



LUND UNIVERSITY

Anatomi och fysiologi: Larynx. Trakea. Röstfunktion - Undersökningsmetod: Larynx. Röstfunktion

Kitzing, Peter

Published in:
Öron,- näs- och halssjukdomar

1991

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Kitzing, P. (1991). Anatomi och fysiologi: Larynx. Trakea. Röstfunktion - Undersökningsmetod: Larynx. Röstfunktion. I O. Hallén, & M. Anniko (Red.), *Öron,- näs- och halssjukdomar* (s. 253-271). Almqvist & Wiksell.

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

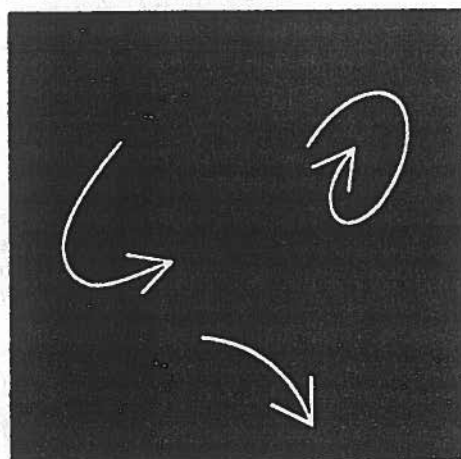
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



Öron-, näs- och hals- sjukdomar

under redaktion av
Olle Hallén
och Matti Anniko

Almqvist & Wiksell

Anatomi och fysiologi

Larynx

Såsom vaktpost vid mynningen till luftstrupen har struphuvudet (larynx) i princip en ventilfunktion, där förmågan att hålla mynningen öppen är lika angelägen som att snabbt kunna stänga den.

Brosk, leder och ligament

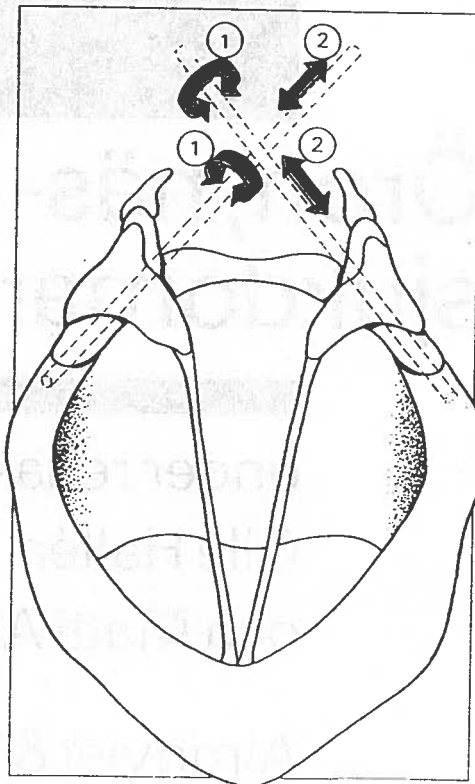
Struphuvudets bas bildas av det oeftergivliga *ringbrosket* (bild 5:1) (cartilago cricoidea), som nedtill är fäst i den mera elastiska översta trakealbågen. Ringbrosket har framtill en knopp, tuberculum, och är baktill uppdraget till en platta, lamina. Mot plattans sneda kanter är de båda *kannbrosken* (cartilagine aryaenoideae) ledade. De har främre och bakre utskott, processus vocalis respektive processus muscularis. Ledernas axlar går snett från mitten baktill-upptill mot sidan framåt-nedåt. Speciellt hos män kan de dock stupa så brant nedåt, att deras orientering närmar sig en vertikalaxel. Kannbrosken kan förskjutas och vridas kring sina sneda axlar. Stämbandsadduktion sker således genom en nedfällning av processus vocalis medialt framåt-nedåt i larynxlumen och abduktion genom en lyftning uppåt-bakåt lateralt.

Det största brosket i larynx är *sköldbrosket* (bild 5:2) (cartilago thyreoidea). Det består av två plattor (laminae) som möts framtill i en spetsig vinkel hos män och i en mera trubbig hos kvinnor. I den övre kanten kan man i allmänhet palpera en inskärning, *incisura superior*. Baktill är kanterna förlängda uppåt och nedåt i pariga horn, *cornua superiora et inferiora*. De nedre hornen är ledade på var sin sida mot ringbrosket i en gemensam transversalaxel, som tillåter öppning och slutning av spatium cricothyreoideum som ett visir. Stängning medför en förlängning av avståndet mellan kannbrosken och framsidan av sköldbrosket, vilket inne-

bär en sträckning av ligamentum vocale som går däremellan (bild 5:3). Strax ovanför fästet för vokalligamentet i sköldbrosket finns stjälken (petiolus) till *struplocket* (epiglottis), vars laterala kanter är förbundna med kannbrosken genom plicae aryepiglotticae. Sköldbrosket är upptill förbundet med *tungbenet* (os hyoideum) genom membrana thyreo-hyoidea, som framtill och i de fria bakre kanterna är förstärkt till ligament.

Bild 5:1

Krikoidbrosket och arybrosken som rider på detta. Ledaxeln i krikarytenoidleden är sned. Den tillåter rotation (1) och förskjutning (2) av arybrosket och därigenom ad- och abduktion av stämläpparna.



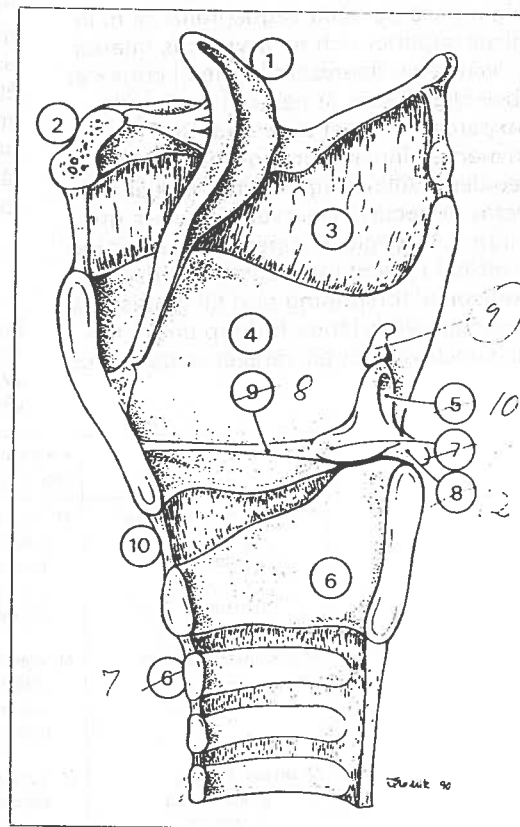
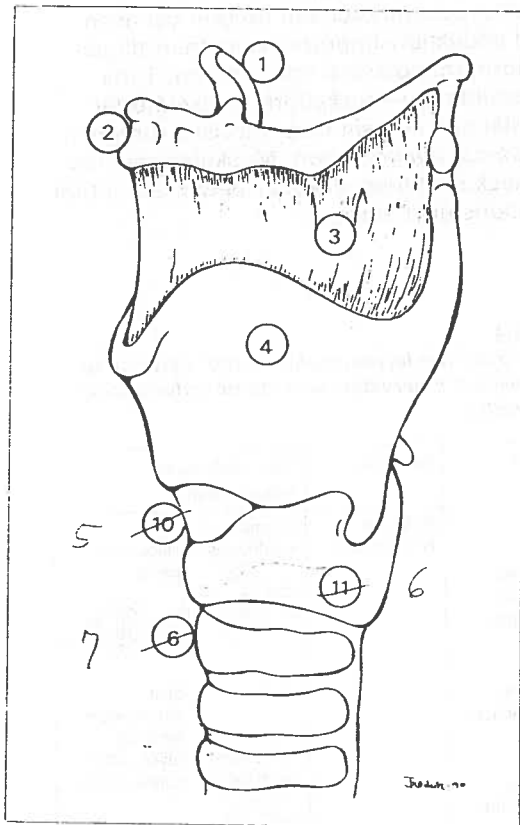


Bild 5:2

Larynx exteriör och interiör sedd från sidan, visande brosk och ligament. 1 = Epiglottis. 2 = Tungben. 3 = Membrana thyroehyoidea. 4 = Cartilago thyreoidea. 5 = Lig. cricothyreoideum. 6 = Ringbrosk. 7 = Trakea. 8 = Lig. vocale. 9 = Cartilago corniculata. 10 = Kannbrosk (arybrosk). 11 = Proc. vocalis. 12 = Proc. muscularis.

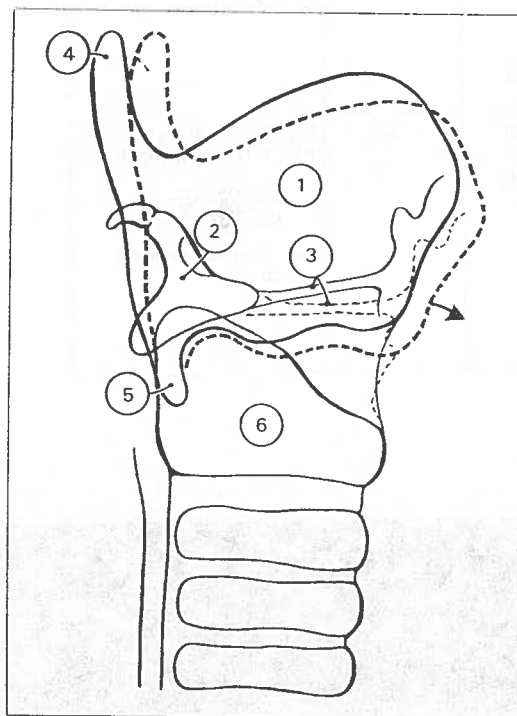


Bild 5:3

Rörelsen i krikohytenoidleden. Vid framåttippning av sköldbrosket sträcks stämläppen. 1 = Sköldbrosk. 2 = Arybrosk. 3 = Lig. vocale (slappt och sträckt). 4 = Övre hornet. 5 = Nedre hornet. 6 = Ringbrosk.

Muskler och nerver

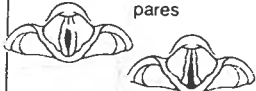
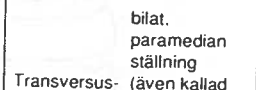
De yttre larynxmuskulerna indelas funktionellt i larynxhøjare och larynxsänkare. De insererar antingen i sköldbrösket eller i tungbenet. Deras betydelse för fonationen är omtvistad.

De inre larynxmuskulerna har anatomiska beteckningar som vanligen förenklas i den kliniska vokabulären (bild 5:4). Endast posticus har öppnande funktion, alla övriga stänger glottis. Hela larynx innerveras från nucleus ambiguus via de båda vagusgrenarna n. laryngicus superior och n. laryngicus inferior eller recurrens. Representationen i cortex är dubbelsidig. Därför är centralt betingade larynxpareser mycket sällsynta. Den övre larynxnerven innerverar motoriskt m. cricothyreoideus. Alla övriga larynxmuskler innerveras av recurrensnerven. Den inre grenen från n. laryngicus superior passerar genom ett hål i membrana thyreoidea och ger sensorisk försörjning ned till glottisnivå. Recurrensnervens långa förlopp under höger a. subclavia och till vänster under aorta-

bågen utsätter den för mångahanda skaderisker. Axonåterväxten efter en pares tar lång tid, och man bör räkna med chans för reinnervation åtminstone under ett halvår efter paresdebuten. Recurrenspares innebär att funktionen i stämbandsspännaren (m. cricothyreoideus) kvarstår, vilket medför en adduktion till paramedianställning. Abduktion (vid inandning) omöjliggörs, då recurrensparesen drabbar inte enbart stängarna utan även den enda öppnaren, m. posticus. Vid reinnervation av recurrens-innerverade muskler kan mycket väl axon med adduktionsimpulser växa fram till abduktorn, m. posticus, och tvärtom. Trots återställd nerv-muskelförbindelse återfår stämläppen inte sin respiratoriska rörlighet, *paradoxal reinnervation*. Muskulaturen återfår dock sin tonus, vilket är betydelsefullt för fonationsfunktionen.

Bild 5:4

Tablå över inre larynxmuskulaturen: beteckning av funktion, innervation och stämbandsställning vid bortfall.

Latinsk beteckning	Kliniskt namn och funktion	Innervation	Glottisställning vid funktionsbortfall
M. thyreo-arytaenoideus p. interna p. externa	M. vocalis isometrisk tonusökning i stämläppen slänger glottis	N. lar. inf. = N. recurrens	Internus-insufficiens Recurrenspares 
M. crico-arytaenoideus lat.	M. lateralis stängning av p. membranacea glottidis		bilat. paramedian ställning (även kallad spänd pares) 
M. arytaenoideus p. transversa p. obliqua	M. transversus stänger p. cartilaginea glottidis		Transversus-insufficiens 
M. crico-arytaenoideus post.	M. posticus öppnar glottis		
M. crico-thyreoideus	spänner stämläpparna stänger glottis	N. lar. sup.	Bortfall av n. lar. sup.-inf. ("Total vaguspares")  bilat. intermediärställning ("slapp pares")

Slemhinna

Slemhinnan har varierande utformning. Under stämläpparna fäster den stramt på ett underliggande bindvävsstråk (conus elasticus), som ger det subglottiska rummet en klockform. Detta minskar risken för virvelbildningar när luften från trakea skall accelerera genom den trånga röstspringan. Hos småbarn är slemhinnan mera lucker och kan då svullna vid subglottisk laryngit (pseudokrupp). Strax ovanför stämläpparna förekommer laterala utbuktningar av slemhinnan, *ventriculi laryngis* eller *sinus Morgagni*, som har stor betydelse för röstklängen vid sång. Taket i larynxventriklarna bildas av slappt nedhängande slemhinneveck, *fickbanden* (plicae ventriculares), som ibland också kallas för falska stämband. Vid svullnad eller maximal sfinkteraktivitet i larynx kan fickbanden bringas att adducera tillräckligt för att börja vibrera vid utandning. Detta kallas för *patologisk fickbandsfonation* och kan vara mycket störande. Vid förlust av stämbandsröst, t. ex. efter kordektomi, kan detta å andra sidan vara en möjlighet att ge patienten en ersättningsröst, *terapeutisk fickbandsfonation*.

Slemhinnan i larynx är generellt klädd med respiratoriskt flimmerepitel. Endast de mediala kanterna av stämläpparna är redan från födelsen täckta av skiktat plattepitel, som bättre står emot den mekaniska påfrestning som uppstår när stämläpparna slår emot varandra vid fonation och som bidrar till precisionen i vibrationsrörelserna. Förutsättningen för fonation är att slemhinnan på stämläpparnas mediala kant är smidig och lucker. Till detta bidrar fickbanden, som har ett stort antal körtelceller, vilka tömmer sitt sekret ned till stämläpparna. Av stor betydelse är att stämbandskanternas slemhinna under epitelet har ett luckert, submuköst skikt, innehållande rikligt med elastiska komponenter, innan det på djupet blir mera fibrotiskt och bildar det vitglänsande ligamentum vocale, som är fixerat till underliggande vokalmuskulatur (bild 5:5). Denna utformning ger stämläpparna en dubbelstruktur, med den fastare (toniserade) muskeln innerst och den lättförskjutliga slemhinnan på ytan. Endast på så sätt kan stämläpparnas övre och undre kant svänga i skilda faser, en viktig förutsättning för normal fonation (se Röstfunktion).

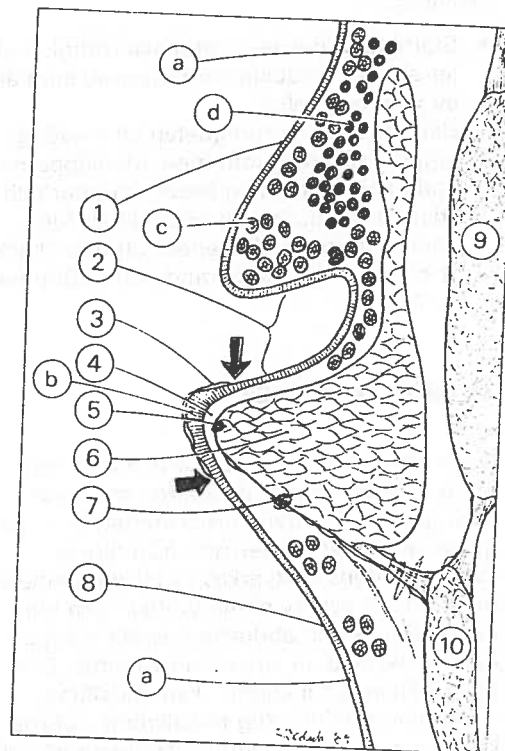


Bild 5:5

Schematiskt frontalsnitt genom larynx, visande slemhinnans utformning och stämläppens tvåkomponentuppbyggnad. 1 = Fickband. 2 = Ventriculus laryngis. 3 = Stämläpp (fria kanten). 4 = Reinkes spatium. 5 = Lig. vocale. 6 = M. vocalis. 7 = Conus elasticus. 8 = Subglottiska rummet. 9 = Sköldbrusk. 10 = Ringbrusk. a = Respiratoriskt flimmerepitel. b = Skiktat plattepitel. c = Seromukösa körtlar och lymfatisk vävnad. d = Fettvävnad.

Blod- och lymfvägar

Larynx blodförsörjning sker via grenar från respektive a. thyreoidea superior och inferior. Även lymfavflödet är tvådelat. Detta till trots är det i onkologiska sammanhang vanligt att larynx delas in i en supraglottisk, en glottisk och en subglottisk region. Embryologiskt härrör de supraglottiska strukturerna från fjärde gälbågen, medan stämläpparna, kannbrusken och de subglottiska strukturerna emanerar från sjätte gälbågen. Den femte återbildas.

Lymfkärlen genomkorsar vävnaderna i ett yttligt (submuköst) och ett djupt nätverk. Deras förlopp varierar och påverkas av förändringar i vävnaden, t. ex. på grund av

operationer eller tumörväxt. Några säkra begränsningar för spridning av metastaser föreligger inte. Larynx regionala lymfknutar är nodi lymphatici cervicales profundi längs vena jugularis interna, liksom infrahyoidala, prelaryngeala, pre- och paratrakeala samt supraklavikulära.

Stämbandsrörlighet

I larynx särskiljs två principiellt olika slags aktiviteter:

- Stämläpparnas respiratoriska rörlighet eller ab- och adduktionsrörelserna, som är av vital betydelse.
- Den fonatoriska rörligheten eller svängningsrörelserna, som med stämläpparna i adduktionsställning hastigt öppnar och stänger glottis (röstspringan) och fungerar som röstkälla genom att den "hackar sönder" den passerande luftströmmen (s. 259).

Vitala funktioner

Hålla öppet: Vid inandning tenderar mynningen till de nedre luftvägarna att sugas ihop genom aerodynamiska krafter, bl. a. på grund av fortlätt undertryck från thorax. Denna tendens motverkas av struphuvudets broskskelett och av en nervreflex som vid inandning ger en abduktion av stämläpparna och därmed en vidgning av glottis. Den öppethållande funktionen kan nedsättas, t. ex. genom otillräcklig förkalkning av brosken (laryngomalaci, "stridor congenitus") eller genom subglottisk laryngit (pseudo-krupp). En annan viktig orsak är yttre våld mot larynx och över trakea, inte minst vid trafikolyckor.

Stänga: Fylogenetiskt har larynx utvecklats från en sfinkter. Sfinkterfunktionen är fortfarande mycket framträdande. Den är säkrad genom flera detaljer i konstruktionen:

- Stängning kan ske på inte mindre än tre nivåer, nämligen med struplocket, fickbanden och med stämläpparna.
- Av de fem inre larynxmuskulerna har samtliga utom en (m. posticus) en glottisstängande funktion.

- En riklig sensorisk innervation med bl. a. specifika slemhinne-, muskel- och ledreceptorer.

Sfinkterreflexen utlöses av mycket obetydliga och ospecifika stimuli. Det kan rent av räcka med en akut psykisk belastning, "strupen snörs ihop av skräck". Larynxstängningen kan sägas fylla tre skilda uppgifter:

- Skydda mot aspiration till luftvägarna, inte minst vid sväljning.
- Skapa subglottisk tryckhöjning omedelbart före hosta.
- Vara stöd för mellangärdet vid kraftig bukpress för att åstadkomma krystning (defekation, utdrivningsvärkar vid barnsbörd) eller för att stabilisera thorax vid tunga lyft.

Trakea

Trakea är ett rör som är 12–14 cm långt, och dess lumen har en diameter av 1,5–2 cm. Trakea består bl. a. av bindväv och glatt muskulatur och dess vägg hålls ständigt utspänd av 16–20 hästskoformade hyalina brosk. Trakea sträcker sig från sjätte halskotan ned till femte bröstkotan, där den delar sig i de båda huvudbronkerna, vilka bildar en ca 80° vinkel. Delningsstället kallas *bifurcatio tracheae*. Trakeas övre hälft är således belägen inom halsen, dvs. extrathorakalt, medan dess nedre del är belägen i bröstthålan, dvs. intrathorakalt.

Trakealbroskens omsluter framifrån knappt tre fjärdedelar av trakeas omkrets. Det nedre trakealbrosket bildar på insidan en sagittalställd ås, *carina tracheae*. Mellan varje brosk finns ett ligament, *ligamentum anularia trachealia*. Trakeas bakvägg kallas paries membranaceus och utgörs främst av m. trachealis, som sammanbinder trakealbroskens bakre ändar. Slemhinnan utgörs av cilieförsett flerradigt cylinderepitel med slemproducerande körtlar. Trakealslemhinnan innehåller i princip samma mukociliära transportsystem, nervmedierade reflexer och cellulära mekanismer som nässlemhinnan (s. 130). Artärerna till trakea är små

Höger huvudbronk bildar med luftstrupens längsaxel en vinkel på endast ca 30°. Detta är den anatomiska förklaringen till varför främmande föremål oftare hamnar i höger lunga än i vänster. Från huvudbronken avgår först stambronken till höger ovanlob (I). Denna delar sig därefter i tre segmentalbronker (B1–B3). Ca 2 cm nedom avgången för ovanlobens stambronk delar sig huvudbronken i stambronkerna till mellan- och underloben (II, III). Mellanloben delar sig i två segmentalbronker (B4, B5) medan underloben delar sig i fem segmentalbronker (B6–B10).

Vänster huvudbronk bildar en 50° vinkel med luftstrupen. Denna bronk delar sig i två stambronker. Från den övre stambronken (I) avgår dels tre segmentalbronker (B1–B3) till ovanlobens övre segment, dels två segmentalbronker (B4, B5) till ovanlobens nedre segment, de s.k. lingulaloberna. Den nedre stambronken (II) avger fem segmentalbronker (B6–B10) till den vänstra lungans underlob.

Den arteriella försörjningen till bronkerna sker genom aa. bronchiales från aorta thoracica. Dessa motsvaras på vensidan av vv. bronchiales och vv. pulmonales. Dessa tömmer sig på höger sida i v. azygos och på

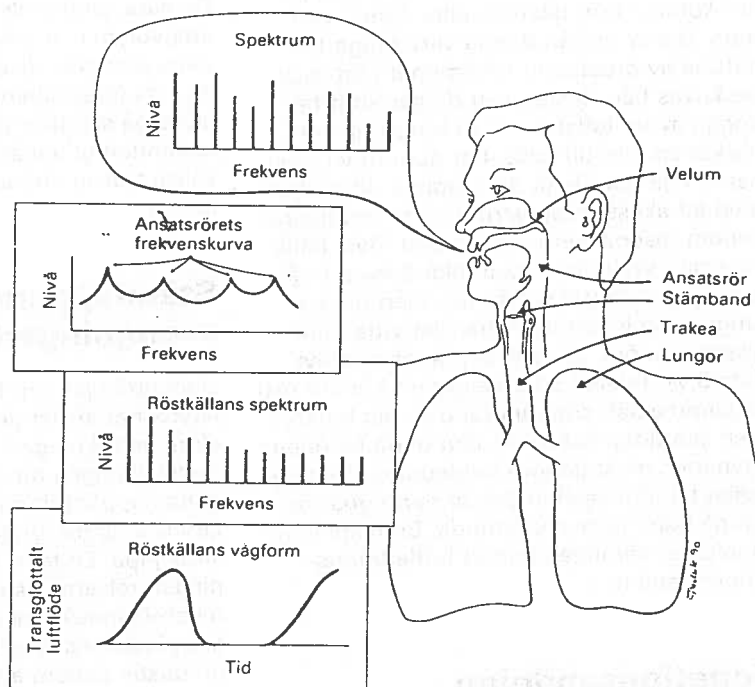
vänster sida i v. hemiazygos accessoria. I mukosan finns ett väl utvecklat lymfkapillärnät. I alveolerna saknas dock lymfkärl. Lymf-flödet från bronkerna går till trakeobronkiella, bronkopulmonella och pulmonella lymfknotor. Från lymfknutorna går lymfan till truncus bronchomediastinalis. Nervförsörjningen till bronkerna sker liksom till trakea genom trådar från n. vagus och rami bronchiales samt genom sympatiska nervtrådar från ganglion cervicale superius.

Röstfunktion

Ordet röst kan beteckna en rad olika saker. När läkaren ordinerar röstvila åsyftar han den fysiologiska funktionen: organet skall skonas från belastning. Men när någon "upphäver sin röst" vill han ofta mer än bara göra sig hörd, han vill föra sin talan, argumentera och uttrycka sin vilja, kanske

Bild 5:7

Schematisk illustration av hur röstljud uppkommer och formas.



även "lägga sin röst", t. ex. för ett visst parti i ett val. Rösten bär inte bara orden utan också talarens sinnesstämning. "Stämning" hänger samman med stämma, ett annat ord för röst. Rösten bär vittne om talarens kön och ålder, rent av något om hans personlighet. Ordet "person" kommer av latinets *personare*, genomljuda, och det är ljudet från rösten som avses. Röstförlust är visserligen inte livshotande och det går hjälpligt att tala även utan röst, men de allra flesta som drabbas (t. ex. vid laryngektomi) upplever en smärtsam inskränkning i sin livskvalitet. Att gråta eller skratta, att hojta eller viska, att sjunga eller nynna är omöjligt utan röst.

När vi till vardags säger att en person låter hes eller att en sångare har en vacker röst, avser vi i allmänhet kvaliteten hos det ljud vi hör komma från talarens eller sångarens mun. Det är utifrån denna vardagliga betydelse av ordet som fenomenet röst skall beskrivas här. Rösten kan då ses som betingad av en luftström från lungorna som hackas sönder till luftpuffar genom vibrationerna i glottis. Detta ger upphov till ett ljud med ett akustiskt spektrum, som modifieras genom resonanser i ansatsröret, dvs. håligheterna i svalg, mun och ibland även i näsan. Ljudet utstrålas från munnen till den omgivande luften, som bär det vidare till lyssnarens öra, där det uppfattas auditivt (bild 5;7). Talaren eller sångaren hör sin röst på samma sätt som andra, dvs. via luften, men samtidigt också via den egna kroppens vävnader, mest genom benledning. Detta är skälet till att inspelningar av den egna rösten på band låter annorlunda. En inspelning innehåller nämligen enbart luftledningskomponenten.

Fonationsandning

Rösten bildas vanligen på utandning, även om det går att bilda ljud även på inandning. Luftströmmen uppstår genom volymändringar och därmed genom tryckvariationer i thorax. Volymändringarna regleras av aktiva muskelkrafter i samspel med passiva elasticitetskrafter från lungor och bröstorg samt av tyngdkraften. Vid lugnt tal utnyttjar man vanligen enbart den passiva vävnadselasticiteten för att åstadkomma röst. Men redan vid högläsning ökar luftåtgången, och vid

sång kan ibland nästan hela vitalkapaciteten behöva tas i anspråk.

Det subglottiska lufttrycket kan variera från ca 3 cm H₂O vid mycket svag fonation till 20 cm vid stark röst. Vid stark sång kan trycket i vissa röster nå upp till 70 cm H₂O. Vid krystning, tunga lyft och även vid spel på vissa mässingsinstrument har subglottiska tryck på över 150 cm H₂O uppmätts. Det subglottiska trycket är den primära faktorn vid kontrollen av röststyrkan. Man räknar med att en dubbling av det subglottiska trycket ger en ökning av röstens ljudnivå med ca 9 dB. En ökning av röststyrkan brukar ge en samtidig höjning av grundfrekvensen med ungefär en halv semiton per dB ljudnivåökning.

De nära sambanden mellan ändringar i lungvolym och subglottiskt tryck liksom hur detta påverkar röststyrka och -frekvens ger en viss föreställning om de stora krav som ställs på sångare. De skall vid tonbildning kontinuerligt anpassa och exakt variera muskelkontrollen i både andningsapparat och larynx.

Stämläpparnas svängningsrörelser

Uppfattningen om hur röstljudet genereras i larynx har skiftat genom tiderna. Den engelska beteckningen "vocal cord" utgår från föreställningen om en svängande sträng. En annan uppfattning var att man tänkte sig att larynx snarare fungerade som en speciell sorts pipa. En teori utgick från att svängningsrörelserna åstadkoms genom aktiva muskelkontraktioner, synkrona med röstens grundfrekvens. Teorin visade sig synnerligen produktiv genom att den initierade en mängd forskning för att motbevisa den. Detta ledde fram till den nu allmänt accepterade s. k. *myoelastiska aerodynamiska fonationsteorin*.

"Myoelastisk" skall påminna om stämläppens uppbyggnad i dels en mera fast (toniserad) muskelkomponent, dels ett mera elastiskt, lättförskjutligt ytskikt bestående av slemhinna och submukosa. Hur det förskjutbara ytskiktet fungerar vid fonation är inte i detalj klarlagt (jfr nedan), men det är en klinisk erfarenhet att förlust av det leder

till afoni. Afoni kan bero på invasiva processer, t. ex. cancer eller tuberkulos. En annan, tyvärr inte helt ovanlig orsak är mikrokirurgisk excision av submukosan vid extirpation av t. ex. knottor eller polyper ner till det vitskimrande ligamentum vocale, vilket ger en snygg bild av stämläppen i operationssituationen. Vid läkningen återbildas ingen submukosa, utan epitelet växer fast direkt på ligamentum vocale. Vid inspektion ser då larynx normal ut, men det funktionella resultatet blir afoni. En kraftig varning för adhesivprocesser förorsakade av endolaryngeal mikrokirurgi är således minst lika befogad här som inom otokirurgin, där man med rätta fruktar adhesion, nämligen mellan trumhinna och promontorium.

"Aerodynamisk" hänvisar till de krafter som betingas av luftflödet genom glottis. Larynx fungerar som en omvandlare av rörelseenergi i luftströmmen till rörelser i stämläpparna, som när de är korrekt inställda kan vibrera passivt utan ytterligare muskelarbete. Möjligheten att få två passiva strukturer att vibrera mot varandra med hjälp av en applicerad luftström kan för övrigt lätt demonstreras genom att man blåser kraftigt i spalten mellan två papperslappar som i ena kanten hålls mot varandra.

Frågan hur glottis fungerar i detalj vid fonation är långt ifrån klarlagd och engagerar en viktig del av den aktuella laryxfysiologiska forskningen. Två förenklade förklaringsmodeller avtecknar sig, båda med viktiga kliniska konsekvenser.

Enligt den ena modellen åstadkoms den fonatoriska glottisslutningen genom negativt tryck, som således skulle kunna suga ihop slemhinnans lätttrörliga förskjutningsskikt nertill i glottis. Undertrycket skulle uppstå genom den s. k. Bernoulli-effekten, dvs. samma fenomen som håller flygplan i luften och som driver fram segelbåtar i bidevind. Effekten uppkommer vid hastighetsskillnader mellan skikten i ett strömmande medium. I glottis skulle den nödvändiga hastighetskillnaden erhållas genom att stämläpparnas profil tvingar luften att strömma fortare längs väggarna än mitt i lumen. Väggens lättförskjutbara slemhinnebeklädnad skulle då sugas in mot mitten och åstadkomma den fonatoriska stängningen av glottis. Avstängningen gör att trycket underifrån där-

efter ökar och till sist spränger isär glottis, så att luften kan börja strömma igen och en ny svängningsperiod kan ta sin början.

Det skildrade förloppet innebär en växling mellan negativt tryck under slutningen och positivt tryck under öppningen. Enligt den andra fonationsmodellen skulle det räcka med en växling mellan lägre positivt tryck under slutningen och högre tryck under öppningen. Dessa tryckväxlingar i glottis skulle kunna åstadkommas genom att den förskjutbara slemhinnan ger glottis formen av en tratt (smalast nertill) under tillslutningsfasen och formen av en kon (smalast upptill) under öppningen.

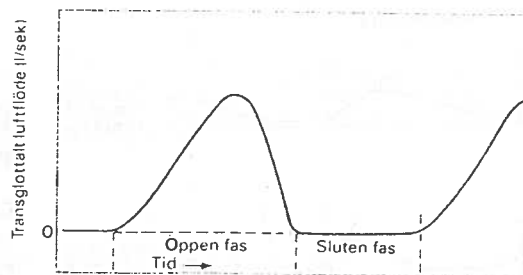
I båda modellerna betonas det förskjutbara slemhinneskiktets betydelse och nödvändigheten av ett fritt luftflöde. Andningsövingar, dvs. en reglering av luftflödet, utgör ett viktigt moment vid röstterapi.

Röstkällans vågform, glottogram

Stämläpparnas svängningsrörelser ger upphov till variationer i röstspringans vidd eller glottisarean. Glottisareans svängningsmönster liknar vanligen en rundad, lätt högerluttande trekantsvåg, dvs. kurvan lyfter med jämna mellanrum från en baslinje. Denna markerar att glottis är sluten, medan vågtoppen innebär maximal glottisöppning. Vågformen hos en svängningsperiod kan således delas in i en sluten och en öppen fas. Den öppna fasens stigande skänkel benämns ibland öppningssegmentet och den fallande skänkeln slutningssegmentet.

Bild 5:8

Schematisk bild av ett flödesglottogram.



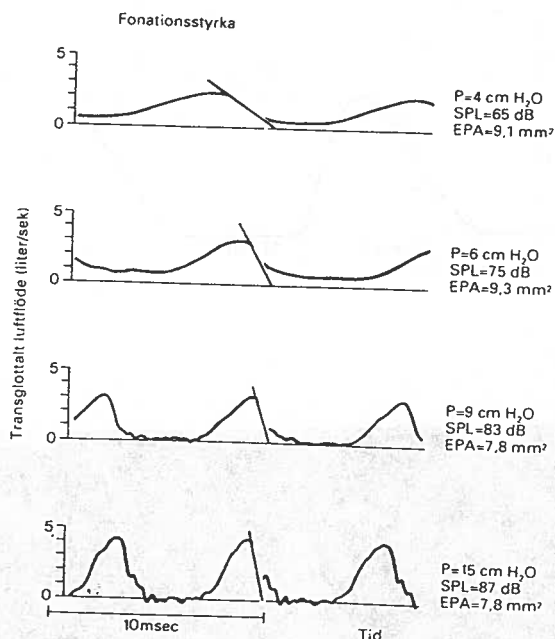
Glottis areavariationer styr variationerna i det pulserande luftflödet. Registreringar av detta kallas för flödesglottogram (bild 5:8). Flödesglottogramets vågform är något mera högerlutande än glottisareans svängningsmönster. Konfigurationen hos denna vågform är av stor betydelse när det gäller egenskaperna hos ljudet från röstkällan.

Spektrum

Ett hanterligt sätt att karakterisera ljud är att registrera spektrum. Det är ett koordinatsystem där x-axeln betecknar frekvensen. På x-axeln avsätts staplar som motsvarar ljudets grundton och övertoner med en höjd som motsvarar respektive tons ljudnivå, som således anges på y-axeln. Vanligen brukar man sammanbinda staplarnas toppar med en linje, spektrumenvelopen. Vid normal röststyrka brukar spektrumenvelopen av luftflödessignalen från röstkällan sjunka med omkring 12 dB per oktav. Ett starkt ljud motsvaras av höga staplar, ett svagt av låga. Ett klangfullt ljud ger ett spektrum med många

Bild 5:9

När röststyrkan ökas blir slutningen i flödesglottogrammet brantare. P = Subglottiskt tryck. SPL = Ljudtrycksnivå.



övertoner och med endast långsamt sjunkande envelop. Den motsatta ytterligheten är sinustonen, som låter mycket klangfattig och dov och som kännetecknas av endast en stapel i spektrumet.

Inom röstfysiologin har det tidigare rått ett glapp mellan fysiologiska registreringar av stämläpparnas svängningar och akustiska analyser av den resulterande rösten. Ett glottogram kunde inte ge upplysningar om klangkvaliteten och akustisk spektralanalys sa inget om hur stämläpparna svängde. Glappet håller nu på att överbryggas. Bland de insikter som vunnits noteras följande samband mellan flödesglottogramets vågform och röstkällans spektrum:

- Brantheten i glottogramets fallande skänkel (slutningssegmentet) motsvaras av nivån på övertonerna. Ju brantare stup, desto flackare spektrumenvelop. Fysiologiskt betyder detta att den fonatoriska stängningshastigheten bestämmer övertonernas styrka och därmed röstljudets generella ljudnivå. Ljudnivån bestäms nämligen av övertonernas styrka. Detta stämmer bra med vad man visste tidigare, nämligen att en ökning av det subglottiska trycket är den främsta regleringsmekanismen för röststyrkan (bild 5:9).
- Flödesglottogramets amplitud bestämmer grundtonsnivån i källspektrumet (bild 5:10).

Dimensioner för röstbedömning

Den kliniska bedömningen av röstfunktionen grundas företrädesvis på undersökarens subjektiva fynd vid avlyssningen. Jämförelser med högklassiga, standardiserade bandinspelningar är då en förutsättning för att man skall kunna uttala sig om eventuella röstförändringar under ett sjukdomsförlopp. Professionell röstfunktionsbedömning kräver ett tränat öra. Den intersubjektiva överensstämmelsen mellan erfarna bedömare har visats vara överraskande god.

En förutsättning för att vi skall kunna tala om rösten är att vi har en förståelig och något så när enhetlig terminologi. Tidigare gängse beskrivningar hade begränsat an-

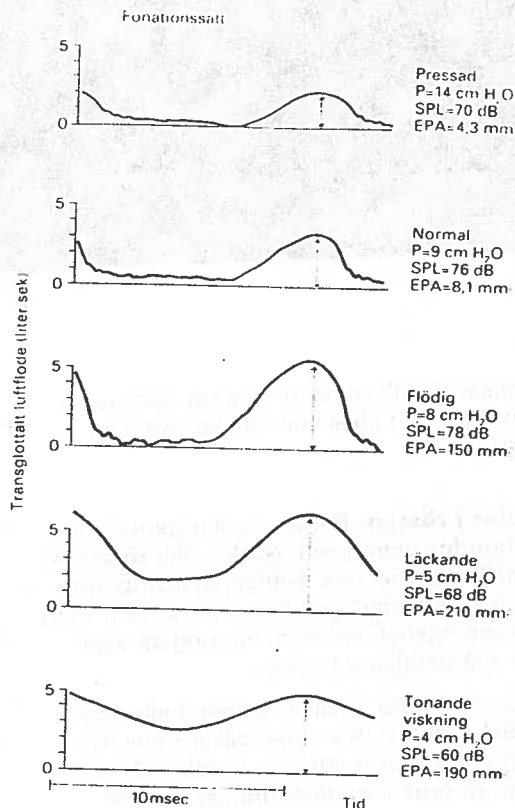


Bild 5:10

När fonationen är pressad är glottogramamplituden låg och den ökas allteftersom adduktionskrafterna minskar. P = Subglottiskt tryck. SPL = Ljudtrycksnivå.

vändningsområde och kunde lätt missförstås. Rösten kunde t.ex. sägas "vara metallisk", "bottna" eller "sättas i masken". Modern klinisk terminologi ansluter i möjligaste mån till fysiologiska och akustiska modeller av röstfunktionen. Ljud karakteriseras fysikaliskt genom dess intensitet, frekvens och spektrum. Motsvarande dimensioner för röstbedömning är styrka, läge och klang.

Röststyrkan ökas när det subglottiska trycket ökar, vilket i allmänhet kombineras med ökad sfinkteraktivitet i glottis. Vibratoriskt, liksom flödesglottografiskt, ökar den fonatoriska slutningshastigheten och i spektrum ökar övertonernas nivå, mer i högre än i lägre frekvensområden. Generellt bestäms röststyrkan främst av nivån på den starkaste övertonen i spektrum. Vid mycket svag röst

brukar dock grundtonen vara den starkaste deltonen i spektrumet och den som därmed bestämmer röststyrkan. Denna blir då avhängig av amplituden i flödesglottogrammet. Klangen blir på grund av övertonsfattigdomen mycket dov. Det är denna röstkvalitet (s.k. skonröst) som bör rekommenderas vid laryngit, snarare än röstvila.

Röstläget bestäms av stämläpparnas svängningsfrekvens, som i sin tur avgör fonationsfrekvensen, dvs. grundtonens frekvens eller frekvensskillnaden mellan övertonerna. Låg frekvens innebär således långa svängningsperioder och tätt mellan deltonerna i spektrumet, hög frekvens innebär korta perioder och glesa deltoner. Frekvensskillnaden mellan den högsta och lägsta tonen som går att åstadkomma kallas för det *biologiska omfånget*, medan det *musikaliska omfånget* endast innefattar sångbara toner.

Talomfånget är det område inom vilket röstfrekvensen varierar till följd av satsmelodin i talet. Röstfrekvensen regleras i första hand av varierande grader av spänning hos larynxmusklerna, främst cricothyreoideus och vocalis.

Register: I allmänhet kan röstläget inte varieras inom det biologiska omfånget utan att vissa speciella ändringar av röstkvaliteten görs. Grupper av toner med likartad röstklang sammanförs under beteckningen register, ett oklart begrepp som vållat mycket diskussion, främst inom sångforskning. Larynxfysiologiskt har man anledning att skilja mellan tre register, nämligen full-, rand- och knarregister.

Vid *fullregister* (eller bröstregister) svänger stämläpparna längs hela sin vertikala tjocklek, vilket ger distinkta, slutna faser i glottogrammet (jfr bild 5:8) och brukar vara förknippat med en balans mellan grundtonsnivå och starkaste överton i spektrum.

Detta är röstens normala arbetsregister och det bör användas vid vanligt tal. I ett frekvensområde ovanför fullregistret, ofta något överlappande med detta, används *randregistret* (eller falsett). Härvid är stämläpparna långa och tunna. Vokalmuskulaturen har slappnat av. I de hörfrekventa sväng-

ningarna engageras endast de mest mediala portionerna av stämbandskanterna, vilket leder till en reduktion av den slutna fasen och ett sinusliknande flödesglottogram. I spektrumet är grundtonen mycket framträdande medan övertonerna är reducerade. Momentana skiftningar mellan full- och randregister kallas *registerbrott* (rösten "tuppar sig") och är vanliga i målbrottet. Hos kvinnor är ett mellanting mellan full- och randregister inte ovanligt, s. k. *mellanregister*. Små barn och även en del kvinnor kan åstadkomma en hög, oartikulerad klangkvalitet som kallas *visselregister*. Det är oklart om ljudet då genereras av glottisvängningar eller om det emanerar från kantvirvlar, som vid vissling. Nära nedre gränsen för fullregisteromfånget brukar röstklngen, inte minst vid frasslut, mynna ut i en puttrande kvalitet som kallas för *knarr* och av somliga uppfattas som ett speciellt register. I glottogrammet ses då pulserna komma i grupper om två eller flera med förlängd slutna fas däremellan.

Röstklng vid press och läckage: Ett överskott av spänning i larynxmuskulaturen är inte ovanligt och kan leda till trötthet i strupen (fonasteni). Flödesglottogramets amplituder är starkt förminskade och slutningssegmenten stupar brant, pulserna är korta och de slutna faserna förlängda (bild 5:10). I spektrumet är grundtonens nivå sänkt, medan övertonerna är starka, mest i det högre frekvensområdet. Röstklngen betecknas som "pressad" och man kan auditivt tydligt urskilja bristen på låga deltoner i klngen. Den andra ytterligheten i samma dimension är låg tonus med bristfällig glottisslutning med sinusliknande flacka glottogram och övertonsfattigt spektrum, vilket auditivt ger sig tillkänna som en dov klng, således en fonationsform snarlik den som ovan beskrivits som typisk för svag röststyrka. I foniatriska sammanhang betecknas press och det beskrivna läckaget ofta som *hyper-* respektive *hypofunktion*.

Normal funktion skulle ligga mellan dessa ytterligheter med en fonationsform som betecknats som "flödig". Flödig fonation ger det typiska glottogrammet: stora, svagt högerlutande trekantspulser omväxlande med distinkta slutna faser. I spektrum föreligger balans mellan grundton och högre frekvens-

andelar. Röstklngen betecknas som sonor och utgör det ideal som eftersträvas vid terapi.

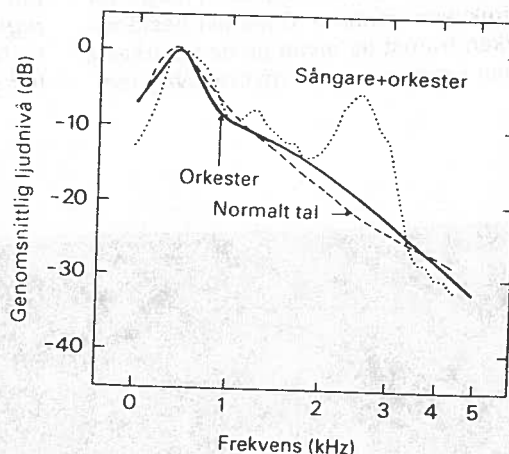
Buller i rösten: Buller uppstår genom oregelbundna vibrationer. Nästan alla röster innehåller aperiodiska svängningskomponenter. När bullerinslaget överväger brukar man tala om heshet, ett för övrigt nog så vagt och svårdefinierat begrepp.

Buller kan bero på oregelbundna eller aperiodiska glottisvibrationer, vilket kallas för *svängningsperturbationer*. Orsaken är vanligen att organiska förändringar hindrar stämläpparna från att svänga regelbundet, synkront och symmetriskt. Det är därför av speciellt laryngologiskt intresse att uppmärksamma den resulterande "skrovliga" röstkvaliteten. Någon gång kan en ensidig förändring leda till att stämläpparna svänger med var sin egen frekvens som båda tydligt kan urskiljas, s. k. *diplofoni*. Glottisvibrationerna kan vara oregelbundna avseende såväl periodlängd som svängningsamplitud (eng. "jitter" respektive "shimmer").

Tydligt skilt från perturbationsbullrets skrovlighet är det högre frekventa brus som uppkommer genom turbulenser, dvs. när luften med högt tryck pressas genom icke sväng-

Bild 5:11

Idealiserade långtidsmedelvärdesspektr av orkestermusik, normalt tal och sång med orkesterackompanjering. Sångformanten ger en påtaglig och hörbar skillnad mellan orkester med och utan sångare.



ande delar av glottis. Det hörs i renodlad form vid viskning (afoni). Sådant läckage-brus kan förekomma vid såväl internus- som transversusinsufficiens, inte minst vid något pressad röstkvalitet, då det subglottiska trycket antas vara förhöjt. Det är också ofta kombinerat med den skrovlighet som uppkommer när stämläpparnas svängningsförmåga starkt inskränkts av invasiva processer. I det ovan beskrivna hypofunktionella läckaget med dov röstklang behöver det dock inte förekomma något brusinslag, tro- ligen därför att det subglottiska trycket är alltför lågt för att förorsaka turbulenser i luftflödet.

Artikulation

Luftvägarna ovanför glottis, dvs. larynx-ingång, svalg, munhåla och vid sänkt velum även näshåla, sammanfattas under begreppet *ansatsrör*. Ansatsröret modifierar genom den s. k. överföringsfunktionen det i glottis genererade röstljudet, källsignalen, till det ljud som strålar ut från munöppningen. Överföringsfunktionen kontrolleras av ansatsrörets utformning. Detta kallas för artikulation och sker med hjälp av artikulatorerna läppar, tunga, underkäke och larynx.

Överföringsfunktionen åstadkommer genom resonanser, s. k. formanter, en förstärkning av signalen vid vissa frekvenser, formantfrekvenserna. Detta ger toppar i spektrum-envelopen vid formantfrekvenserna, av vilka de två lägsta bestämmer vokalfärgen. Första formantens frekvens ligger för svenska vokaler mellan 200 och 700 Hz. Frekvensen stiger när käköppningen vidgas. Andra formanten ligger mellan 600 och 2500 Hz och påverkas främst av tungans utformning. Rundning av läpparna liksom sänkning av larynx ger en förlängning av ansatsröret, vilket leder till en sänkning av samtliga formantfrekvenser.

Tredje, fjärde och femte formantfrekvenserna betingas av ansatsrörets proportioner och bidrar i hög grad till den individuella röstklängen och till skillnaden mellan mans-, kvinno- och barnröster.

Speciellt vid konstsång är det viktigt att sångaren genom speciell artikulation åstadkommer spektrumtoppar som höjer sig över ljudspektrumet från den ackompanjerande

musiken. Sångerskor kan göra detta i höga lägen genom att anpassa sin vokalartikulation till höjden på den sjungna tonen. Genom att vidga den supraglottiska delen av larynx kan operasångare åstadkomma en spektrumtopp vid omkring 3000 Hz, den s. k. sångformanten (bild 5:11).

Ventilation

Under *vilandning* står stämbanden i ett läge som brukar betecknas som paramedianpositionen (bild 5:12). Stämbanden rör sig dock under andningen så att en viss abduktion sker under inspirationen och en viss adduktion under expirationen. Vid forcerad ventilation abduceras stämbanden ytterligare, nästan till lateralposition. Detta leder till att luftmotståndet i de extrathorakala andningsvägarna minskar när vi behöver andas snabbt.

Vid *inspiration* ökar bröstkorgens volym, främst genom att de yttre interkostalmusk-lerna lyfter bröstkorgen uppåt-framåt och genom att diafragma dras nedåt. Inandningen är således en aktiv process. Under lugn inandning sjunker det intrapleurala trycket från $-0,3$ kPa till $-0,8$ kPa (bild 5:13). Härigenom ökar också lungornas volym. Trycket i trakea och bronker sjunker under lugn inandning ifrån 0 till knappt $-0,2$ kPa.

Expirationen startar när inspirationsrörelserna upphör. Lungorna drar då genom sin elasticitet ihop sig, och det intrapleurala trycket återgår till omkring $-0,3$ kPa. Trycket i bronkerna och trakea blir högre än atmosfärstrycket (knappt $+0,2$ kPa). Lugn utandning sker passivt, medan vid snabb utandning de inre interkostalmuskulerna och bukmuskulerna utnyttjas. Vid forcerad ventilation kan det intrapleurala trycket variera ifrån -4 kPa till $+4$ kPa.

Normalt har en vuxen individ vid lugn andning en andetagsvolym på 0,5 liter (tidalvolym) och en andningsfrekvens på tolv andetag per minut. Små barn har mindre andetagsvolymmer men högre andningsfrekvens.

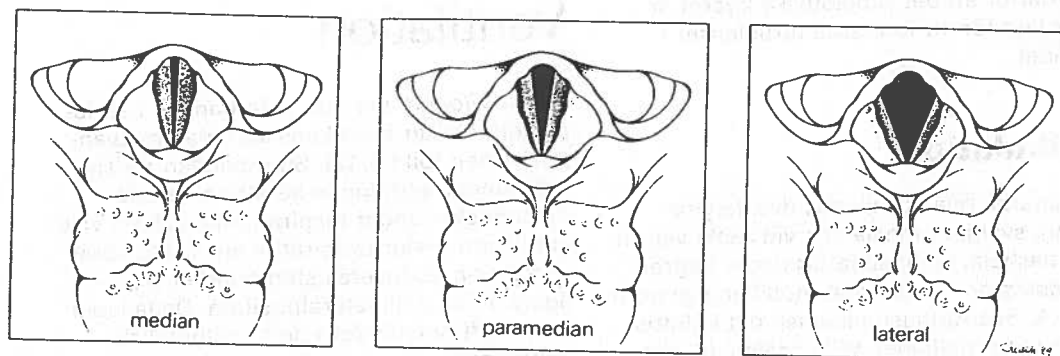


Bild 5:12

Illustration av olika stämbandspositioner.

Vitalkapaciteten (VC) utgörs av skillnaden i volym mellan maximal inandning och utandning. Hos en normalstor individ är VC ca 5 liter. Efter en maximal utandning finns det dock fortfarande luft kvar, vilket kallas residualvolym (RV) och är ca 1,5 liter. Totala lungkapaciteten är summan av VC och RV.

Lufttrummet från näsan ned till alveolerna utgör det s.k. döda rummet eller "dead space". Denna luftvolym som inte deltar i gasutbytet är ca 150 ml hos en normal vuxen individ.

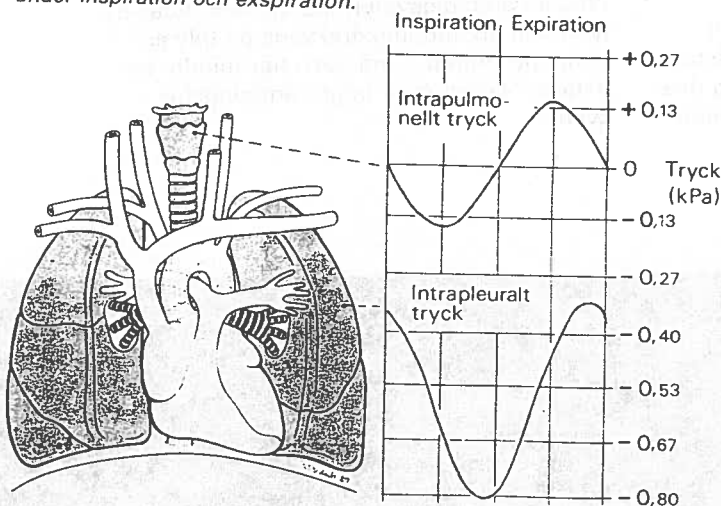
Luftvägarna från näsan ned till alveolerna anfuktar och värmer inandad luft till omkring 37°C när den når alveolerna. Små partiklar (2–10 μ i diameter) kan hamna i trakea

och bronker, där de utlöser en reflexogen bronkkonstriktion och hosta. Effektiv hosta åstadkoms genom att stämbanden sluts och ett högt tryck byggs upp i trakea. När stämbanden därefter öppnas plötsligt uppnås den effektiva hoststöten. Det cilieförsedda slemhinneepitelet transporterar upp små främmande partiklar till svalget med en hastighet av 16 mm per timme. Partiklar som är mindre än 2 μ i diameter tas om hand av bl. a. makrofager i alveolerna och transporteras till lungornas lymfknutor.

Genom trakeotomi minskas "dead space" med ca 50 ml. Härigenom ökar den alveolära ventilationen. Näsans luftfuktande och stämbandens hostbefrämjande funktioner försvinner dock.

Bild 5:13

Tryckförändringar intrathorakalt och extrathorakalt under inspiration och expiration.



Andningsarbetet är det arbete som fordras för att övervinna dels friktionen i luftvägarna, dels elasticiteten i lungorna och thorax. Om luftvägens diameter halveras, ökar luftmotståndet 16 gånger. Luftmotståndet minskar, dock med långsammare flödes hastighet. Detta leder till att patienter med såväl bronkialastma som larynxstenos väljer att andas långsamt och med djupa andetag. Hos en normal vuxen individ är luftvägsmotståndet från näsan/munnen ned till alveolerna ca 0,2 kPa/(l/s) vid lugn vilandning. Ungefär hälften av detta luftvägsmotstånd utgörs av de övre luftvägarna ned till trakea. Barn har normalt smalare luftvägar och därmed betydligt högre luftvägsmotstånd. Om diametern i luftstrupen minskar någon millimeter på ett barn med t. ex. falsk krupp, ökar luftvägsmotståndet betydligt. Lungvävnadens elastiska egenskaper betecknas vanligen med uttrycket compliance. Sänkt compliance innebär ökad lungstelhet och förekommer vid t. ex. lungfibros.

Kliniskt skiljer sig höga (extrathorakala) och låga (intrathorakala) andningshinder från varandra. Höga andningshinder vid t. ex. falsk krupp ger upphov till ett försvårat in-
spirium (inspiratoriskt stridor), medan låga andningshinder vid t. ex. bronkialastma kännetecknas av ett långdraget och försvårat
expirium.

Den centrala regleringen av andningen sker i medulla oblongata. I andningscentrum finns neurongrupper som visar ökat pulsflöde huvudsakligen i samband med dels inspirationen, dels expirationen. Summationssignalen från "inspirationscentrum" leder till rytmiska urladdningar ca tolv gånger per minut och aktiverar inspirationsrelaterad tvärstrimmig muskulatur inklusive diafragma. Samtidigt sker en hämning av motorneuronen till expirationsrelaterad muskulatur. Olika neurontyper i hjärnstamsområdet avger nervimpulser under de olika faserna i andningscykeln och kan på så sätt leda till att inspirationsaktiviteten avslutas, expirationsaktivitet påbörjas etc. på ett rytmiskt sätt. Andningscentrum står under inflytande av kemoreceptorer belägna i glomus aorticum och caroticum samt på den ventrala hjärnstamsytan. Andningsdjup och frekvens regleras genom förskjutningar i pO_2 , pCO_2 och H^+ -jonkoncentrationen. De huvudsakliga avkännarna för förändrat pO_2

finns i perifera kemoreceptorer, medan de centrala anses avkänna i första hand förändringar i pCO_2 och i H^+ -jonkoncentrationen i cerebrospinalvätskan. Andningscentrum kan sägas vara relativt sett mindre känsligt för förändringar i pO_2 än i pCO_2 . Detta har delvis sin förklaring i dissociationskurvan för hemoglobin. Således ger en sänkning av pO_2 från 13 till 8 kPa endast en sänkning av syremättningen (SO_2) från 100 till 95 %. Ytterligare sänkning av pO_2 leder dock till allt snabbare sänkning av SO_2 och därmed till ökad påverkan på andningscentrum.

Andningen påverkas också av bl. a. streckreceptorer i lunga, nässlemhinna, epifarynx och larynx samt står under kontinuerligt inflytande av högre belägna centra i hjärnan. Ett flertal olika neurotransmittorer och neuropeptider har visats påverka andningen. Dessutom påverkas vår andning av sömn. Generellt sett kan andningscentrum sägas anta en mera autonom roll under sömn.

Undersökningsmetoder

Larynxundersökning

Organet larynx har den fördelen när det gäller patologiska tillstånd att det i tidigt skede oftast ger symtom i form av röstrubbningar som patienten registrerar. En undersökning av larynx bör dock starta med en noggrann anamnes, där larynx samtliga funktioner, dvs. röst, andning och deltagande i sväljningsfunktionen, skall analyseras.

Inspektion och palpation

De främre konturerna av sköldbrösket framträder tydligt, åtminstone hos magerlagda män, i Adamsäpplet. Ett kraftigt uppdraget Adamsäpple kan skvallra om alltför spänd fonation, vilket innebär risk för fonasteni. Noggrann inspektion av halsens exteriör för att påvisa subkutana blödningsställen skall göras vid trauma, t. ex. trafikolycka eller strangulation. I samband med detta bör man känna efter luftknitter, som är tecken på subkutant emfysem. Vid palpation kan man i allmänhet identifiera tungbenet, incisura thyreoidea superior, spatium cricothyreoideum och tuberculum cricoideum. Rörlighet i cricothyroidleden kan bedömas genom palpation av spatiet och saknas vid pares i muskeln. Samtidig palpationsömheter över leden är patognomont för akut reumatisk ankylos. Detta är dock sällsynt och förekommer knappast isolerat från ett samtidigt reumatiskt skov i någon annan led. Slutligen kan nämnas att man vid mutationsfalsett ofta kan utlösa registerbrott neråt genom att under pågående fonation trycka på sköldbrösket med ett finger. Detta styrker diagnosen.

Indirekt laryngoskopi

Metoden innebär att ljusvägen från undersökarens öga till larynx bryts genom ett reflekterande instrument. Vid direkt laryngoskopi bereder man direkt sikt på larynx genom att böja patientens huvud maximalt bakåt och genom att använda ett rörformat instrument, laryngoskopet. Till indirekt laryngoskopi måste således räknas, förutom vanlig larynxspegling enligt Garcia, inspektion med stela eller flexibla larynxendoskop, dvs. vinkeloptik eller fiberlaryngoskop.

Vid indirekt laryngoskopi med larynxspegel bör patienten sitta i "kuskställning" med stöd för fötterna, sätet långt bak i stolen, händerna på knäna och axlarna avspänt sänkta. Armstöd på stolen är olämpliga, eftersom de ofta leder till uppdragning och fixering av axlarna. Huvudet bör vara lätt bakåtböjt men inte fixerat. Maximal bakåtböjning underlättar inspektion av främre kommissuren, och vid lätt framåtböjning syns de bakre partierna av larynx bäst. Vridning eller snedhållning av huvudet bör undvikas, då detta lätt leder till ett felaktigt intryck av asymmetri. Speciellt vid paresbedömning är det viktigt att patienten sitter rakt. Undersökaren bör efter inspektionen av svalget välja en spegel som är tillräckligt stor för att inte glida upp i epifarynx och tillräckligt liten för att undgå kontakt med tonsiller och tungrot, vilket utlöser kväljningsreflexer. Undersökarens vänstra hand stöder men får inte dra i patientens utsträckta tunga. Med höger hand "luxeras" larynxspegeln i en båge över patientens tungrygg och hålls därefter så stilla som möjligt. Greppet om spegeln kan stadgas med hjälp

av spegelhandtag och genom att spegelskafet stöds mot patientens vänstra mungipa.

Normalt larynxstatus är: "bleka, jämna, normalrörliga stämläppar", dvs. man har utslutit inflammation, tumor och pares. Inspektionen bör omfatta även fickband, larynxgång, sinus piriformis på båda sidor, hypofarynx, epiglottis och vallecula.

Optiska hjälpmedel

Konventionell larynxspegling med obeväpnat öga kan numera knappast accepteras till annat än ett rutinmässigt konstaterande av normalstatus i samband med en allmän öron-, näs-, halsundersökning. För att mera ingående kunna bedöma laryngologiska fynd krävs det att man använder optiska hjälpmedel av något slag. Helt överlägset härvid är att förstora bilden i en konventionell larynxspegel med ett mikroskop, *indirekt larynxmikroskopi*. Öronmikroskopet, som numera finns på de flesta otologiska undersökningsenheter, kan för detta ändamål förses med en frontlins med 300 mm:s fokallavstånd. Förutom utmärkt belysning ger indirekt larynxmikroskopi en oöverträffad bildskärpa och möjlighet till stereoskopiskt seende, vilket inte minst underlättar bedömningen av slemhinneerörligheten i stroboskopiskt ljus (mikrolaryngostroboskopi). En annan fördel är möjligheten att ansluta sidookular åt medbedömaren. En nackdel är att förfarandet ställer högre krav på undersökningstekniken än de larynxendoskopiska metoderna.

Undersökning med *stelt larynxendoskop* (vinkeloptik) kallas på grund av möjligheten till förstoring ibland också för lupplaryngoskopi. Instrumentet består av ett smalt metallrör som innehåller glasfiberledare för belysningen samt optik. Röret, som måste föras rakt in i munnen, utlöser knappast mindre kränkingsreflexer än en liten spegel i en erfaren undersökares hand. När en oregebundet tillknycklad epiglottis skymmer sikten kan vinkeloptik ge goda möjligheter att se stämläpparna. Sin givna funktion har de stela laryngoskopen vid dokumentation av larynxfynd, antingen fotografiskt eller med videoteknik.

Vid *fiberlaryngoskopi* förs instrumentet ned genom ena näsborren och nasofarynx till

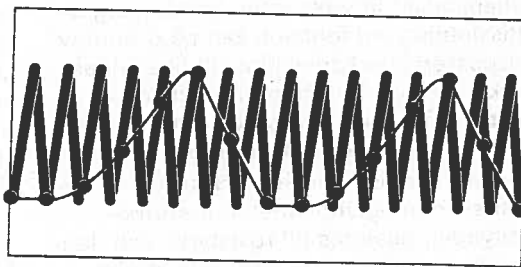
epiglottis höjd, i allmänhet efter avsvällning av nässlemhinnan och efter lokalbedövning. Om lokalbedövningen utsträcks ner i larynx, kan fiberlaryngoskopet sänkas ytterligare och rent av penetrera den öppna röstspringan för trakeoskopi. Metoden måste betraktas som ganska invasiv men kräver å andra sidan ringa samarbete från patientens sida. Den relativt bristfälliga optiska upplösningen kan i viss mån kompenseras av det faktum att man med objektivet kan komma mycket nära de partier av larynx som är av speciellt intresse. Metoden används ofta i kombination med videoregistrering. Härvid kan det dock vara svårt att korrekt tolka kritvita fläckar på slemhinnan. De kan representera ljusreflexer men även slemkladdar eller slemhinneförändringar av typen keratos. Vid överliggande epiglottis eller prominent tuberculum epiglottidis (= den slemhinneprominens som betingas av petiolus) kan fiberlaryngoskopi vara enda möjligheten att visualisera främre kommissuren, om man vill undvika att söva patienten. Metoden är dessutom det bästa hjälpmedlet vid bedömning av laryngeal artikulation.

Stroboskopi

Stroboskopi betyder "virveltittande" och är en metod med vilken man kan synliggöra repetitiva förlopp som är alltför snabba för att kunna följas av ett obeväpnat öga. Metoden används bl. a. vid inställning av tändning i bilar och vid kontroll av rotations-

Bild 5:14

"Slow-motion"-effekt genom stroboskopi. Om ett snabbt svängande objekt belyses med något mera lågfrekventa ljusblixtar tycks objektet röra sig långsamt. Detta ger möjlighet att bedöma kurvkonfigurationen i svängningsmönstret.



hastighet hos grammofonskivor. Det snabbt rörliga objektet belyses intermittent med korta ljuspulser. Om dessa har samma frekvens som objektets rörelser, uppstår illusionen att detta står stilla, förloppet har "frysts" i en bestämd fas av vibrationscykeln. Om ljuspulsernas frekvens däremot sänks, inträffar belysningen i allt senare faser av svängningscykeln. På grund av ögats tröghet upplevs serien av momentbilder från olika svängningar som en kontinuerlig rörelse. Frekvensen i denna "slow motion"-effekt bestäms av skillnaden mellan frekvenserna hos föremålet och ljuspulserna (bild 5:14).

Vid stroboskopi av stämbandssvängningarna används en urladdningslampa vars blixtfrekvens styrs av patientens röstfrekvens via en kontaktmikrofon på halsen. Fasförskjutningen, som ger intrycket av en långsam rörelse, styrs antingen elektroniskt eller av undersökaren med hjälp av en pedal. Larynxstroboskopi är värdefull vid bedömning av fonationsfunktionen, eftersom den ger oss möjlighet att samtidigt observera vibrationerna i glottis och den resulterande röstklängen. Undersökningen är därför omistlig vid foniatrisk diagnostik, men den är också viktig när invasiva processer misstänks och när en respiratoriskt stillastående stämläpp skall bedömas.

Stroboskopin är viktig för uteslutande av invasivitet vid kontroll av leukoplakier och strålbehandlad larynxcancer. Bedömning av glottisslutning vid fonation kan på grund av rörelseoskärpan i konventionellt ljus endast bli säker genom stroboskopi. Fickbandsfonation är ett annat tillstånd som kräver stroboskopi för säker bedömning.

Eftersom röstens intensitet och frekvens påverkar svängningsmönstret, bör stroboskopifynden relateras till röststyrka och -läge vid undersökningen. De viktigaste stroboskopifynden vid några vanliga laryngologiska åkommor har sammanfattats i tabell 5:1. Det stroboskopiska ljuset kan projiceras ner till larynx via pannreflektor och larynxspegel, men det kan också användas tillsammans med samtliga tidigare beskrivna optiska hjälpmedel.

Direkt laryngoskopi

Metoden används numera nästan enbart i kombination med operationsmikroskop, s. k.

mikrolaryngoskopi. Indikation för ingreppet är oftast provexcision från malignitetsmisstänkt förändring eller röstförbättrande ingrepp, dvs. i allmänhet avlägsnande av förändringar som redan med andra metoder diagnostiserats som godartade. Tillvägagångssättet vid operationen bör i någon mån rätta sig efter indikationen. Vid provexcision är ambitionen att ta med ett representativt parti av förändringen. Vid röstförbättrande operation ("fonokirurgi") bör stora krav ställas på det funktionella resultatet, som bör dokumenteras med pre- och postoperativa bandinspelningar och värderas med hjälp av stroboskopi. Den tredje indikationen för mikrolaryngoskopi, visualisering av larynx hos svårundersökt patient, föreligger sällan numera när fiberlaryngoskopi finns tillgänglig.

Vid direkt laryngoskopi är patienten alltid sövd. Undantag är spädbarn. Ett barns larynx ligger strax bakom tungroten, och därför kan ett ytligt rus räcka för korta laryngoskopier, t. ex. vid misstanke om kongenitalt segel eller laryngomalaci. Speciella skydd används för tänderna för att undvika tryckskador från laryngoskopet, vilket är den vanligaste komplikationen. När laryngoskopet är placerat med mynningen strax ovanför glottis, fästs det i ett stöd så att operatören får båda händerna fria för operation. Operationsfältet belyses och betraktas genom mikroskop som medger medbedömning genom ett sidookular, vars strålgångsdelare också används för dokumentation med foto eller video. Vid operationen används ett mikroskopinstrumentarium, bestående av små tänger, knivar och saxar. Till vissa ändamål är det fördelaktigt att använda laserteknik.

Dokumentation och kvantifiering av undersökningsresultaten

De beskrivna hjälpmedlen kan också användas för dokumentation med kamera, filmkamera eller video, varvid inte oväntat, de endoskopiska metoderna är lättast att handha. Ett mikroskop ger däremot de bästa resultaten, under förutsättning att undersökningen lyckats. Genom möjligheten till videodokumentation har larynxstroboskopin tilldragit sig ett ökat intresse. Det har nu bli-

Tabell 5:1. Typiska stroboskopifynd vid vissa röstrubbningar och larynxåkommor.
(Undersökningen förutsätts ha genomförts vid ordinär röststyrka och bröstregisterklang.)

Åkomma	Auditivt		Symmetri	Visuellt			
	Röstläge	Kvalitet		Periodicitet	Amplituder	Glottisvågor	Vibratorisk stängning
Hyperfunktionell dysfoni	(+)	pressad	N	N	-	-	+
Laryngit	(-)	måttligt hes	(-)	(-)	N	(-)	N
Randödem, "mjuka" knottor	-	skrovlig	N	N	N	+	+
Polyper, cystor	(-)	ofta hes	-	(-)	-	-	(-)
Fibrösa "hårda" knottor	(-)	hes, läckande	N	N	-	-	(-)
Ytlig keratos	(-)	hes	(-)	(-)	-	-	N
Glottal cancer	(-)	skrovlig (läckande)	-	-	0	0	(N)
Stämbandspares	(+)	läckande	-	(-)	++	0	-
Reinnerverad pares	N	N	N	N	N	N	N
Mutations-falsett	++	"tunn"	N	N	-	(0)	(-)
Fickbands-fonation	-	skrovlig	Stämläpparna kan inte undersökas. Tydliga vibrationer i fickbanden				

vit möjligt att eftergranska och diskutera intressanta stroboskopifynd samt, inte minst, att informera effektivt om metoden vid utbildning av laryngologer. En stor fördel är att videoinspelningar även registrerar ljud. Det observerade svängningsmönstret hos stämläpparna kan således relateras till den resulterande röstkvaliteten.

Eftersom skärpedjupet vid mikroskopi är så litet, varierar avståndet mellan objekt och bildplan endast obetydligt från en undersökning till nästa. Detta är förutsättningen för att man skall kunna mäta t. ex. amplituder och glottisvågor från film- och videoupptagningar av stroboskopier, s. k. stroboglottometri. De nämnda måtten varierar beroende på larynx storlek och glottis längd. Man har därför relaterat amplituden till glottislängden i en s. k. amplitud-längdquot och funnit normalvärden vid fullregisterklang på 0,08-0,15. Någon allmänt etablerad metod för kvantifiering av resultaten från larynxundersökningar föreligger dock inte för närvarande.

Trakeo- och bronkoskopi

Bronkoskopi introducerades i slutet av 1800-talet av en öron-, näs- och halsläkare (Killian) för extraktion av inhalerade främmande kroppar, detta långt innan thoraxkirurgin etablerades. Behandlingen genomfördes med hjälp av stela bronkoskop och tänger. Tekniken utvecklades vidare av Chevalier Jackson under 1900-talets första decennier. Efter hand användes bronkoskopi också för undersökning av bronkträdet vid bronkial tuberkulos, hemopty, tumörmisstanke, atelektaser och bronkiektasier. Undersökningen genomfördes i allmänhet i lokal anestesi, inte utan obehag för patienten.

Med bronkoskopet når man det centrala bronkträdet, och med hjälp av vinklade optiker kan samtliga lobbronker och segmentostier (tredje bronkgenerationen) inspekteras.

Röstfunktionsundersökning

Klinisk bedömning

Auditiv perceptuell bedömning är den i praktiken viktigaste metoden för undersökning av röstfunktionen. Det gäller inte endast för diagnostiken och ställningstagandet till terapibehovet utan även för behandlingen och bedömningen av dess resultat. Undersökningen kräver ett tränat öra. Resultaten dokumenteras genom verbala beskrivningar, vilket ställer krav på terminologin (jfr Röstfunktion, s. 259). Röstkvalitetsbeskrivningar kan inte fånga annat än de mest framträdande egenskaperna i den bedömda röstklängen. Därför är högklassig, reproducerbar *bandinspelning* oundgänglig för den kliniska dokumentationen av röstfunktionen. Den bör användas för att värdera terapieresultat, t. ex. före och efter röstförbättrande operationer. Lämpligt är att spela in på ganska tjockt, arkivbeständigt band med hastigheten 19 cm/sekund. De vanligaste bristerna i bandinspelningarna brukar bero på att inspelningsvolymen inte hållits konstant, att mikrofonavståndet tillåtit variera och att ovidkommande ljud kommit in. På en öron-, näs-, halsklinik är ofta audiometri-rummet en acceptabel inspelningsmiljö. Mikrofonen bör helst vara fixerad vid huvudet. Lämpligt avstånd till munnen är 20–30 cm. En halv minuts högläsning av en sammanhängande text är lämpligt inspelningsmaterial i de flesta sammanhang.

Prövning av röstomfånget kräver endast en stämgaflöj och kan lätt göras i samband med en öron-, näs- och halsundersökning. Från en given ton ombeds patienten sjunga skalan uppåt och nedåt så långt det går. Normala röster når omfång på två oktaver eller mer.

Instrumentella metoder

Den tekniska utvecklingen inom elektroniken och datortekniken har möjliggjort en lång rad instrumentella metoder för undersökning av röstfunktionen. Metoderna har använts i vetenskapliga sammanhang, och

många av dem har bidragit till att kunskapen om hur rösten fungerar ökat väsentligt. Trots det uppenbara värdet i att med teknisk apparatur erhålla reproducerbara mätdata vinner instrument för röstmätning endast långsamt intyg i den kliniska verksamheten, och ingen metod är ännu allmänt accepterad. En orsak till den långsamma utvecklingen kan vara att ingen mätmetod förmår registrera samtliga kliniskt relevanta aspekter på röstfunktionen. En annan är bristande standardisering av metoderna.

Grundfrekvensmätning

Att extrahera grundfrekvensen ur en akustisk talsignal är inte alltid så enkelt. Tidigare har man använt mer eller mindre komplicerade uppsättningar av elektriska filter. Numera föredrar man ofta en datoriserad analys av signalen. Ett tredje sätt är att utgå från glottisvibrationerna, vilkas frekvens motsvarar grundfrekvensen. Vibrationerna kan registreras genom *elektroglottografi*. Härvid leds en svag ström genom två små metallplattor fästa på halsens utsida. Den varierande kontakten mellan stämläpparna vid fonationen ger pulsationer i strömmen, som kan förstärkas och mätas.

Grundfrekvensmätningar kan ge besked om intonation, röstläge och svängningsperiodicitet. *Intonation* betecknar grundfrekvensens variation längs en tidsaxel. Den kallas ofta för satsmelodi och kan vara gravt avvikande, t. ex. vid hörselskador eller dysartri. Instrument som kan rita satsmelodikurvor används främst som visuellt stöd vid terapi. *Röstläget* motsvaras av grundfrekvensmedelvärdet och brukar vanligen anges tillsammans med det omfång inom vilket rösten varierar, således en statistisk beskrivning av grundfrekvensdata. Följande normalvärden har erhållits för svenska talare vid högläsning i lugn miljö:

Mansröster: Läge 110 ± 15 Hz, omfång 6 ± 1 halvtoner.

Kvinnoröster: Läge 195 ± 20 Hz, omfång $5,5 \pm 1,5$ halvtoner.

(Läge = grundfrekvensmedelvärdet, omfång = 2 standarddeviationer eller 70-procentomfånget.)

Vid röststrängning höjs läget, men mindre hos friska än hos röstsjuka patienter. Det-

ta förhållande har kunnat utnyttjas för objektivisering av terapieffekterna, vilket grundats på elektroglottografisk grundfrekvensmätning genom s.k. glottal frekvensanalys (GFA).

Vid mätning av *svängningsperiodiciteten* jämförs periodlängden hos på varandra följande vibrationscykler. Uppmätt nedsättning av periodiciteten eller s.k. perturbation av svängningsförloppet har visats korrelera med auditivt percipierad "skrovlig" kvalitet hos rösten.

Fonetogram

Liksom audiogrammet är fonetogrammet ett rutsystem, där x-axeln anger frekvensen och y-axeln ljudstyrkan. Vad som registreras är den svagaste och starkaste ljudnivå som probanden förmår åstadkomma vid olika grundfrekvenslägen inom hela tonhöjdsomfånget. Röststyrkan mäts med en vanlig ljudnivåmätare. Frekvensen kan i enklaste fall kontrolleras med en stämgafl, men vanligare är att man använder något klavierinstrument, t.ex. en enkel synthesizer. Mera sofistikerad fonetogramutrustning tillhandahålls kommersiellt (bild 5:22).

Mätresultaten framstår i en även för lekmän lättförståelig åskådlig grafisk bild: svaga, monotona röster ger små fonetogramareor och starka röster med stort omfång ger stora (bild 5:22). Att kvantifiera intraindividuell skillnader är lätt och görs genom enkel yt-mätning av arean. Kvantitativa jämförelser mellan fonetogram från olika individer har emellertid visat sig överraskande problematiska, mest på grund av den ovissa relationen mellan fonetogramkonturerna och de röstfysiologiska faktorer som påverkar dem.

Frekvensanalys

Vid *sonografi* spelas signalen in på ett minne som rymmer tal av begränsad längd. Signalen analyseras med ett bandpassfilter, vars genomsläppsområde successivt höjs motsvarande en bandbredd. Det resulterande sonogrammet visar ett mönster, där x-axeln representerar tiden, y-axeln frekvensen och där signalstyrkan uttrycks genom graden av svärta. Sonografen har mest använts

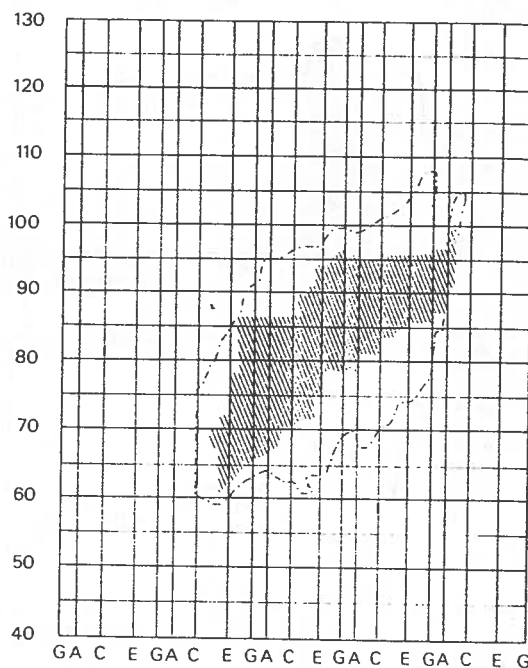


Bild 5:22

Datorbaserat fonetogram, streckat fält före röstterapi och ljust fält efter terapi. Grundfrekvensen, markerad på x-axeln, har tagits fram med elektroglottograf och röststyrkan på y-axeln med ljudnivåmätare. Värdena lagras automatiskt i datorns minne. Efter terapi har dynamiken ökat påtagligt men knappast omfånget. Röststyrka (dB). Grundfrekvens (Hz).

siffror har kommit bort

inom fonetiken, främst för att analysera tidskeenden i talsignalen. Vid undersökning av röstfunktionen kan den ge upplysning om förekomsten av aperiodiciteter i röstsignalen. Resultaten kan uppfattas som semikvantitativa.

Den för närvarande mest använda formen av frekvensanalys för undersökning av röstfunktionen har möjliggjorts genom datortekniken. Signalen digitaliseras och frekvensinnehållet beräknas, vanligen med hjälp av Fast-Fourier-Transform-algoritmen, därav namnet "FFT-analys". Resultatet blir ett linjespektrum, som representerar det korta momentet eller "tidsfönster" under vilket analysen pågår. Enstaka momentanspektr kan påverkas av tillfälligt inflytande från artikulationen. Ett vanligt sätt att eliminera tillfälliga störsignaler och att reducera antalet erhållna data är att bilda medelvärdesspektr och

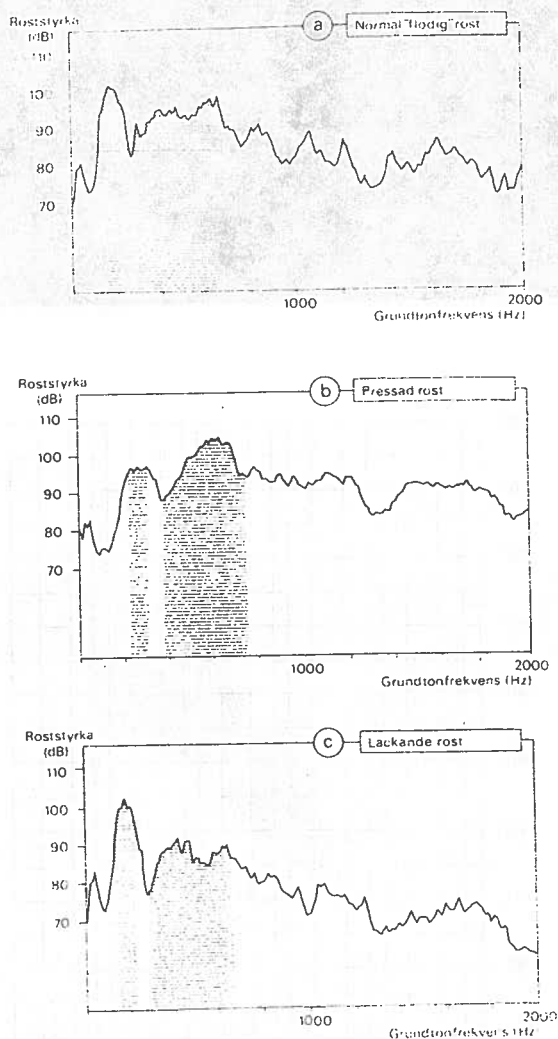


Bild 5:23

Långtidsmedelvärdesspektrogram (LTAS) av tal (högläsning) med varierande röstkvalitet. Grundtonsfrekvens- och förstaformantområdena är markerade med grått. a = normal, "flödig" röst, med balans mellan grundtons- och förstaformantandelar. b = pressad röst, reduktion av grundtonsandelar. c = läckande röst, reduktion av förstaformantandelar. Röststyrka (dB). Grundtonsfrekvens (Hz).

att reducera antalet erhållna data från en hel rad analyser (eng. "Long Time Average Spectrography", LTAS, bild 5:23). LTAS möjliggör röstundersökningar inte enbart av uttållna toner utan även av talrösten. Metoden används bl. a. för att fastställa grundtonshalt, övertonsrikedom och förekomst av

högfrekvent läckagebrus i signalen, dvs. egenskaper som utan större svårighet kan relateras till perciperade röstkriterier, som genom spektralanalys således kan kvantifieras. Mycket forsknings- och, inte minst, standardiseringsarbete återstår dock innan metoden är mogen för kliniskt rutinbruk.

Glottogram

Glottogram erhålls med metoder som registrerar glottissvängningar vid fonation (bild 5:24). Tidigare har *elektroglottogrammet* beskrivits. Det visar storleken på kontaktytorna mellan stämläpparna vid fonation och används främst vid mätning av periodlängd. *Ljus- eller fotoglottografi* innebär att man belyser glottis underifrån med en ljuskälla som lyser genom halsvävnaderna. Med en ljuskänslig fotosensor registrerar man sedan den ljusmängd som glottis släpper fram vid fonation. Den resulterande kurvan representerar således en funktion hos den projicerade glottisarean som är av uppenbart stort röstfysiologiskt intresse. Metoden är dock relativt besvärande för probanden eftersom en sensor placeras i svalget (eller en ljuskälla, om man väljer att belysa glottis uppfifrån och att detektera ljusmodulationerna på halsen under glottis). Då det dessutom visat sig vara omöjligt att kalibrera fotoglottogrammets amplitud, torde metoden ha små utsikter att accepteras i den kliniska diagnostiken.

Motsatsen gäller för *flödesglottogram* (bild 5:8). Härvid får patienten fonera genom en mask försedd med hål som är övertäckta med tätt ståltrådsnät. Trycket innanför och utanför masken jämförs. Tryckskillnaden representerar luftflödessignalen från munnen. Denna passerar genom ett filter som neutraliserar resonansverkan från ansatsröret, s. k. inversfilter, eftersom det motsvarar en invertering av formanterna. Den resulterande signalen motsvarar luftflödet genom glottis, vilket bestämmer egenskaperna hos röstsignalen. Under pågående fonation är det lätt att se hur flödesglottogrammets kurvform varierar, t. ex. vid olika grader av press eller läckage, så att man kan erhålla visuell feedback vid röstterapi. Livlig forskning pågår för att kunna etablera flödesglottogrammet i röstfunktionsdiagnostiken.