaisti. Tämän avulla ihminen aistii asentoa ja kehon liikettä. Proprioseptisen aistin reseptoreita ovat lihaksen pituuden muutosta aistivat lihaskäämit (muscle spindles). Poikkijuovaisessa lihaksessa lihaskäämit sijaitsevat lihaksen sisällä ja myös niillä on kyky supistua. Tosin niiden supistuminen tapahtuu ainoastaan lihassyyn keskikohdassa. Reseptoreita sijaitsee lihaksen lisäksi jänteissä ja nivelpusseissa. Jännettä ja lihasta yhdistävässä liitoksessa on alue, jossa sijaitsee golgin jänne-elin (golgi tendon organs). Se reagoi, kun lihas supistuu lihaksen aktivoituessa tai jos lihaksessa tapahtuu passiivista venymistä. Golgin jänne-elimien tehtävän on estää supistukset, jotka ovat liian voimakkaita ja liian nopeita. (Hiltunen ym., 2003.)



KUVA 3. Lihaksessa sijaitsee pituuden ja paineen muutokseen reagoivia reseptoreita, joita nimitetään proprioseptiksi aistiksi (Hiltunen ym., 2003 s.251).

Lihaskäämejä (merkitty kuvassa 3 numerolla 1) sijaitsee kylkivälilihaksissa, kaikissa kurkunpään lihaksissa, kieltä liikuttavassa m. genioglossuksessa (ks. liitteet 1-3), kielen sisäisissä lihaksissa ja osittain kasvojen lihaksissa. Lihakseen efferenttiä, informaatiota lihakseen vievää (merkitty kuvassa 3 numerolla 3) hermoa pitkin tullut impulssi välittyy samanaikaisesti myös lihaskäämeihin. Efferentit hermosäikeet aktivoituvat lihaksen aktivoituessa ja pitävät huolta siitä, että proprioseptinen herkkyys säilyy lihaksen olotilasta huolimatta (McArdle, Katch & Katch, 2001). Lihaskäämin ympärille kiertyvät afferentit (merkitty kuvassa 3 numerolla 2) hermopäätteet kulkevat samansuuntaisesti lihassyiden kanssa. Afferentit neuronit tuovat keskushermoston heijastekeskukseen tietoa siitä muutoksesta, mikä lihaksen pituudessa tapahtui hermoimpulssin seurauksena ja missä ajassa tämä muutos tapahtui. (Borden, Harris & Raphael, 2003; Hiltunen ym., 2003).

Muutos lihaksen pituudessa saattaa olla seurausta venymisestä, jolloin muutos on luonteeltaan passiivista. Venymisheijasteiden vuoksi poikkijuovaiset lihakset reagoivat lihaksen venymiseen supistumalla lihasta. Lihaksen supistuu, kun lihaskäämiin kohdistuu venytys. Tämä auttaa ihmistä säilyttämään asentoa pitkiäkin aikoja. (Hiltunen ym., 2001.)

## 2.2 Äänentuottoon vaikuttavat lihakset ja niiden toiminta

Äänihuulten värähtelyyn vaikuttavat ääniraon kokoa säätelevät lihakset. Äänihuulia liikuttavat lihakset saattavat äänihuulet riittävän lähelle toisiaan niin, että ns. ”Bernoullin efekti” mahdollistuu. Bernoullin efekti on Daniel Bernoullin mukaan nimetty virtausfysikaalinen ilmiö, joka tarkoittaa, että nesteen tai kaasun

virtaus kiihtyy kapeikossa. Tästä seuraa alipaine kapeikkoon muodostuvan virtauskanavan keskelle. Äänihuulien ollessa kiinni, muodostuu niiden alle painetta, kunnes paine nousee niin korkeaksi, että se syrjäyttää äänihuulten massan ja ilma virtaa paineen avaamasta aukosta ylös ääniväylään. Samalla äänihuulten välissä oleva paine vähenee ja ylipaine vaihtuu äänihuulten yläpuolelle. Ääniraon ilmanpaineen lasku ja kudoksen kimmoisuus aiheuttavat imun, jonka seurauksena äänirako sulkeutuu uudestaan, ensin alapinnaltaan ja lopuksi yläpinnaltaan. Bernoullin efekti, äänihuulten vertikaalinen liike värähdysten aikana sekä inertia (ilmamassan hitausominaisuus) mahdollistavat äänihuulten värähtelyn jatkumisen. (Titze, 1994; Laukkanen & Leino, 1999.) Värähtelytiheys voi olla maksimissaan jopa toista tuhatta hertsiä.

Yleisen vanhan uskomuksen mukaan jokaista ääniraon avautumis- ja sulkeutumisliikettä edelsi hermojen välittämä impulssi. Värähtelynopeus selittyy juuri edellä kuvatulla aerodynaamis-myoelastisella periaatteella, eivätkä lihakset ja niiden hermosäikeet voisi yltää tällaiseen nopeuteen itsekseen. Lihasten merkitys fonaation eli äänentuoton, aikana on kuitenkin merkittävä. Lihakset lähentävät äänihuulia mahdollistaen äännön ja erkanevat toisistaan mahdollistaen hengitysilman virtaamisen keuhkoihin henkitorvea pitkin sekä vaikuttavat värähtelytiheyteen säätelemällä äänihuulten jäykkyyttä ja massaa. (Sundberg, 1988; Titze, 1994.) Hyperfunktionaaliseen dysfoniaan liittyy voimakas ja epätarkoituksenmukainen äänentuotonlihasten käyttö.

Kurkunpään lihakset voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin. Ulkoiset lihakset liittävät kurkunpään muihin ympäröiviin rakenteisiin kuten rintalastaan ja kieliluuhun. Supistuessaan ulkoiset lihakset vaikuttavat kurkunpään asemaan edestä taakse ja ylhäältä alas kulkevalla tasolla. Kurkunpään sisäiset lihakset puolestaan säätelevät ääntöön liittyvää tarkempaa lihastyöskentelyä ja liittävät kurkunpään rustoiset rakenteet toisiinsa. (Sundberg, 1987; Seikel, King & Drumright, 2000.)

### 2.2.1 Kurkunpään ulkoiset lihakset

Ulkoisten kurkunpään lihasten lähtö- tai kiinnittymiskohta on kurkunpään rustoissa. Kurkunpään ulkoisten lihasten jaottelu voidaan tehdä sen perusteella nostavatko vai laskevatko lihakset kieliluuta (ks. taulukko 2). Kieltä liikuttavat lihakset toimivat usein kurkunpäättä liikuttavien lihasten synergisteinä, toimintaa avustavina lihaksina. (Seikel, King & Drumright, 2000.)

TAULUKKO 2. Kurkunpään ulkoiset lihakset ks. liite 1-3 (Seikel, King & Drumright, 2000.)

---

#### Kieliluuta ja kurkunpäättä nostavat lihakset

1. **M. stylohyoideus** – nostaa kieliluuta ja rajoittaa sekä digastricuksen että kieliluun liikettä.
2. **M. mylohyoideus** – nostaa kurkunpäättä yhdessä hyoglossus lihaksen kanssa ylöspäin.
3. **M. geniohyoideus** – nostaa kieliluuta ylös ja eteenpäin.
4. **M. hyoglossus** – nostaa kieliluuta ylöspäin, mutta laskee kieltä.
5. **M. genioglossus** – nostaa kieliluuta, mutta on pääasiallisesti kieltä liikuttava lihas.
6. **M. digastricus anterior ja posterior** – nostaa kieliluuta ylöspäin, mutta laskee alaleukaa.
7. **M. thyropharyngeus** - yhdessä m. cricopharyngeuksen kanssa nämä lihakset kuljettavat ruokaa nielun läpi ja voivat toimia myös kurkunpään ylöspäin nostajina.

#### Kieliluuta ja kurkunpäättä laskevat lihakset

8. **M. sternothyroideus** – laskee pääsääntöisesti kilpirustoa alaspäin
  9. **M. omohyoideus** – laskee kieliluuta alas sivulle
  10. **M. thyrohyoideus** – laskee kieliluuta, mutta nostaa kurkunpäättä.
  11. **M. sternohyoideus** – yhdessä muiden kurkunpäättä laskevien lihasten kanssa stabiloi myös kieliluun.
- 

Ääniväylä on äänihuulista huuliin ja sieraimiin ulottuva ontelosto, joka käsittää nielun ja suuontelon sekä nenäontelon. Väylän muotoa ja pituutta säädellään tuottamalla eri lihasten avulla väylään kapeikkoja ja muuntamalla kurkunpään ja huulten välistä etäisyyttä. Ääniväylän pituutta voi säädellä vain siinä määrin, kuin yksilön rakenne sen mahdollistaa. Esimerkiksi naisten ja lasten ääniväylä on lyhyempi kuin miesten. Ääniväylää voidaan pidentää esimerkiksi laskemalla kurkunpäättä tai työntämällä huulia pyöreäksi kuin sanottaisiin [u:].

Kurkunpäättä alaspäin vetäviä lihaksia ovat rintalasta-kieliluulihas, rintalasta-kilpirustolihas, lapa-kieliluulihas ja kilpirusto-kieliluulihas. Rintalasta-kieliluulihas (*m. sternohyoideuksen*) lähtee rintalastan manubriumin takaosasta ja

kiinnittyy kieliluuhun. Myös rintalasta-kilpirustolihas (*m. sternothyroideus*) lähtee rintalastan manubriumista takaosasta sekä ensimmäisestä kylkiluusta ja kiinnittyy viistosti kilpirustoon. Kurkunpäästä alas sivulle liikuttava lihas on lapa-kieliluulihas (*m. omohyoideus*), joka lähtee lapaluun yläreunasta ja kiinnittyy kieliluuhun. Kilpirusto-kieliluulihas (*m. thyrohyoideus*) lähtee viistosti kilpirustosta ja kiinnittyy kieliluun isoon sarveen. Lihasten tehtävä on lähentää kieliluuta ja kilpirustoa toisiinsa. (Sundberg, 1988; Feneis & Dauber, 2000.)

Kurkunpäästä nostavat kaksirunkoinen alaleuan lihas, puikkolisäke-kieliluulihas ja suunpohjan leveälihas (*m. mylohyoideus*). Kaksirunkoinen alaleuan lihas (*m. digastricus*) lähtee kartiolisäkkeestä korvan takaa ja kiinnittyy leukaluun sisäpuoliseen osaan luuta sekä ligamentin avulla myös kieliluuhun. Lihasten tehtävä on nostaa kieliluuta ylöspäin. *M. digastricus* kulkee osittain puikkolisäke-kieliluulihas (*m. stylohyoideuksen*) läpi. *M. stylohyoideus* lähtee ohimoluun puikkolisäkkeestä ja kiinnittyy kieliluun pikkusarveen. Lihas liikuttaa kieliluuta taakse ja ylöspäin. Suunpohjan muodostava suunpohjan leveälihas lähtee leukaluusta ja kiinnittyy kieliluuhun. *M. mylohyoideus* vastaavasti liikuttaa kieliluuta eteen- ja ylöspäin. (Sundberg, 1988; Feneis & Dauber, 2000.)

### **2.2.2 Kurkunpään sisäiset lihakset**

Kurkunpään sisäisten lihasten sekä lähtö- että kiinnittymiskohta on joko kannurustoissa, rengasrustossa tai kilpirustossa. Kurkunpään sisäiset lihakset ovat erikoistuneet hengitysteiden suojaamiseen, hengitykseen ja ääntöön. Kurkunpään toimintaan vaikuttavia sisäisiä lihaksia ovat lähentävät (adductors) tai loitontavat (abductors) lihakset, äänihuulia jäykistävät lihakset (tensors) ja äänihuulia rentouttavat lihakset (relaxers) (Ks. taulukko 3, s. 15). Kurkunpään sisäisistä lihaksista lähentäjät mahdollistavat äännön ja loitontajat puolestaan mahdollistavat äkillisen sisäänhengityksen ja soinnittomien äänteiden tuoton. (Seikel, King & Drumright, 2000.)



TAULUKKO 3. Kurkunpään sisäiset lihakset ks. liitteet 1-3 (Seikel, King & Drumright, 2000.)

---

#### Äänihuulien lähentäjät

**12. M. arytenoideus transverses** – vetää kannurustoa lähemmäksi toisiaan.

**13. M. arytenoideus obliquus** – kallistaa kannurustoja alas-sisäänpäin.

**14. M. cricoarytenoideus lateralis** – kallistaa kannurustoja sisään-alaspäin pidentäen äänihuulten pituutta.

#### Äänihuulien loitontajat

**15. M. cricoarytenoideus posterior** – toimii cricoarytenoideus lateraliuksen vastavaikuttaja lihaksena.

#### Äänihuulia jäykistävät lihakset

**16. M. thyroarytenoideus** – jakaantuu toimintansa vuoksi kahteen lihaspariin: thyromuscularis (ks.alla) ja *thyrovocalis*. Thyrovocalis toimii m. cricothyroideuksen vastavaikuttaja lihaksena.

**17. M. cricothyroideus pars recta ja pars obliqua** – laskee kilpirustoa rengasrustoa kohti (tärkeä lihas korkeudenvaihtelussa /pitch change).

#### Äänihuulia rentouttavat lihakset

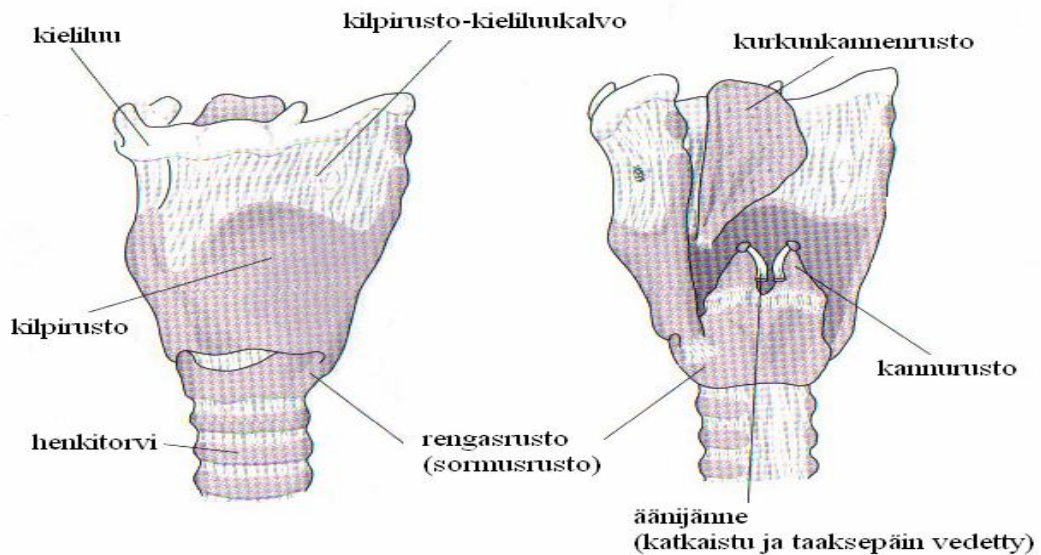
**18. M. thyroarytenoideus lateralis (thyromuscularis)** – lähentää ja pidentää äänihuulia

**19. M. thyroarytenoideus superior** - ei löydettyävissä kaikilta henkilöitä

---

Äänentuottoon vaikuttavat keskeisesti äänirakoa sulkevat ulompi rengas-kannurustolihas (*m. lateral cricoarytenoideus*), kannurustojen välinen lihas (*m. interarytenoideus*) ja takainen rengaskannurustolihas (*m. posterior cricoarytenoideus*). Ulompi rengasrusto-kannurustolihas lähtee rengasruston ulkoreunasta ja kiinnittyy kannuruston lihaslisäkkeen etupuolelle. Supistuessaan lihaspari lähentää äänihuulia toisiinsa. M. interarytenoideus -lihas jakautuu kahteen lihakseen: ristikkäinen kannurustolihas (*m. oblique arytenoideus*) ja poikittainen kannurustolihas (*m. transverse arytenoid*). M. oblique arytenoideus lähtee kannuruston alaosan lihaslisäkkeestä ja kiinnittyy vastakkaisen kannuruston kärkeen. M. transverse arytenoid lähtee kannuruston takaosan sivusta ja kiinnittyy vastakkaiselle puolelle kannurustoa vastaavaan kohtaan. (Feneis & Dauber, 2000; Titze, 2000.)

Lihaksien paikantamisen helpottamiseksi näkyy kuvassa 4 kurkunpään anatominen rakenne. Kuva selventää myös lihasten nimitystä ja toimintaa.



KUVA 4. Kurkunpään anatomiaa viistosti edestä vasemmalta ja vinosti takaa päin niskanpuolelta katsottuna. (Hiltunen ym., 2003 s.330).

Takainen rengaskannurustolihas (*m. posterior cricoarytenoideus*) lähtee rengasruston takaosasta ja kiinnittyy kannuruston lihaslisäkkeen takaosaan. Supistuessaan *m. posterior cricoarytenoideus* loitontaa äänihuulet toisistaan nostamalla rengasrustoa eteenpäin kallistaen samalla kannurustoa taaksepäin. Oleellisinta lienee, että kannurusto kääntyy samalla ulospäin siten, että sen etuosan lihaslisäke ja samalla siihen kiinnittyvä äänihuuli siirtyvät samanaikaisesti kauemmas glottiksen eli ääniraon keskiviivasta. (Sundberg, 1988; Feneis & Dauber, 2000.)

Perustaajuuteen, äänihuulien pituuteen sekä jäykkyyteen vaikuttaa pääasiallisesti parillinen rengas-kilpirustolihas (*m. cricothyroideus CT*), joka jaetaan kahteen osaan: vino osa (*pars obliqua / oblique*) ja suora osa (*pars recta / erect*). *M. cricothyroideus* lähtee rengasruston etupuolelta ja kiinnittyy kilpiruston alaosan reunan ulko- ja sisäpuolelle. Vagus-hermon *recurrens*-haara (palaava haara) hermottaa kaikkia muita kurkunpään sisäisiä lihaksia, mutta saman hermon

superior-haara (ylähaara) hermottaa *m. cricothyroideusta*. Supistuessaan rengas-kilpirustolihas kallistaa kilpirustoa eteen alas. Liike pidentää äänihuulien pituutta, jolloin äänihuulen kuorikerros jäykistyy. Tämä tekee rengas-kilpirustolihaksesta pääasiallisen sävelkorkeutta säätelevän lihaksen. (Sundberg, 1988; Feneis & Dauber, 2000; Titze 2000.)

Kilpiruston ja kannuruston välistä etäisyyttä toisistaan säätelee parittainen kilpirusto-kannurustolihas (*m. thyroarytenoideus*, TA), jota hermottaa vagushermon *recurrens*-haara. Tämä lihas määrää äänihuulen massan suuruuden. Tavallisesti lihas jaetaan kahteen osaan: sisempään äänihuulilihakseen (*m. thyrovocalis / vocali*) ja ulompaan äänihuulilihakseen (*m. thyromuscularis*). Sisempi äänihuulilihas toimii nopeana äänihuulen lyhentäjänä ja ulompi äänihuulilihas puolestaan hienosäätää äänihuulen toimintaa. Supistuessaan ja jäykistyessään synergisesti nämä kaksi lihaksen eri osaa vetävät kannurustoja eteenpäin. Liike saa aikaan sen, että äänihuulet lyhenevät, paksuuntuvat ja äänihuulen kuorikerros löystyy. Äänihuulen yläosassa on lisäksi äänijänne (*vocal / inferior thyroarytenoideus ligamentum*). Äänijänne on kimmosuppilon vapaassa yläreunassa sijaitseva jänne, joka kulkee kannurustojen haarakkeesta kilpirustoon. (Sundberg, 1988; Feneis & Dauber, 2000; Titze 2000.)

## 2.3 Funktionaalinen dysfonia

Äänihäiriöt voidaan luokitella alkuperäisen taudinaiheuttajan mukaan orgaanisiin tai funktionaalisiin häiriöihin. Luokittelun avulla voidaan häiriötä hoitaa asianmukaisesti ja puuttua sen taustatekijöihin (Milutinović, 1996). Luokittelua vaikeuttaa se, että aina ei ole selvää, mikä on häiriön primäärinen tai sekundäärinen syy. Orgaaninen ja funktionaalinen häiriö voivat esiintyä häiriön synnyn tapahtumaketjussa vuorotellen eri vaiheissa. Häiriön taustalla saattaa olla orgaaninen tai rakenteellinen poikkeama, jota ei vielä ole havaittu (Titze, 1994), tai havaitut orgaaniset muutokset kudoksissa on aiheuttanut haitallinen äänentuottotapa (Milutinović, 1996).

Äänihäiriö luokitellaan orgaaniseksi häiriöksi, kun siihen liittyy elimellisiä muutokset äänihuulissa. Orgaaninen muutos äänihuulissa voi aiheuttaa

äänentuotossa kompensaation, joka johtaa toiminnallisen häiriöön äänessä. Varsinainen primäärinen vaiva esimerkiksi tulehdus voi parantua spontaanisti, mutta sekundäärinen vaiva, haitallinen tapa tuottaa ääntä, tulehduksen jälkeenkin. (Milutinović, 1996.)

Funktionaalinen äänihäiriö voidaan luokitella sen mukaan 1) miten häiriö kuullaan äänessä, 2) miten häiriö rajoittaa äänentuottoa ja 3) miten henkilö itse kokee äänensä (Schneider, Wendler & Seidner, 2002) tai sen mukaan 4) miten ääntä tuotetaan, 5) miten henkilöä ohjaa opittu äänentuottomalli, 6) miten henkilö pystyy mukauttamaan ääntään tarpeen mukaisesti ja 7) miten emotionaalinen stressi tai lihasjännitykset vaikuttavat äänentuottoon (Fawcus, 1986).

Morrisonin ja Rammagen (1993) mukaan funktionaalinen äänihäiriö pitäisi nimetä uudestaan. Tutkijat esittävät käytettäväksi nimeä, joka kuvaisi paremmin häiriön aiheuttajan alkuperää: virheellisestä lihasten käytöstä johtuva äänihäiriö (muscle misuse voice disorders). He näkevät, että ongelma on ääniraon sulkua säätelevät lihakset. Ongelma ei ole yksittäisessä lihaksessa, vaan niiden tavassa toimia tasapainoisesti yhdessä muiden lihasten kanssa (Titze, 1994). Epätasapaino voi johtua siitä, että lihas supistuu liian voimakkaasti tai riittämättömästi suhteessa toimintaan tai muihin lihaksiin nähden (Milutinović, 1996).

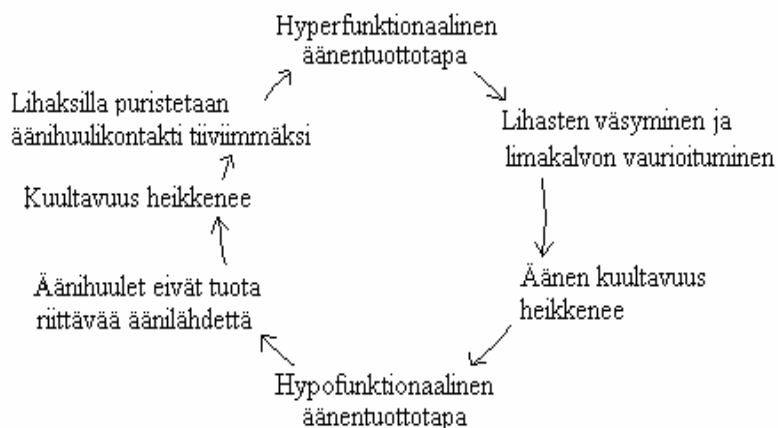
### **2.3.1 Funktionaalinen dysfonia toiminnan tasolla**

Toiminnallinen äänihäiriö voidaan jakaa äänentuoton toimintatavan perusteella hypo- ja hyperfunktionaaliseen dysfoniaan. Jako tehdään sen mukaan miten äänirako sulkeutuu äännön aikana. Äänirako jaetaan kolmeen osaan: 1) kaksi kolmasosaa eli ns. etukolmannes, 2) huulirako eli keskikolmannes, joka muodostuu äänihuulista ja 3) kannurustojen väliin jäävä osa rustorako, takakolmannes. (Krescheck, 2004.)

Hypofunktionaalisessa äänentuottotavassa äänirako ei sulkeudu tasaisesti, vaan takakolmannekseen jää liian suuri rako. Toisaalta takakolmannes voi sulkeutua hyvin, mutta keskikolmannekseen jää rako. Raosta karkaa äännön aikana liikaa ilmaa ja se tekee äänestä tyypillisesti huokoisen ja vuotoisen.

Hypofunktionaaliseen dysfoniaan liittyy kudoksen ärsyyntymistä. Hypofunktionaalinen dysfonia kehittyy esimerkiksi silloin, kun henkilö on pitkään tuottanut ääntä hyperfunktionaalisella tavalla. (Krescheck, 2004.)

Hyperfunktionaaliseen tapaan tuottaa ääntä liittyy toimintaan nähden kohtuuton kurkunpään lihasten supistusvoiman käyttö. Äänirako suljetaan liian voimakkaasti ja vastaavasti raon avaamiseen tarvitaan vastaavasti paljon ilmanpainetta. Tällainen liiallinen voimakäyttö aiheuttaa äänihuulikudoksiin mekaanista rasitusta etenkin lihaskudostasolla. (Fawcus, 1986; Titze, 1994.) Jännittymistä voi ilmetä eri kohdissa ääntöväylää, mutta yleensä sitä esiintyy äänihuulten korkeudella. (Nicolasi, Harryman & Krescheck, 2004.) Hyperfunktionaalinen ääni kuulostaa puristeiselta ja ponnisteiselta. Kuvassa 5 kuvataan hypofunktionaalisen ja hyperfunktionaalisen dysfonian vaikutuksia toisiinsa.



KUVA 5. Hypo- ja hyperfunktionaalisen dysfonian ”oravanpyörä”

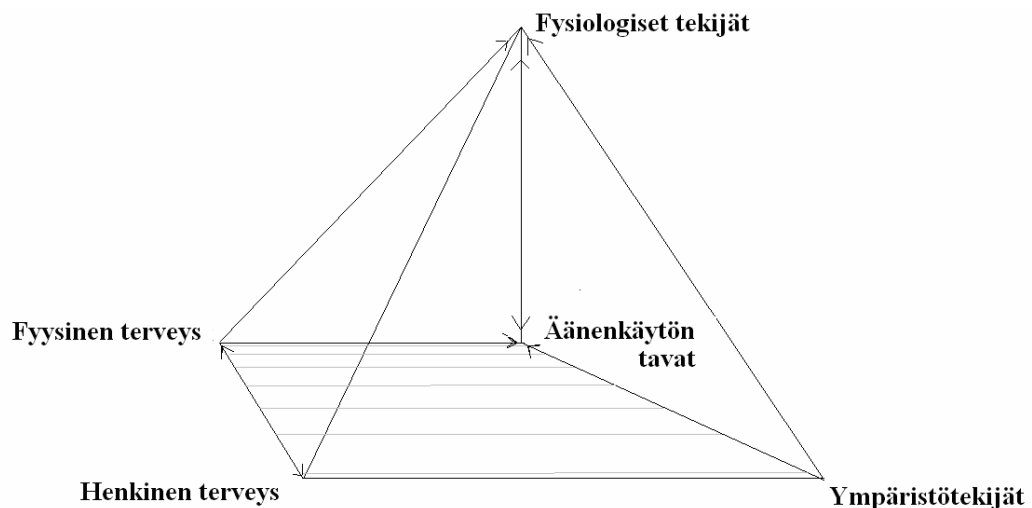
Eroa hypo- tai hyperfunktionaalisen ääntuottotavan välillä ei voida tehdä stroboskopia -tutkimuksen perusteella. Sama ym. (2001) tutkimuksessa kävi ilmi, että yli 60 % koehenkilöistä, joilla ei ollut diagnosoitu funktionaalista dysfoniaa, tuotti ääntä puristeisesti. Jako hypo- tai hyperfunktioon antaa ennemminkin viitteitä siitä, millaisia koettuja ongelmia henkilöllä ensisijaisesti liittyy äänihäiriöön. Hyperfunktionaalisen diagnoosin saaneilta koehenkilöiltä löytyi enemmän erilaisia selittämättömiä fyysisiä tuntemuksia kuin tutkimukseen

osallistuneilta terveiltä koehenkilöiltä. (Schneiderin, Wendlerin & Seidnerin, 2002).

### 2.3.2 Hyperfunktionaalinen dysfonia

Yhtenä yleisimpänä syynä äänihäiriöiden syntymiseen pidetään puristeista tapaa tuottaa ääntä. Puristeisuudella pyritään vastaamaan niihin haasteisiin, joita ääneen kohdistuu ja puristeisuus saattaa kehittyä kuormituksen myötä. Haasteita asettavat 1) ympäristötekijät, 2) omaksutut äänentuottotavat, 3) fyysinen terveydentila, 4) henkinen terveydentila ja 5) yksilölliset fysiologiset tekijät. (Fawcus, 1986.)

Kuvassa 6 on tuotu visuaalisesti esille niitä tekijöitä, jotka kuormittavat ääntä. Äänen kuormittuminen voi johtaa hyperfunktionaalisen dysfonian syntyyn.



KUVA 6. Hyperfunktionaalisen dysfonian syntyyn vaikuttavat tekijät äänipyramidissa (mukaillen Tyrmi, 2007)

Ympäristötekijöihin ei voida useinkaan vaikuttaa, vaan niihin mukaudutaan. Puheen kuuluvuuteen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat akustiikka, etäisyys kuulijoihin ja taustamelu. Akustiikka parhaimmillaan tukee puhujan ääntä niin, että se on ymmärrettävää (akustiset vihjeet, eli vokaalien ja konsonanttien nopeat vaihtelut puheessa ovat kuultavissa) ja kuuluvaa. Liiallinen jälkikaiku tai melu voi hukuttaa akustisia vihjeitä ja vaikuttaa kuulohavaintoon. (Howard & Angus, 2001.)

Melu on yleisin äänihäiriöön vaikuttavista tekijöistä (Reimers, Niels & Yairi, 1987). Puhuja pyrkii voimaa ja korkeutta lisäämällä saamaan äänensä kuulumaan melun yli. Kun äänenkäytön tekniikka on puutteellista, koetetaan pelkästään ääntöväylää kaventamalla muuttamaan ilmanpaineen ja –virtauksen välistä suhdetta. Puhujalla on tarkoituksena saada korkeat osasävelet voimistumaan niin, että äänestä tulee kuuluvampi. Tekniikka saattaa helposti johtaa puristeisesti voimistettuun äänenkäyttötapaan. Tämän seurauksena kudokset rasittuvat ja saattaa vaurioitua. (Laukkanen & Leino, 1999; Jong, Kooijman & Orr, 2001)

Huoneilman kosteus vaikuttaa äänen rasittumiseen niin, että kuivuuden lisääntyessä rasituksen tuntemus lisääntyy hartioissa ja kurkussa. Erityisesti naiset kokevat huoneilman kosteuden vaikutuksen äänen rasittumiseen. (Vintturi, Alku, Sala, Sihvo & Vilkmann, 2003.) Liian kuiva huoneilma saattaa johtaa kurkunpään tulehdukseen ja horjuttaa siten yleistä terveydentilaa. (Seikel, King & Drumright, 2000).

Sairaudet, kuten astma ja allergia lisäävät äänihäiriöiden syntymisen riskiä. Lääkkeet, joita sairauksien hoitoon käytetään voivat kuivattaa limakalvoja ja heikentää limakalvon rasituksen sietokykyä. Tällaisia lääkkeitä ovat esimerkiksi erilaiset kortisonit. (Sala, Sihvo & Laine, 2001.)

Tapa, jolla ääntä tuotetaan lisää äänihäiriön kehittymisen riskiä. Voimakas ja runsas äänenkäyttö sekä korkealta puhuminen, lisäävät kurkunpään kudosten rasittumista. Rasitus aiheuttaa joillekin vocalis-lihaksen tonuksen heikkoutta tai jonkinasteista turvotusta äänihuulissa. Tämän seurauksena ilmavirtaus kasvaa ja perussävelkorkeus laskee. (Reimers, Niels & Yairi, 1987.)

Hyperfunktionaalinen ääni on ponnisteinen, kireä (strident), karhea (harsh) ja tilanteeseen suhteutettuna liian voimakas (Fawcus, 1986.) Rasittuneessa äänessä saattaa olla kuultavissa myös käheyttä (hoarse) tai kimeyttä (shrill) sekä sävelkorkeuden särkymistä ja falsettia. Ääni tuntuu rasittuneelta, pitkän äännön pitäminen vakaana vaikeutuu ja ääni saattaa jopa katkeilla. (Dworkin, Meleca & Abkarian, 2000). Puheessa esiintyvät kovat alukkeet eli paukahdukset vokaalien yhteydessä antavat viitettä yhteenpuristetuista äänihuulista. Äänihuulia

lähentävät lihakset pyrkivät vastustamaan allaan olevan ilmapilarin vapautumista ääniraon läpi. Kun ilmanpaine lopulta voittaa lihasvoiman vastuksen, kuuluu äänessä aluke. (Fawcus, 1986; Laukkanen & Leino, 1999.) Aronsonin (1990) mukaan nämä äänen laadulliset ominaisuudet ovat luonnollisia reaktioita stressiin. Ne voidaan kuitenkin hänen mukaansa välttää, jos äänenkäyttö on kontrolloitua.

Toiminnallisiin äänihäiriöihin liittyy usein emotionaalinen stressi, johon kurkunpään ulkoiset ja sisäiset lihakset ovat erittäin herkkiä reagoimaan (Aronson, 1990; Dworkin, Meleca & Abkarian, 2000). Aronsonin (1990) mukaan lihasten supistumista ja kieliluuta sekä kurkunpäästä nostavat ylös viha, kiukku, pelko, huoli, ärsyyntyneisyys, kärsimättömyys, turhautuneisuus ja masentuneisuus.

Emotionaalinen stressi, niin kuin fyysinenkin, vaikuttaa hengitykseen. Stressi saa aikaan äänihuulien tiukan sulun. Sulun tarkoituksena on stabiloida rintakehä, jolloin yläraajat pääsevät toimimaan räjähtävällä voimalla. Vastaavasti äänihuuliraon tulee avautua maksimaalisesti, jotta esteetön ilmakulku mahdollistaa kehon tarvitseman lisähapen. (Aronson, 1990; Jong, Kooijman & Orr, 2001.)

Stressiä saattaa yksinkertaisesti olla ääneen kohdistuva runsas rasitus. Kurkunpään sisäisten lihasten yleinen jännittyminen, mutta erityisesti m. cricoarytenoideus lateralsen ja kannurustoja liikuttavien lihasten rasittuminen kohtuuttoman ja voimakkaan jännittymisen seurauksena johtaa toiminnalliseen äänihäiriöön. Häiriöön liittyy myös lihasten thyroarytenoideus, cricothyroideus ja cricoarytenoideus posteriorin toimintaan nähden liian voimakas supistuminen. (Seikel, King & Drumright, 2000.)

Kurkunpään sisäiset ja ulkoiset lihakset reagoivat heijasteisesti toistensa lihasaktiiviteetin tasoon. Sisäisten lihasten jännittyminen heijastuu ulkoisiin lihaksiin ja päinvastoin. (Angsuwarangseen & Morrisonin, 2002.) Niska-hartia -seudun lihasten sekä kielen ja leuan alueen lihasten kireydet liittyvät usein hyperfunktionaaliseen äänihäiriöön. (Dworkin, Meleca & Abkarian, 2000).



Limakalvojen epätasaisuus, viskositeetin ja limanerityksen lisääntyminen voivat johtaa kurkunpään lihasten jännittymiseen (Hsiao, Lin & Liu, 2002).

Sukupuolten välillä on eroja äänihäiriöiden yleisyydessä. Hyperfunktionaalinen dysfonia on huomattavasti yleisempää naisilla kuin miehillä (Wilson ym., 1995 ). Ensinnäkin miesten äänihuulet kestävät enemmän rasitusta, koska heidän äänihuulissaan on enemmän hyaliinia (hyaluronic acid) ja kollageenia kuin naisilla. Hyaliini on runsaasti vettä sitova sokeriyhdiste, joka vaikuttaa kudoksen viskositeettiin, liikkuvuuteen, osmoosiin ja vaimentaa kudokseen kohdistuvaa iskua (Gray ym., 1999). Toiseksi naisilla ääniraon takaosa (rustorako) on rakenteiden erojen vuoksi enemmän auki kuin miehillä. Naisten kilpiruston etukulma on loivempi, jolloin äänihuulivärähtelyssä kontaktipinta on suhteellisesti ottaen pienempi ja törmäysrasitusta per pinta-ala kohdistuu äänihuuliin enemmän naisilla kuin miehillä (Dejonckere, 2001).

Liika rasitus vaikuttaa äänentuottoon osallistuvien lihasten tasapainoon (Vilkman, 2000), mutta rasittuminen yksistään ei aiheuta toiminnallista äänihäiriötä (Bridger & Epstein, 1983), vaan yksilölliset rakenteelliset heikkoudet, lihasten voimankäyttö ja kudoksen palautumisnopeus saattavat määrätä sen, kenelle häiriö kehittyy (Fawcus, 1986; Reimers, Niels & Yairi, 1987; Titze, 2000). Puutteellinen tieto ja ennen kaikkea taitotaso äänenkäytössä, emotionaaliset vaikeudet ja huonot ääniergonomiset olosuhteet yhdessä voivat joillakin yksilöillä johtaa toiminnalliseen äänihäiriöön (Cooper 1977).

## **2.4 Yleistä äänentutkimuksen menetelmistä**

Erilaisten parametrien avulla voidaan äänentuoton prosessia mitata siitä, kun hengityslihasten avulla tuotettu paine virtaa äänihuulien läpi ja muuntaa aerodynaamisen energian akustiseksi energiaksi ja välittyy edelleen kuulijalle psyko-akustisena ilmiönä. Prosessia kuvaavat parametrit voidaan jakaa kolmeen osaan: a) äänihuulivärähtelyä sääteleviin, b) äänihuulivärähtelyä määritteleviin ja c) kuulohavaintoa määritteleviin parametreihin. Taulukosta 4 nähdään kuinka eri parametrit toimivat samanaikaisesti fysiologisella, fyysisellä, akustisella ja psyko-akustisella tasolla. (Hirano, 1981)

TAULUKKO 4. Äänihuulivärähtelyä säätelevät ja määrittelevät parametrit sekä tuotettua ääntä määrittelevät parametrit fysiologisella, fyysisellä, akustisella ja psyko-akustisella tasolla (Hirano, 1981 s. 3)

	Äänihuulivärähtelyä säätelevät parametrit		Äänihuulivärähtelyä määrittelevät parametrit	Tuotettua ääntä määrittelevät parametrit	
Taso	Fysiologinen	Fyysinen	Fyysinen	Akustiset	Psyko-akustinen
	Neuromuskulaarinen kontrolli	(Primaari)	Perussävel	Perustaajuus	Sävelkorkeus
	Hengitysilhakset	Uloshengityksen voima	Symmetria	Äänen voimakkuus (intensiteetti)	Voimakkuus
	Kurkunpään lihakset	Äänihuulten Asento	Tasaisuus	Aallon muoto	Laatu
		Muoto ja koko	Ääniraon sulkku	Akustinen spektri	
		Kinnoisuus	Äänen voimakkuus		
		Viskositeetti	Limakalvon värähtely	Vaihtelu	Vaihtelu
	Artikulaatio lihakset	Väylän muoto	Poikkeamat nopeudessa		
		(Sekundääri)	Aallon muoto		
		Paineen vaihtelut ääniraossa			
		Virtaus			
		Glottisresistanssi			

Fysiologisella tasolla tapahtuva neuromuskulaarinen toiminta ohjaa fyysisellä tasolla lihasten aktivaatiota hengityksessä, kurkunpäässä ja artikulaatioelimissä. Lihasten aktivaatio puolestaan vaikuttaa hengityksen voimaan, äänihuulten ominaisuuksiin ja ääntöväylän muotoon. Äänihuulten värähtelyä määrittelee virtaus, paine ja glottisresistanssi ja värähtelyä säätelevät parametrit perustaajuus, äänen voimakkuus ja alfa-ratio ja EEG. (Hirano, 1981.)

#### 2.4.1 Aerodynaamiset tutkimusmenetelmät

Äänihuulivärähtelyä säätelevät aerodynaamiset parametrit kuvaavat osaltaan sitä, miten ääntä on tuotettu fyysisellä tasolla. Ääntöön tarvitaan äänihuulien lähentämisen lisäksi riittävä, yhtäjaksoinen ilmanpaine ja -virtaus, jotta äänihuulissa saataisiin aikaiseksi värähtelyä. (Hirano, 1981.) Ilmanpaineen (P) vaihtelut kahden mittauspisteen välillä ovat tulosta keuhkoista tuotetun ilman virtauksesta (U) ja väylän vastuksesta (Z).  $P = U \times Z$  (Baken & Orlikoff, 2000 s. 339). Äänihuulten adduktiolla säädetään viime kädessä ääniraon vastusta eli resistanssia. Mitä suurempi adduktio on, sitä suurempi on vastus ja vastaavasti sitä pienempi on ääntöä edeltävä ja äännönaikainen glottisavauma. Tästä seuraa,

että paine on suuri ja virtaus pieni eli resistanssi on suuri. (Titze 1994.) Ääniraon alapuolinen ja yläpuolinen paine, glottisimpedanssi ja transglottaalinen ilmavirtaus äännön aikana vaihtelevat sen mukaan, onko kyseessä äänihuulivärähtelyn kontaktin muodostumisen vai kontaktin purkaantumisen vaihe. (Hirano, 1981.) Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin subglottaalisen ilmanpaineen ja transglottaalisen ilmavirtauksen keskiarvoja sekä niiden välistä suhdelukua, resistanssia.

#### **2.4.2 Paineen- ja virtauksen mittaus**

Keuhkoista tuotettu ilmanpaine on alkusignaali kaikelle äänentuotolle. Paine voidaan määritellä kohtisuoraan tiettyyn pintaan kohdistuvaksi voimaksi. Paine ilmoitetaan kiloPascalleina (kPa) tai vesisenttimetreinä (cmH<sub>2</sub>O) (1 kPa = 10 cmH<sub>2</sub>O). Paineen nousun myötä äänen voimakkuus (SPL) ja perustaajuus nousevat (Dromey & Ramig, 1998).

Habituaalisen äännön aikana normaalit subglottaaliset arvot ovat Hiranon (1981) mukaan 5-10 cm H<sub>2</sub>O ja Baken & Orlikoffin (2000) mukaan naisilla 7,52 cm H<sub>2</sub>O. Funktionaalisessa dysfoniassa saattaa paine vokaaliäännössä nousta jopa 90 cm:iin H<sub>2</sub>O. (Hirano, 1981). Suunsisäinen dynaaminen ilmanpaine voi kertoa ääntöön nähden sopimattomasta tai puutteellisesta ilmanpaineesta. (Baken & Orlikoff, 2000.)

Kynnyspaine (PTP, phonation threshold pressure) tarkoittaa sitä pienintä äänihuulten alapuolista ilmanpainetta, joka kumoaa äänihuulten massan ja työntää äänihuulet erilleen toisistaan ja aloittaa yhtenäisen värähtelyn äänihuulissa. Äänihuulien tulee olla riittävän lähellä toisiaan ja painetta tulee olla riittävästi, että ääniraon läpi oskilloiva ilmavirtaus kuultaisiin äänenä (Titze 1994). Kohonnut kynnyspaine saattaa kertoa äännön työläydestä tai äänen väsymisestä (Baken & Orlikoff, 2000).

Kynnyspaine pienenee, kun äänihuulien viskositeetti vähenee. Viskositeetillä tarkoitetaan äänihuulikudoksessa olevan nesteen sisäistä kitkaa. Viskositeetin kasvu on yksi kynnyspainetta nostava tekijä. Aineenvaihduntatuotteiden

muodostuminen kudokseen voi myös saada aikaan nesteen kertymistä ja turvotusta kudoksessa. Turvotus lisää äänihuulten massaa ja nostaa kynnyspainetta. (Titze 1994; Laukkanen & Leino, 1999). Terveessä äänessä kynnyspaine (soft voice) on 4-5 cm H<sub>2</sub>O (Hirano, 1981) tai 3-5 cm H<sub>2</sub>O (Baken & Orlikoff, 2000.) Edellä mainitut lukemat ovat selvästi korkeampia kuin Elliotin, Sunbergin ja Grammingin (1995), joiden mittausten mukaan kynnyspaine oli puhekorkeudella naisilla 2 cm H<sub>2</sub>O.

Ilmanvirtaus lasketaan paineenmuutoksesta kahden mittauspisteen välillä. Se korreloi sen kanssa, kuinka paljon ilmaa on virrannut tietyn alueen ohi tietyssä ajassa. Ilma virtaa suuremmasta ilmanpaineesta pienempää ilmanpainetta kohti. Äänihuulten ohi virtaavan ilman määrä ilmoitetaan millilitroina sekunnissa tai litroina minuuttia kohden. (Baken & Orlikoff, 2000.) Virtaus kerätään maskin avulla *pneumotachograph* muuntimeen, joka muuntaa virtauksen nopeuden vaihtelut sähköiseksi signaaliksi. Virtausta suuontelon tai nenäontelon läpi ja sisään– tai ulospäin voidaan mitata erikseen. Vokaalin aikainen virtaus antaa enemmän tietoa kurkunpään toiminnan tehokkuudesta ja tarkoituksenmukaisuudesta kuin konsonantin aikainen. (Baken & Orlikoff, 2000.)

Virtaus on yhteydessä sävelkorkeuteen siten, että sävelkorkeuden noustessa myös virtaus yleensä lisääntyy. Naisilla ja miehillä ei ole havaittu eroja virtauksessa. Habituaalisessa äännössä terveillä henkilöillä virtaus on 70–200 ml/sekunti. Hiljaisessa äännössä virtaus on keskimäärin 113 ml/s (Hirano, 1981). Laukkanen ym. tutkimuksessa naisilla keskimääräinen virtaus on hiljaisella puheäänellä välillä 105–645 ml/s ja normaalilla puheäänellä vaihtelua oli välillä 92–316 ml/s (Laukkanen ym., 2005). Holmbergin (1988) mukaan habituaalisella korkeudella puheessa virtaus vaihtelee välillä 90–210 ml/s. Äänihuulikyhyt tai turvotus äänihuulissa eivät muuta virtauksen arvoja yli edellä mainitun vaihteluvälin (Hirano, 1981.) Eustace, Stemple ja Leen (1996) tutkimuksessa kroonisesta toiminnallisesta äänihäiriöstä kärsivien koehenkilöiden keskimääräinen virtaus vaihteli välillä 143–203 ml/s (Baken & Orlikoff, 2000).

### 2.4.3 Glottisresistanssi

Paineen suhdetta virtaukseen kuvataan suhdeluvulla  $R$  [ $\text{cmH}_2\text{O}/(\text{ml/s})$ ] (Isshiki, 1964). Suhdeluku kuvaa äännön laatua. Glottaalinen resistanssi nousee, kun paine nousee ja samanaikaisesti virtaus vähenee. Tämä voi johtua puristeisesta äänentuottotavasta (Laukkanen, 1995.) Useiden tutkimusten mukaan naisilla glottisresistanssi (myös termiä laryngeal airway resistance käytetään) on suurempi kuin miehillä. Tämän epäillään johtuvan siitä, että naisten kurkunpää on pienempi kuin miesten. Mitä pienempi on kapeikko, josta ilma virtaa läpi, sitä suurempi on resistanssi (Titze, 1994, Baken & Orlikoff, 2000.) Paineen kasvu tai virtauksen väheneminen lisää resistanssia (Iwarsson, Thomasson & Sundberg, 1998).

Resistanssi on naisilla hiljaisella puheäänellä 29.5 ja normaalilla puheäänellä välillä 27.2–51.0 (Baken & Orlikoff, 2000). Laukkasen ym. (2005) tutkimuksessa naisilla resistanssin keskiarvo hiljaisella puheäänellä oli 17.7 vaihteluvälillä 14–22.2 ja normaalilla puheäänellä 27.9 vaihteluvälillä 24.6–33.5. Holmbergin (1988) mukaan vaihtelua oli välillä 27.9–92.5.

### 2.4.4 Akustiset äänentutkimusmenetelmät

Akustiset parametrit pyrkivät mittaamaan niitä osatekijöitä, mihin kuulohavainto perustuu. Tuotettua ääntä määritteleviä parametreja ovat esim. perustaajuus, äänen (fysikaalinen) voimakkuus sekä matalien ja korkeiden taajuuskomponenttien välistä suhdelukua kuvaava alfa-ratio. Kun akustisia parametreja tarkastellaan yhdessä aerodynaamisten äänentuoton parametrien, kuten ilmanpaineen tai virtauksen kanssa, voidaan saada tietoa siitä, mitä kyseisellä hetkellä tapahtuu ääniväylässä tai äänihuulitasolla. (Baken & Orlikoff, 2000).

### 2.4.5 Perustaajuus

Ihmisiäni on kompleksista. Signaalissa esiintyy ääniaaltoja, joiden jaksonpituus ja amplitudi ovat erilaisia. Äänihuulilla tuotetussa äänessä ääniaallot ovat harmonisessa suhteessa toisiinsa niin, että perustaajuus ( $F_0$ ) määrää seuraavien aaltojen taajuudet. Ensimmäisen osasävelen taajuus on sama kuin perustaajuuden. (Fant, 1970). Signaali on jaksollista, kun aalto toistuu samanlaisena mitattavalla aikajatkumolla. Perustaajuutta voidaan mitata asettamalla kynnykslukemaksi 0 amplitudia, jolloin mitataan rajan ylityksiä suhteessa aikaan ja saadaan selville signaalin jaksollisuus (zero-crossing method). Vaihtoehtoisesti voidaan laskea sekunnin aikana tapahtuneet impulssit, jotka ylittävät asetetun amplitudi-ajan ja saadaan selville signaalin taajuus (peak-picking method). Käytännössä luonnolliset äänet eivät ole täysin jaksollisia ja mittauksessa joudutaan käyttämään erilaisia suodattimia. (Baken & Orlikoff, 2000.)

Jaksollisen ääniaallon pituus ajassa määrää siis perustaajuuden ( $F_0$ ), joka ilmoitetaan hertseinä (Hz). Yksi hertsi vastaa yhtä sekunnin aikana tapahtuvaa jaksollista aaltoa. Esimerkiksi 100 jaksoa sekunnissa on 100 Hz. Mutta perustaajuuden määrävät myös äänihuulten massa, jäykkyys ja ääniraon läpi virtaavan ilman paine (Titze, 1994). Massaan ja jäykkyyteen vaikuttaa puolestaan kurkunpään rakenne, äänihuulten lihasten aktivaatio yhdessä kurkunpään läpi virtaavan ilmapuhteen kanssa (Baken & Orlikoff, 2000).

Naisten puheääni värähtelee keskimäärin 200 Hz:n taajuudella, siis 200 jaksoa eli värähdystä sekunnin aikana. Miehillä perustaajuus on keskimäärin 100 Hz ja lapsilla noin 300 Hz. (Laukkanen & Leino, 1999.) Habituaalisella puheäänellä  $F_0$  vaihtelee naisilla välillä 162–237 Hz (Holmberg ym., 1988). Korva aistii 20 Hz–20 kHz taajuudella esiintyviä värähtelyjä, mutta on kuitenkin herkistynyt reagoimaan keskikaistalle sijoittuviin värähtelyihin välillä 1000 Hz ja 6000 Hz. (Titze, 1994; Laukkanen & Leino, 1999; Borden, Harris & Raphael, 2003.)

Sävelkorkeus on kuuloaistimus perustaajuudesta. Värähtelyjen taajuuden tihentyessä kuulohavaintomme mukaan sävelkorkeus nousee. Sävelkorkeutta voidaan mitata psykoakustisella asteikolla, kuten esimerkiksi mel -asteikolla

(Suomi, 1990). Mel -asteikko ja perustaajuus eivät noudata lineaarisesti toisiaan. Kun perustaajuus nousee yli 1000 Hz, on korvalla vaikea erottaa pieniä taajuuden muutoksia. Tarvitaan selviä eroja, jotta korva pystyisi tunnistamaan ne eri sävelkorkeudeksi. (Borden, Harris & Raphael, 2003.) Sävelkorkeuden havaitsemiseen vaikuttaa myös äänen intensiteetti ja spektrin rakenne. Voiman kasvaessa koemme äänen korkeampana, vaikka perustaajuus ei muuttuisi. Korkeiden osasävelien voimistuminen puolestaan tekee äänen väristä heleän ja se saa äänen kuulostamaan korkeammalta. (Baken & Orlikoff, 2000). Tästä syystä on hyvä tehdä objektiivisia mittauksia perustaajuudesta.

#### **2.4.6 Äänenvoimakkuus**

Ilmapaineen vaihtelut antavat meille kuulohavainnon äänen voimakkuudesta. Äänen fysikaalinen voimakkuus eli äänenpainetasoa, ilmoitetaan tavallisimmin logaritmisella asteikolla. Luku kasvaa eksponentiaalisesti, kun voimakkuus kasvaa. Desibeli (dB) ilmaisee sitä, kuinka voimakas ääniaallon paine keskimääräisesti on neliösenttiä kohden. Äänenpainetta ilmaistaan kirjainlyhenteellä SPL (sound pressure level). Se on kahden äänenpaineen suhteen logaritmi kerrottuna luvulla kymmenen.

Normaalikuuloisen ihmisen kuulokynnys on keskimäärin 0 dB, jolloin tämän luvun alittavat äänet eivät rekisteröidy aivoissa kuuloaistimukseksi. Tavallinen keskustelu liikkuu 60 dB voimakkuudella ja voimakkaiden äänien kipukynnys on 130 dB kohdalla. (Borden, Harris & Raphael, 2003.) Suomalaisilla naisilla keskusteluvoimakkuudella äänitettyjen luentanäytteiden keskimääräinen SPL on vaihdellut välillä 56–77 dB, kun äänitysetäisyys puhujasta on 40 cm (Laukkanen & Leino, 1999) ja äänitys on tehty vaimennetussa studiossa. Bakenin ja Orlikoffin (2000) mukaan naisilla SPL vaihtelee välillä 60.4 – 77.2 dB ja Holmbergin mukaan vaihtelua on välillä 66.9–81.3 (Holmberg ym., 1988). Hyperfunktionaalinen dysfonia (HFD) ei Angerstein ja Neuschaefer-Ruben (1998) tutkimuksessa vaikuttanut SPL:ään habituaalisella puhekorkeudella äännetyssä pitkässä vokaalissa. Vasta voimakkaasti tuotetussa sanassa voitiin havaita, etteivät sairaat koehenkilöt (99.5 dB) pystyneet tuottamaan yhtä suurta

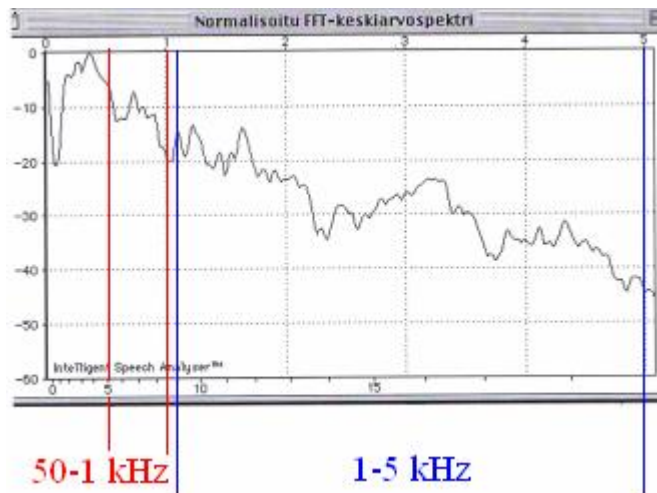
äänenpainetta eli voimakkuutta, kuin terveet koehenkilöt (107.5 dB). Kun ääni väsyä, on työläämpää säilyttää äänen voima (Welham & MaLlagan, 2003).

Äänen fysikaalisesta voimakkuudesta puhuttaessa käytetään usein sekaisin käsitteitä äänenpainetaso tai intensiteetti. Kuitenkin intensiteetti on eri tavoin mitattu suure kuin äänenpainetaso. Intensiteettiä mitattaessa ilmoitetaan voimakkuutta yhdellä neliömetrillä (power per unit area) (Baken ja Orlikoff 2000.) Äänen voimakkuus tai kuuluvuus (loudness) puolestaan on psykoakustinen termi, joka tarkoittaa kuulohavaintoa siitä, kuinka voimakkaaksi ääni on koettu (Titze, 1994; Laukkanen & Leino, 1999).

#### **2.4.7 Alfaratio**

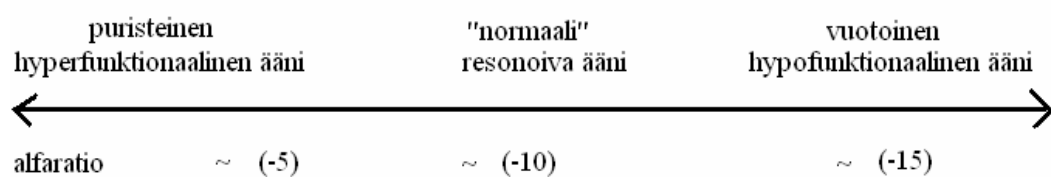
Fourierin teoreemasta voidaan johdatella Fourierin sarja (Fourier series), jonka mukaisesti luonnollisissa äänissä osasävelet heikkenevät harmonisesti sitä mukaan, kun niiden taajuus kasvaa. Tästä muodostuu kalteva spektri, jossa matalimmat osasävelet ovat voimakkuudeltaan vahvempia kuin korkeat formantit. Spektrin kaltevuus heijastaa myös äänentuottotapaa ja korreloi kuulohavaintoon äänenlaadusta. (Baken ja Orlikoff 2000.) Frøkjær-Jensenin ja Prytzin (1975) esittivät, että äänisignaalin eri taajuuskaistojen RMS-keskiarvojen suhdeluvun ( $\alpha$  = amplitude level above 1000 Hz / amplitude level below 1000 Hz) avulla voidaan kuvata äänenlaatua. Alfaratio voidaan laskea myös vähentämällä äänisignaalin eri taajuuskaistojen keskimääräinen SPL desibeleinä ilmaistuna; esim. SPL (1- 5 kHz) – SPL (50 Hz-1 kHz) (ks. kuva 7). Johtuen korkeampien osasävelten heikkoudesta suhteessa matalampiin osasäveliin saadaan tulokseksi negatiivinen luku. Alfa-suhdeluku kuvaa siis äänienergian jakautumista taajuusalueittain, eli spektrin kaltevuutta. (Hirano, 1981; Hurme, 1996.)





KUVA 7. Normalisoidusta FFT-keskiarvospektristä voidaan laskea (Frøkjær-Jensen ja Prytz, 1975) alfaratio vähentämällä sinisellä viivalla rajatusta 1 kHz:n ja 5 kHz:n välisestä taajuusalueesta 50 Hz:n ja 1 kHz:n välinen alue. Vaakasuoralla akselilla esitetään hertzit ja pystysuoralla akselilla puolestaan desibelit.

Puristeisessa äänessä äänirako sulkeutuu nopeasti ja tiiviisti, jolloin spektrin kaltevuus on loiva, eli yläsävelet ovat suhteellisesti vahvoja. Perussävelen amplitudi sen sijaan heikentyy, koska äänirako ei pääse aukeamaan laajalle. (Gauffin & Sundberg, 1989). Kaaviossa 1 havainnollistetaan alfaration suhde äänen puristeisuuden asteeseen.



KAAVIO 1. Akselilla on kuvattu alfaration suhdetta äänen laatuun.

Kitzing (1986) vertasi resonoivaa, vuotoista ja puristeista ääntä keskenään alfaration avulla. Vaikka Kitzing tarkkaan ottaen käyttikin käännteistä alfaa, saadaan sama alfan tulos. Hänen mukaansa spektri on jyrkin puristeisessa äänessä ja loivin vuotoisessa tavassa tuottaa ääntä, eli alfaratio on suurin puristeisessa ja pienin vuotoisessa äänessä. Myös Hartman & von Cramen (1984) raportoivat 1-5 kHz korreloivan äänen jännittyneisyyden kanssa. Kitzingin mukaan spektrin

taajuudet 0-2 kHz välillä kertovat glottaalisista ominaisuuksista, kun taas 3-4 kHz reagoi enemmän äänen resonaatioon. Blomberg & Elenius (1970) tulivat tutkimuksessaan samansuuntaisiin tuloksiin.

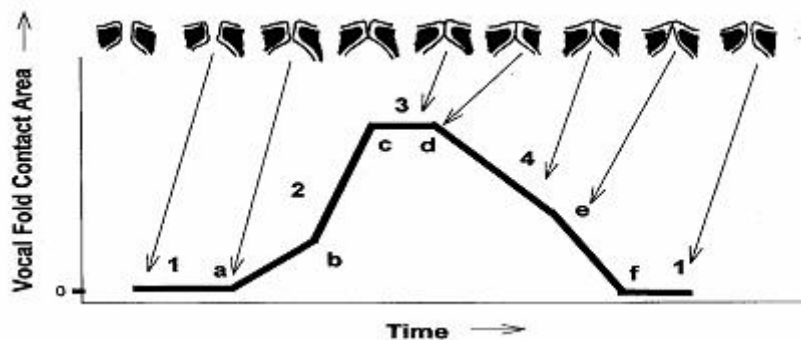
#### **2.4.8 Elektroglottografia (EGG)**

Elektroglottografian avulla voidaan kuvata äänihuulten välisen kontaktin vaihtelua ajassa. Kun äänihuulet ovat yhdessä, kulkee sähkövirta helpommin kudoksen läpi elektrodilta toiselle, ja sähköinen impedanssi on tällöin pieni. Vastaavasti sähkövirtaus heikkenee ja impedanssi kasvaa, kun äänihuulet erkaantuvat toisistaan, sillä ilma johtaa sähköä huonommin kuin kudokset. Tuloksena oleva signaali esitetään graafisesti, jolloin saadaan arvio siitä, kuinka nopeasti äänihuulet sulkeutuvat tai avautuvat. Ääniraon sulkeutumisesta ja kiinnioloajasta EGG-signaalin avulla saatava tieto on luotettavampaa kuin avautumisesta ja aukiolosta saatava. (Hirano, 1981; Baken & Orlikoff, 2000.)

EGG-signaalia on parametrisoitu eri tavoin. Eräs tapa on laskea suhteellinen ääniraon kiinnioloaika, closed quotient eli CQ: Closed quotient ( $CQ = \text{äänihuulien kontaktiaika (closed duration)} / \text{yhden äänihuulivärähdysyksen aika (total period)}$ ) avulla. Verdolini (1998b) mukaan normaalissa puheäänessä CQ on keskimäärin 0,530 ja puristeisesti tuotetussa äänessä 0,572. CQ:n on todettu kasvavan SPL:n ja  $F_0$ :n sekä äännön hyperfunktionaalisuuden asteen myötä. (Baken & Orlikoff, 2000.) CQ:n on jopa todettu korreloivan äänentuottoon liittyvän törmäyspaineen kanssa (impact stress) (Verdolini ym., 1998b). Törmäyspaine puolestaan on keskeisin biomekaaninen voima, jonka avulla on selitetty esimerkiksi äänihuulikyhmyjen syntyä. CQ:n avulla voidaan ilmentää äänentuottotapaa ilman kehon kudoksien sisään asennettavia tai suunsisäisiä mittauslaitteita (Verdolini ym., 1998b).

Kuvasta 8 voidaan nähdä äänihuulikontaktin ja EGG-signaalin vastaavuudet ajallisesti esitettynä. Kuvassa näkyy, kuinka äänihuulten kontakti alkaa ala-kolmanneksesta ja jatkuu vetoketjumaaisesti ylä-kolmannekseen. Kontakti ei ole kuitenkaan kauttaaltaan kokonainen aallon huipulla vaan aivan ala- ja yläosistaan

äänihuulet ovat jo eroamassa toisistaan. Kuva selventää sitä käsitystä, että EGG kuvaa äänihuulien kontaktipinta-alaa äännön aikana. (Baken & Orlikoff, 2000.)



KUVA 8. Vaihe 1 kuvaa äänihuulten minimaalista kontaktia äänihuulten välillä. Vaiheessa 2 alkaa äänihuulten välillä muodostumaan kontaktia ja vaiheessa 3 kontaktipinta-ala on suurimmillaan. Kontakti alkaa vähetä vaiheessa 4, jolloin on loppunut myös yksi äänihuulivärähdys, yksi värähdysyksi (Baken & Orlikoff, 2000 s. 419)

Kuvan 8 kohdassa a ottavat äänihuulia ympäröivät limakalvot kontaktin, jolloin sähköinen virtaus voimistuu äänihuulesta toiseen. Jos a- ja c- kohtia yhdistävän janan kaltevuus on suuri, voidaan päätellä, että äänihuulet lähenevät toisiaan nopeasti. Äänihuulisulku saattaa olla silloin voimakas. Sitä vastoin, jos janan kaltevuus on loiva, voidaan päätellä, että äänihuulet sulkeutuvat vähitellen vetoketjumaista mallia noudattaen. Kohdassa b äänihuulien kontakti on alkanut ja jatkuu kohdasta c kohtaan d niin, että kontaktipinta-ala on laajin. Kohdasta d kohtaan e alkaa äänihuulten kontaktipinta-ala pienentyä, kunnes kohdassa e voidaan nähdä mahdollisesti selvä sähköisen virran välittymisen vähentyminen, kun limakalvoja yhdistävä lima katkeaa. Kohdassa f kontaktipinta-alaa äänihuulien välillä ei enää ole. (Baken & Orlikoff, 2000.)

Optimaalisesti tuotetussa äänessä äänihuulet koskettavat toisiaan kevyesti, jolloin avautumis- ja sulkeutumisvaiheeseen ei liity paljon voimankäyttöä. Hyperfunktionaalisessa äänentuottotavassa äänihuulia lähennetään liian voimakkaasti toisiaan kohden, jolloin äänihuulten massa painaa huulia kohti tiukkaa kontaktia. Tästä seuraa, että myös avaamisvaiheeseen tarvitaan paljon voimaa ja aukioloaika jää vähäiseksi. Lx -kuvaajan huippu laajenee hyperfunktionaalisessa dysfoniassa, koska äänihuulten kontaktiaika myös pitenee

ja vastaavasti varsinaista aukioloaikaa tulee vähemmän äännön aikana. (Baken & Orlikoff, 2000.)

## **2.5 Hieronnan vaikutukset**

Hieronnalla pyritään kudosten reseptoreiden kautta vaikuttamaan fyysisiin, fysiologisiin ja psykologisiin tekijöihin. Eri otteiden avulla pyritään kudoksissa saamaan aikaan välittömiä mekaanisia muutoksia ja välillisiä, reflektorisia hermostollisia muutoksia. Hieronnan tulokset, hyödyt ja vaikutukset vaihtelevat yksilöiden välillä niin, että osalla henkilöitä hieronnan tulokset ovat subjektiivisia ja osalla tulokset on osoitettavissa objektiivisilla mittareilla. Subjektiiviset ja objektiiviset tulokset voivat esiintyä joko yksinään, yhdessä tai seurauksena toisistaan (Fritz, 1995).

Hieronnan mekaanisilla vaikutuksilla pyritään lisäämään kudosten kimmoisuutta ja joustavuutta sekä lihasten rentoutta ja nivelten liikkuvuutta. Hieronnan välittömät vaikutukset saadaan aikaan venyttämällä lihaksia, jäniteitä ja nivelsiteitä sekä pituus- että poikittaissuuntaisesti. Tavoitteena on myös ehkäistä kiinnikkeiden syntymistä ja irrottaa jo syntyneitä kiinnikkeitä.

Vuoren ja Taimelan (1999) mukaan hieronta aktivoi ihon ja syvempien kudosten reseptoreiden ärsytyksen. Hierontaotteen painallus ja venytys aistitaan proprioseptiivisen (kehon asentoa ja liikettä ilmaisevaa tietoa) palautteen avulla. Välillisenä vaikutuksena on lihasten rentoutuminen. Suorituksen jälkeen hieronnalla pyritään ehkäisemään ja vähentämään lihasten kouristuksia, arkuutta ja kipua sekä nopeuttamaan fyysistä ja psyykkistä palautumista rasittavien suoritusten jälkeen. Pyrkimyksenä on kudoksen valtimo- ja laskimoverenkierron, imunesteen kierron ja kudosten suonten läpäisevyyden lisääminen. (Vuori & Taimela, 1999; Borden & Harris 2000.) Nämä ovat hieronnan fysiologisia vaikutuksia.

Hieronta vähentää kipuaistimuksia vapauttamalla hermoston välittäjäaineita, edistämällä autonomisen hermoston tasapainoa sekä lievittämällä jännitystä, uupumusta ja masennusta. Hyperfunktionaalisen dysfonian yleisimmät

taustatekijät ovat stressi ja uupumus. Pitkittynyt stressi aiheuttaa kroonista lihasten jännittymistä. (Aronson 1990, Morrison, 1997.)

Hieronnan koetaan rentouttavan ja vähentävän kipua paremmin kuin pelkän rentoutumisen ilman manipulaatiota. Hieronta vähentää masentuneisuutta, huolehtimista ja unettomuutta sekä lisää serotoniini- ja dopamiini-hormonien määrää. (Hernandez-Reif ym., 2001.) Hieronnan seurauksena keskushermostosta vapautuu keskushermostoa stimuloivia hormoneja, adrenaliinia ja noradrenaliinia, sekä neurohormoneja, kuten histamiinia ja serotoniinia. (Ylinen, Cash & Hämäläinen 1995). Hieronnan vaikutuksesta verenkiertoon vapautuu myös oksitosiini- nimistä hormonia, joka tuottaa meille nk. ”lung och ro” (kaikessa rauhassa) -tilan. Oksitosiini auttaa hallitsemaan muun muassa kivun tunnetta. (Uvnäs Moberg 2002.) Kaaviossa 2 kuvataan hieronnan vaikutuksia.



KAAVIO 2. Hieronnan vaikutukset eri tasoilla perustuen Fritzin (1995 s.88) kuvioon hieronnan hyödyistä

Vain osa hieronnan vaikutuksista on voitu todistaa, sillä jotkut hieronnan vaikutuksista ovat liian vähäistä, paikallista tai lyhytkestoisia. Tutkimusten menetelmät ovat olleet tasoltaan vaihtelevia ja ongelmat ovat liittyneet muun

muassa hierojan koulutukseen, koehenkilöiden vähyteen tai lihasrasituksen vakioimiseen (Moraska, 2005).

Todennäköisiä vaikutuksia ovat kuitenkin lihasten rentoutuminen, kudosturvotuksen väheneminen laskimo- ja lymfakiertoa edistämällä sekä mekaaniset vaikutukset lihaksiin ja sidekudoksiin. Näillä on merkitystä rasituksesta palautumisen edistämisessä ja kuntoutuksessa. (Vuori & Taimela, 1999). Lupaavimmat tulokset tutkimuksissa tukevat hieronnan vaikutuksia kudoksen palautumiseen ja psykologisia vaikutuksia, kuten esimerkiksi rentoutumisen ja rauhoittumisen tunnetta (Moraska, 2005).

Hieronnassa koettujen positiivisten muutosten syitä, kuten kudoksen palautumista rasituksesta, on tutkimuksissa etsitty verenkierron paranemisesta ja maitohappojen poistumisen nopeutumisesta. Tehtyjen tutkimusten perusteella näyttää kuitenkin siltä, ettei hieronta edistä maitohapon poistumista lihaskudoksesta (Hemmings, 2001). Hieronta ei myöskään nopeuta palautumista lihasväsymisestä (Young ym., 2005). Koehenkilöiden omien tuntemusten mukaan hieronta kuitenkin auttaa liikunnan jälkeiseen lihassärkyyn (Hemmings ym., 2000.) Toisaalta tehokkaimmaksi maitohapon ja lihassäryn poistajaksi on todettu kevyt liikunta (Tiidus 1997).

Yhtenä syynä lihaskireyksiin ja lihasten lyhentymiseen on Ylisen ym. (1995) mukaan nesteen kertyminen kudokseen huonontuneen aineenvaihdunnan seurauksena esimerkiksi liiallisen rasituksen vuoksi. Hyperfunktionaaliseen dysfoniaan liittyy juuri äänentuoton alueen lihasten rasittumista ja äänihuulten turvotusta.

### **2.5.1 Hieronnan vaikutus ääneen**

Ternström, Andersson ja Bergman (2002) tutkimuksessa selvitettiin naprapaattisen hieronnan vaikutuksia ääneen. Naprapatian tavoitteena on normalisoida nivelten liikkuvuutta käsittelemällä niveliä ja liikettä häiritseviä pehmytkudoksia erilaisilla tekniikoilla. ("Suomen Naprapath-yhdistys r.y <http://www.naprapaatti.info/naprapatia.html> 15.8.2005). Ternströmin ym:n

tutkimuksessa menetelmänä käytettiin klassisen hieronnan otteita. Hoidettavana alueena oli selkä, kaula ja kasvojen lihakset (mm. intercostalis externi, m. serratus anterior, m. pectoralis major, m. pectoralis minor, mm. scaleni, m. sternocleidomastoideus, infra- ja suprahyoideaal lihakset, m. latissimus dorsi, m. masseter sekä m. temporalis). Hieronnan jälkeen äänenvoimakkuus ja sävelkorkeus laskivat tilastollisesti merkitsevästi (-1,0 dB ja -1,1 puolisäveltä). Naisilla sävelkorkeus laski vähemmän kuin miehillä.

Aronsonin kehittämä kurkunpään manipulaatiotekniikan avulla hierotaan kevyesti kurkunpään lihaksia. Manipulaatio tehdään pienellä liikkeellä sekä lateraalisesti että vertikaalisesti. Ote on molemmin puolin kilpirustoa. Tavoitteena on vähentää kurkunpään seudun lihasjännityksiä. (Aronson 1990.) Roy ja Leeper (1993) tutkimustulosten mukaan yksi hoitokerta vähensi tilastollisesti merkitsevästi shimmeriä (peräkkäisten värähdysjaksojen amplitudien vaihtelua) ja paransi signaali-kohinasuhdetta. Tulokset oli kuultavissa myös perkeptuaalisesti, eli kuulonvaraisesti, arvioituna.

Roy ym. (1997) tutkivat seurantajakson aikana Aronsonin menetelmän vaikutuksia funktionaaliseen dysfoniaan. Vaikka hoidolla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus tutkittuihin äänen piirteisiin, niin tulokset eivät olleet kaikilla koehenkilöillä pysyviä. Tutkijat ehdottivat, että pysyviä tuloksia voitaisiin saada, jos menetelmä yhdistettäisiin johonkin muuhun äänelliseen kuntoutukseen.

LMT-ohjelman (laryngeal manual therapy) aikana ohjataan oikeaa asentoa ja tuodaan esille hengityksen merkitys. Kognitiivisen osion jälkeen manipuloidaan äänentuottoon liittyviä lihaksia (m.sternocleidomastoideus, m.trapezius, m.sternohyoideus, m.geniohyoideus, m.stylohyoideus, m.thyrohyoideus, m.sternohyoideus, m.cricopharyngeus, m.cricothyroideus ja m.masseter). Lierde ym. (2004) tutkivat LMT-ohjelman vaikutusta sellaiseen hyperfunktionaaliseen dysfoniaan, joka ei ollut reagoinut puheterapiaan. Ohjelman aikana opetettiin koehenkilöitä taloudellisempaan tapaan tuottaa ääntä. Menetelmänä käytettiin rukouslaulu-tekniikkaa (chant-talk). Kotiharjoitteina koehenkilöt venyttivät m.thyrohyoideusta, jonka jälkeen heidän tuli harjoitella rukouslaulua. Koehenkilöt (N=4) olivat ääniammattilaisia. He saivat kerran tai kaksi kertaa ohjausta,

ohjauskertoja oli yhteensä 25. Kaikilla koehenkilöillä äänenlaatu parani perkeptuaalisesti tarkasteltuna ja muutos oli nähtävissä myös akustisissa ja aerodynaamisissa parametreissa.

### **2.5.2 Voice Massage**

Suomessa kehitetyn Voice Massage -menetelmän avulla pyritään ennaltaehkäisemään ja hoitamaan äänentuottoon liittyvien lihasten toiminnallisia ongelmia. Leena Koskinen on kehittänyt menetelmän yhdessä terveydenhuollon ja äänenhuollon asiantuntijoiden kanssa 1980-luvun loppupuolella. Voice Massage -terapeutit ovat peruskoulutukseltaan hierojia tai fysioterapeutteja ja Terveydenhuollon oikeusturvakeskuksen rekisteröimiä hierojia.

Voice Massage -käsittelyn tavoitteena on hieronnan ja hengitysharjoitteiden avulla rentouttaa ja edistää lihasten palautumista rasituksesta. Pyrkimyksenä on palauttaa liikelaajuuksia kylkikaarissa, kurkunpäässä ja leuan alueella. Lihasten jännittymisen lieventyminen mahdollistaa tasapainoisen ja taloudellisen äänentuottotavan ([www.voicemassage.fi](http://www.voicemassage.fi)). Lihasten välinen tasapaino saavutetaan, kun toimintaan osallistuvien lihasten alkuperäinen pituus on palautettu. Lihaks yleensä lyhenee liiallisen ja yksipuolisen rasituksen seurauksena ja muuttaa siten lihastasapainoa suorittavien ja vastasuoritusta tekevien lihasten välillä. (Karhela & Hervonen, 1989.) Taulukossa 5 esitetään lihakset, joita käsitellään Voice Massage -hoidon aikana.



TAULUKKO 5 Voice Massage -menetelmässä käsiteltävät lihakset. Listattuna ovat lihaksien nimet sekä niiden toiminta (Putz & Pabst, 2001; Duodecim, 2002)

<b>m. erector spinae</b> (selän ojentajalihakset)	- pitää yllä pystyasentoa.
<b>m. latissimus dorsi</b> (leveä selkälihas)	- ojentaa, lähentää ja vetää olkavartta taaksepäin
<b>m. trapezius</b> (epäkäselihas)	- kiertää, nostaa, laskee alaspäin sekä lähentää lapaluita. Kääntää myös päätä sivulle-taakse.
<b>m. rhomboideus major ja minor</b> (iso ja pieni suunnikaslihas)	- lähentää lapaluuta kohti selkärankaa ja fiksoi lapaluun.
<b>m. levator scapulae</b> (lapaluun kohottajalihas)	- nostaa ja kiertää lapaluun yläkulmaa kohti selkärankaa sekä vetää niskaa sivusuuntaan.
<b>mm. intercostales externi ja interni</b> (uloimmat ja sisemmät kylkivaliilihakset)	- uloimmat lihakset kohottavat kylkiluita ja laajentavat rintakehää, sisemmät lihakset laskevat kylkiluita ja <i>supistavat</i> rintakehää.
<b>m. pectoralis minor ja major</b> (iso ja pieni rintalihas)	- kiertää olkavartta eteen kohti rintakehää. Pienempi osa vetää lapaluuta alas-eteen sekä sisäänhengityksen aikana nostaa kylkiluita.
<b>m. sternocleidomastoideus</b> (päänkiertäjälihas)	- kallistaa ja kiertää päätä.
<b>musculi suboccipitales</b> (niskalihakset)	- ojentaa ja kiertää päätä ja kaularankaa.
<b>m. scalenus anterior, medius ja posterior</b> (kylkiluunkannattajalihakset)	- avustavat sisäänhengitystä kohottamalla ylimpiä kylkiluita, kiertää ja taivuttaa kaularankaa sivulle.
<b>m. sternocleidomastoideus</b> (pään ja kaulan ohjasihakset)	- taivuttaa ja kiertää päätä taaksepäin.
<b>Kielihuon ja kurkumpään</b>	- liikuttavat kurkunpäättä ja kieliluuta
<b>ylä- ja alapuoleiset lihakset</b>	
<b>miimiset</b> eli ilmelihakset kasvojen alueella.	
<b>masseter</b> (ulompi puremalihakset)	- sulkee suun nostamalla alaleukaa, liikuttaa alaleukaa sivulle, eteen ja taakse.
<b>m. temporalis</b> (ohimolihas)	- sulkee suun ja nostaa alaleukaa
<b>m. pterygoideus medialis</b> (sisempi siipilihas)	- sulkee suun.

Hieronnan tavoitteena on auttaa henkilöä kosketuksen ja proprioseptisen aistin välityksellä tavoittamaan tarkempi kuva kehostaan ja lihaksistaan. Pyrkimyksenä on lisätä tietoisuutta jännittyneiden ja rentojen lihasten erosta, jolloin henkilö voi itse tunnistaa alkavan lihasjännityksen ennen kuin tilasta tulee krooninen ja reagoida saamaansa tietoon. Hoito kestää 45–75 min. ja yleisin hoitokertojen määrä on yhdestä viiteen. Hoidon pituus määräytyy aina yksilöllisesti asiakkaan sen hetkisen tilanteen mukaan ja arvioidaan yhdessä asiakkaan kanssa.

### 2.5.3 Aikaisempaa tutkimusta

Voice Massage -menetelmästä on tehty muutama opinnäytetyö, joissa on tarkasteltu muun muassa hengitystä, kehotietoisuutta ja äänen piirteitä. Koehenkilöiden määrä on vaihdellut parista henkilöstä useaan kymmeneen, viimeisimmässä tutkimuksessa koehenkilöitä oli lähes sata. Tulokset ovat rohkaisevia ja innostavat lisäselvitysten tekemiseen.

Mäen (1996) pro gradu -kyselytutkimuksessa 40 laulunopiskelijalle, ammattilaulajalle ja laulunopettajalle ilmeni, että koehenkilöt havaitsivat jännitykset helpommin kurkun ja niskan alueella, kun taas rintakehän, kylkien ja purennan alueen jännitykset havaittiin huonommin tai niitä ei havaittu lainkaan. Voice Massage -hoidon vaikutuksiin oli tyytyväisiä noin 88 % vastanneista. Noin 5 % ei tuntenut hoidon vaikutusta eikä osannut sanoa auttoiko hoito. Useimmat tunsivat hoidon jälkeen rentoutta ja laulaminen tuntui helpommalta suhteellisen pitkän aikaa, mutta hoitotulokset hävisivät aikaa myöten. Koehenkilöiden mielestä rentouden tunnistaminen ja hieronnan tärkeyden tiedostaminen oli hieronnan suurin anti.

Grönholmin (1998) tutkimuksessa kaikki kolme koehenkilöä kokivat kehotietoisuutensa lisääntyneen hoitojen myötä. Tämä koettiin hoidon tärkeimpänä asiana. Hieronta vaikutti uloshengityksen huippunopeuteen (PEF-arvoihin) ja [s]-äännön pituuteen. Tulokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Mustonen (2000) tutki menetelmän vaikutuksia kahteen runsaasti ääntään käyttävään naishenkilöön, joilla oli hyperfunktionaalinen dysfonia. Menetelmällä ei ollut vaikutusta äänen hälypitoisuuteen (signaali-kohina-suhde), mutta pidentynyt maksimaalinen vokaaliääntö oli mitattavissa myös seurantajaksolla. Myös Mustosen tutkimuksissa koehenkilöt tunsivat kehotietoisuuden lisääntymisen olleen tärkeä osa hoitoa.

Laukkanen ym. (2005) tutkivat Voice Massage -menetelmän välittömiä vaikutuksia puheääneen kymmenellä terveellä koehenkilöllä. Äänen piirteet eivät

tilastollisessa tarkastelussa eronneet merkitsevästi käsittelyn jälkeen ja sitä ennen saaduista arvoista, eivätkä muutokset olleet kuultavissa äänestä. Kuitenkin koehenkilöiden omien tuntemusten mukaan äänentuotto oli Voice Massage -käsittelyn jälkeen helpompaa. Kaulan ja niskan alueet tuntuivat paremmalta hieronnan jälkeen, hartioissa subjektiivisesti koettu lihasjännitys oli vähentynyt ja selän vointi oli parantunut.

### 3. Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko Voice Massage -käsittelyllä vaikuttaa positiivisesti hyperfunktionaalisesta dysfoniasta kärsivien potilaiden äänentuottoon ja äänenlaatuun. Tutkimuksessa etsittiin merkkejä hyperfunktionaalisen äänen muuttumisesta hypofunktionaalisempaan suuntaan, jolloin  $F_0$ , SPL ja CQ laskee ja ilmavirtaus kasvaa ja resistanssi pienenee. Vertaamalla Voice Massage -käsittelyn vaikutuksia levon vaikutuksiin pyrittiin selvittämään liittyvätkö vaikutukset pelkästään makuuasentoon. Lisäksi selvitettiin koehenkilöiden omia tuntemuksia levon ja hieronnan vaikutuksista äänentuoton alueen lihaksiin. Tutkimuksessa tarkasteltiin yhden Voice Massage -käsittelykerran ja vastaavanpituisen makuuasennossa toteutetun levon välittömiä vaikutuksia (1) äänen parametreihin ja (2) koehenkilön omiin tuntemuksiin lepo- ja hieronta -osoiden vaikutuksesta äänentuottoon, hengitykseen ja niskahartiaseudun lihaksiin.

## **4. Tutkimuksen aineisto ja menetelmät**

### **4.1 Koehenkilöt**

Tutkimukseen osallistui kymmenen vapaaehtoista koehenkilöä, joilla oli foniatriisessa tarkastuksessa todettu hyperfunktionaalinen dysfonia, mutta joilla ei kuitenkaan ollut suuria orgaanisia muutoksia äänihuulissa. Heille annettiin kirjallinen ja suullinen selostus tutkimuksen kulusta (ks. liite 4). Tutkimukseen osallistujilla oli mahdollisuus keskeyttää tutkimus missä tahansa vaiheessa sen vaikuttamatta kielteisesti heidän hoitoonsa foniatriisella poliklinikalla (HYKS, Eettisen toimikunnan tutkimuslupa § 82/2005).

Kaikki tutkimukseen osallistuneet olivat naisia (keski-ikä oli 33 vuotta, keskihajonta 5.6 vuotta). Ammateiltaan he olivat runsaasti ääntään työssä käyttäviä: viisi opettajaa, tarjoilija, lastentarhanopettaja, puhelinasiakaspalvelija ja kielenkääntäjä. Koehenkilöistä neljän harrastukset olivat myös ääntä rasittavia. Vain yksi koehenkilö poltti tupakkaa.

### **4.2 Koeasetelma**

Tutkimusasetelma sisälsi kaksi eri tilannetta, joiden yhteydessä tarkasteltiin äänentuottoa ja koehenkilöiden subjektiivisia tuntemuksia:

- Tilanne 1) Tunnin mittainen lepo makuuasennossa.
- Tilanne 2) Tunnin mittainen Voice Massage -käsittely, joka tapahtui myös makuuasennossa.

Kaikki koehenkilöt osallistuivat ensin tutkimuksen lepo-osioon ja aikaisintaan viikon kuluttua hieronta-osioon. Koehenkilöt saivat lisäksi neljä hierontakäsittelyä, jotka liittyivät tekeillä olevaan jatkotutkimukseen. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään viiden käsittelyn vaikutusta äänenparametreihin hyperfunktionaaliseen äänihäiriöön. Voice Massage -

menetelmän pitkäkestoisia vaikutuksia ei ole tutkittu ja tästä syystä ei tilanteita 1 ja 2 voitu toteuttaa sekoitetussa järjestyksessä.

Ennen ja jälkeen levon ja hieronnan nauhoitettiin tavutoisto- ja luentanäytteet. Nauhoitteista analysoitiin akustiset parametrit (perustaajuus  $F_0$ , SPL ja alfaratio), aerodynaamiset parametrit (kynnyspaine, paine, virtaus, glottisresistanssi) sekä closed quotient (CQ) elektroglossografi (EGG) -signaalista.

### **4.3 Kyselykaavake**

Koehenkilöt täyttivät ennen ja jälkeen hieronnan ja levon kyselykaavakkeen, jonka avulla kerättiin tietoa äänentuottoon ja hengitykseen liittyvistä tuntemuksista sekä kurkun, kaulan, niskan, hartioiden ja selän alueella koetuista aistimuksista. Kyselykaavakkeen asteikko oli visuaalisanaloginen. Koehenkilö merkitsi poikkiviivan siihen kohtaan janaa, jonka tunsu vastaavan omaa tuntemustaan kehostaan (ks. liite 5). Kaavakkeessa oli kaksi päällekkäistä janaa. Ylempi kuvasi äänentuoton ja hengityksen helppoutta sekä niska-hartia -seudun hyvää tunnetta, alempi jana puolestaan ilmensi äänentuoton ja hengityksen vaikeutta ja niska-hartia -seudun jännitystä. Kokonaismuutos saatiin yhdistämällä nämä kaksi janaa yhdeksi, jolloin nollakohdaksi valittiin janojen liitoskohta.

### **4.4 Ääninäytteiden nauhoitus**

Ennen ja jälkeen hieronnan ja levon koehenkilöt toistivat viisi (5) kertaa [paappa] hiljaisella ja normaalilla puhevoimakkuudella. Lisäksi koehenkilöt lukivat noin minuutin mittaisen tekstin, josta on poistettu [s]-kirjaimet, jotta suhuäänteet eivät vaikuttaisi spektrin muotoon.

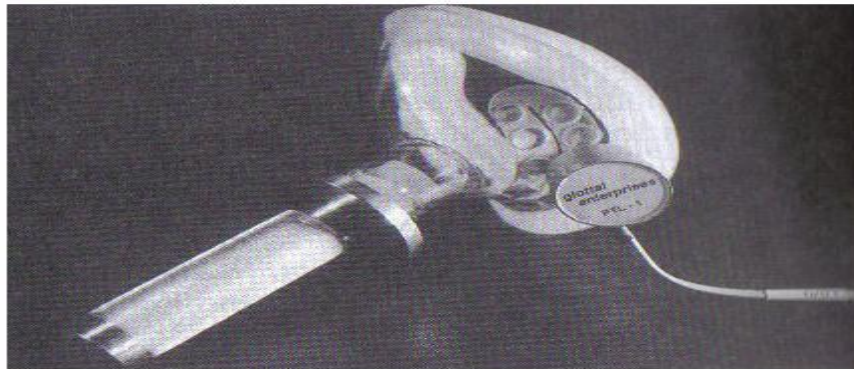
Äänitykset tehtiin Helsingin Yliopistollisen sairaalan äänieriössä. Äänityksissä käytettiin DAT -nauhuria ja Brüel & Kjær 4176 -mikrofonia. Näytteet kalibroitiin äänenpainetason mittaamista varten äänittämällä B&K -kalibrointigeneraattorin tuottamaa 1 kHz:n siniääntä, jonka äänenpainetaso tiedetään (93.6 dB). Äänitysetäisyys oli 40 cm.

#### 4.5 Ääninäytteiden analysointi

Luentanäytteistä ja sanatoistoista (paappa) analysoitiin keskimääräinen  $F_0$  sekä SPL ja alfaratio. Analysoinnit tehtiin ISA (Intelligent Speech Analyser) -puheanalyysiohjelmistolla, jonka on kehittänyt DI Raimo Toivonen. Spektrimittauksista poistettiin [s]: n kaltaiset sekä soinnittomat äänteet, taot ja heikot spektrit

Paappa-sanoista mitattiin SPL, suunsisäinen ilmanpaine klusiilien aikana ja ilmavirtaus vokaalien aikana sekä niiden suhdeluku eli resistanssi. EGG -signaalista mitattiin ääniraon suhteellinen kiinnioloaika (CQ eli closed quotient). Analyysi tehtiin Heikki Alatalon DSP-systemsin kehittämällä AC- ja DC-signaalien keskiarvoistamisohjelmalla (DC-meas -ohjelma).

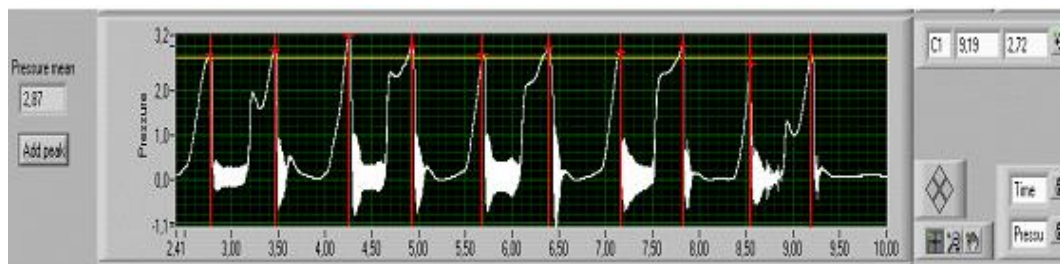
Äänentuotonaikaisen ilmavirtauksen keräämiseen käytettiin anestesimaskia (ks. kuva 9), joka asetettiin tiiviisti suun ja nenän päälle suun eteen.



KUVA 9. Subglottaalista painetta ja transglottaalisista ilmavirtausta voidaan kerätä anestesimaskin avulla. Maskia kutsutaan myös Rothenbergin maskiksi (Baken & Orlikoff, 2000 s. 348).

Maskiin kiinnitetyt omat anturit rekisteröivät ilmavirtauksen ja ilmanpaineen. Varsinainen virtauksen ja paineen mittaaminen tapahtui manometrilaitteella, joka numeeristaa ja keskiarvottaa saatua jännitevaihtelutietoa. Tietokoneohjelmaa käyttämällä kalibroitiin mittaustuloksia oikeiksi fysikaalisiksi arvoiksi ja valittuja mittausikkunoita käyttäen mitattiin keskiarvoja eripituisista signaaleista.

Paineanturiin kiinnitettiin ontto pilli, jonka avulla suunsisäinen ilmanpaine johdetaan anturiin. Suunsisäistä ilmanpainetta soinnittoman klusiilin aikana mitattiin, jotta saataisiin arvio subglottaalisesta paineesta. Kuvassa 10 on näkymä DC-meas -ohjelmasta, jossa on analysoitu viiden paappa-sanan aikana tuotettu paine.



KUVA 10. DC-meas -ohjelmassa sähköinen signaali subglottaalisesta paineesta viiden paappa-sanan toistosta niin, että vaaka-akselilla on aika ja pystyakselilla ilman paine

Yllä olevasta kuvassa 10 näkyy kuvaajassa punaisella kursorilla merkittynä paineen maksimi [p]:n aikana. Vokaali [a] näkyy kuvaajassa signaalin tihentymänä. Ohjelmalla laskettiin keskiarvo merkityistä paineen huippulukemista.

Virtausanturin avulla voitiin muuttaa virtauksen eli paineen muutos ajassa paikan a ja paikan b välillä sähköjännitevaihteluksi. Tämä tieto mitattiin virtausmittari MSIF2 (Glottal Enterprises, Syracuse, New York) avulla. Kuvassa 11 on DC-meas -ohjelmalla käsiteltyä signaalia [a]-vokaalin aikana viidestä paappa-sanasta.

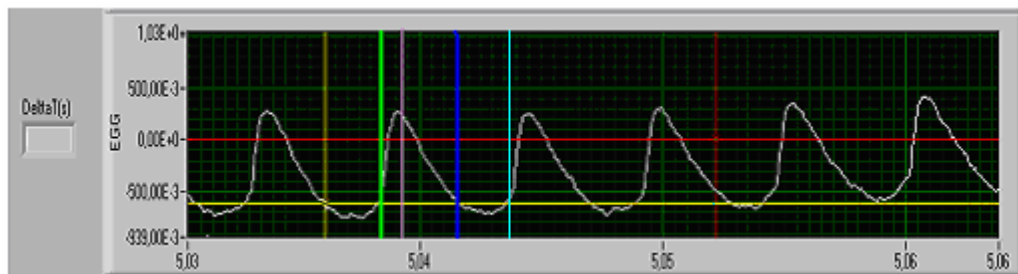


KUVA 11. DC-meas -ohjelman sähköinen signaali transglottaalisesta ilmavirtauksesta viiden paappa-sanan toistossa niin, että vaaka-akselilla on aika ja pystyakselilla ilmavirtaus



Keltaisen ja punaisen pystysuorassa olevan kursorin väliin on rajattu ensimmäisestä paappa-sanasta ensimmäisen tavun pitkä [a]-vokaali, josta ohjelma laskee RMS:n (root-mean-square) sähköjännitevaihtelusta. Luku kertoo virtauksen vaihtelun keskiarvon [a]:n aikana. Lopuksi ohjelma ilmoittaa viiden mitatun vokaalin keskiarvon.

Sanatoistoista (paappa) analysoitiin EGG-signaali ja mitattiin ääniraon suhteellinen kiinnioloaika (CQ eli closed quotient). Iholle, kilpiruston molemmiin puolin äänihuulten korkeudelle asennettiin elektrodit, joiden avulla johdettiin kaulan kudosten läpi korkeataajuuksista (noin 300 kHz), heikkotehoista sähkövirtaa (10 mA). Sähkövirran on oltava riittävän heikkotehoista, jotta se ei ärsytä hermoa tai lihasta, jonka läpi se kulkee, mutta riittävän tehokasta kulkeakseen kaulan rakenteissa. Kuvassa 12 on Lx-aaltomuoto DC-meas -ohjelmalla otettu näkymä EGG-signaalista [a]-vokaalin aikana.



KUVA 12. DC-meas -ohjelmalla analysoitua EGG-signaalia viidestä perättäisestä äänihuulivärähdyksestä niin, että sähkövirtaus kasvaa ylöspäin

Aikajana kulkee horisontaalisesti mittausikkunan alalaidassa. Vihreän kursorin kohdalla alkaa äänihuulten kontaktivaihe. Lilan kursorin kohdalla alkaa kontakti vähentyä ja sinisen kursorin kohdalla ei ole enää äänihuulikontaktia. Vihreän ja sinisen kursorin väliin mahtuu äänihuulten kontakti vaihe. Sinisen ja turkoosin kursorin välissä kontaktia ei ole, tai tarkasti sanottuna kontakti on minimissään. Huomattavaa on, että EGG-signaalin perusteella on vaikea tehdä päätelmiä tarkasta ääniraon avautumisen hetkestä. Menetelmänä EGG mittaakin paremmin juuri äänihuulten kiinnioloaika kuin aukioloaika (Hirano, 1981; Baken & Orlikoff, 2000.) Tässä tutkimuksessa äänihuulien kontaktiajan osamäärä yhden syklin aikana mitattiin jokaisen paappa-sanan ensimmäisen tavun [a]:sta.

#### 4.6 Tilastollinen analyysi

Akustiset ja aerodynaamiset analyysit sekä kyselykaavakkeen avulla saadut arvot taulukoitiin Excel-tilustaulukkolaskentaohjelmalla. Tilastollisessa analysoinnissa käytettiin SPSS 11 for Windows -tilustaulukkolaskentaohjelmaa. Tuloksista laskettiin keskiarvot ja hajonnat. Parametrien välisiä eroja ennen ja jälkeen intervention tutkittiin tilastollisesti parillisen t-testin (Student t-test) avulla. One sample t-testiä käytettiin todentamaan sitä, vaikuttiko hieronta enemmän akustisiin ja aerodynaamisiin parametreihin kuin lepo. Wilcoxonin Signed Rank -testiä käytettiin, kun muuttujien jakauma ei ollut normaali. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi valittiin  $p \leq 0,05$ ; myös erot, joissa  $p < 0.1$  kirjattiin suuntaa-antavina. Parametrien välistä yhteyttä tutkittiin Pearson-korrelaatiokertoimen avulla.

## 5. Tulokset

### 5.1 Omat havainnot

Koehenkilöt täyttivät kyselykaavakkeen, jossa tiedusteltiin tuntemuksia ennen ja jälkeen hieronnan ja levon. Henkilöt ilmoittivat tuntemuksistaan koskien äänentuottoa, kurkkua, kaulaa, niskaa, hartioita, selkää ja hengitystä. Alla olevaan taulukkoon 6a on koottu kokonaismuutos, joka oli sekä hieronnan että levon jälkeen positiivinen. Hieronnan ja levon välisiä muutoksia on verrattu toisiinsa one-sample t-testin avulla (p-arvo).

TAULUKKO 6a. Koehenkilöiden omien havaintojen mukainen positiivinen kokonaismuutos hieronnan ja levon jälkeen on ilmoitettu prosentteina maksimista, jolloin 0 % = äänentuotto vaikeaa ja 100 % = äänentuotto helppoa (Näytämäärä =10). Keskiarvo (ka) ja hajonta (ha) on ilmoitettu kunkin muuttajan kohdalla. Wilcoxonin Signed Rank -testi, NS = ei merkitsevyyttä,  $p > 0.1$

Kokonaismuutos Omat Tuntemukset							
	Äänentuotto	Kurkku	Kaula	Niska	Hartiat	Selkä	Hengitys
	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)
Hieronta	67 (57)	43 (72)	65 (63)	76 (59)	90 (54)	62 (40)	45 (62)
Lepo	16 (26)	15 (23)	21 (38)	20 (53)	9,6 (30)	8,9 (41)	24 (47)
Hieronnan ja levon välisien muutoksien eron merkitsevyys							
(p-arvo)	0,012	NS	0,013	0,006	0,002	0,016	NS

Positiivisia muutoksia oli molempien koetilanteiden jälkeen, mutta merkitsevästi enemmän hieronnan kuin levon jälkeen. Koehenkilöt raportoivat äänentuoton helpommaksi hieronnan jälkeen kuin levon jälkeen. Tuntemukset kaulan alueella, niskassa ja hartioissa sekä selässä olivat positiiviset hieronnan jälkeen. Koehenkilöiden vastausten keskiarvo kysymyksiin äänentuoton vaikeudesta tai jännityksistä kurkun, kaulan, niskan hartioiden ja selän alueella sekä hengityksen raskaudesta, esitetään alla olevassa taulukossa 6b (ks. liite 5).

TAULUKKO 6b. Koettujen vaikeuksien ja jännitysten väheneminen ennen ja jälkeen hieronnan sekä levon on ilmoitettu prosentteina maksimista (Näytämäärä =10)

Omat Tuntemuk set	Äänen- tuotto vaikeus	Kurkku jännitys	Kaula jännitys	Niska jännitys	Hartiat jännitys	Selkä jännitys	Hengitys raskaus
	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)
Hieronta ennen	38 (2,7)	39 (3,2)	52 (3,1)	48 (3,9)	48 (3,2)	22 (2,7)	24 (2,4)
Hieronta jälkeen	4 (0,8)	15 (2,0)	12 (1,6)	11 (2,4)	3 (1,1)	4 (1,3)	7 (1,5)
Muutos	-34	-24	-40	-37	-45	-18	-17
Lepo ennen	20 (2,7)	46 (3,4)	45 (4,1)	51 (3,9)	60 (3,5)	32 (3,1)	30 (3,4)
Lepo jälkeen	8 (1,3)	30 (2,6)	29 (2,4)	40 (3,2)	46 (2,3)	23 (2,6)	10 (1,8)
Muutos	-12	-16	-16	-11	-14	-9	-20
Hieronnan ja levon muutoksienvälisien erojen merkitsevyys							
(p-arvo)	0,017	NS	0,02	0,038	0,017	NS	NS

Äänentuotto oli koehenkilöiden mielestä huomattavasti helpompaa hieronnan kuin levon jälkeen. Jännitykset kaulan, niskan ja hartioiden alueella lieventyivät enemmän hieronnan avulla. Nämä muutosten erot koetilanteiden välillä olivat tilastollisesti merkitseviä.

## 5.2 Akustiset tulokset

### 5.2.1 Luentanäyte

Minuutin mittaisesta luentanäytteestä mitattiin perustaaajuus, äänen voimakkuus ja spektrin kaltevuutta kuvaava alfa-suhdeluku. Taulukossa 7 on näiden parametrien keskiarvot, hajonnat ja muutos ennen ja jälkeen sekä hieronnan että levon. Lisäksi on ilmoitettu hieronnan ja levon muutosten välinen tilastollinen merkitsevyys (one-sample t-test).

TAULUKKO 7. Perustaajuus, puheen voimakkuus ja alfaratio luentanäytteestä ennen ja jälkeen hieronnan sekä levon (Näytemäärä =10)

Akustiset parametrit	F <sub>0</sub> Hz	SPL dB	Alfa-suhde
	ka (ha)	ka (ha)	ka (ha)
Hieronta ennen	194 (21,2)	64 (3,4)	-5,13 (1,1)
Hieronta jälkeen	191 (20,2)	62 (3,2)	-5,19 (1,3)
Muutos	-3	-2	0,06
p-arvo	0,08	0,02	NS
Lepo ennen	202 (25,3)	61 (6,3)	-4,60 (1,7)
Lepo jälkeen	196 (21,2)	63 (2,7)	-4,59 (1,6)
Muutos	-6	2	-0,01
p-arvo	NS	NS	NS
Hieronnan ja levon välisien muutoksien eron merkitsevyys (p-arvo)			
	NS	0,06	NS

Puheäänien perustaajuuden tai voimakkuuden muutokset lukunäytteessä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Voimakkuuden muutoksen ero hieronnan ja levon välillä oli kuitenkin tilastollisesti suuntaa-antava. Spektrin kaltevuus loiveni hieman hieronnan jälkeen, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä, eikä eroa ollut myöskään hieronnan ja levon muutosten välillä. Levon jälkeen tuntemukset niskassa korreloivat akustisten parametrien kanssa: F<sub>0</sub>:n korrelaatio oli -0,7 (p= 0,02), SPL:n 0,7 (p= 0,02) ja alfaration -0,8 (p= 0,01).

### 5.2.2 Sanatoisto

Koehenkilöt toistivat viisi kertaa paappa-sanana niin hiljaisella äänellä kuin mahdollista, mutta kuitenkin niin kuuluvasti ettei puhe muuttunut kuiskaukseksi (kynnyspaine). He tekivät sanatoiston myös tavanomaisella, habituaalisella puheäänellä. Taulukkoon 8 on koottu sekä keskiarvot että hajonnat ennen ja jälkeen hieronnan ja levon. Lisäksi on merkitty tilastollinen merkitsevyys ennen ja jälkeen tilanteen kuin myös hieronnan ja levon muutosten välinen tilastollinen merkitsevyys (one-sample t-test).

TAULUKKO 8. Koehenkilöiden pitkistä vokaaliäänistä on analysoitu akustiset parametrit hiljaisella ja habituaalisella puheäänellä ennen ja jälkeen hieronnan sekä levon:  $F_0$  ja SPL (Näytämäärä =10)

<b>Hiljainen puheääni</b>	<b><math>F_0</math> Hz</b>	<b>SPL dB</b>	<b>Habituaalinen puheääni</b>	<b><math>F_0</math> Hz</b>	<b>SPL dB</b>
	ka (ha)	ka (ha)		ka (ha)	ka (ha)
Hieronta ennen	183 (19)	56 (3,5)		183 (17)	64 (1,8)
Hieronta jälkeen	180 (17)	56 (1,8)		185 (18)	62 (1,7)
Muutos	-3	0		2	-2
p-arvo	NS	NS		NS	0,00
Lepo ennen	182 (17)	57 (3,1)		188 (17)	62 (3,2)
Lepo jälkeen	183 (16)	56 (2,9)		189 (20)	62 (3,4)
Muutos	1	-1		1	0
p-arvo	NS	0,01		NS	NS
Hieronnan ja levon välisien muutoksien eron merkitsevyys					
(p-arvo)	NS	NS		NS	NS
<u>Huom.</u> <sup>1</sup> Wilcoxonin t-testiä on käytetty niiden muutosten p-arvojen laskemiseksi, joiden jakauma ei ollut normaali.					

Puheen voimakkuus laski hieman levon jälkeen hiljaisessa sanatoistossa. Muutos oli tilastollisesti merkitsevä, kuten oli myös hieronnan ja levon muutosten välinen ero. Voimakkuuden pieni lasku hieronnan jälkeen habituaalisella puheäänellä tuotetussa sanatoistossa oli myös tilastollisesti suuntaa-antava ( $p=0,1$ ).

### 5.3 Aerodynaamiset mittaukset

Koehenkilöiltä mitattiin hiljaisella ja habituaalisella puheäänellä tuotetusta paappa-sanat toistosta suunsisäinen ilmanpaine [p]:n aikana. Lisäksi mitattiin keskimääräinen ilmanvirtaus hiljaisella ja habituaalisella puheäänellä tuotetusta paappa-sanasta pitkän [a]-vokaalin aikana. Paineen ja virtauksen välisestä suhdeluvusta saatiin selville glottisresistanssi. EGG-signaalista laskettiin closed quotient (CQ). Kaikilta koehenkilöiltä ei saatu CQ mittaustuloksia, koska EGG-signaali ei onnistunut. Varsinkin hiljaisessa puheäänessä EGG-signaalia oli vaikea saada esille.

TAULUKKO 9a. Paine, virtaus, glottisresistanssi ja closed quotient paappasanoistoissa hiljaisella puheäänellä (Näytämäärä =10)

Hiljainen puheääni	Paine cm H <sub>2</sub> O	Virtaus ml/sek	Resistanssi		CQ (EGG)
	Ka (ha)	Ka (ha)	Ka (ha)	Ka (ha)	Ka (ha)
Hieronta ennen	2,15 (0,56)	0,21 (0,19)	1,95 (0,66)		0,600 (0,03)
Hieronta jälkeen	2,17 (0,57)	0,13 (0,12)	2,03 (0,59)		0,540 (0,02)
Muutos	0,02	-0,08	0,08		-0,06
p-arvo	NS	0,00 <sup>1</sup>	NS		NS
Lepo ennen	2,16 (0,47)	0,10 (0,08)	2,06 (0,47)		0,540 (0,03)
Lepo jälkeen	2,23 (0,49)	0,08 (0,04)	2,14 (0,48)		0,690 (0,01)
Muutos	0,07	-0,02	0,08		0,15
p-arvo	NS	0,001	NS		0,003
Hieronnasta levon välisien muutoksien eron merkitsevyys					
(p-arvo)	0,09	0,00	NS		0,01
<u>Huom.</u> <sup>1</sup> Wilcoxonin t-testiä on käytetty niiden muutosten p-arvojen laskemiseksi, joiden jakauma ei ollut normaali.					

Levon jälkeen kynnyspaine nousi enemmän kuin hieronnan jälkeen. Tämä muutos oli suuntaa-antava. Hieronnan jälkeen hiljaisella puheäänellä virtaus väheni tilastollisesti enemmän kuin levon jälkeen. CQ pieneni hieronnan jälkeen. Levon jälkeen resistanssi ja CQ kasvoivat, joskaan muutos ei ollut merkitsevästi, vaan suuntaa-antava. Hieronnan jälkeen hengityksen helppous hiljaisella puheäänellä korreloi resistanssin nousun kanssa.

TAULUKKO 9b. Paine, virtaus, glottisresistanssi ja closed quotient paappasanoistoissa habituaalisella puheäänellä (Näytämäärä =10)

Habituaalinen puheääni	Paine cm H <sub>2</sub> O	Virtaus ml/sek	Resistanssi		CQ (EGG)
	Ka (ha)	Ka (ha)	Ka (ha)		Ka (ha)
Hieronta ennen	3,21 (0,85)	0,22 (0,2)	2,99 (0,84)		0,610 (0,01)
Hieronta jälkeen	3,12 (0,64)	0,15 (0,14)	2,95 (0,63)		0,620 (0,009)
Muutos	-0,09	-0,07	-0,04		0,01
p-arvo	0,05	0,00 <sup>1</sup>	NS		NS
Lepo ennen	3,14 (0,84)	0,13 (0,08)	3,03 (0,81)		0,620 (0,03)
Lepo jälkeen	3,02 (0,53)	0,11 (0,04)	2,91 (0,56)		0,600 (0,01)
Muutos	-0,12	-0,013	-0,12		-0,02
p-arvo	0,06	NS	0,002		NS

---

**TAULUKKO 9b (jatkuu)**

Hieronnan ja levon välisien muutoksien eron merkitsevyys

(p-arvo)	NS	0,003	NS	NS
----------	----	-------	----	----

Huom. <sup>1</sup> Wilcoxonin t-testiä on käytetty niiden muutosten p-arvojen laskemiseksi, joiden jakauma ei ollut normaali.

---

Hieronnan jälkeinen paineen lasku oli tilastollisesti merkitsevä habituaalisella puhevoimakkuudella tehdyissä sanatoistoissa. Levon jälkeen paineen lasku oli suuntaa-antava. Virtauksen hidastuminen hieronnan jälkeen habituaalisella puhevoimakkuudella oli myös tilastollisesti merkitsevä. Glottisresistanssi väheni levon jälkeen ja muutos oli tilastollisesti merkitsevä. Habituaalisella puhevoimakkuudella resistanssi korreloi äänentuoton helppouden kanssa.



## 6. Pohdinta

Tutkimuksen tavoitteina oli selvittää, voidaanko Voice Massage -käsittelyllä vaikuttaa positiivisesti hyperfunktionaalisesta dysfoniasta kärsivien potilaiden äänentuottoon ja äänenlaatuun. Tutkimuksessa etsittiin merkkejä hyperfunktionaalisen äänen muuttumisesta hypofunktionaalisempaan suuntaan, jolloin  $F_0$ , SPL ja CQ laskevat ja ilmanvirtaus kasvaa ja resistanssi pienenee.

Hyperfunktionaaliseen dysfoniaan liittyy rasituksen seurauksena lyhentyneet lihakset, joita voidaan hieronnan avulla passiivisesti venyttää ja saada vaikutus proprioseptiseen reseptoriin. Lyhentyneessä lihaksessa ei tapahdu muutosta, jolloin proprioseptinen aistikaan ei välitä viestiä lihaksesta. Hieronnan voidaan olettaa lisäävän tietoisuutta kehosta, jolloin hierottavan mahdollisuudet oppia ero jännittyneen ja rentoutuneen lihaksen välillä paranevat.

Hieronnan avulla voidaan luoda sellaiset edellytykset, että kehon lihakset ovat rentoutuneemmat. Yhdellä hoitokerralla ei kuitenkaan saada vaikutuksia äänentuottotapaan, vaan menetelmän avulla voidaan luoda edellytykset tasapainoiselle ja taloudelliselle äänentuottotavalle. Näin voidaan luoda parempi pohja ja esimerkiksi ääniharjoittelun avulla saada aikaan tavoiteltavia muutoksia äänentuottotavassa. Hieronta tulisi yhdistää muuhun harjoitteluun ja hoitoon (Roy & Leeper, 1993; Tiidus, 1997; Roy ym., 1997).

### 6.1 Akustisten tulosten pohdintaa

Voice Massage -käsittelyn jälkeen  $F_0$  ja SPL laskivat, kun ääntä tuotettiin koehenkilölle habituaalisella puheäänellä.  $F_0$  laski keskimäärin 3 Hz ( $p=0,008$ ) ja SPL laski 2 dB ( $p=0,02$ ). Tulos SPL:n ja  $F_0$ :n laskusta luentanäytteessä hieronnan jälkeen on yhdenmukainen Ternströmin ym. (2000) saamien tulosten kanssa. Toisaalta, toisin kuin Ternströmin ym. tutkimuksessa, tässä tutkimuksessa SPL laski myös levon jälkeen. Koehenkilöiden SPL oli pieni, mutta samansuuntainen Laukkasen ym. (2005) tutkimuksen kanssa. Taulukossa 10 on teoriaosuudessa esitelty tutkimustulokset sekä  $F_0$ :n normiarvot.

TAULUKKO 10. Hieronnan vaikutuksista perustaajuuteen ja muutamia normaaliarvoja

Tutkimus	F <sub>0</sub> Hz normaali arvo	ennen hierontaa	hieronnan jälkeen
tämä tutkimus		183–194	180–191
Roy		202,4–241,9	165,4–200,9
Mustonen		204,2–231,3	191,7–210,6
Laukkanen	200		
Laukkanen & Leino	194		
Holmberg	vväli 151–246		
	162–237		

Lähtökohtaisesti tämän tutkimuksen koehenkilöiden perustaajuus oli matalampi kuin muissa vastaavanlaisissa tutkimuksissa, mutta taajuudet olivat kuitenkin Laukkanen ja Leinon sekä Holmbergin esittämien normaaliarvojen rajoissa. Akustiset muutokset olivat pieniä. Saman akustisen lopputuloksen voi saada aikaan eri tavoin, eikä F<sub>0</sub> ja SPL lasku välttämättä kerro äänentuottotavan muutoksesta. Muutokset voivat silti heijastaa pientä lihasjännityksen määrän laskua.

## 6.2 Aerodynaamisten ja EGG tulosten pohdintaa

Resistanssi habituaalisella puheäänellä oli terveiden äänien normiarvojen puitteissa 27.2–92.5 (Holmbergin, 1988; Baken & Orlikoff, 2000; Laukkanen, 2005). Koehenkilöillä ei voida sanoa resistanssin perusteella olevan puristeinen äänentuottotapa, vaikka korkea CQ siihen viittaakin. Verdolinin (1998b) tutkimuksessa neutraalilla tavalla tuotetun [a]-vokaalin arvoksi esitettiin 0,531 ja puristeisesti tuotettuna 0,578. Tässä tutkimuksessa koehenkilöiden CQ:t vaihtelivat välillä 0,540 – 0,620.

Hieronnan jälkeen CQ laskivat hiljaisella äänellä tuotetussa nauhoitteessa, joka nauhoitettiin ensimmäisenä. Habituaalinen puheääni nauhoitettiin tämän jälkeen ja siinä näkyy jo CQ-arvojen kohoaminen. Kohoaminen saattaa johtua siitä, että lihas ei enää pysynyt rentoutuneessa tilassa, vaan väsyi pienimmästäkin rasituksesta. Olisiko mahdollista, että CQ on herkempi reagoimaan väsymykseen kuin resistanssi?

### 6.3. Koehenkilöiden omien arvioiden pohdintaa

Voice Massage -käsittelyllä oli enemmän positiivisia vaikutuksia koehenkilöiden kehontuntemusten muutoksiin kuin levolla. Koehenkilöt raportoivat, että hieronta vähensi jännitystä kaulan ja niska-hartiaseudun alueella ja että äänentuoton vaikeus lieventyi.

Positiivisten tuntemusten lisääntyminen hoidon aikana voi johtua plasebo vaikutuksesta, kosketus koetaan yleisesti miellyttävänä. Toisaalta hieronta auttaa lihaksissa koettuun särkyyn (Hemmingsin ym., 2000; Hernandez-Reif ym., 2001). Positiivisia muutoksia tapahtui myös levon aikana. Koehenkilöillä ei ilmeisesti ole ollut riittävän pitkää lepoaikaa, joka olisi vaikuttanut hyperfunktionaaliseen dysfoniaan. Toisaalta voidaan pohtia, voidaanko pelkällä levolla poistaa häiriötä, jonka syntymiseen vaikuttavat monet osatekijät. Positiiviset tekijät voivat johtua Uvnäs Mobergin (2002) tutkimusten mukaisesti tiettyjen hyvää oloa tuottavien hormonien lisääntymisestä veressä. Tosin näitä ei mitattu tässä tutkimuksessa. Lisäksi hieronta vähentää kivun tuntemusta ja jännityksiä, kun hermoston välittäjäaineita vapautuu (Aronson 1990, Morrison, 1997).

Subjektiiiviset hyödyt ja vaikutukset on joskus mahdollista todentaa myös objektiivisten mittareiden avulla, vaikka ne eivät aina ole seurausta toisistaan (Fritz, 1995). Esimerkiksi Lehdon tutkimuksessa subjektiiviset tuntemukset eivät vastanneet  $F_0$ :n ja SPL:n muutoksia kanssa (Lehto, Laakso, Vilkman & Alku, 2006). Toisaalta Lee, Drinnan ja Carding mukaan koehenkilöt pystyvät tekemään valideja arvioita liittyen heidän äänessä tapahtuviin muutoksiin (Lee, Drinnan & Carding, 2005).

### 6.4 Tutkimusmenetelmien pohdintaa

Hierontatilanteiden vakioinnin puuttuminen saattaa vaikuttaa parametrien luotettavuuteen. Hierontatilanteessa toiset koehenkilöt puhuivat hierojan kanssa, kunnes riittävä rentoutumisen tila oli saavutettu. Tämä vastaa kuitenkin hierontatilanteiden arkea. Parametreja  $F_0$  ja SPL ei vakioitu, joten tämä saattaa heijastua myös tuloksien luotettavuuteen resistanssista ja CQ:sta.

Tutkimuksessa käytetyn sanatoiston (paappa) ongelmana on se, ettei sanatoisto välttämättä vastaa koehenkilön spontaania puhetapaa. (Baken & Orlikoff, 2000.) Kynnyspaineen luotettava arviointi suupaineen avulla on hankalaa. Tapa, jolla koehenkilö kulloinkin tuottaa ääntä, saattaa itsessään muuttaa arvoja. Myös pillin pituuden vaikutus paineen mittaustuloksiin pyrittiin minimoimaan.

Mittauksiin, joilla pyritään tallentamaan sähköisen virran kulkua kudoksen läpi, sisältyy tiettyjä virhelähteitä. Tällainen on esimerkiksi vaikeus sijoittaa mittauselektrodeja oikealle kohdalle siten, että ne ovat äänihuulten kohdalla. Myös kurkunpään, kaulan ja niskan yksilöllinen rakenne ja esimerkiksi erot kudosten paksuudessa vaikuttavat sähköön johtuvuuteen. (Baken & Orlikoff, 2000.) Tähän virhelähteeseen pyrittiin vaikuttamaan niin, että elektrodien oikeaa kohtaa tarkistettiin oskilloskoopin avulla.

EGG:n mittaaminen on haastavaa ja selvän signaalin esiin saaminen on vaikeaa. Eräällä koehenkilöllä, jonka kaulan lihakset olivat erittäin kireät, EGG-signaali oli heikko. Kuitenkin hieronnan jälkeen signaali saatiin paremmin näkyviin. Syy saattaa olla se, että hieronnan jälkeen kaulan lihakset palautuivat lähemmäksi normaalipituuttaan ja signaali pääsi kulkemaan kudosten läpi paremmin. Toisaalta syy saattaa olla myös koetilanteeseen harjaantumisessa.

## 7. Jatkotutkimusmahdollisuudet

Jatkossa kannattaa tutkia, kuinka hieronta vaikuttaa, kun käsittelyä annetaan useamman kerran. Ovatko muutokset äänen parametreissa silloin suurempia? Voidaanko useammalla hoitokerralla vaikuttaa äänentuottotapaan? Kuuleeko kokenut kuuntelijaraati muutoksia äänessä?

Voice Massage -käsittely voidaan myös yhdistää tehtäväksi vuorotellen ääniharjoitteiden kanssa ja tutkia, onko siten mahdollista omaksua helpommin taloudellisempi tapa tuottaa ääntä. Toisaalta on kiinnostavaa tietää löytyykö sellaisia lihasta kevyesti aktivoivia harjoitteita, jotka palauttaisivat lihasta rasituksesta paremmin kuin hieronta.

Koska hyperfunktionaalisen dysfonian taustalla on selvästi myös emotionaalista stressiä, on hyvä jatkossa selvittää koehenkilöiden elämäntilanteisiin ja persoonallisuuteen liittyviä tekijöitä, jotka altistavat stressille. Tulevaisuudessa on mielenkiintoista selvittää, voiko kognitiivisella lyhytterapialla olla vaikutusta stressin hallintaan ja sitä kautta hyperfunktionaaliseen dysfoniaan.

## 8. Päätelmät

Tutkimuksen mukaan Voice Massage -käsittely vähensi koehenkilöiden jännitystuntemuksia kaulan ja niska-hartiaseudun alueella ja myös äänentuoton vaikeudet lievenivät tilastollisesti merkittävästi. Jännityksen lieventyminen oli suurempi hieronnan kuin levon jälkeen. Objektiiiset mittarit tukivat tietyin osin subjektiivisia tuntemuksia.

Tutkimukseen osallistui kymmenen naista. Koehenkilöiden pieni määrä vaikuttaa siihen, ettei tutkimuksen tuloksia voida yleistää. Tutkimus saattaa tuoda näkyväksi, mutta samalla jättää näkymättömäksi joitain hieronnan vaikutuksia. Tuloksia voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavina.

Voice massage -käsittelyllä saadaan aikaiseksi hetkellinen lihasten rentoutuminen, joka ei kuitenkaan muuta äänentuottotapaa. Tämän vuoksi hieronta tulisi yhdistää osaksi prosessia, jossa henkilö harjoittelee tarkoituksenmukaista äänentuottotapaa.

## **Lähteet**

**Angerstein, W. & Neuschaefer-Rube, C. 1998.** Sound pressure level examinations of the calling and speaking voice in healthy persons and in patients with hyperfunctional dysphonia. *Logopedics Phonoatrics Vocology*. 23: 23-25.

**Angsuwarangsee, T. & Morrison, M. 2002.** Extrinsic laryngeal muscular tension in patients with voice disorders. *Journal of Voice*. 16: 333-343.

**Altman, K.W., Atkinson, C. & Lazarus C. 2005.** Current and emerging concepts in muscle tension dysphonia: a 30-month review. *Journal of Voice*. 19: 261-267.

**Aronson A.E. 1990.** Clinical voice disorders. New York: Thieme.

**Borden, G.J., Harris, K.S. & Raphael, L.J. 2003.** Speech science primer: physiology, acoustics, and perception of speech. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

**Bridger, M.W. & Epstein, R. 1983.** Functional voice disorders. A review of 109 patients. *Journal of Laryngology & Otology*. 97: 1145-8.

**Cooper, M. 1977.** Modern techniques of vocal rehabilitation. Springfield, Illinois: Charles C. Thomas.

**Dworkin, J.P., Meleca, R.J. & Abkarian, G.G. 2000.** Muscle tension dysphonia. *Otolaryngology & Head & Neck Surgery*. 8:169-173.

**Deem, J. & Miller, L. 2000.** Manual of voice therapy, second edition. Austin, Texas: Pro-ED.

**Dejonckere, P.H. 2001.** Occupational voice: care and cure. The Hague, The Netherlands: The Kugler.

**Dromey, C. & Ramig, L.O. 1998.** The effect of lung volume on selected phonatory and articulatory variables. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 41: 491-502.

**Elliot, N., Sundberg, J. & Gramming, P. 1995.** What happens during vocal warm-up? *Journal of Voice*. 9: 37-44.

**Fawcus, M. 1986.** Voice disorders and their management. New Hampshire: Croom Helm.

**Fenes, H. & Dauber, W. 2000.** Pocket atlas of human anatomy. Based on the international nomenclature. New York: Thieme.

**Friedrich, S. & Brodnitz, M.D. 1971.** Vocal rehabilitation. Minnesota: Rochester.

**Fritz, S. 1995.** Mosby's fundamental of therapeutic massage. St. Louis, Missouri: Mosby-Year book.

**Gauffin, J. & Sundberg, J. 1989.** Spectral correlates of glottal voice source waveform characteristics. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 32: 556-565.

**Gray, S.D., Titze, I.R., Alipour, F. & Hammond, T.H. 1999.** Vocal fold extracellular matrix and its biomechanical influence part I: the fibrous proteins. *NCVS status and progress report*. 13: 1-10.

**Grönholm M. 1998.** Voice massage –hoito ja sen vaikutus laulajien hengitykseen. Musiikkikasvatuksen tutkielma. Sibelius-akatemia. Helsinki

**Hartman, E. & von Cramen, D. 1984.** Acoustic measurement of voice quality in dysphonia after severe closed head trauma: A follow-up study. *British Journal of Disorders of Communication*. 19: 253-261.



**Hemmings, B., Smith, M., Graydon, J. & Dyson, R. 2000.** Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance. *Journal of Sport Medicine*. 34: 109-115.

**Hemmings, B. 2001.** Physiological, psychological and performance effects of massage therapy in sport: review of the literature. *Physical Therapy in Sport*. 2: 165-170.

**Hiltunen, E., Holmberg, P., Kaikkonen, M., Lindblom-Yläne, S. & Nienstedt, W. 2003.** Galenos, Ihmiselimistö kohtaa ympäristön. Porvoo: WSOY.

**Hirano, M. 1981.** Clinical examination of voice. New York: Springer-Verlag.

**Hirsijärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997.** Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

**Hoh, J.F.Y. 2005.** Review: laryngeal muscle fibre types. *Acta Physiologica Scandinavica*. 183: 133-163.

**Holmberg, E., Hillman, R. & Perkell, J. 1988.** Glottal airflow and glottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal, and loud voice. *Journal of the Acoustical Society of America*. 84: 511-529.

**Howard, D. Angus, J. 2001.** Room acoustics. How they affect vocal production and perception. Teoksessa P. Dejonckere (toim.) *Occupational voice: care and cure*. The Hague: Kugler Publications

**Hsiao, T-Y., Lin, K-N. & Liu, C-M. 2002.** Videostrobolaryngoscopy of mucus layer during vocal fold vibration in patients with laryngeal tension-fatigue syndrome. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 111: 537-541.

**Ishiki, N. 1964.** Regulation mechanism of vocal intensity variation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 7: 17-29.

**Iwarsson, J., Thomasson M. & Sundberg, J. 1998.** Effects of lung volume on the glottal voice source. *Journal of Voice*. 12: 424-433.

**Jong, F. de, Kooijman, P. & Orr, R. 2001.** Preventive parameters in occupation dysphonia. Myth or reality? Teoksessa P.Dejonckere (toim.) *Occupational voice: care and cure*. The Hague: Kugler Publications

**Kitzing P. 1986.** LTAS criteria pertinent to the measurement of voice quality. *Journal of Phonetics*. 14: 477-482.

**Laukkanen, AM. 1995.** On speaking voice exercises. A study on the acoustic and physiological effects of speaking voice exercises applying manipulation of the acoustic-aerodynamical state of the supraglottic space and artificially modified auditory feedback. (Väitöskirja). *Acta Universitatis Tamperensis ser A vol 445*, Tampereen yliopisto, Tampere. (Vammala: Vammalan kirjapaino)

**Laukkanen, AM., Leppanen, K., Tyrmi, J. & Vilkman, E. 2005.** Immediate effects of 'voice massage' treatment on the speaking voice of healthy subjects. *Folia Phoniatica et Logopedica*. 57: 163-72.

**Lee, M., Drinnan, M. & Carding, P. 2005.** The reliability and validity of patient self-rating of their own voice quality. *Clinical Otolaryngology*. 30: 357-361

**Lehto, L., Laakso, L., Vilkman, E. & Alku, P. 2006.** Occupational voice complaints and objective acoustic measurements – do they correlate? *Logopedics Phoniatics Vocology*. 31: 147-152.

**McArdle, W.D., Katch F.I. & Katch, V.L. 2001.** Exercise physiology, energy, nutrition, and human performance. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

**Moraska, A. 2005.** Sports massage. A comprehensive review. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*. 45: 370-380.

**Morrison, M.D., Rammage LA. 1993.** Muscle misuse voice disorders: description and classification. *Acta Otolaryngol.* 113: 428- 34.

**Morrison, M.D. 1997.** Pattern recognition in muscle misuse voice disorders: how I do it. *Journal of Voice.* 11: 108-114.

**Mustonen, T. 1996.** Voice Massage –hoidon vaikutus hyperfunktionaaliseen dysfoniaan. Logopedian pro gradu –tutkielma. Oulun yliopisto. Oulu

**Nicolasi, L., Harryman, E., & Kresheck, J. 2004.** Terminology of communication disorders speech-language-hearing. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.

**Putz, R. & Pabst, K. 2001.** Sobotta, atlas of human anatomy. Munich: Urban & Schwarzenberg.

**Reimers Neils, L. & Yairi E. 1987.** Effects of speaking in noise on vocal fatigue and recover. *Folia Phoniatica.* 39: 104-112.

**Sala, E., Sihvo, M. & Laine, A. 2003.** Ääniergonomia. Toimiva ääni työvälineenä. Työterveyslaitos. Helsinki: Yliopistopaino

**Sama, A., Carding, P.N., Price, S., Kelly, P. & Wilson, J.A. 2001.** The clinical features of functional dysphonia. *Laryngoscope.* 111: 458-463.

**Schneider, B., Wendler, J. & Seidner, W. 2002.** The relevance of stroboscopy in functional dysphonias. *Folia Phoniatica et Logopaedica.* 54: 44-54.

**Seikel, J.A., King, D.W. & Drumright, D.G. 2000.** Anatomy and physiology for speech, language, and hearing. Clifton Park (N.Y.): Thomson/Delmar Learning.

**Shiotani, A., Westra, W.H. & Flint, P.W. 1999.** Myosin heavy chain composition in human laryngeal muscles. *Laryngoscope.* 109: 1521-1524.

**Sundber, J. 1988.** The science of the singing voice. Dekalb, (Ill.): Northern Illinois University Press

Suomen Naprapath-yhdistys r.y. Mitä naprapatia on? [Haettu 2.22.2005, sivulta <http://www.naprappaatti.info/naprapatia.html>]

**Tiidus, P. 1997.** Manual massage and recovery of muscle function following exercise: a literature review. Journal of Orthopaedic & Sport Physical Therapy. 25: 107-112.

**Tellis, C.M., Thekdi, A., Rosen, C. & Sciote, J.J. 2004.** Anatomy and fiber type composition of human interarytenoid muscle. Annals of Otology, Rhinology & Laryngology. 113: 97-107.

**Ternström, S., Andersson M. & Bergman U. 2000.** An effect of body massage on voice loudness and phonation frequency in reading. Folia Phoniatica et Logopaedia. 25: 146-151.

**Titze, I. R. 1993.** Vocal fold physiology: frontiers in basic science. San Diego (Calif.): Singular.

**Titze, I. R. 1994.** Principles of voice production. Englewood Cliffs (N.J.) : Prentice Hall.

**Tyrmi. J. 2007.** Voice Massage –hieronta ja hyperfunktionaalisen dysfonian kuntoutus. Teoksessa L. Rantala (toim.) Kuormitusta, koulutusta, kuntoutusta. Kirjoituksia vokologiasta ja logopediasta. Puheopinlaitoksen raportteja 5/2007. Tampere: Juvenes-print, 45-62.

**Uvnäs Moberg K. 2002.** Lung och beröring. Oxytocinets läkande verkan i kroppen. Falkköpning: Elanders Gummerssons.

**Verdolini K. 1998a.** National center for voice and speech guide to vocology. Iowa City: National center for voice and speech.

**Verdolini K, Druker DG, Palmer PM & Samawi H. 1998b.** Laryngeal adduction in resonant voice. *Journal of Voice*, 12: 315-327.

**Vilkman, E. 2000.** Voice problems at work: a challenge for occupational safety and health arrangement. *Folia Phoniatica et Logopaedia*. 52: 120-125.

**Vintturi, J., Alku, P., Lauri, E.R., Sala, E., Sihvo, M. & Vilkman, E. 2001.** Objective analysis of vocal warm-up with special reference to ergonomic factors. *Journal of Voice*. 15: 36-53.

**Vintturi, J., Alku, P., Sala, E., Sihvo, M., & Vilkman, E. 2003.** Loading-related subjective symptoms during a vocal loading test with special reference to gender and some ergonomic factors. *Folia Phoniatica et Logopedica*. 55: 55-69.

Voice Massage –yhdistyksen sivut [Haettu 2.22.2005, sivulta [www.voicemassage.fi](http://www.voicemassage.fi) ]

**Welham, N.V. & MacLagan, M.A. 2003.** Vocal fatigue: current knowledge and future directions. *Journal of Voice*. 17: 21-30.

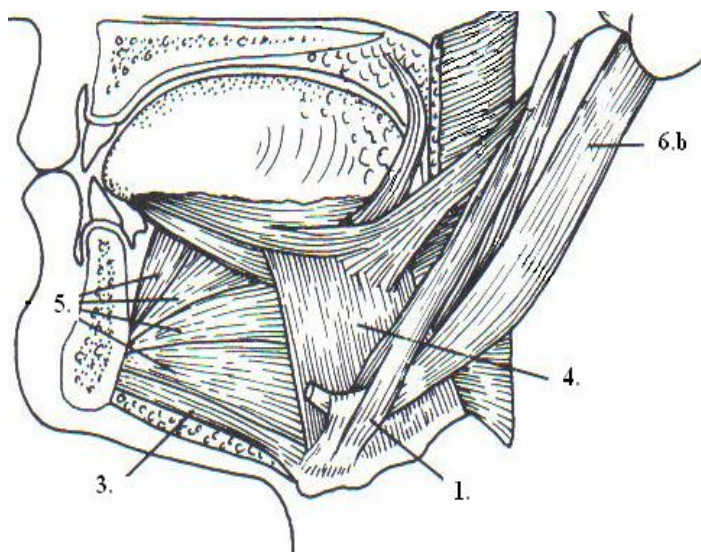
**Ylinen, J., Cash, M. & Hämäläinen, H. 1995.** Urheiluhieronta. Laukaa: Medirehab.

**Young, R., Gustnik, B., Moran, R.W. & Thomason, R.W. 2005.** The effect of effleurage massage in recovery from fatigue in the adduction muscle of the thumb. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 28: 696-701.

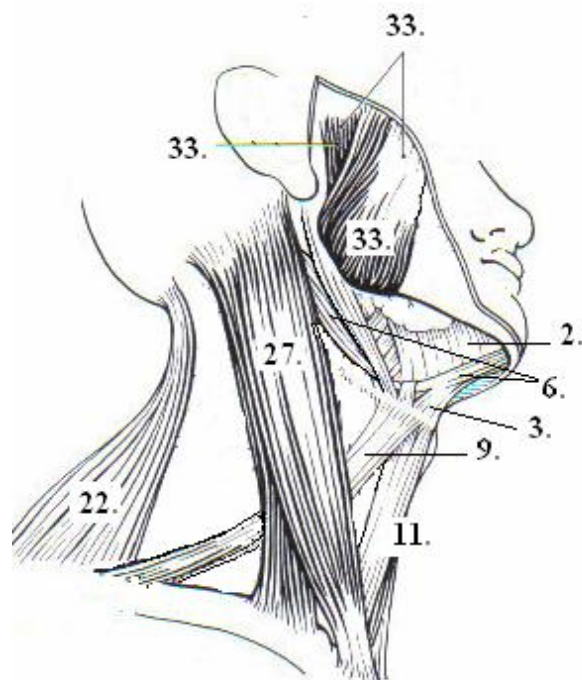
**Åstrand, P-O., Rodahl, K., Dahl, H.A. & Stømme, S.B. 2003.** Textbook of work physiology, physiological bases of exercise. Champaign (Ill.): Human Kinetics.

## Liitteet

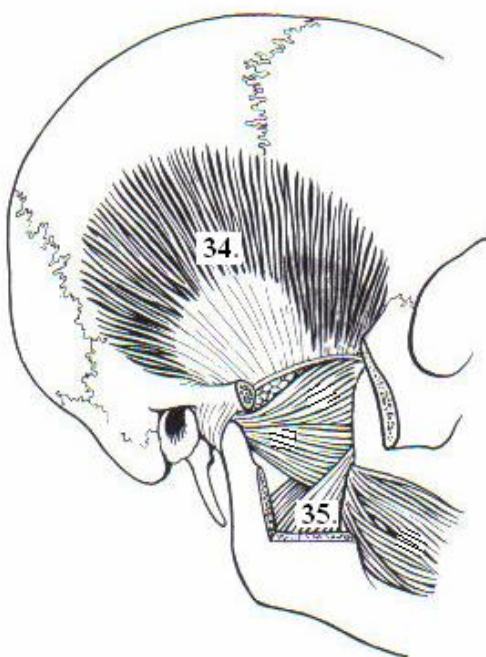
### Liite 1



Kieliluuta ja kurkumpäätä nostavia lihaksia



Kaulan, kurkumpään ja puremalihaksia

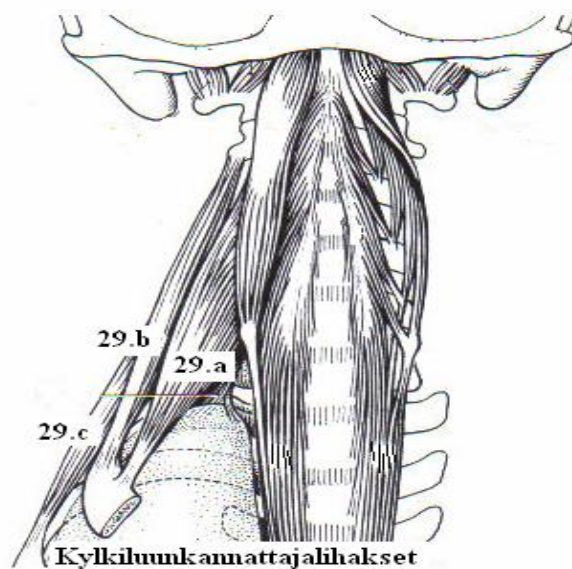


Puremalihakset kuvattuna oikealta sivusta.

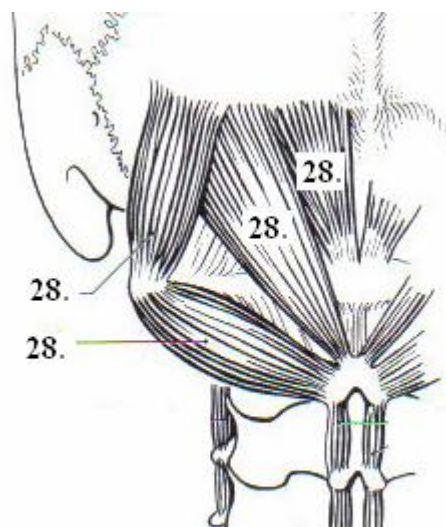
Lähteet:

**Fenes, H., Dauber, W. 2000.** Pocket Atlas Of Human Anatomy. Based On The International Nomenclature. Thieme: New York.

**Seikel, J.A., King, D.W. & Drumright, D.G. 2000.** Anatomy and physiology for speech, language, and hearing. Delmar: Canada.

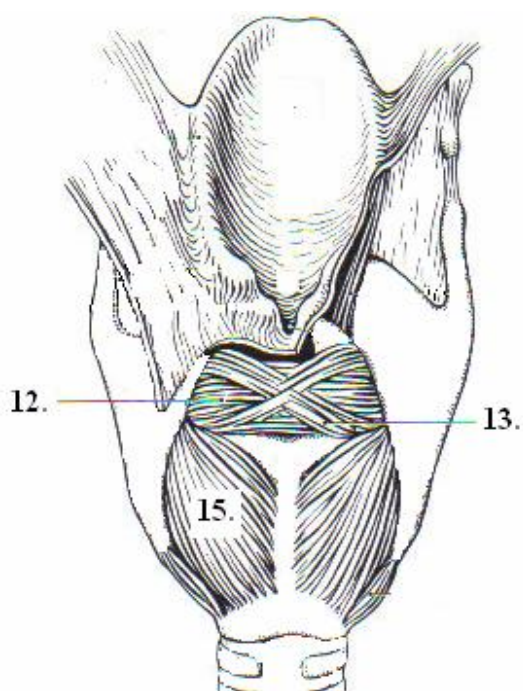


Kylkihaukkannattajalihakset

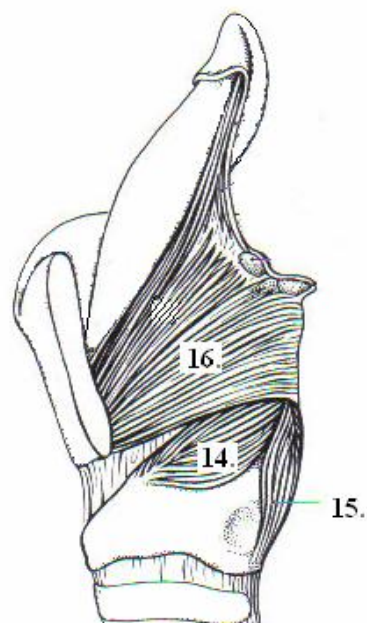


Niskan lyhyet lihakset

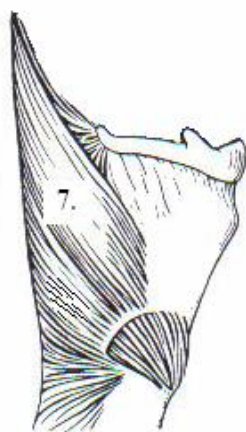




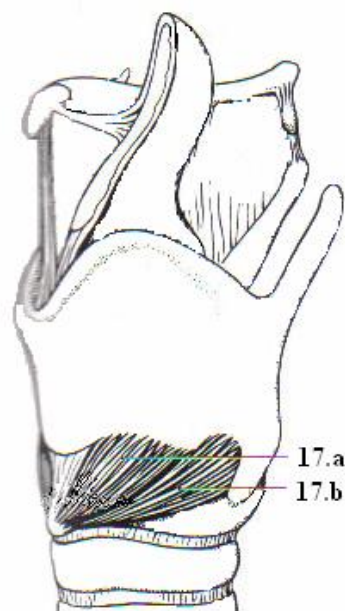
Kurkumpään lihakset takaa.



Kurkumpään lihakset kuvattuna vasemmalta sivusta.



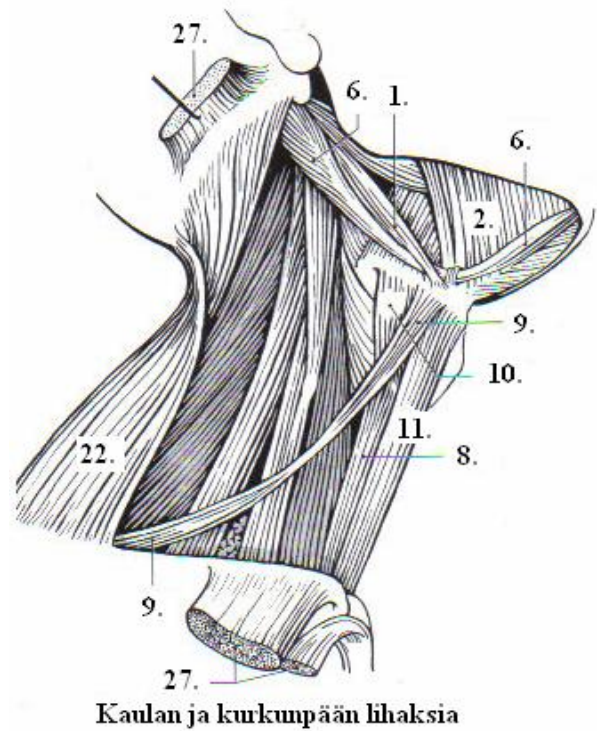
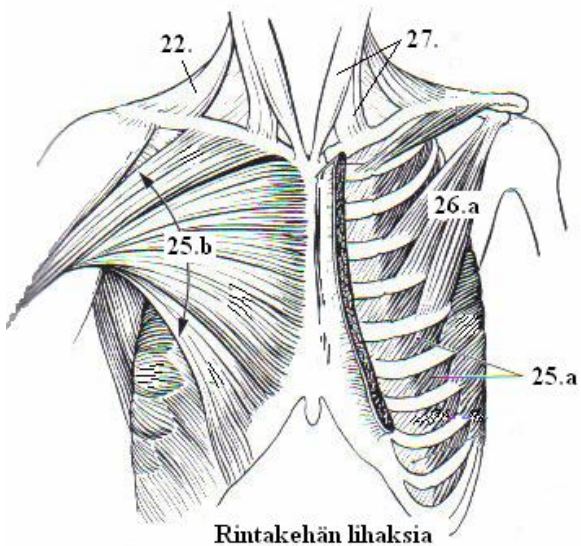
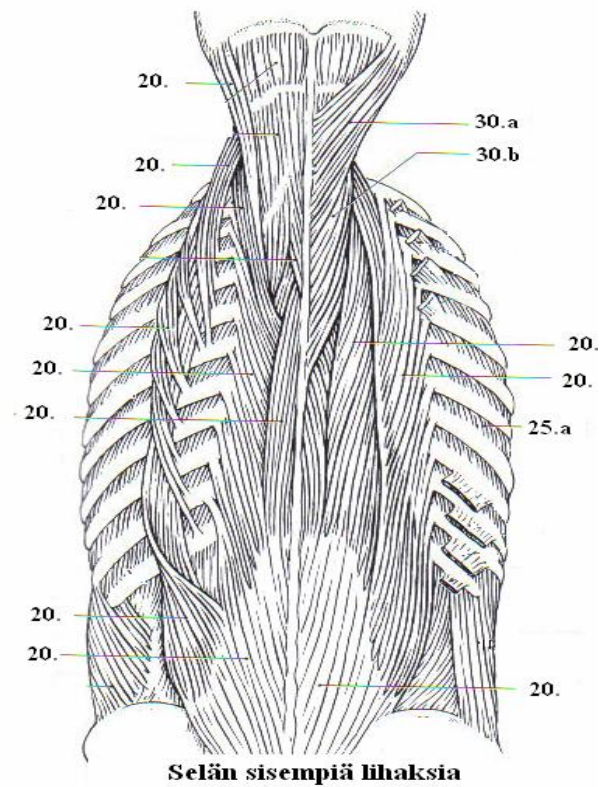
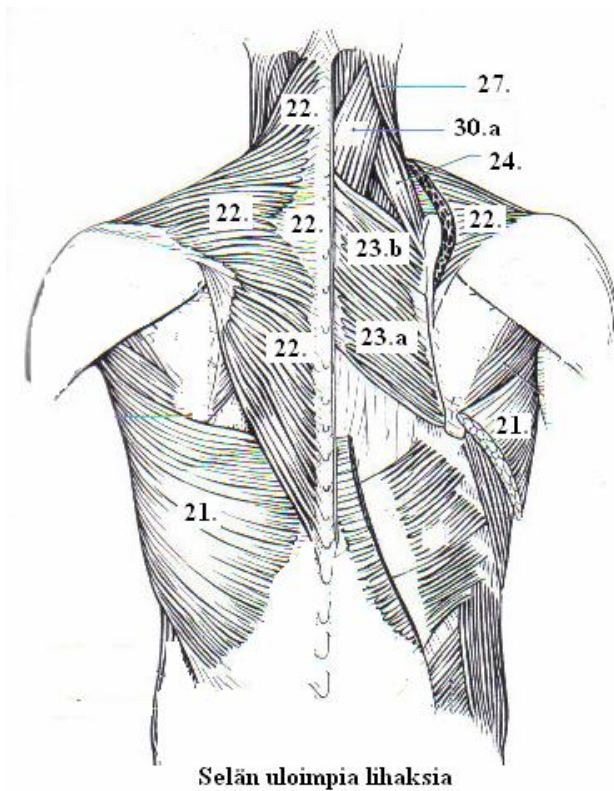
Kurkumpään lihakset kuvattuna oikealta sivusta.



Kurkumpään lihakset kuvattuna vasemmalta sivusta.

Lähde:

**Fenes, H., Dauber, W. 2000.** Pocket Atlas Of Human Anatomy. Based On The International Nomenclature. Thieme: New York.



Lähde:  
**Fenes, H., Dauber, W. 2000.** Pocket Atlas Of Human Anatomy. Based On The International Nomenclature. Thieme: New York.



Hyvä foniatrian poliklinikan potilas,

Foniatriin tutkimuksessa Teillä on todettu toiminnallinen, ns. **hyperfunktionaalinen ääniongelma**. Teillä on mahdollisuus osallistua koehenkilönä tutkimukseen ”**voice massage –käsittelyn välittömät vaikutukset hyperfunktionaaliseen ääniongelmaan**”.

Kuopiolainen hieroja-lymfaterapeutti Leena Koskinen on kehittänyt 1980-luvulla yhteistyössä lääkäreiden kanssa hoidon nimeltä **voice massage**; kyseessä on erikoiskoulutettujen terapeuttien antama erikoishieronta. Siinä pyritään hieronnan, venytysliikkeiden ja avustettujen hengitysharjoitusten avulla rentouttamaan äänentuottoon liittyviä lihasryhmiä ylävartalolla, rintakehässä, kaulassa sekä kasvoissa ja siten helpottamaan taloudellista äänentuottoa niin puheessa kuin laulussa (Koskinen 1992; [www.voicemassage.fi](http://www.voicemassage.fi)). Käytännön kokemukset ovat antaneet aiheita olettaa, että käsittelystä olisi apua äänenväsymisongelmien ja toiminnallisten äänihäiriöiden hoidossa. Tutkimustietoa käsittelyn vaikutuksista on kuitenkin niukasti.

Tutkimuksen kulku on seuraava:

- Kukin tutkimukseen kutsuttu vapaaehtoinen potilas saa Foniatrian poliklinikalla tunnin kestävän voice massage –käsittelyn terapeutti Jaana Tyrmiltä.
- Tutkimukseen osallistuva saapuu erikseen myös tunnin rentoutumisosioon Jaana Tyrmin ohjauksessa. Rentoutumiskäynti on luonnollisesti ilmainen. Käyntejä tulee siis yhteensä kaksi potilasta kohden.
- Ennen ja jälkeen hieronnan ja rentoutumisen äänitetään paikan päällä lyhyt ääninäyte, josta mitataan ääntä kuvaavia tunnuslukuja sekä puhumisen aikaista hengitysilman virtausta. Potilas täyttää myös kyselykaavakkeen, jolla pyritään saamaan tietoa senhetkistä äänentuottoon ja erilaisiin niska-hartiaseudun lihasjännityksiin liittyvistä tuntemuksista.
- Kun tietoja analysoidaan, niistä poistetaan henkilötunnukset. Tutkimusaineistoa säilytetään Foniatrian poliklinikalla ja Tampereen yliopiston puheopin laitoksella lukitussa paikassa.

Osallistuittepa tutkimukseen tai ette, hoitonne jatkuu muilta osin tavallisten käytäntöjen mukaan.

Olen tutustunut yllä esitetyn tiedotteen sisältöön suullisesti ja kirjallisesti. Olen ymmärtänyt tutkimuksen tarkoituksen ja koehenkilölle suunnittelut hoidot riittävässä laajuudessa. Suostun haastateltavaksi. Minulla on oikeus keskeyttää osallistumiseni tutkimukseen missä vaiheessa tahansa ilman, että se vaikuttaa kielteisesti saamaani hoitoon Foniatrian poliklinikalla.

Tampereella \_\_\_\_/\_\_\_\_2005 \_\_\_\_\_

(nimenselvennys)

Halutessanne saatte lisätietoja erikoislääkäri Juha Vintturilta 4717 3064 [juha.vintturi@hus.fi](mailto:juha.vintturi@hus.fi) tai voice massage –terapeutti Jaana Tyrmiltä 0500 – 571 158 [jaana.tyrmi@uta.fi](mailto:jaana.tyrmi@uta.fi)

VOICE MESSAGE –PROJEKTI

PÄIVÄ: \_\_\_\_\_

NIMI: \_\_\_\_\_

TESTI: \_\_\_\_\_

ENNEN

JÄLKEEN

H U O M !! VASTAA JOKAISessa KYSYMYKSESSÄ VAIN TOISEEN vaihtoehtoon!

1. ÄÄNENTUOTON HELPPOUS

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ äänentuotto on työlästä

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ äänentuotto on helppoa

2. KURKKU

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu hyvältä

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu jännitystä

3. KAULA

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu hyvältä

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu jännitystä

4. NISKA

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu hyvältä

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu jännitystä

5. HARTIAT

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu hyvältä

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu jännitystä

6. SELKÄ

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu hyvältä

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu jännitystä

7. HENGITYS

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu helpolta

Ei erityisiä tunteuksia \_\_\_\_\_ tuntuu raskaalta