



GÖTEBORGS UNIVERSITET
SAHLGRENSKA AKADEMIN

Institutionen för neurovetenskap och fysiologi
Enheten för logopedi

263

**Påverkas röstkällans egenskaper av förändrad stående
kroppshållning?
- En experimentell studie av otränade mansröster**

Nova Eriksson
Signe Rödseth Smith

Examensarbete i logopedi
30 högskolepoäng
Vårterminen 2013

Handledare
Johan Sundberg
Marja Öller Darelid

Påverkas röstkällans egenskaper av förändrad stående kroppshållning?

– En experimentell studie av otränade mansröster

Nova Eriksson
Signe Rödseth Smith

Sammanfattning. Syftet med föreliggande studie var att undersöka huruvida förändrad kroppshållning resulterar i omedelbara mätbara skillnader i röstkällans egenskaper. Nio män med otränade röster spelades in i lodhållning samt i hållningstyperna swayback och kyphosis vilka karaktäriseras av framskjutet bäcken respektive framåtkrökt brösttrygg. Röstkällans egenskaper erhöles genom inversfiltrering av audiosignalen. De akustiska parametrarna pulsamplitud, maximal flödesminskningshastighet, skillnaden mellan första och andra deltonen i röstkällans spektrum, slutenknot och den normerade amplitudkvoten undersöktes i förhållande till subglottalt tryck mellan lodhållning och respektive avvikande hållningstyp. Resultaten tyder på att det finns en effekt av hållning på röstkällan. Hållningstypen swayback gav signifikant högre subglottala tryck och signifikant lägre pulsamplitud och maximal flödesminskningshastighet och således en mindre effektiv fonation. Studien stödjer den kliniska rutinen att bedöma och korrigera hållning inom röstträning och logopedisk röstbehandling.

Nyckelord: Hållning, röstkällan, inversfiltrering, trakealdrag, fonation

Does altered postural alignment affect voice source characteristics?

– An experimental study of untrained male voices

Abstract. The aim of this study was to investigate whether a direct shift in postural alignment results in changes in voice source characteristics. Nine males with untrained voices were recorded standing in ideal postural alignment and in the deviant postures swayback and kyphosis characterized by extended hips and a slump back respectively. The voice source was derived from the audio signal by inverse filtering. The parameters pulse amplitude, maximal flow declination rate, level difference between the first and second voice source partials, closed quotient and the normalized amplitude quotient in relation to subglottal pressure were compared between ideal postural alignment and swayback and kyphosis respectively. Results indicate an impact of changed postural alignment on the voice source. Swayback posture gave significantly less pulse amplitude and maximal flow declination rate and significantly higher subglottal pressures thus resulting in a less effective phonation. The study supports assessment of posture in voice treatment.

Key words: Posture, voice source, inverse filtering, tracheal pull, phonation

Stor vikt läggs vid hållning inom nästan all röstträning (Iwarsson, 2008), men trots att hållning länge ansetts ha betydelse för röstfunktionen (Wilson Arboleda & Frederick, 2006) har mycket lite forskning gjorts på sambandet mellan hållning och röst.

Den stående hållning där kroppens segment placeras på sådant vis att den belastning som verkar på kroppen genom gravitationen minimeras benämns hållning i lod. I stående position är de bärande segmenten nacke, höfter, knän och anklar (Kell, 2010). Tyngdpunkten i upprätt position med armarna vilande längs med sidorna infaller vid andra kotan i korsryggen inuti bäckenet. Lodlinjen är en tänkt linje som löper lodrätt genom kroppens tyngdpunkt i det sagittala planet. Om vikten fördelas jämnt framför och bakom tyngdpunkten i det sagittala planet kommer lodlinjen att skära genom de bärande segmenten på följande platser: genom tragus, precis framför axelleden, precis bakom höftleden, precis framför knäleden och precis bakom ankelleden (van Deursen & Everett, 2010). Vid hållning i lod har ryggraden en öppen S-form sedd från sidan. När ryggraden avviker från sin öppna S-form påverkar det hur de bärande segmenten är staplade på varandra. En avvikelse i positionen av ett segment påverkar alltid positionen av andra segment och medför större belastning och ofta kompensatoriska muskelspänningar (Kell, 2010).

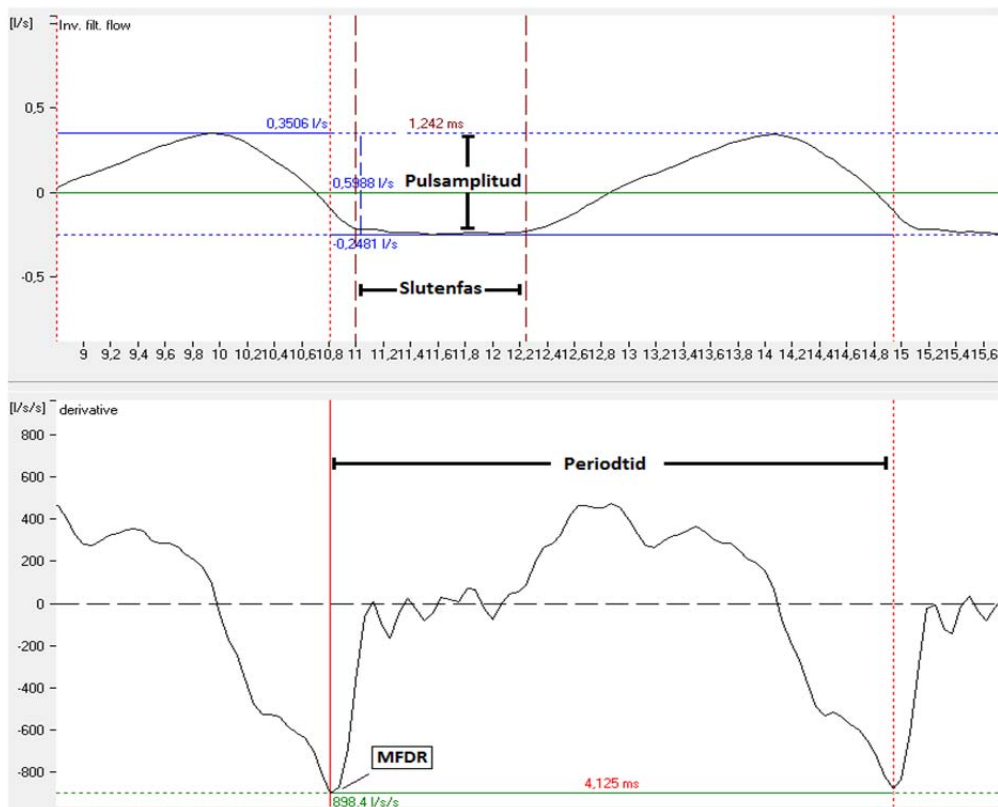
I litteraturen delas avvikelser av kroppens segment från lodlinjen in i sex avvikande hållningstyper. Två av de vanligaste avvikande hållningstyperna benämns swayback och kyphosis (Wilson Arboleda & Frederick, 2006). Namnet kyphosis refererar till en ökad framåtkrökning av bröstryggen. Om krökningen inte skulle kompenseras för skulle blicken riktas mot marken. Därför lyfts huvudet bakåt, vilket medför en ökad svank i nacken. Denna huvudposition medför ofta muskelspänningar (Kell, 2010; Kooijman et al., 2005). Långvarig kyphosis kan resultera i nedsatt lungfunktion till följd av inskränkt förmåga till expansion av bröstkorgen. Hållningstypen swayback karaktäriseras av ett framskjutet bäcken som leder till en hyperextension i höftleden. Höftens avvikande position kompenseras för med ökad kutryggighet, ökad svank i ländryggen, ett framskjutet huvud och i vissa fall översträckta knän (Kell, 2010).

Föreliggande studie avser undersöka hållningens påverkan på röstkällan. Röstkällan, röstens råmaterial, består av den ström av tryckpulser som bildas när de vibrerande stämbanden delar upp luftströmmen som kommer från luftstrupen. Röstkällans egenskaper kontrolleras framförallt av stämbandens längd och spänning, det subglottala trycket, dvs. lufttrycket under stämbanden när de är stängda, samt den glottala adduktionskraften, den kraft med vilken stämbanden pressas samman (Sundberg et al., 2011).

De rörelser inne i larynx som ger upphov till förändringar i röstkällans egenskaper är osynliga för det blotta ögat, men det går att studera dem genom det ljud de ger upphov till (Sundberg et al., 2011). För att kunna studera röstkällan måste först inverkan av det akustiska filter som ansatsröret utgör undanröjas. En vanlig teknik för detta ändamål är inversfiltrering (Björkner et al., 2006). Det finns flera metoder för att genomföra inversfiltrering. De två metoderna manuell och semiautomatisk har jämförts och visat sig ha hög överensstämmelse (Lehto, Airas, Björkner, Sundberg & Alku, 2007). Resultatet av inversfiltreringen blir ett flödesglottogram som visar luftflödet genom glottis över tid, dvs. röstkällan. Egenskaperna i flödesglottogrammet styrs av och

reflekterar stämbandens svängningsmönster (Sundberg et al., 2011). Således går det att utläsa olika aspekter av stämbandens svängningsmönster ur flödesglottogrammet, och detta görs utifrån ett antal akustiska parametrar (Letho et al., 2007).

Den andel av stämbandets svängningscykel när stämbanden är som mest slutna kallas för slutenvkot. Denna återfinns i flödesglottogrammets flata del, då luftflödet ligger på sin lägsta nivå, se figur 1. Då glottis öppnas ökar luftflödet tills stämbanden når sin maximala öppning med maximalt luftflöde. Skillnaden mellan minimalt och maximalt luftflöde kallas för pulsamplitud. Om stämbanden svänger med stor svängningsamplitud blir även pulsamplituden större. Därefter minskar flödet i takt med att glottis sluts. En brant slutningsfas i flödesglottogrammet innebär att flödet avtar med hög hastighet. Vid den tidpunkt då glottis sluts och ljudet bildas nås den maximala flödesminskningshastigheten (Lindblad, 1992), detta benämns "Maximal Flow Declination Rate" (MFDR), se figur 1. MFDR är starkt kopplat till ljudstyrka och påverkar lutningen i röstkällans spektrum på det sättet att en högre MFDR ger starkare övertoner (Sundberg, 2001). För att få ett mått på röstkällans grundtonshalt tas differensen mellan den första och den andra deltonen i röstkällans spektrum (H1-H2) (Sundberg et al., 2011).



Figur 1. Flödesglottogram taget ur röstanalysprogrammet S-naq. Den övre kurvan visar luftflöde [l/s] över tid [ms]. Nedre kurvan visar hastigheten på flödesökningen och flödesminskningen [l/s/s] över tid [ms]. Kurvans lägsta punkt visar den maximala flödesminskningshastigheten (MFDR).

Senare års forskning har bidragit till en bättre förståelse av det komplexa sambandet mellan röstproduktionens fysiologi och akustik (Sundberg et al., 2011). Det subglottala

trycket är en av röstens viktigaste fysiologiska kontrollfunktioner och studier har undersökt hur det påverkar röstkällans egenskaper. Forskningen visar att parametrarna pulsamplitud och MFDR ökar med ökat subglottalt tryck i ett linjärt samband. Slutenvknoten ökar med ökat subglottalt tryck upp till en viss nivå där kurvan planar ut (Sundberg, Andersson & Hultqvist, 1999; Sundberg, Fahlstedt & Morell, 2005). Skillnaden mellan första och andra deltonen i röstkällans spektrum (H1-H2) minskar med ökat subglottalt tryck i ett icke-linjärt samband (Björkner, 2008). Således är det viktigt att ta hänsyn till det subglottala trycket för att kunna uttala sig om förändringar i röstkällans egenskaper och en sådan analys bör innehålla ett flertal subglottala tryck (Björkner et al., 2006). Olika fysiologiska förändringar kan få samma konsekvens i flödesglottogrammet, t.ex. leder både ett ökat subglottalt tryck och en ökad adduktion till en högre slutenvknot. Röstkällans egenskaper är också inbördes beroende av varandra. Exempelvis resulterar en ökning av pulsamplituden i en ökning av MFDR och även i en större grundtonshalt (H1-H2) (Sundberg et al., 2011).

Olika fonationstyper kännetecknas av varierande grad av glottal adduktionskraft och en låg grad av adduktion uppfattas perceptuellt som en läckande, hypofunktionell röst (Lindblad, 1992). En medelhög grad av glottal adduktion resulterar i en flödig röst som också kännetecknas av en stor pulsamplitud, hög MFDR och hög slutenvknot (Lindblad, 1992). Studier har undersökt hur perceptuellt skattad press hänger samman med värdena på de olika akustiska parametrarna (Sundberg et al., 2004; Millgård och Fors, 2012). Hög slutenvknot, låg H1-H2, hög MFDR, låg pulsamplitud och ett lågt värde på den normerade amplitudkvoten (NAQ) hör samman med höga skattningar vid perceptuell bedömning av press. NAQ erhålls genom att dividera pulsamplituden med MFDR och därefter dividera med grundtonens periodtid för att möjliggöra jämförelser mellan olika grundtonsfrekvenser. Måttet visar förhållandet mellan mängden luft som passerar stämbanden och med vilken hastighet de sluts. NAQ är det mått som enskilt visat tydligast koppling till stämbandsadduktion (Sundberg, Thalén, Alku, & Vilkmann, 2004; Millgård & Fors, 2012).

Den forskning som tidigare utförts på sambandet mellan röst och hållning skiljer sig åt både avseende metodik och teoribakgrund (Kooijman et al., 2005; Staes et al., 2011; Nacci et al., 2012; Bruno et al., 2007). Studier har påvisat att kroppshållning påverkar aktiviteten i bäckenbottenmuskler och magmuskler. Dessa är viktiga för att stabilisera bålen och styra andningen och således viktiga för att kontrollera det subglottala trycket (Hodges, Sapsford, & Pengel, 2007; Staes et al., 2011; O'Sullivan et al., 2002). En fallstudie, där en student inom klassisk sång utöver sin ordinarie undervisning fick hållningsträning vid nio tillfällen under fyra månader, visade att röstens tonomfång samt dynamiska omfång utökats till följd av interventionen. Studenten som i sin vanemässiga hållning uppvisade drag av swayback fick träning som framför allt fokuserade på att stärka och förlänga muskler för att uppnå muskulära förutsättningar för hållning i lod. Träningen resulterade i att kroppens segment följde lodlinjen samt att spänningar i axlar och nacke minskade (Staes et al., 2011).

I två studier har man kunnat se att förekomsten av avvikande hållningstyper är hög hos personer med röstproblem (Kooijman et al., 2005; Nacci et al., 2012). I studien av Kooijman et al. (2005) studerades sambandet mellan såväl hållning som muskulära spänningar i externa laryngeala muskler och "Dysphonia Severity Index" (DSI) samt

självskattningsformuläret "Voice Handicap Index" (VHI) hos lärare med långvarig sjukfrånvaro på grund av röstproblem. Studien visade på ett signifikant samband mellan hållningstypen "posterior weight bearing", vilken visar tydliga likheter med swayback, och DSI som mäter maximal frekvens och minimal intensitet vid fonation, maximal fonationstid och jitter. Det fanns även ett samband mellan denna hållningstyp och större upplevelse av rösthandikapp (VHI). I studien av Nacci et al. (2012) där samtliga deltagare hade ofullständig stämbandsslutning och dysfoni som beskrevs vara hypokinetisk hade majoriteten framåtrullade axlar, insjunknen bröstorg, hyperextension av nacken och något framskjuten käke. Detta är en beskrivning som kan anses motsvara hållningstypen kyphosis.

En framskjutning och höjning av hakan, vilket förekommer i både swayback och kyphosis, har ett samband med förhöjd larynxposition (Iwarsson, 2001) vilket i sin tur sammankopplas med pressad fonation (Elliot, Sundberg & Gramming, 1997). Detta beror troligen på kontraktion av de supralaryngeala musklerna, dvs. musklerna ovanför larynx, eller en höjning av de strukturer som dessa fäster i. I studien av Koojiman et al. (2005), där deltagarna valts ut på grund av långvariga röstproblem, visade det sig att mer än 70 % av dem hade en vanemässigt framskjuten huvudposition vilket kan tyda på att en framskjuten huvudposition är vanligt förekommande hos personer med röstproblem. Likaså har en sänkning av hakan mot halsen visat sig ha samband med sänkt larynxposition (Iwarsson, 2001) vilket kan minska den glottala adduktionskraften (Elliot et al., 1997). Inom klassisk sång eftersträvas vid sång på höga frekvenser traditionellt en bakåtskjutning av huvudet och förlängning av nackkotorna för att få fri rörlighet av thyroidbrosk och möjlighet till ett vidgat svalg, vilket hos operasångare ibland leder till en förändring av den vanemässiga hållningen där den naturliga svanken i nacken är utträtad (Scotto Di Carlo, 1998).

En förklaringsmodell till varför hållningen skulle ha betydelse för stämbandens svängningsmönster är det så kallade trakealdraget. Larynx, trakea och diafragman är direkt sammankopplade. När diafragman kontraheras vid inandning skapas en nedåtdragande kraft på larynx (Zenker, 1961). Detta har bekräftats med undersökningar på personer som laryngektomerats, där dragningskraften på trakea uppmätts vid lätt respektive djup inandning (Zenker & Glaninger, 1959). Ytterligare belägg för trakealdragets effekt finns i en studie av Iwarsson och Sundberg (1998) där en hög lungvolym var tydligt associerad med en låg larynxposition och där larynxpositionen höjdes successivt med minskad lungvolym. Det har också visats att cricothyroidmuskeln, som sträcker stämbanden, har varierande grad av aktivering vid samma tonhöjd beroende på diafragmans position. Vid låg diafragma har cricothyroidmuskeln högre aktivitet än vid hög diafragma. Detta då trakea sitter ihop med cricoidbrosket, vilket i sin tur gör att den nedåtdragande kraften påverkar avståndet mellan cricoid- och thyroidbroskens främre delar och gör stämbanden slappare. För att stämbandets spänning ska hållas konstant behöver cricothyroidmuskeln kompensera genom mer aktivitet (Sundberg, Leandersson & von Euler, 1989).

En annan aspekt av trakealdraget som är relevant för fonationen är att larynx anatomiska uppbyggnad gör att en vertikalt riktad kraft på trakea också utgör en abducerande kraft på stämbanden. Detta har undersökts genom att dra i trakea på ett avlägsnat larynx (Zenker, 1961). Dock menar Zenker (1961) att denna verkan troligtvis

är försumbar i förhållande till den kraft som de posteriora cricoarytenoidmusklerna utövar, vars uppgift är att abducera stämband. Trakealdragets abducerande effekt har även undersökts på levande människor, vilket visat att minskad lungvolym leder till mindre pulsamplitud, minskat läckage och högre slutenknot (Iwarsson, Thomasson & Sundberg, 1998). Iwarson et al. (1998) anser att det är högst troligt att ett trakealdrag bidragit till lungvolymens påverkan på röstkällan men kan inte utesluta att resultatet helt eller delvis beror på muskulära faktorer.

Trakealdraget antas öka när diafragman sänks vid inandning. För detta antas att upprätt hållning krävs och att bukväggen expanderar vid inandning (Iwarsson & Sundberg, 1998). Inverkan av diafragmans position på larynxhöjd har undersökts av Iwarsson (2001) genom att jämföra andning med expanderad bukvägg respektive indragen bukvägg. En nedåtdragande effekt på larynx kunde dock inte påvisas då expansion av bukväggen i denna studie medförde en framåtskjutning av hakan medan andning med indragen bukvägg medförde en sänkning av hakan mot bröstet. Dessa förändringar av huvudets position hade en större inverkan på larynxhöjd än trakealdraget (Iwarsson, 2001). Swayback har setts leda till en ökad aktivitet i de raka bukmusklerna (O'Sullivan et al., 2002), vilket borde inskränka möjligheten till expansion av bukväggen vid inandning (Clarkson, 2013). En krökt kroppshållning borde leda till en krökt trakea, vilket även detta skulle kunna reducera trakeas dragkraft på larynx (Sundberg, Leandersson & von Euler, 1989). Sundberg et al. (1989) menar därför att det vore av intresse att studera relationen mellan bälens position och fonationen.

Att en hållning som avviker från lodlinjen är relaterad till röstproblem har tidigare bekräftats (Koojiman et al., 2005), dock är kunskapen om hur hållningen påverkar stämbandets svängningsmönster högst begränsad. Att studera hållningens påverkan på röstkällan gör det möjligt att härleda hur röstens viktiga kontrollfunktioner så som stämbandets spänning, glottal adduktionskraft samt subglottalt tryck påverkas av förändrad hållning och behovet av en sådan studie har tidigare påtalats (Sundberg et al., 1989). Personer med tränade röster har i en studie rörande användning av andningsmuskulatur vid sång setts kunna kompensera för en förändring av kroppshållning mellan stående och liggande (Sundberg et al., 1991) varför det kan anses motiverat att inleda studiet av den förändrade stående kroppshållningens påverkan på röstkällan med en studie på otränade röster.

Syftet med föreliggande studie var att undersöka huruvida det uppstår omedelbara mätbara skillnader i röstkällans egenskaper till följd av en förändring i stående kroppshållning hos män med otränade röster.

Frågeställningarna för studien var: Vid en jämförelse mellan hållning i lod och hållning i swayback respektive kyphosis, finns det någon skillnad i:

- hur pulsamplituden förhåller sig till det subglottala trycket?
- hur den maximala flödesminskningshastigheten (MFDR) förhåller sig till det subglottala trycket?
- hur den normerade amplitudkvoten (NAQ) förhåller sig till det subglottala trycket?

- hur ljudnivåskillnaden mellan den första och andra deltonen i röstkällans spektrum (H1-H2) förhåller sig till det subglottala trycket?
- hur slutenvoten förhåller sig till det subglottala trycket?
- nivån på de subglottala tryck som används?

Metod

Deltagare

Till studien söktes personer av manligt kön som var 22 till 55 år gamla. Ålderskriteriet var till för att säkerställa färdigvuxet skelett (Kell, 2010) och för att minimera risken för ålderspåverkan på rösten (Södersten, 2008). Personerna fick inte ha genomgått någon formell sång- eller röstutbildning då studiens syfte var att undersöka otränade röster. Av de personer som anmälde intresse för att delta i studien deltog samtliga. Totalt rekryterades nio personer, varav de flesta tillhörde författarnas bekantskapskrets. Åldersfördelningen var 23 till 41 år ($M = 31$ år). I rekryteringsprocessen skickades ett informationsbrev ut till samtliga deltagare. Deltagarna informerades om att studien skulle genomföras på friska personer, vilket innebar att deltagarna behövde vara friska vid inspelningstillfället samt att de inte fick ha några kända röstproblem, ryggproblem, lung- eller luftvägssjukdomar. Deltagarna fick inte heller vara rökare. Information om det övergripande inspelningsförfarandet ingick i informationsbrevet. Dock informerades deltagarna inte om studiens syfte då det ansågs kunna innebära en felkälla om personer med ett intresse för röst och hållning sökte sig till studien och då det ansågs kunna påverka deltagarnas beteende under inspelningen. En person meddelade vid inspelningstillfället att han fortfarande upplevde lättare halsbesvär efter en veckas förkyllning men trodde sig kunna medverka trots detta. Personen bedömdes vara frisk nog att medverka i studien.

Tillvägagångssätt

Pilotprojekt. Inför datainsamlingen genomfördes ett mindre pilotprojekt med en manlig och två kvinnliga deltagare, varav den ena var en av författarna. Vid den efterföljande analysen visade det sig vara svårt att analysera kvinnornas röstkällor på låga subglottala tryck eftersom det saknades slutenvas. En tidigare studie har påvisat svårigheter i att uppnå reliabla resultat för slutenvoten om ofullständig stämbandsslutning föreligger (Mecke, Sundberg, Granqvist & Echternach, 2012). Kvinnor fonerar på högre tonhöjder vilket försvårar uppmätningen av slutenvoten och inversfiltrering är även generellt svår att utföra på höga tonhöjder eftersom grundtonen och första formanten närmar sig varandra (Mecke et al., 2012). Då studien hade ett relativt lågt deltagarantal prioriterades möjligheten att få säkra data framför möjligheten att generalisera resultaten till både kvinnor och män. Inför datainsamlingen genomfördes sex repetitioner av metoden för att utforma hållningsinstruktioner och öva på att ta ut lämpliga tonhöjder.

Datainsamling. När deltagarna hade anlänt till inspelningsstudio (avdelningen för tal musik och hörsel på Kungliga tekniska högskolan, Stockholm) fick de skriftlig information i form av ett samtyckesformulär där det framgick vilka data som skulle

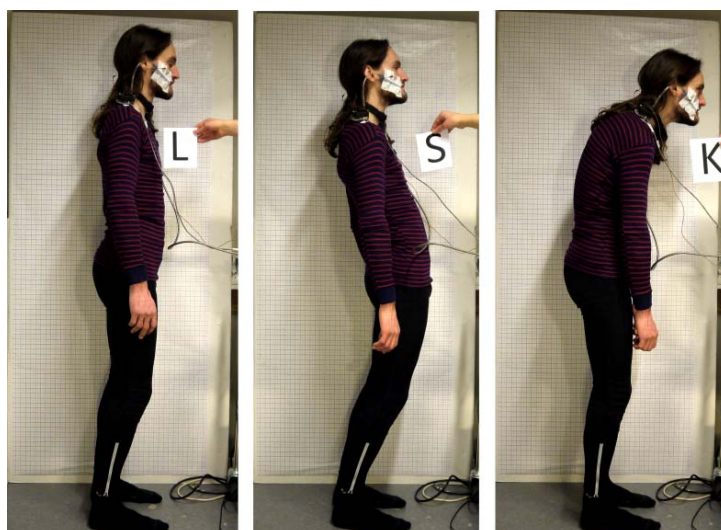
inhämtas och hur dessa sedan skulle förvaras och användas samt att personuppgifter skulle uppföras i ett personregister enligt personuppgiftslagen (PUL). Samtliga deltagare undertecknade samtyckesformuläret. De fick sedan byta om till tójbara åtsittande kläder. Två av försöksledarna (försöksledarna innefattade författarna och huvudhandledare Johan Sundberg) befann sig inne i inspelningsstudion under inspelningen. Innan inspelningen påbörjades fick deltagarna öva på att upprepa stavelsen /pæ:/ med legato och diminuendo dvs. sammanbundet och med avtagande röststyrka. En av försöksledarna förevisade och deltagarna fick öva tills det ansågs att fullgott resultat hade uppnåtts. De informerades även om försökets tillvägagångssätt i detalj. Sedan uppmanades de att välja en ton i bekvämt läge som identifierades med hjälp av mjukvarusynthesizern Madde (Svante Granqvist, KTH). En hög och en låg ton presenterades sedan med riktlinjen att den låga tonen skulle ligga en stor ters under den bekväma tonen och att den höga tonen skulle ligga en oktav över den låga tonen. Om detta inte stämde överens med försökspersonens modala röstomfång minskades omfånget tills försökspersonen ansågs kunna producera alla tre toner utan att byta register och med bibehållen stabilitet. En försöksperson visade sig ha stora svårigheter med att bibehålla konstant tonhöjd varför bara en tonhöjd spelades in. Deltagarna preparerades sedan med inspelningsutrustning, se figur 3, och fick ställa sig i profil framför en skärm.

Deltagarna uppmanades att stå som vanligt, dvs i habituell hållning, med armarna hängande utefter sidorna och fotograferades i profil i denna position. Inspelningen inleddes med att de sa sitt namn, mikrofonavståndet och dagens datum. Därefter ombads de upprepa stavelsen /pæ:/ med legato och diminuendo fyra gånger för alla tre tonhöjder i ordningsföljden medelhög, låg och hög tonhöjd. Tonhöjderna presenterades med hjälp av Madde inför varje sekvens. Sedan upprepades proceduren för hållningstyperna kyphosis, swayback och lod. Efter att deltagarna intagit en position ombads de att stå så still som möjligt under hela inspelningen. Mellan varje tonhöjd kontrollerades och eventuellt korrigerades hållningen för att säkerställa att den bibehölls genom hela inspelningen. Ordningen mellan positionerna kyphosis, swayback och lod varierades. Experimentet tog cirka en timma för varje deltagare. Under inspelningarna följdes ett detaljerat protokoll och en och samma försöksledare ansvarade för samma moment under hela datainsamlingen. Åtta deltagare fonerade under 12 olika betingelser (4 hållningar x 3 tonhöjder) och en fonerade under 4 betingelser (4 hållningar x 1 tonhöjd). Totalt samlades 100 röstexempel in med 4 /pæ:-sekvenser i varje.

Hållningsinstruktioner. För att deltagarna skulle hitta hållning i lod kombinerades delar av ”inbalansering i stående” enligt metoden Basal kroppskännedom (Roxendal, Winberg & Dahlström, 2002) med övningar som används i logopedisk praktik. Först ombads deltagaren att gå upp på tå samtidigt som han sträckte sig uppåt med hela kroppen. Därefter fick han sjunka ner med hämlarna så att han stod på hela foten och fick sedan gunga i knäna för att undvika översträckta knän. Efter detta ombads deltagaren väga över med tyngden omväxlande framåt och bakåt med allt mindre rörelser och leta efter ett läge där han upplevde att han stod stabilt. Under dessa moment demonstrerade en av försöksledarna hur rörelserna skulle utföras. Därefter tryckte försöksledaren på deltagarens bröstorg och sedan på brösttryggen för att se om deltagaren stod stabilt. Detta moment användes också för att kontrollera lodhållningen mellan de olika tonhöjderna. När deltagaren ansågs stå stabilt ombads han att fästa blicken på en tejpbit

som satt på 1 meters höjd på väggen 4 meter framför honom och låta huvudet följa blickriktningen. Huvudet och hakan rättades vid behov till så att de hamnade i önskat läge. Den låga hakan var till för att främja en låg larynxposition, vilket anses leda till en mindre pressad röstkvalitet (Elliot et al., 1997). Hållningen kontrollerades från sidan för att säkerställa att deltagaren stod i lod.

För att uppnå hållningstypen swayback instruerades deltagarna att skjuta fram höftpartiet och samtidigt försöka slappna av i den positionen. Om de hade möjlighet skulle de också stå med översträckta knän vilket några av deltagarna kunde. Hållningstypen kyphosis instruerades genom att deltagarna ombads sjunka ihop i mellangärdet med överkroppen hängande. För både swayback och kyphosis ombads deltagarna att fästa blicken på en tejpbit på väggen med höjden 175 cm och låta huvudet följa blicken. För de båda avvikande hållningstyperna förevisades hållningen av en av försöksledarna, så att deltagaren hade en modell. Tejpbitarna för blickriktning tjänade som stöd för att deltagarna skulle bibehålla huvudets position under hela inspelningen.



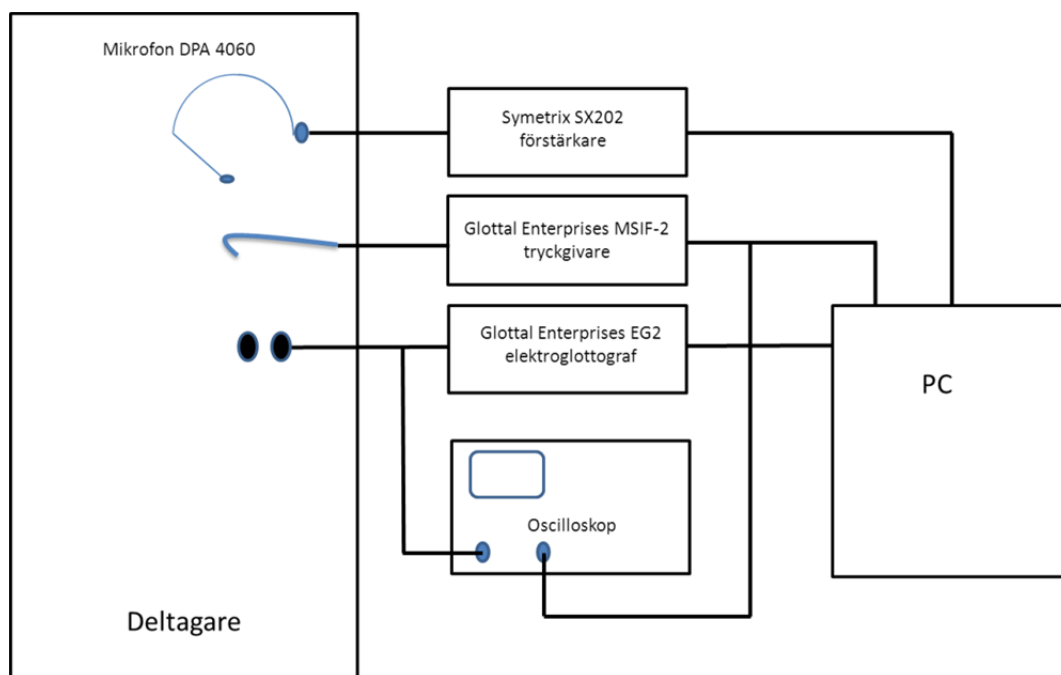
Figur 2. Deltagare i hållningstyperna (från vänster) lod, swayback och kyphosis.

Instruktionerna till de avvikande hållningstyperna har utformats av författarna själva. Dock konsulterades Christina Finnsbäck, legitimerad sjukgymnast och koordinator på sektionen för arbetsterapi och fysioterapi vid Göteborgs Universitet, angående såväl instruktion av samtliga hållningar samt tillförlitligheten i tillvägagångssättet att låta en person inta flera olika förutbestämda hållningstyper (Christina Finnsbäck, personlig kommunikation, 26 oktober, 2012).

Inspelningsutrustning

Under inspelningen registrerades audio, subglottalt tryck och elektroglossografi simultant. För audioinspelningen användes en huvudburen rundkännande mikrofon (DPA 4065) med en förstärkare av märket Symetrix SX202 kopplad till en dator (PC). Mikrofonavståndet mättes ut för varje deltagare och varierade från 10 till 12 cm ($M = 11$ cm). Det subglottala trycket uppskattades genom att mäta det intraorala trycket under

oklusionsfasen av /p/ i stavelsen /pæ:/ med hjälp av tryckmätaren Glottal Enterprises MSIF-2 kopplad till en dator (PC). För att möjliggöra ett genomförande av experimentet utan att deltagarna skulle behöva hålla i tryckmätaren fick ett krokigt platsrör med mindre diameter föras in i den mjuka plastslangen som hör till tryckmätaren och därefter tejpas fast på kinden. EGG registrerades med hjälp av elektrogloottografen Glottal Enterprises EG2 via ett halsband med två elektroder som placerades på vardera sida om deltagarnas larynx. En av försöksledarna kontrollerade under inspelningen att EGG och subglottalt tryck registrerades. Till detta användes ett analogt standard-oscilloskop. Illustreras i figur 3.



Figur 3. Kopplingsschema över inspelningsutrustning.

Kalibrering. Audiosignalens ljudnivå kalibrerades vid fyra tillfällen, dvs. inför varje inspelningsdag. Det subglottala trycket kalibrerades vid tre tillfällen, inför första, tredje och fjärde inspelningsdagen, då tryckgivarens känslighet är stabil. För den andra dagens inspelningar användes tryckkalibreringen från första dagen. För att kalibrera audiosignalens ljudnivå spelades en sinuston med en frekvens i närheten av 1000 Hz upp, genererad av en persondator. Tonens ljudtrycksnivå uppmättes med hjälp av en ONO SOKKI LA-210 ljudnivåmätare som hölls precis intill inspelningsmikrofonen. Subglottalt tryck kalibrerades genom att tryckmätarslangen kopplades till en manometer där ett tryck i cm H₂O mättes upp. Detta tryck spelades in med programmet Soundswell Signal Workstation, utvecklat av Hitech Medical inom Saven Hitech AB, Täby (<http://savtech.se/medical/index.php/om-medical>). Därefter kopplades tryckmätarslangen bort från manometern och också detta 0-tryck spelades in. Båda dessa tryck lästes upp vid inspelningen.

Redigering av röstexempel

Röstexempel från habituell hållning analyserades inte. En deltagare spelades in med ett omfång av endast en stor kvart varför bara den medelhöga tonhöjden analyserades. Således redigerades och analyserades 69 röstexempel. För varje hållningstyp och på varje tonhöjd spelades fyra /pæ:-sekvenser in. Dessa studerades sedan i ljudbehandlingsprogrammet Soundswell Signal Workstation och en sekvens med många och jämnt avtagande tryck valdes ut. I en del fall, där det inte fanns fler än tre godtagbara tryck att tillgå på någon sekvens togs tryck från ännu en sekvens. I första hand valdes subglottala tryck med en flat plåtå, då detta indikerar att trycket är konstant. I de fall där inga flata tryckplåtåer hade producerats uppmättes trycken på mitten av trycktoppen. I vokalen efter den utvalda konsonanten valdes sedan den mittersta delen ut för inversfiltrering, då denna inte påverkas av artikulatoriska rörelser. För en deltagare registrerades inga tryck vid inspelningen av den låga tonen då deltagaren stod i kyphosis. Han producerade dessutom tonande /p/-konsonanter vid flera tillfällen vilket försvårade uppmätningen av trycken. Inspelningarna för samtliga hållningar på den låga tonen för denna deltagare fick således exkluderas.

Akustisk analys

I föreliggande studie har manuell inversfiltrering använts. Inversfiltrering utfördes av författarna och huvudhandledaren i programmet Decap (Svante Granqvist, KTH) vilket är ett program för manuell inversfiltrering. Vid filtreringen var målet att uppnå en tydligt markerad och jämn slutenfas och en jämt fallande spektrumkontur vid placeringen av formantmarkeringarna. En skarp hörna i slutet av slutningsfasen eftersträvades också då denna punkt representerar den maximala flödesminskningshastigheten (MFDR). För varje röstexempel gjordes mellan 4 och 11 filtreringar ($M = 6,0$) och varje inversfiltrering resulterade i ett flödesglottogram. Totalt togs 413 flödesglottogram fram. För att utvinna de akustiska parametrarna ur flödesglottogrammen användes programvaran S-naq (Svante Granqvist, KTH). Slutenasens duration och periodtiden uppmättes där manuellt, och därefter räknade programmet ut F_0 , NAQ, H1-H2, slutenkvot, pulsamplitud och MFDR. Dessa data fördes sedan in i programmet Microsoft Excel 2010. Även dessa moment utfördes av författarna och huvudhandledaren.

Bearbetning av data och statistisk analys

Bearbetning av data samt matematiska uträkningar utfördes i kalkylprogrammet Microsoft Excel 2010. Statistiska beräkningar utfördes i statistikprogrammet "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS) version 21.

Reproducerbarhet. Reproducerbarheten för de akustiska parametrarna samt för subglottalt tryck undersöktes. De tre personer som utfört analysen (författarna och huvudhandledaren) analyserade 20 utvalda exempel, tillhörande tre olika deltagare, två gånger vardera. Analyserna utfördes med minst en veckas mellanrum. Då ett fel i programinställningen för 4 exempel upptäcktes i handledarens första analys fick dessa omanalyseras i S-naq. Denna del av analysen påverkade endast slutenkvoten. Värdena

för subglottalt tryck, pulsamplitud, MFDR, NAQ, H1-H2 och slutenvkot från varje persons första analys plottades både mot respektive värden från personens andra analys samt mot respektive värden från de två andra personernas första analys. Pearsons korrelationsstest visade på höga korrelationer för samtliga parametrar med undantag för slutenvknoten, se tabell 1. På grund av sin låga reproducerbarhet exkluderades denna parameter.

Tabell 1.

Korrelationskoefficienter (Pearsons korrelationsstest) från reproducerbarhetsmätning. B1= bedömare 1, B2= bedömare 2, B3= bedömare 3.

	B1-B1	B2-B2	B3-B3	B1-B2	B1-B3	B2-B3
Subglottalt tryck	0,992	0,986	0,998	0,967	0,999	0,982
Pulsamplitud	0,998	0,998	0,981	0,998	0,982	0,986
MFDR	0,996	0,999	0,991	0,993	0,988	0,997
NAQ	0,926	0,995	0,987	0,924	0,88	0,854
H1-H2	0,994	0,994	0,946	0,991	0,939	0,962
Slutenkvot	0,977	0,667	0,758	0,756	0,454	0,091

Funktioner av parametrar och subglottalt tryck. För varje deltagare plottades de uppmätta värdena på parametrarna pulsamplitud, MFDR, NAQ och H1-H2 mot de tillhörande subglottala trycken för hållningstyperna lod, swayback och kyphosis. Antalet deltagare som inkluderades var 7 stycken på hög tonhöjd, 9 stycken på medelhög tonhöjd samt 6 stycken på låg tonhöjd. Förhållandet mellan subglottalt tryck och vardera parameter approximerades med funktioner. För parametrarna pulsamplitud och MFDR användes linjär regression (Sundberg et al., 1999). För parametrarna NAQ (Björkner et al., 2006) och H1-H2 approximerades förhållandena med potensfunktioner av typen $y = C x^p$ då dessa parametrar har ett icke-linjärt samband med det subglottala trycket.

Jämförelse av lutningskoefficienter. För att undersöka eventuella skillnader i förhållandet mellan subglottalt tryck och pulsamplitud respektive MFDR beroende på om hållningen var i lod eller i swayback respektive kyphosis beräknades medelvärden för varje deltagares lutningskoefficienter på hög, låg och medelhög tonhöjd. Vid undersökning av systematiska skillnader mellan tonhöjderna upptäcktes att låg ton avvek i jämförelsen mellan lod och kyphosis, resultaten för MFDR och pulsamplitud gick i motsatt riktning på låg tonhöjd jämfört med hög medelhög. Därför beräknades här medelvärden för hög och medelhög tonhöjd medan låg tonhöjd undersöktes separat. Då två deltagare förekom endast på medelhög tonhöjd samt en på endast medelhög och hög tonhöjd undersöktes även om det fanns systematiska skillnader beroende på bortfallet. Då inga sådana skillnader kunde urskiljas inkluderades samtliga deltagare i beräkningen. Därefter utfördes Wilcoxon's tecken-rangtest för parvisa observationer. Samtliga korrelationer överskred $r \geq 0,5$ och inkluderades därför i analysen (Sundberg et al., 2005). Ett icke-parametriskt test valdes då studien hade få deltagare och data inte ansågs vara normalfördelad. Statistisk signifikans beräknades på signifikansnivån $p < ,05$.

Medelvärdesfunktioner. För att illustrera eventuella skillnader mellan hållning i lod och hållningstyperna swayback och kyphosis i förhållandet mellan subglottalt tryck och respektive parameter beräknades medelvärden för funktionernas koefficienter uppdelat på tonhöjderna hög, medelhög och låg, se tabell 2 samt figur 4, 5, 6 och 7. Vid medelvärdesberäkningen inkluderades endast funktioner där korrelationerna gav $r \geq 0,5$ (Sundberg et al., 2005). Då en deltagares funktionskoefficienter på låg ton och en på hög ton gav omöjliga värden för medelvärdesfunktionerna på parametern H1-H2 exkluderades även dessa, se tabell 2. Då ingen statistisk jämförelse av koefficienterna tillhörande NAQ och H1-H2 var möjlig inom ramen för denna studie utgör medelvärdesfunktionerna resultatet som ligger till grund för jämförelsen mellan hållningstyperna. Graferna granskades visuellt, se figur 6 och 7.

Jämförelse av subglottala tryck. För att undersöka eventuella skillnader i nivå på subglottalt tryck mellan hållning i lod och de båda avvikande hållningarna utfördes Wilcoxons tecken-rangtest för parvisa observationer på medelvärdena för samtliga tryck som uppmätts för varje deltagare uppdelat på hållningstyp. Statistisk signifikans beräknades på signifikansnivån $p < ,05$.

Resultat

Resultaten redovisas för en parameter i taget. Funktionerna vars trendlinjer visas i figur 4, figur 5, figur 6 och figur 7 är sammansatta av medelvärden för de enskilda försökspersonernas funktionskoefficienter som visas i tabell 2. Funktionernas trendlinjer visas i grafer tonhöjd för tonhöjd för att åskådliggöra skillnader och möjliggöra jämförelse mellan hållningstyperna lod, kyphosis och swayback med avseende på förhållandet mellan det subglottala trycket och respektive parameter.

Finns det en skillnad i hur parametern pulsamplitud förhåller sig till det subglottala trycket vid hållning i swayback respektive kyphosis jämfört med vid hållning i lod?

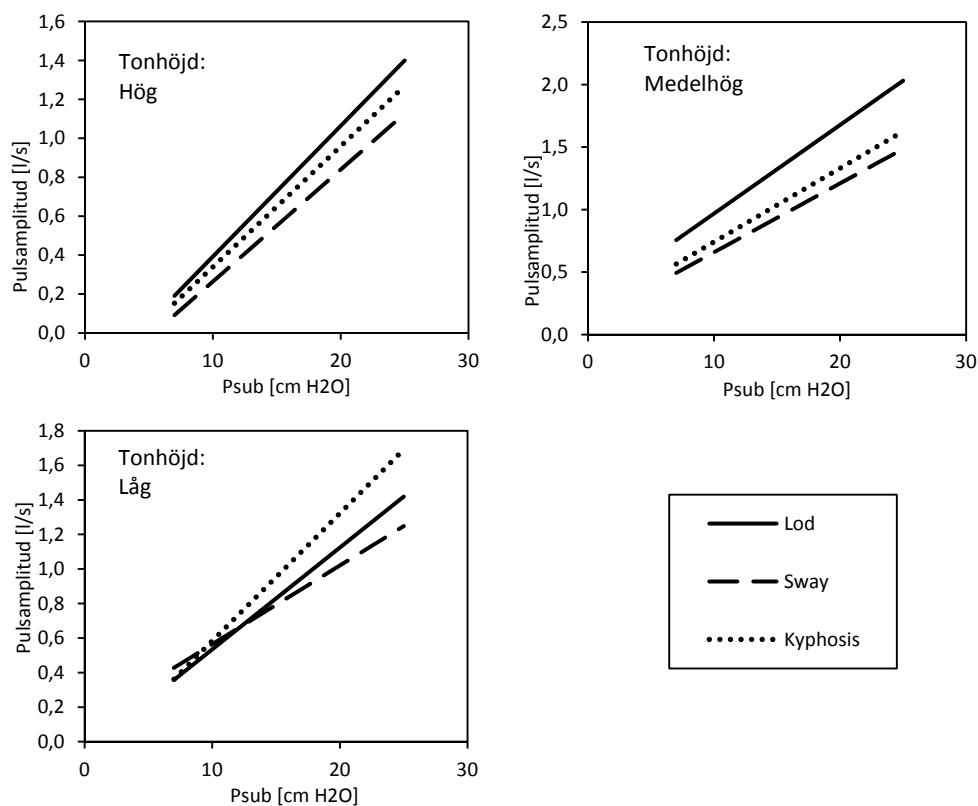
Swayback. Trendlinjerna för funktionerna visar att en större genomsnittlig ökning i pulsamplitud uppnåddes för en given ökning av subglottalt tryck vid hållning i lod jämfört med vid hållning i swayback, på samtliga tonhöjder, se figur 4 samt tabell 2. Skillnaden mellan lutningskoefficienterna beräknades utifrån ett medelvärde av varje deltagares lutningskoefficient på hög, medelhög samt låg tonhöjd med Wilcoxons tecken-rangtest för parvisa observationer. Resultatet visade att lutningskoefficienterna för parametern pulsamplitud vid hållning i lod ($M = 0,066$, $s = 0,018$) var signifikant högre än vid hållning i swayback ($M = 0,052$, $s = 0,016$).

Tabell 2.

Övre delen visar medelvärden (M) och standardavvikelser (s) för lutningskoefficienter (A) och skärningspunktskoefficienter (B) för samtliga deltagares ekvationer uppdelat på de tre tonhöjderna. Samtliga korrelationer överskred exklusionsnivån $r \geq 0,5$. Nedre delen visar medelvärden och standardavvikelser för de båda koefficienterna i potensfunktioner av typen $y = C x^D$. Korrelationer där $R^2 \geq 0,25$ exkluderades. Antalet deltagare som inkluderades betecknas (n). I de fall där bortfall förekom i swayback eller kyphosis har aktuell deltagare exkluderats i lod för att möjliggöra jämförelse (Lod1/Lod2). Tabellens medelvärden ligger till grund för ekvationerna som approximerar förhållandet mellan subglottalt tryck (P_{sub}) och pulsamplitud (P_{tpamp}), MFDR, NAQ respektive H1-H2 för hållningstyperna lod, swayback och kyphosis på hög, medelhög och låg tonhöjd.

		F0 Hög						F0 Medelhög						F0 Låg								
		A		B		r		A		B		r		A		B		r				
		n	M	s	M	s	M	s	n	M	s	M	s	n	M	s	M	s	M	s		
Ptpamp&Psub	Lod	7	0,067	0,019	-0,279	0,334	0,942	0,074	9	0,071	0,024	-0,260	0,210	0,971	0,024	6	0,059	0,028	-0,056	0,310	0,932	0,059
	Sway	7	0,057	0,021	-0,311	0,233	0,978	0,017	9	0,055	0,018	-0,107	0,201	0,920	0,084	6	0,046	0,024	0,109	0,353	0,938	0,039
	Kyph	7	0,061	0,029	-0,292	0,200	0,968	0,025	9	0,059	0,015	-0,152	0,158	0,975	0,016	6	0,074	0,040	-0,156	0,370	0,953	0,031
MFDR&Psub	Lod	7	155,6	41,60	-1092	559,4	0,942	0,066	9	153,1	74,63	-924,9	432,7	0,972	0,024	6	95,22	39,89	-521,3	356,3	0,924	0,100
	Sway	7	144,5	67,58	-1257	717,2	0,976	0,019	9	103,2	44,35	-358,7	299,7	0,958	0,024	6	62,11	27,72	-179,0	252,1	0,926	0,051
	Kyph	7	133,5	48,81	-1,003	387,4	0,961	0,027	9	113,8	36,71	-631,5	290,2	0,953	0,067	6	106,5	52,13	-600,8	323,4	0,961	0,035
		n	C		D		R ²		n	C		D		R ²		n	C		D		R ²	
			M	s	M	s	M	s		M	s	M	s	M	s		M	s	M	s	M	s
NAQ&Psub	Lod1	7	1,761	0,982	-0,901	0,288	0,818	0,094	9	1,509	1,180	-0,948	0,354	0,891	0,043	5	1,155	0,425	-0,878	0,163	0,730	0,209
	Lod2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1,136	0,390	-0,887	0,149	0,754	0,199
	Sway	7	2,304	2,054	-0,876	0,400	0,883	0,086	9	1,521	2,025	-0,719	0,468	0,766	0,098	5	0,654	0,392	-0,589	0,163	0,682	0,217
	Kyph	7	1,284	0,889	-0,739	0,267	0,756	0,169	9	2,631	3,361	-0,966	0,473	0,721	0,168	6	1,441	1,002	-0,903	0,290	0,763	0,194
H1-H2&Psub	Lod1	5	630,8	490,4	-1,278	0,622	0,877	0,040	9	884,5	1599	-1,393	0,707	0,835	0,137	4	103,8	82,60	-0,866	0,331	0,739	0,162
	Lod2	4	502,2	467,0	-1,131	0,612	0,865	0,035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sway	5	687,2	501,3	-1,321	0,456	0,887	0,078	9	358,3	545,1	-1,029	0,628	0,700	0,131	4	78,15	50,89	-0,559	0,639	0,833	0,097
	Kyph	4	248,9	223,0	-0,875	0,502	0,776	0,210	9	361,0	404,8	-1,104	0,532	0,829	0,115	4	231,3	215,2	-1,134	0,413	0,710	0,166

Kyphosis. I likhet med jämförelsen mellan lod och swayback visar trendlinjerna för funktionerna att en ökning i subglottalt tryck i snitt gav en större ökning i pulsamplitud vid hållning i lod jämfört med vid hållning i kyphosis på hög och medelhög tonhöjd. Låg tonhöjd skiljer ut sig och visar att en större ökning i pulsamplitud i snitt erhöles i kyphosis än i lod vid en given ökning i subglottalt tryck, se figur 4 samt tabell 2. Resultatet av Wilcoxon's tecken-rangtest för parvisa observationer visade inte på några signifikanta skillnader mellan lutningskoefficienterna för parametern pulsamplitud vid hållning i lod ($M = 0,069$, $s = 0,020$) jämfört med vid hållning i kyphosis ($M = 0,059$, $s = 0,021$), $p = 0,110$ på hög och medelhög tonhöjd. Inga signifikanta skillnader återfanns heller för parametererna pulsamplitud på låg tonhöjd mellan hållning i lod ($M = 0,059$, $s = 0,030$) och hållning i kyphosis ($M = 0,082$, $s = 0,035$), $p = 0,115$. Jämförelsen för den låga tonhöjden genomfördes på endast 6 deltagare.



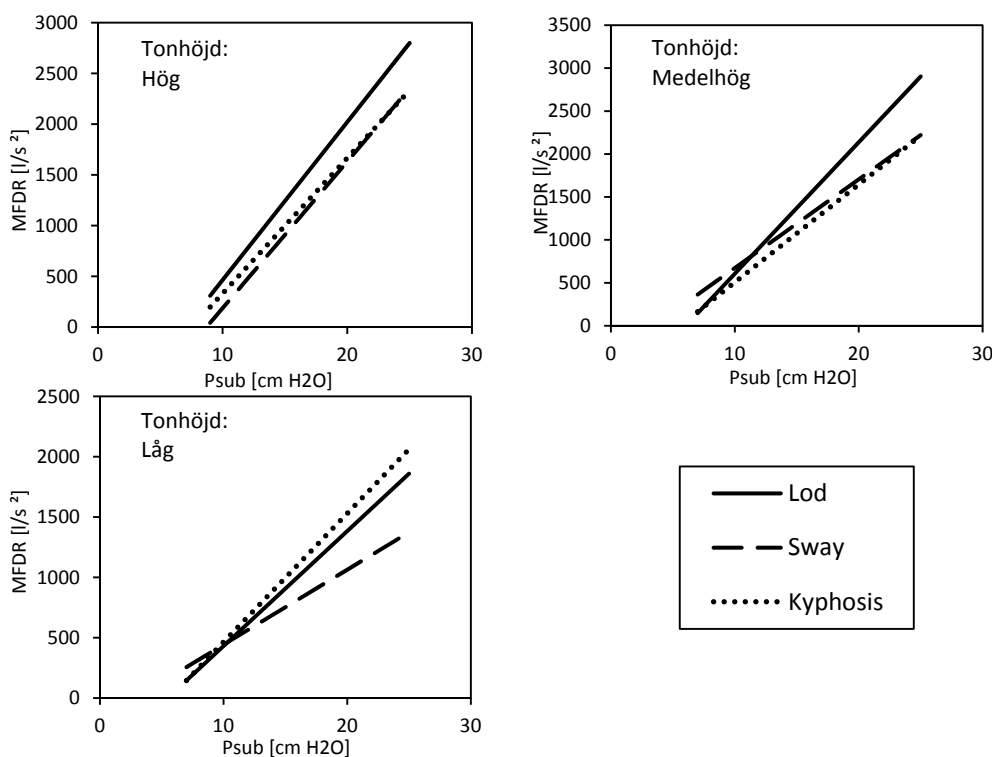
Figur 4. Ekvationer av medelvärden, se tabell 2, som approximerar förhållandet mellan pulsamplitud och subglottalt tryck (P_{sub}) vid hållningstyperna lod, swayback och kyphosis vid hög, medelhög respektive låg tonhöjd.

Finns det en skillnad i hur parametern MFDR förhåller sig till det subglottala trycket vid hållning i swayback respektive kyphosis jämfört med vid hållning i lod?

Swayback. Trendlinjerna för funktionerna visar att en större genomsnittlig ökning i MFDR uppnåddes för en given ökning av subglottalt tryck vid hållning i lod jämfört med vid hållning i swayback, se figur 5 samt tabell 2. Skillnaden mellan lutningskoefficienterna beräknades utifrån ett medelvärde av varje deltagares lutningskoefficient på hög, medelhög och låg tonhöjd med Wilcoxon's tecken-rangtest

för parvisa observationer. Resultatet visade att lutningskoefficienterna för parametern MFDR vid hållning i lod ($M = 143,8$, $s = 64,80$) var signifikant högre än vid hållning i swayback ($M = 105,1$, $s = 43,32$).

Kyphosis. I likhet med förhållandet mellan lod och swayback gav en ökning i subglottalt tryck i snitt en större ökning i MFDR vid hållning i lod jämfört med då deltagaren stod i kyphosis på hög och medelhög tonhöjd. Låg tonhöjd skiljde ut sig och visade att en större ökning i MFDR i snitt erhöles i kyphosis än vid hållning i lod vid ökat subglottalt tryck, se figur 5 samt tabell 2. Resultatet av Wilcoxons tecken-rangtest för parvisa observationer för hög och medelhög tonhöjd visade att hållning i lod ($M = 157,3$, $s = 68,3$) gav signifikant högre lutningskoefficient för parametern MFDR än hållning i kyphosis ($M = 120,0$, $s = 43,9$). Inga signifikanta skillnader i lutningskoefficient återfanns dock för parametern MFDR på låg tonhöjd mellan hållning i lod ($M = 95,2$, $s = 43,70$) och hållning i kyphosis ($M = 106,5$, $s = 57,10$), $p = 0,600$. Jämförelsen för den låga tonhöjden genomfördes även här på endast 6 deltagare.



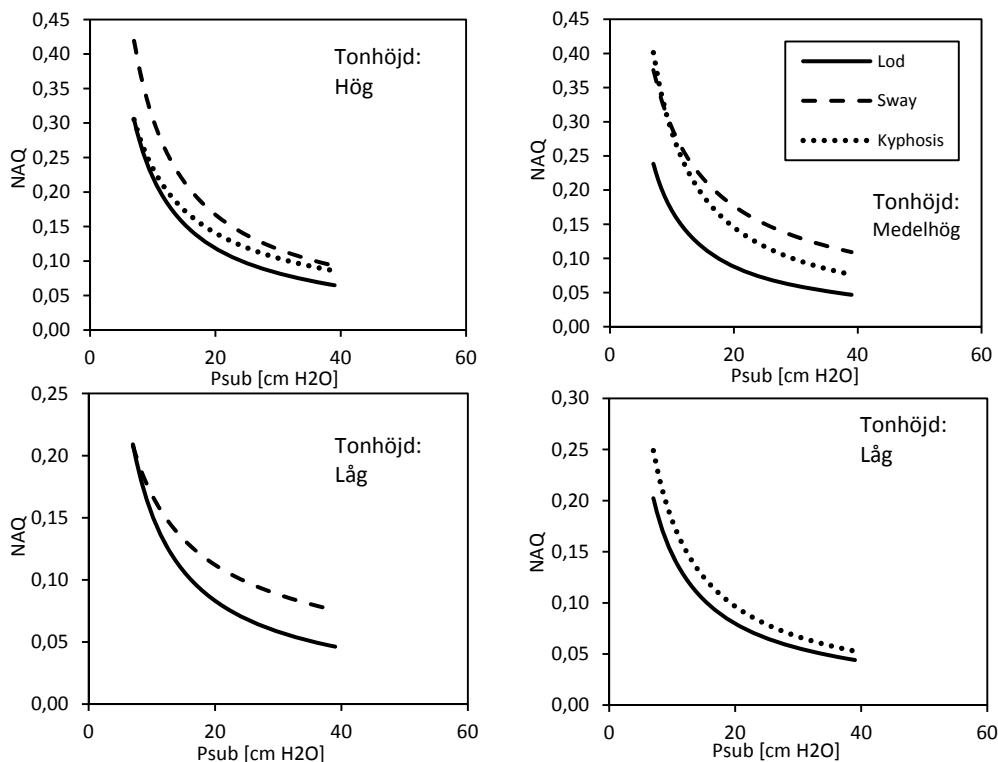
Figur 5. Ekvationer av medelvärden, se tabell 2, som approximerar förhållandet mellan MFDR och subglottalt tryck (P_{sub}) för hållningstyperna lod, swayback och kyphosis vid hög, medelhög respektive låg tonhöjd.

Finns det en skillnad i hur parametern NAQ förhåller sig till det subglottala trycket vid hållning i swayback respektive kyphosis jämfört med vid hållning i lod?

Swayback. Trendlinjerna för funktionerna visar vid visuell granskning att ett givet tryck i snitt gav lägre värden på NAQ då hållningen var i lod jämfört med då hållningen

var i swayback. Störst skillnad återfanns på den medelhöga tonen, se figur 6 samt tabell 2.

Kyphosis. I likhet med jämförelsen mellan lod och swayback visar trendlinjerna för funktionerna vid visuell granskning att lägre värden på NAQ i snitt uppnåddes vid en ökning av subglottalt tryck då hållningen var i lod jämfört med i kyphosis på samtliga tonhöjder. Störst skillnad återfanns även här på den medelhöga tonen, se figur 6 samt tabell 2.



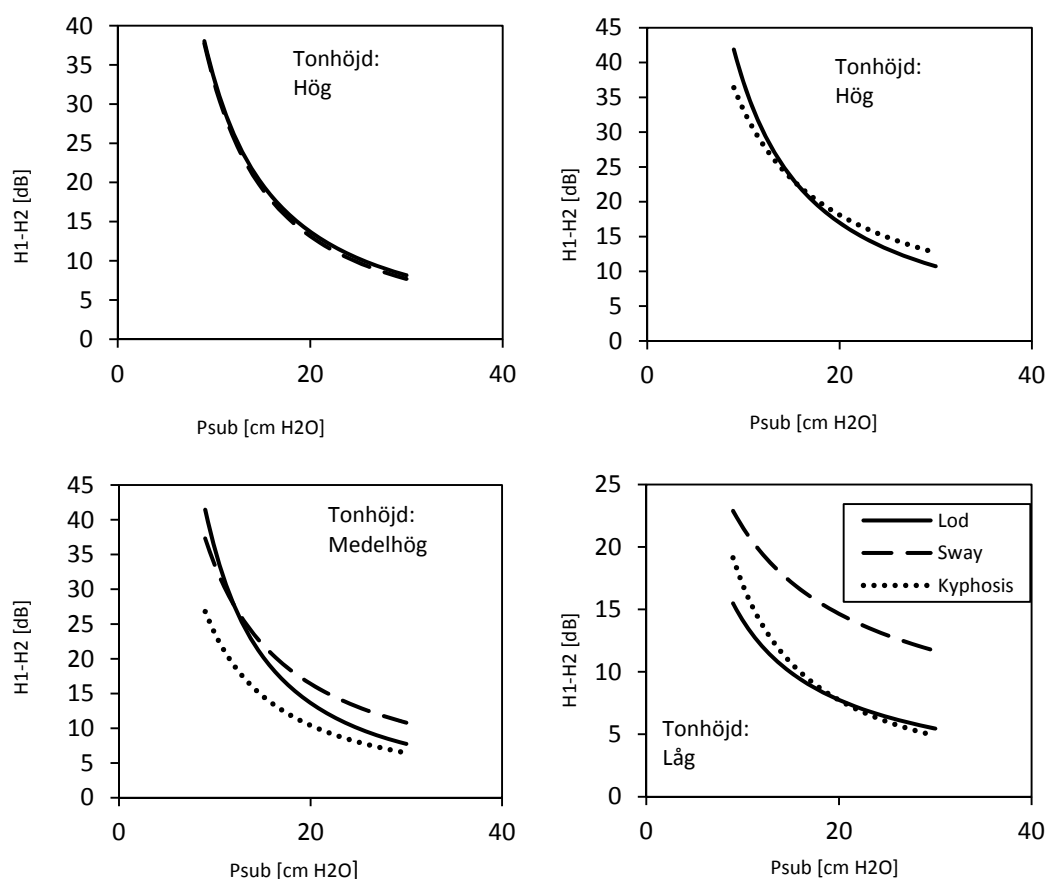
Figur 6. Ekvationer av medelvärden, se tabell 2, som approximerar förhållandet mellan NAQ och subglottalt tryck (P_{sub}) för hållningstyperna lod, swayback och kyphosis vid hög, medelhög respektive låg tonhöjd.

Finns det en skillnad i hur parametern H1-H2 förhåller sig till det subglottala trycket vid hållning i swayback respektive kyphosis jämfört med vid hållning i lod?

Spridningen i materialet för parametern H1-H2 var mycket stor för samtliga hållningar på alla tonhöjder, se tabell 2. I tabell 2 återfinns att standardavvikelseerna för koefficient C på H1-H2 i flera fall var högre än medelvärdet.

Swayback. Trendlinjerna för funktionerna visar vid visuell granskning att förhållandet mellan subglottalt tryck och H1-H2 i snitt skiljde sig åt på låg tonhöjd mellan hållning i lod och hållning i swayback. Mindre differens mellan den första och andra deltonen i röstkällans spektrum uppnåddes då för ett givet subglottalt tryck vid hållning i lod. På hög och medelhög ton syns inga skillnader, se figur 7 samt tabell 2.

Kyphosis. Trendlinjerna för funktionerna visar vid visuell granskning att förhållandet mellan subglottalt tryck och H1-H2 skiljer sig åt något på medelhög tonhöjd mellan hållning i lod och hållning i kyphosis. Mindre differens mellan den första och andra deltonen i röstkällans spektrum uppnåddes då för ett givet subglottalt tryck vid hållning i kyphosis. På de övriga tonhöjderna syns ingen skillnad mellan hållningstyperna, se figur 7 samt tabell 2.



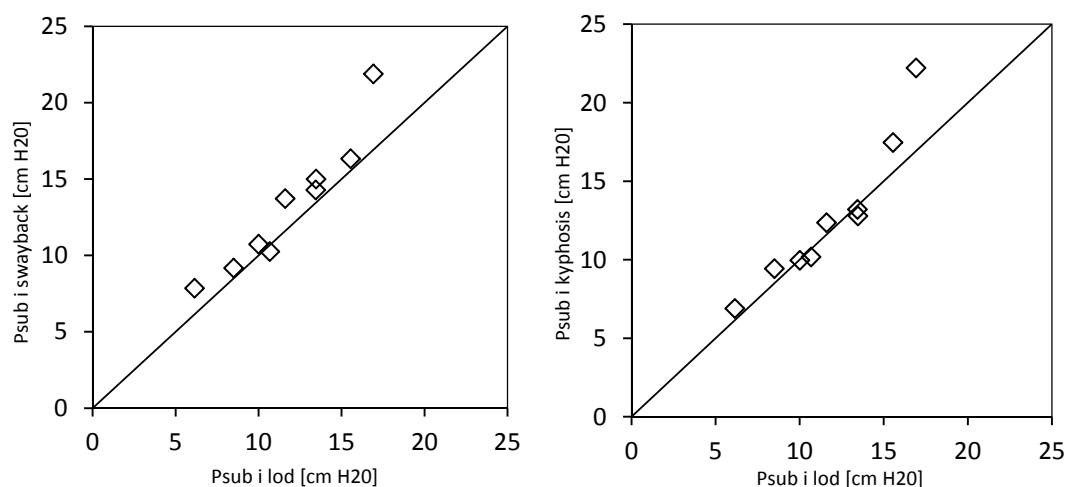
Figur 7. Ekvationer av medelvärden, se tabell 2, som approximerar förhållandet mellan H1-H2 och subglottalt tryck (P_{sub}) för hållningstyperna lod, swayback och kyphosis vid hög, medelhög respektive låg tonhöjd.

Finns det en skillnad i nivån på de subglottala tryck som används vid hållning i swayback respektive kyphosis jämfört med vid hållning i lod?

Swayback. En jämförelse mellan medelvärden av de subglottala tryck som uppmätts för varje deltagare på samtliga tonhöjder visade att signifikant högre tryck använts vid hållning i swayback ($M = 13,24$, $s = 4,32$) än vid hållning i lod ($M = 11,81$, $s = 3,41$). Fördelningen av medelvärden visade att medelvärdet för subglottalt tryck var högre vid hållning i swayback för 8 av 9 deltagare, se figur 8.

Kyphosis. Vid jämförelse av medelvärden utifrån samtliga subglottala tryck som uppmätts för varje deltagare på samtliga tonhöjder återfanns inga signifikanta skillnader beroende på om hållningen var i lod ($M = 11,81$, $s = 3,41$), eller i kyphosis ($M = 12,72$,

$s = 4,63$), $p = 0,139$. Fördelningen av medelvärden visade att medelvärdet för subglottalt tryck var högre vid hållning i kyphosis för 5 av 9 deltagare. För en deltagare användes likvärdigt subglottalt tryck vid båda hållningstyperna, se figur 8.



Figur 8. Fördelning av medelvärdet för de subglottala tryck (P_{sub}) som varje deltagare använt på samtliga tonhöjder mellan lod och swayback samt mellan lod och kyphosis.

Diskussion

Hållning i lod karaktäriserades av hög pulsamplitud, hög MFDR och låg NAQ i förhållande till swayback och kyphosis. Enligt Lindblad (1992) är hög pulsamplitud och hög MFDR tecken på en flödig röst, vilken beskrivs som den optimala rösttypen med lagom mycket stämbandsadduktion. Hög pulsamplitud och hög MFDR är även typiska drag vid hög röststyrka. Då ett lågt värde på NAQ i tidigare studier setts korrelera med pressad fonation (Sundberg et al., 2004; Millgård & Fors, 2012) motsvarade inte resultaten de förväntade. Värdet på NAQ sjunker dock med stigande grad av adduktion på en kontinuerlig skala mellan hypofunktionell och hyperfunktionell fonation (Alku & Vilkmann, 1996). Det som talar emot hyperadduktion vid hållning i lod är de höga värdena på pulsamplitud, vilka tyder på att stämbanden hade stor svängningsbenägenhet (Lindblad, 1992). Hållning i lod gav i jämförelse med de avvikande hållningstyperna en större utdelning i röststyrka i förhållande till subglottalt tryck och således en mer effektiv fonation.

Den hållningstyp i studien som skiljde sig mest från hållning i lod var hållningstypen swayback. I förhållande till hållning i lod gav denna hållning låg pulsamplitud, låg MFDR och hög NAQ och producerades även med signifikant högre subglottala tryck. Resultaten visar att hållningstypen swayback gav mindre svängningsbenägna stämband och mindre utdelning i röststyrka. Således var fonationen vid hållning i swayback mindre effektiv. Då resultaten för hållning i lod inte talar för hyperadduktion kan det höga värdet på NAQ i swayback tyda på att stämbanden vid hållning i swayback var mindre slutningsbenägna. Användandet av höga subglottala tryck kan möjligen vara en konsekvens av att stämbanden var mindre svängningsbenägna och att det därför krävdes högre subglottala tryck för att sätta dem i rörelse. Det högre trycket skulle också eventuellt kunna hänga samman med att de raka bukmusklerna är spända i swayback

(O'Sullivan et al., 2002) och på så sätt ökar trycket som verkar på lungorna (Clarkson, 2013).

Röstkällans egenskaper skiljde sig inte lika tydligt åt mellan hållning i kyphosis och hållning i lod. Hållning i kyphosis gav i förhållande till lod nästan lika hög pulsamplitud, lägre MFDR och högre NAQ. Resultaten tyder på att stämbanden vid hållning i kyphosis var i stort sett lika svängningsbenägna som vid hållning i lod. Samtidigt visar signifikant lägre MFDR på hög och medelhög ton att utdelningen i röststyrka i förhållande till tryck var lägre vid hållning i kyphosis. En relativt stor pulsamplitud i förhållande till en låg MFDR ger ett högre värde på NAQ i kyphosis jämfört med i lod. Ett högt värde på NAQ indikerar att adduktionskraften i kyphosis var lägre än i lod. Resultaten kan tolkas som att fonationen i hållningstypen kyphosis på hög och medelhög tonhöjd tenderar att dra mer åt det hypofunktionella hållet (Lindblad, 1992; Sundberg, 2001), något som ligger i linje med tidigare observationer (Nacci et al., 2012). Dock tyder resultaten för den låga tonhöjden på att hållning i kyphosis resulterar i en mer effektiv fonation än hållning i lod, med mer röststyrka i förhållande till subglottalt tryck. De motstridiga resultaten gör det svårt att utifrån föreliggande studie dra några slutsatser kring hur hållning i kyphosis påverkar röstkällan.

Parametern H1-H2 visade sig ge olika resultat för olika tonhöjder och ekvationernas koefficienter hade mycket stor spridning, se tabell 2. Parameterns korrelation med subglottalt tryck var även låg i flera fall vilket medförde ett större bortfall. Således är det svårt att dra slutsatser utifrån resultatet på parametern vilket även innebär att den kompletterande information om framförallt adduktion och röstens grundtonshalt som parametern ger saknas.

Parametern slutenvot visade sig ha allt för låg reproducerbarhet för att användas. Den lägsta korrelationen fanns mellan bedömarna vilket tyder på att mer samträning hade behövts för att uppnå bättre reproducerbarhet. Dock har stor variation mellan olika bedömare påvisats tidigare vid uppmätning av slutenvot (Mecke et al., 2012). Avsaknaden av parametern slutenvot försämrar möjligheterna till tolkning av resultaten i föreliggande studie. Ett resultat på slutenvoten hade bidragit med mer information om graden av adduktion då en ökad adduktion har visats leda till en längre slutenvot (Sundberg et al., 2011).

Syftet med föreliggande studie var att undersöka huruvida det uppstår omedelbara mätbara skillnader i röstkällans egenskaper till följd av en förändring i stående kroppshållning hos män med otränade röster. Att studien har undersökt personer som intar en hållning kortvarigt innebär att det inte går att uttala sig om effekterna på röstkällan av vanemässig hållning av den aktuella hållningstypen. En person som under en längre period regelbundet intar en avvikande hållning utvecklar muskelspänningar och strukturella förändringar som inte påverkar en person som intar en avvikande hållning kortvarigt (Kell, 2010). Föreliggande studie har visat att en kortvarig förändring från hållning i lod till hållning i swayback leder till en mindre effektiv fonation och användandet av högre subglottala tryck. Det är möjligt att dessa effekter på sikt ger upphov till röstproblem om den avvikande hållningen intas regelbundet och under längre tid. Stora påfrestningar på stämbanden under längre tid föranleder röststörningar (Oates & Winkworth, 2008) och det antas att höga subglottala tryck leder

till röstproblem då det innebär en större påfrestning på stämbanden (Iwarsson & Sundberg, 1999; Lindestad & Södersten, 2008; Sundberg, 2001). Detta kan relateras till att man i en studie funnit samband mellan vanemässig swayback och långvariga röstproblem (Kooijman et al., 2005). Att föreliggande studie utförts på män påverkar dock möjligheten att relatera resultaten till tidigare studier som utförts på kvinnor (Kooijman et al., 2005; Nacci et al., 2012; Staes et al., 2011; Iwarsson & Sundberg, 1999).

En hypotes i föreliggande studie var att hållning i lod skulle innebära ett ökat trakealdrag, vilket har en abducerande effekt på stämbanden. Vid hållning i lod är bålen rak, huvudets position är i linje med bålens och diafragman har fri rörlighet. Således borde den nedåtriktade kraft som verkar på larynx vid inandning vara större vid hållning i lod (Sundberg et al., 1989, Iwarsson et al., 1998). Resultaten stöder inte denna hypotes då fonation vid hållning i lod gav lägre värden på NAQ än både hållning i swayback och i kyphosis; ett lågt värde på NAQ hänger enligt tidigare forskning ihop med en hög grad av stämbandsadduktion (Sundberg et al., 2004; Millgård & Fors, 2012). En möjlig förklaring till utebliven inverkan av trakealdraget vid hållning i lod kan vara att flertalet deltagare inte expanderade bukväggen vid inandning. I föreliggande studie gavs inga andningsdirektiv då syftet var att studera hållningen som isolerad parameter. Metodiken i föreliggande studie gör att det inte går att utesluta en påverkan på röstkällan från andningsmönstret. En annan möjlighet är att NAQ inte kan likställas med adduktion och att sambandet mellan NAQ och fonationstyp behöver utredas vidare.

En möjlig förklaring till den ökade abduktion som resultaten pekar mot både i swayback och i kyphosis är den framåtskjutna huvudposition som karaktäriserar båda hållningstyperna. Zenker (1961) skriver att på grund av hur vävnaden i larynx är uppbyggd kommer vilken vertikalt riktad kraft på larynx som helst att fungera som en glottisöppnare. Zenker (1961) gjorde försök med bakåtlutat huvud som visade att en ökad spänning i trakea hade en förkortande effekt på stämbanden, vilket visades genom en ökad aktivitet i cricotyroidmuskeln vid fonation. En framskjuten huvudposition borde liksom ett bakåtlutat huvud kunna resultera i en höjning av larynx och således en sträckning av trakea. I de två avvikande hållningarna skulle en sådan uppåtdragande och abducerande kraft vara konstant till skillnad mot den nedåtdragande kraft på larynx som sker vid inandning. Detta skulle kunna resultera i en konstant förhöjd spänning i cricotyroidmuskeln vid fonation med en framskjuten huvudposition till skillnad mot den tillfälligt ökade spänning som kunnat påvisas vid inandning (Sundberg et al., 1989). I studien Kooijman et al. (2005) korrelerade en förhöjd spänning i cricotyroidmuskeln med både höga skattningar på VHI och DSI, vilket tyder på att en konstant förhöjd spänning i cricotyroidmuskeln kan leda till röstbesvär.

Det går att ifrågasätta hur representativa de hållningar deltagarna intog är för respektive hållningstyp. Vissa försökspersoner upplevde det som mycket krävande att stå i de avvikande hållningarna, framförallt i swayback. Detta kan bero på att på deltagarna var ovana och spände sig i muskler som inte motsvarar det normala för hållningstypen. Det var även svårt att få en del deltagare att inta en stabil lodhållning. Enligt Staes et al. (2011) krävs mycket träning för att uppnå hållning i lod, vilket inte rymdes inom ramen för denna studie. En deltagare hade i sin vanemässiga hållning tendens till swayback och hade även svårt att stå stabilt vid hållning i lod. Ett par deltagare hade svårt att

skjuta fram höften för att inta swayback och tenderade att glida tillbaka till normal höftposition. En deltagare rörde mycket på armar och huvud vid inspelningen. Vid inspelningstillfället bedömdes de variationer som förekom vara inom ramen för respektive hållningstyp, men skulle kunna utgöra en felkälla. För en mer detaljerad analys av deltagarnas förmåga att inta och bibehålla de olika hållningstyperna under fonation hade en videoinspelning av experimentet varit att föredra framför fotografering. Ett samarbete med sjukgymnaster i en framtida studie av samma typ hade kunnat säkerställa utförandet av de olika hållningstyperna och stärka studiens validitet.

Att studien utfördes på personer med otränade röster var troligen grunden till att en deltagare hade svårt att hålla ton och att en deltagare visade sig ha för litet tonomfång i modal röst för att kunna analyseras på flera tonhöjder. Således förekom bortfall som hade varit möjliga att förutse och borde ha kompenseras för i ett tidigt skede. I en tidigare studie har taltonläge använts som den lägsta tonen (Sundberg et al., 2005). Eventuellt hade detta varit att föredra även i föreliggande studie då den låga tonen i vissa fall blev för låg och hamnade utanför deltagarnas bekväma omfång. Att deltagarna hade otränade röster var antagligen också orsak till att relativt korta /pæ:/-sekvenser producerades. För mer tillförlitliga ekvationer hade i snitt 10 datapunkter varit att föredra. Eventuellt hade flera /pæ:/-sekvenser per hållningstyp och tonhöjd kunnat analyseras. Dock var korrelationerna mellan det subglottala trycket och de akustiska parametrarna i de flesta fall hög.

För flera av deltagarna saknades en flat tryckplåtå på de tryck som registrerats. Det första trycket i varje /pæ:/-sekvens fick i de flesta fall räknas bort på grund av en alltför spetsig trycktopp. Två av deltagarna producerade även tonande konsonanter vilket ytterligare försvårade uppmätningen av trycken. I de fall där det ansågs möjligt att utföra en mätning inkluderades även dessa. Uppmätningen av det subglottala trycket hade god reproducerbarhet men det finns en osäkerhet i registreringen av de tryck som använts i studiens resultat. Osäkerheten skulle kunna bero på den nya utrustningen för tryckmätning som användes vid inspelningen. Inför framtida experiment av samma typ hade det varit önskvärt att mäta metodens reliabilitet i förhållande till den etablerade metoden för att mäta tryck.

Föreliggande studie skulle kunna fungera som en förlaga till en framtida studie med föreslagna förbättringar av metoden. Den metod som utarbetats till föreliggande studie bidrar med en möjlig metod för att undersöka det direkta sambandet mellan förändrad stående kroppshållning och röstkällan. Då det föreligger svårigheter att använda studiens analysmetod på kvinnliga röster (Mecke et al., 2012) utfördes denna studie endast på män. En modifikation av metoden där rösten undersöks endast på taltonläge och parametern slutenknot tas bort skulle möjliggöra studiet av hållningens påverkan på röstkällan även hos kvinnor. De tidigare studierna av Staes et al. (2011) och Kooijman et al. (2005) undersökte även förekomsten av jitter och shimmer i audiosignalen något som hade varit möjligt även här och hade bidragit med information om oregelbundenheter i stämbandssvängningarna (Lindblad, 1992).

Metoden i föreliggande studier gör det möjligt att upptäcka små förändringar i fonationen som inte nödvändigtvis går att uppfatta perceptuellt. Under inspelningen och den efterföljande analysen uppfattades inga tydliga skillnader i röstkvalitet mellan de

olika hållningstyperna. Dock utfördes ingen formell perceptuell bedömning. Det vore av intresse att genomföra en sådan, bland annat då det torde vara av intresse för den kliniskt arbetande logopeden att veta om de förändringar i röstkällans egenskaper till följd av direkt förändrad hållning som påvisats i föreliggande studie också är hörbara.

Sambandet mellan hållning och röst är fortfarande ett mycket outforskat område och det finns många kunskapsluckor kvar att fylla. Som tidigare diskuterats ryms inte hållningens påverkan på andningsmönster eller andningsmönstrets eventuella påverkan på röstkällan inom ramen för föreliggande studie. En studie av professionella sångare, vilka vanemässigt använder sig av bukandning, skulle möjliggöra en undersökning av hållningens påverkan både på röstkälla och på andningsmönster. Staes et al. (2011) påtalar behovet av fler studier av hur långvarig hållningsträning påverkar rösten. Att undersöka hur långvarig hållningsträning påverkar röstkällans egenskaper skulle fungera som ett komplement till resultaten från denna studie.

Resultaten tyder på att en direkt förändrad stående hållning påverkar röstkällans egenskaper hos män med otränade röster. En förändring från hållning i lod till hållning i swayback ger mindre effektiv fonation i form av mindre svängningsbenägna stämband, mindre utdelning i röststyrka och leder till användandet av högre subglottala tryck. Studien har dock utförts endast på män och innehåller flera bortfall varför generaliserbarheten kan ifrågasättas. Fler studier av samma typ behövs för att säkerställa resultaten.

Inom logopedisk röstbehandling ingår träning av hållning som en utav grundkomponenterna. Det har dock påtalats att kunskap om de fysiologiska förutsättningarna för en gynnsam hållning och hur denna uppnås behöver utvecklas inom fältet logopedisk röstbehandling (Wilson Arboleda & Frederick, 2006). Då hållning i swayback förefaller vara en riskhållning är det viktigt att behandlande logopeder har kompetens att identifiera och korrigera denna hållningstyp. Föreliggande studie ger vidare stöd åt vikten av att bedöma och korrigera hållning för att optimera förutsättningar för fonation.

Referenser

- Alku, P., & Vilkman, E. (1996). Amplitude domain quotient for characterization of the glottal volume velocity waveform estimated by inverse filtering. *Speech communication, 18*(2), 131-138.
- Björnkner, E. (2008). Musical theater and opera singing - Why so different? A study of subglottal pressure, voice source, and formant frequency characteristics. *Journal of voice, 22*(5), 533-540.
- Björnkner, E., Sundberg, J., & Alku, P. (2006). Subglottal pressure and normalized amplitude quotient variation in classically trained baritone singers. *Logopedics phoniatics vocology, 31*(4), 157-165.
- Bruno, E., De Padova, A., Napolitano, B., Marroni, P., Batelli, R., Ottaviani, F., & Alessandrini, M. (2009). Voice disorders and posturography: Variables to define the success of rehabilitative treatment. *Journal of voice, 23*(1), 71-75.

- Clarkson, H. M. (2013). *Musculoskeletal assessment: joint motion and muscle testing*. Philadelphia, Pa: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Elliot, N., Sundberg, J., & Gramming, P. (1997). Physiological aspects of a vocal exercise. *Journal of voice*, 11(2), 171-177.
- Lindestad, P-Å. & Södersten, M. (2008). Logopedi. L. Hartelius, U. Nettelblatt & B. Hammarberg (red:er), *Funktionella och funktionellt organiska röststörningar* (ss. 287-297). Lund: Studentlitteratur.
- Hodges, P. W., Sapsford, R., & Pengel, L. H. M. (2007). Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourology and urodynamics*, 26(3), 362-371.
- Iwarsson, J. (2001). Effects of inhalatory abdominal wall movement on vertical laryngeal position during phonation. *Journal of voice*, 15(3), 384-394.
- Iwarsson, J. (2008). Logopedisk röstbehandling. L. Hartelius, U. Nettelblatt & B. Hammarberg (red:er), *Logopedi* (ss. 264-269). Lund: Studentlitteratur.
- Iwarsson, J. & Sundberg, J. (1999). Breathing behaviors during speech in healthy females and patients with vocal fold nodules. *Logopedics phoniatics vocology*, 24(4), 154-154.
- Iwarsson, J. & Sundberg, J. (1998). Effects of lung volume on vertical larynx position during phonation. *Journal of voice*, 12(2), 159-165.
- Iwarsson, J., Thomasson, M., & Sundberg, J. (1998). Effects of lung volume on the glottal voice source. *Journal of voice*, 12(4), 424-433.
- Kell, C. (2010). Posture and balance. T. Everett & C. Kell (red:er), *Human movement an introductory text* (ss. 61-84). New York: Churchill Livingstone/Elsevier.
- Kooijman, P. G., de Jong, F. I., Oudes, M. J., Huinck, W., van Acht, H., & Graamans, K. (2005). Muscular tension and body posture in relation to voice handicap and voice quality in teachers with persistent voice complaints. *Folia phoniatica logopaedica*, 57(3), 134-147.
- Lehto, L., Airas, M., Björkner, E., Sundberg, J., & Alku, P. (2007). Comparison of two inverse filtering methods in parameterization of the glottal closing phase characteristics in different phonation types. *Journal of voice*, 21(2), 138-150.
- Lindblad, P. (1992). *Rösten*. Lund: Studentlitteratur.
- Mecke, A. C., Sundberg, J., Granqvist, S., & Echternach, M. (2012). Comparing closed quotient in children singers' voices as measured by high-speed-imaging, electroglottography, and inverse filtering. *Journal of the acoustical society of America*, 131(1), 435-441.
- Millgård, M. & Fors, T. (2012). *En undersökning av sambandet mellan perceptuellt skattad grad av press och röstkällans akustiska egenskaper hos vuxna* (Master's thesis). Göteborg: Institutionen för neurovetenskap och fysiologi, Göteborgs Universitet.
- Nacci, A., Fattori, B., Mancini, V., Panicucci, E., Matteucci, J., Ursino, F., & Berrettini, S. (2012). Posturographic analysis in patients with dysfunctional dysphonia before and after speech therapy/rehabilitation treatment. *Acta otorhinolaryngologica Italica*, 32(2), 115-121.
- Oates, J. & Winkworth, A. (2008). Current knowledge, controversies and future directions in hyperfunctional voice disorders. *International journal of speech-language pathology*, 10(4), 267-277.
- O'Sullivan, P. B., Grahmslaw, K. M., Kendell, M., Lapenskie, S. C., Möller, N. E., & Richards, K. V. (2002). The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *Spine*, 27(11), 1238-1244.

- Roxendal, G., Winberg, A., & Dahlström, A. (2002). *Levande människa: basal kroppskännet för rörelse och vila*. Stockholm: Natur och kultur.
- Scotto Di Carlo, N. (1998). Cervical spine abnormalities in professional singers. *Folia phoniatrica et logopaedica*, 50(4), 212-218.
- Staes, F. F., Jansen, L., Vilette, A., Coveliers, Y., Daniels, K., & Decoster, W. (2011). Physical therapy as a means to optimize posture and voice parameters in student classical singers: A case report. *Journal of voice*, 25(3), 91-101.
- Sundberg, J. (2001). *Röstlära: fakta om rösten i tal och sång*. Stockholm: Proprius.
- Sundberg, J., Andersson, M., & Hultqvist, C. (1999). Effects of subglottal pressure variation on professional baritone singers' voice sources. *Acoustical society of America*, 105(3), 1965-1971.
- Sundberg, J., Fahlstedt, E., & Morell, A. (2005). Effects on the glottal voice source of vocal loudness variation in untrained female and male voices. *Acoustical society of America*, 117(2), 879-885.
- Sundberg, J., Leanderson, R., & von Euler, C. (1989). Activity relationship between diaphragm and cricothyroid muscles. *Journal of voice*, 3(3), 225-232.
- Sundberg, J., Leanderson, R., von Euler, C., & Knutsson, E. (1991). Influence of body posture and lung volume on subglottal pressure control during singing. *Journal of voice*, 5(4), 283-291.
- Sundberg, J., Patel, S., Björkner, E., & Scherer, K. (2011). Interdependencies among voice source parameters in emotional speech. *IEEE transactions on affective computing*, 2(3), 162-174.
- Sundberg, J., Thalén, M., Alku, P., & Vilkman, E. (2004). Estimating perceived phonatory pressedness in singing from flow glottograms. *Journal of voice*, 18(1), 56-62.
- Södersten, M. (2008). Röstens utveckling och åldrande. L. Hartelius, U. Nettelbladt & B. Hammarberg (red:er), *Logopedi* (ss. 85-93). Lund: Studentlitteratur.
- van Deursen, R. W.M. & Everett, T. (2010). Biomechanics of human movement. T. Everett & C. Kell (red:er), *Human movement an introductory text* (ss. 123-154). Edinburgh: Churchill Livingstone/Elsevier.
- Wilson Arboleda, M., & L. Fredrick, A. (2006). Considerations for maintainance of postural alignment for voice production. *Journal of voice*, 22 (1), 90-99.
- Zenker, W. (1961) Questions regarding regarding the function of external pharyngeal muscles. In: Brewer D, ed. Research potentials in voice physiology, proceedings of international conference, Syracuse. 20, 9.
- Zenker, W. & Glaninger J. (1959) Die Stärke des Trachealzuges beim lebenden Menschen und seine Bedeutung für die Kehlkopfmechanik. *Z Biol*, 111, 154-66.