

# 5. gyakorlat

Hang- és beszédképzés zavarainak vizsgálatához használt műszeres, számítógépes eljárások, stroboszkópia, laringoszkóp, fiberoszkóp, orr endoszkópia

## A klinikai hangelemző laboratórium

A következőkben bemutatásra kerülő hangelemzést végző klinikai laboratóriumi eszközök és eljárások nem kiforrott, szabványosított módszerek, mivel olyan még nem létezik. A használt eszközök folyamatosan fejlődnek az egyre újabb technológiák bevezetése miatt. Ennek ellenére a leírtak egy működő, valós laboratórium kellékei. Az elmúlt több mint 25 évben a hangkeltési zavarokkal rendelkező betegek egészségügyi ellátása sokat fejlődött, és még sok olyan terület van, ahol ez a fejlődés folyamatos. Egy hangelemző laboratórium mind orvosi, mind pedig alapvető kutatási célokat is szolgál. Egy ideális klinikai hangelemző laboratóriumi csapat a következő szakemberekből áll: gégeész, beszéd-nyelv patológus, énekhang specialista, színész-hang specialista, pszichológus, ápoló és hangelemző kutató. A leírásban szereplő eszközökről bővebb, főleg naprakész információt a [www.kayelemetrics.com](http://www.kayelemetrics.com) oldalon lehet találni.

### 1. Objektív hangmérések

Az objektív hangméréseket hat részre oszthatjuk:

- a rezgés mérése információt ad a hangszalagok belső szélének állapotáról,
- a levegő áramlásának mérése a tüdő és a has hangkeltő képességeit, valamint a hangszalagok levegőáteresztő képességeit tárja fel,
- a hangképzés működésének mérései megállapítják a szinképi, intenzitásbeli és időtartambeli korlátokat,
- az akusztikai analízis felderít és dokumentál számos rendellenességet a hangjelben,
- a gége elektromiográfia megerősítheti a hiányát vagy a jelenlétét a megfelelő ideg-izomi működésnek,
- a pszicho akusztikus kiértékelést nehéz számszerűsíteni, még mindig az emberi fül és agy a legjobb mérőeszköz.

#### Rezgés értékelés

A hangszalag rezgést végző szélének sértetlensége nélkülözhetetlen a hangkeltés során végbemenő összetett mozgás létrehozásához. Folyamatos fény alatt a hangszalag körülbelül 250-szer rezeg egy másodperc alatt, közép C magasságú hang képzése mellett. A rezgés kiértékelése történhet nagy sebességű fotográfia, strobvideolaringoszkópia, videokimográfia vagy nagy sebességű videó felvételek által.

#### Strobvideolaringoszkópia (Strobvideolaryngoscopy)

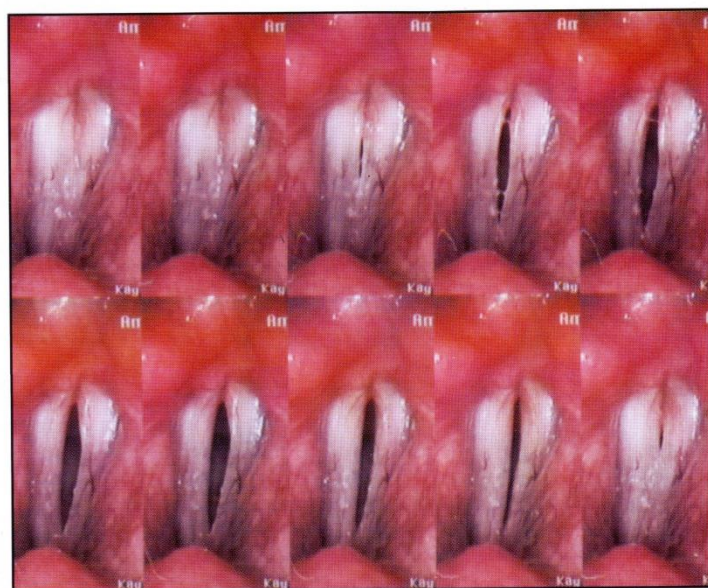
A strobvideolaringoszkópia, flexibilis fényoptikás laringoszkóppal kiegészítve, az egyedüli legfontosabb technológiai előrelépés a gégediagnosztikában. A stroboszkópikus fény lehetővé teszi a

hangszalagok belső szélén levő nyálkahártya fedőréteg megszokott, lassított felvételű kiértékelését. Nem nyújt olyan valós lassított felvételt, mint a nagy sebességű fotográfia és videó. Valójában egymást követő hangszalag hullámokat világít meg, minden kép 0,2 másodpercig őrződik meg a retinán. A megvilágított egymást követő darabkákat képileg összerakják videóként. A lassított felvételt keltő hatás azáltal jelenik meg, hogy a stroboszkópikus fény a hangszalag rezgésének frekvenciájához képest 2 Hz-el eltér. Abban az esetben, ha pontosan szinkronban lennének, egy állandó képet látnánk, mozdulatlan hangszalagokkal. A legtöbb esetben az a lassított felvétel elegendő a megfelelő klinikai elemzéshez.

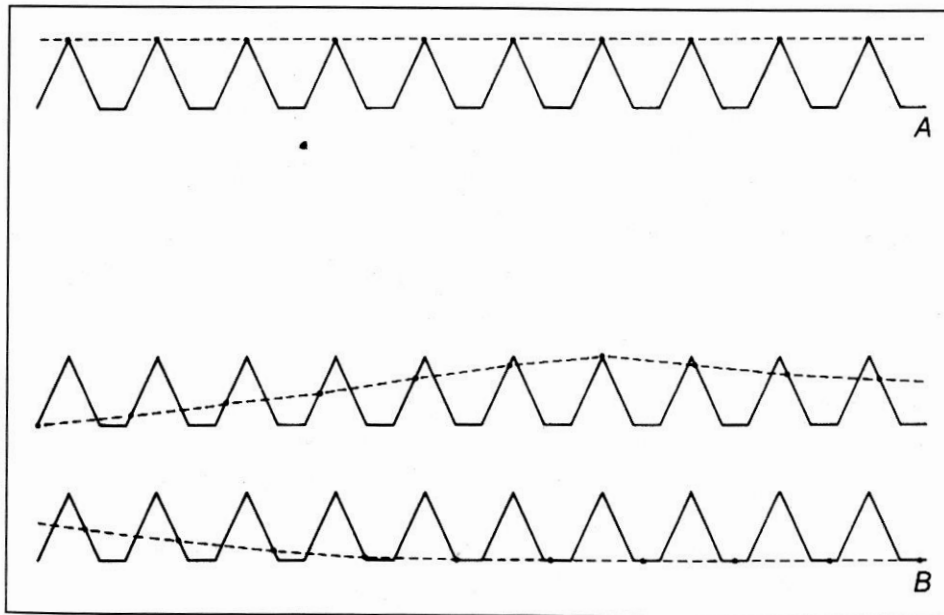
A stroboszkóp és egy videokamera összekötése lehetővé teszi a későbbi elemzést. A mért jellemzők közé tartozik az alapprofrendencia, bilaterális mozgás szimmetriája, periodicitás, hangszalag záródás, nyálkahártya forma, olyan részek felderítése, amelyek nem végeznek rezgést és egyéb szokatlan dolgok.

A gégestroboszkópia nem új dolog, ám a rossz megvilágítási képessége jelentősen korlátozta a használhatóságát. Manapság ez már nem jellemző. Vannak olyan készülékek, amelyek már LED-ekkel (Light Emitting Diode) vannak felszerelve, amelyek nagy fényerőt adnak alacsony fogyasztás mellett. A legtöbb készülék már számítógéphez csatlakoztatható, amelyen a felvételeket és elemzéseket könnyen eltárolhatjuk, automatikus jelentéseket készíthetünk, a működést pedig könnyen vezérelhetjük. A vizsgálatokat végezhetjük mind rugalmas és merev endoszkóppal is. Az újabb, rugalmas endoszkóp jelenős előnye, hogy olyan személyeken is el lehet végezni a vizsgálatot, amelyeken a merev csővel valamiért ez nem lehetséges, valamint a hangszalagokat az eredeti működési környezetükben, normál hangképzés mellett vizsgálhatjuk. Hátránya ellenben, hogy nem képes olyan részletes képet adni, mint a merev endoszkóp.

A strobovideolaringszkóp hátrányai közé tartozik, hogy drága és a mobilitása egyelőre nem kielégítő. Olyan betegnél nem működik, akik erősen aperiodikus hangszalagrezgéssel rendelkeznek, mivel a rezgésmérő rendszer nem képes a gyors, szabálytalan változásokat követni. Az újabb technológiák, mint például a nagy-sebességű videó és a videokimográfia, a klinikai arzenál sokat ígérő kiegészítései.



1. ábra: Videó felvétel a Kay Elemetrics Stroboszkóp rendszerből. Ez a felvételi mód 36°-os intervallumonként készít 10 felvételt (360°), ezáltal szimulál egy teljes glottális periódust. Ez a mód hasznos az asszimetriák kimutatásánál.



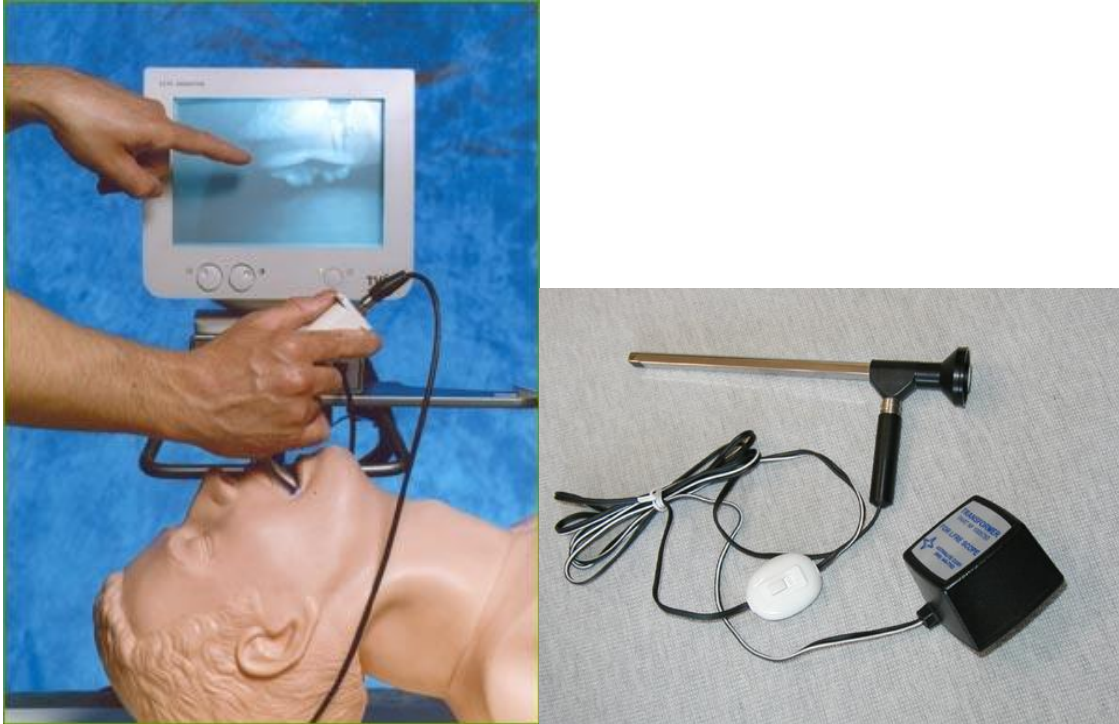
2. ábra: A stroboszkópia alapelve. A stroboszkópikus fény az egymást követő periódusok egyes részeit világítja meg. A szem a megvilágított pontokat lassított felvételi mozgással rakja össze. Abban az esetben, ha a stroboszkóp szinkronban van a hangszalagrezgésekkel (A), a periódusok azonos pontjai lesznek megvilágítva, így az előálló felvételen a hangszalag mozdulatlan lesz. Akkor viszont, ha a fény enyhén deszinkronizált (B), a megvilágítás az egymás utáni periódusokban alig eltérő pontokra esik, ezáltal előállítva a lassított felvétel-szerű hatást. (Forrás: Hirano M. Clinical Examination of the Voice. New York, NY: Springer-Verlag; 1981:49.)

Az anyag kidolgozásakor használt forrásban használt eszköz, amellyel a strobovideolaringoszkópiai vizsgálatokat végezték, a Kay System Elemetrics Model RLS9100B. Ennek az eszköznek azóta létezik újabb változata is.

### **Videokimográfia (Videokymography, VKG)**

A videokimográfia egy egysoros letapogató kamerát használ a hangszalagok vizuális megjelenítésére. Egyetlen hátránya, hogy egyszerre csupán egy vonalnyi területet tud megjeleníteni a hangszalagból, ám ezt nagy részletességgel. Közel 8000 képet készít másodpercenként. Viszont elveszik a kétdimenziós információ, és a hangot sem tudjuk szinkronban lejátszani a képhez. Az általunk látott képek 512 vonalat tartalmaznak, valamint a videók 30 keretet másodpercenként. A monitoron látott képeken az idő a függőleges tengelyen van ábrázolva. Az idő függőlegesen halad előre 144 vonalas képpel félkeretenként. Egy keret a monitoron 18,4 milliszekundumot ölel át. A videokimográf képei fekete-fehérek.

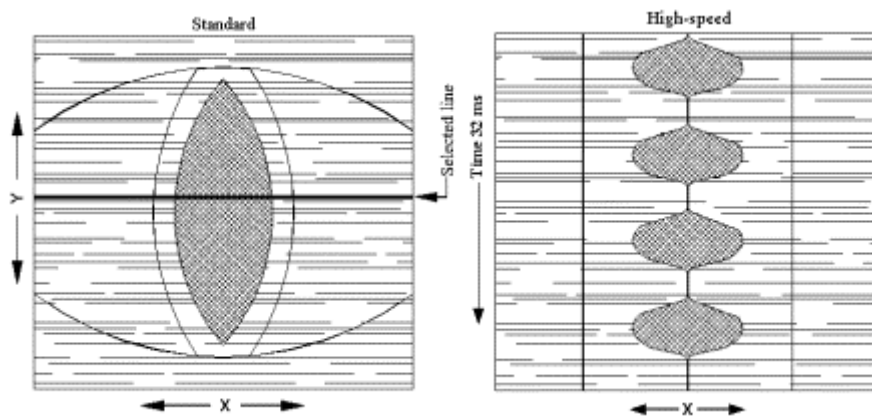
A VKG egy viszonylag új technológia. 1984-ben mutatták be először, ám használhatósága csak 1996-ban érte a megfelelő szintet. Hathatós kiegészítő a strobovideolaringoszkópia mellett. Részletes elemzést lehet készíteni olyan rezgési anomáliákról, amelyeket a strobovideolaringoszkópiával nem lehet vizsgálni. Habár néhány esetben a nagy sebességű videóval több információt lehet nyerni, a videokimográfia nagy előnye az alacsony ára.



3. ábra: Strobovideolaringoszkópia merev endoszkóppal.



4. ábra: Flexibilis endoszkóp.



5. ábra: A VKG két módja. Az általános mód fekete-fehér videót készít a megfelelő irány beállításához. A nagy-sebességű mód egyetlen kiválasztott vonalat jelenít meg másodpercenként 8000-szer.

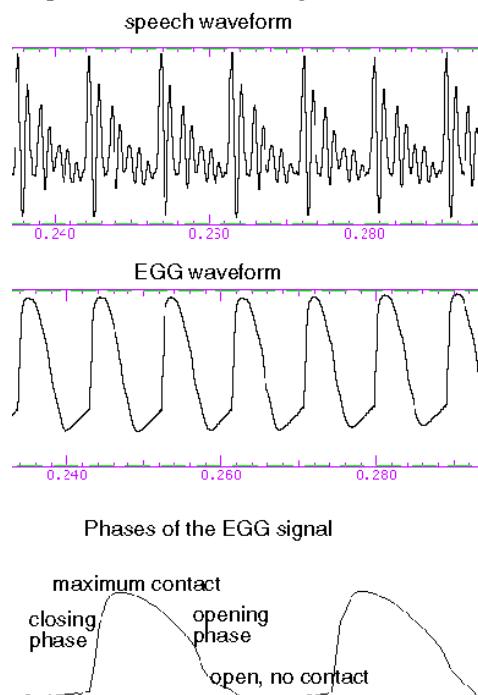
## Nagy sebességű videófelvétel

Minden orvos, aki eddig használta a nagy sebességű videó technológiát, rendkívül hasznosnak találta olyan problémás környezetben is, mint például aperiodikus hangok, dichotikus hangképzés és csikorgó beszéd (vocal fry) esetén. A nagy sebességű videó berendezés 2000-4000 fekete-fehér képet rögzít másodpercenként. A sebesség növelésével a képek minősége enyhén romlik. A felvétel hossza szabadon állítható, 2 másodperc általában elegendő. A felvételek leggyakoribb lejátszási sebessége 15 kép/másodperc, így egy 2 másodperes felvétel visszánézése nagyjából 4 és fél percig tart. Ez a tulajdonsága korlátozza a klinikai felhasználását, viszont speciális problémákra kiválóan alkalmazható. Egy másik érdekes felhasználása a nagysebességű videó felvételeknek az, hogy digitális VKG felvételeket készíthetünk belőle anélkül, hogy a térbeli információt elveszítenénk. Ennek hátránya viszont, hogy a VKG eredeti 8000 kép/másodperces sebessége csupán 2000 kép/másodpercre csökken. A fentiekből látszik, hogy ez a technológia rendkívül hasznos, nagy hátránya viszont a nagy költsége.

## 2. Egyéb eljárások a hangszalagok rezgésének vizsgálatára

### Elektroglottográfia (Electroglottography, EGG)

Az elektroglottográfia két elektródát használ, amelyek a nyak bőrén a pajzsmirigy felett helyezkednek el. Egy gyenge, magas frekvenciájú feszültséget vezetnek át a gégefőn az egyik elektródától a másikig. A hangszalagok záródása és nyitódása változást idéz elő az átmenő feszültségben, a hangszalagok rezgésével azonos fázisban. A kapott feszültségváltozás követéséből kapott hullámformát hívják elektroglottogramnak. Nyomon követi a hangrés nyitódását és záródását, valamint a stroboszkópiás képekkel is összevethető. Az EGG lehetőséget nyújt annak objektív eldöntésére, hogy a hangrés rezgése jelen van-e, vagy éppen hiányzik. Fontos tulajdonsága, hogy szabadon megismételhető. Jobban tükrözi a hangrés tulajdonságait, amikor az zárt állapotban van, valamint lehetséges a hangrés állapotának számszerűleg való felírása.



6. ábra: Egy periodikus hang EGG felvétele.

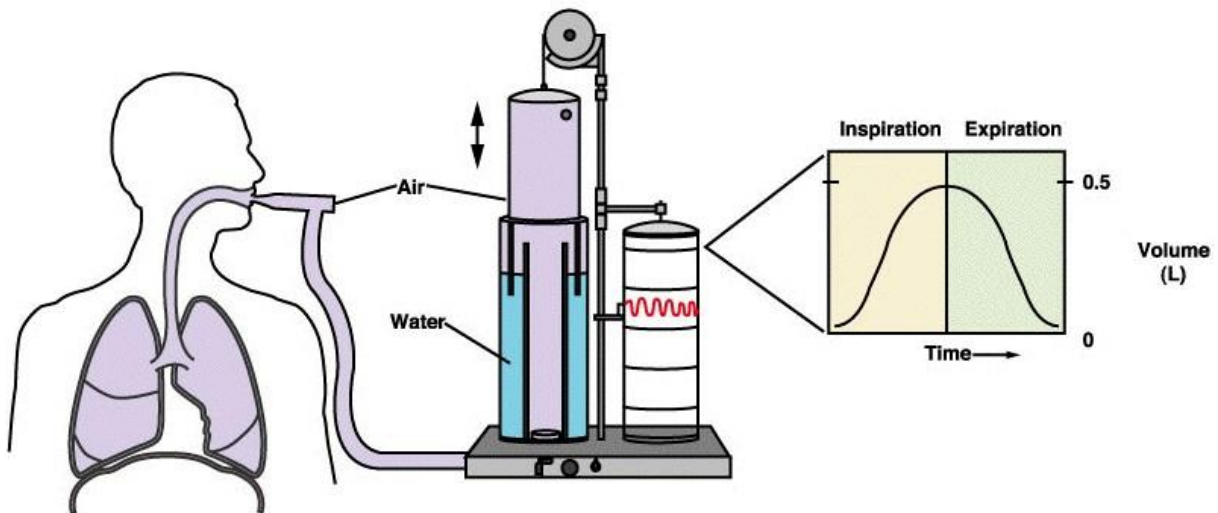


## Inverz szűrés

Az inverz szűrés eljárás becslést ad a hangrésen áthaladó levegő mennyiségéről az akusztikus jel keltésekor, vagy a légzéshez kapcsolódó levegőáramlásról. A kitartott hang közben kapott jelre olyan szűrőket alkalmazunk, amelyek úgy lettek tervezve, hogy „kioltsák” a vokális traktus fő rezonanciahelyeit. A rezonancia karakterisztikáját eliminálva egy reprezentációját kapjuk a hangforrásnak, olyan hullámformaként, amely a hangrés térfogat sebességét ábrázolja. Ezt a hullámformát áramlási glottogramnak nevezünk. Az áramlási glottogram tehát a hangrésen keresztülaramló levegőt ábrázolja milliméter/másodperc mennyiségként az idő függvényében. Az EGG-vel szemben (amely főként a zárt hangrésről ad információt) az inverz szűrés a nyitott hangrésről ad mérési eredményeket. A kettőt szinkronizálva a hangrés hasznos megjelenítését kapjuk.

## Aerodinamikai mérések

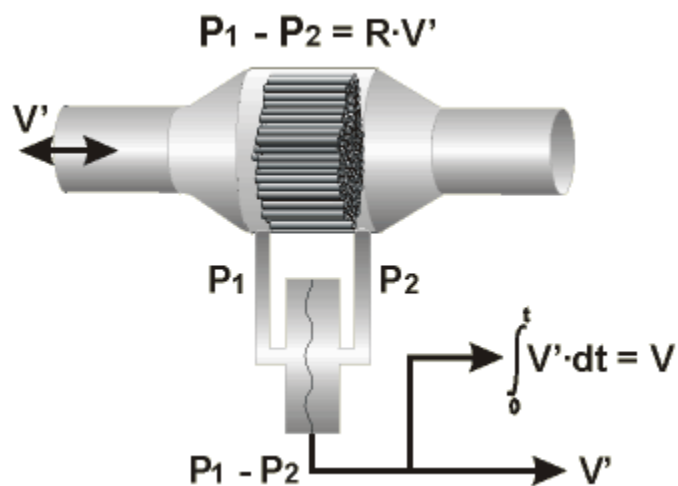
- A légzésmérő (*spirométer*) alkalmas a tüdő működésének vizsgálatára hangkeltés közben, viszont nem alkalmas több akusztikus jel egyidejű megjelenítésére, valamint a frekvencia-átvitele rossz.



7. ábra: A spirométer működése

A spirométer harangja fel-le irányú mozgást végez a vízzel telt lezársban. Ezt a mozgást rögzítik. A vízzel működő spirométer nem képes gyors mozgások követésére, így nem alkalmas a maximális belégzési és kilégzési légáramlási sebesség lejegyzésére. A legtöbb laboratóriumban víz helyett görgők vannak a harang és a váz között, a mozgást pedig elektronikusan rögzítik.

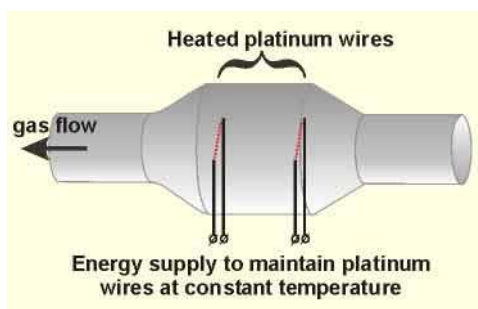
- A *pneumotachograph* tartalmaz egy lamináris légellenállást, egy nyomáskülönbség átalakítót és egy erősítő és felvevő rendszert. Poligráffal összekötve lehetővé teszi a levegőáramlás mérését és egyéb jelek egyidejű felvételét.



8. ábra: A pneumotachograph működése

A  $V'$  áramlást egy kis, állandó ellenállású csőben elért nyomáskülönbségből mérik. Az ellenállásokon keresztüli nyomás csökkenés lineárisan arányos alacsony a légáramlással alacsony áramlási sebességnél, amikor az áramlás iránya párhuzamos. Nagyobb sebességű áramlás turbulens áramlást eredményez, ekkor az ellenállásoknál a nyomás nagyobb mértékben csökken, mint alacsony sebességű áramlásnál, ezért a mérés akkor pontos, ha a levegő áramlásának sebessége alacsony. Különböző áramlási sebességre készített eszközök léteznek, a belső ellenállások különböző tervezésével.

- Az izzószálas anemométerrel (hot-wire anemometer) a levegőáramlás sebességét állapíthatjuk meg az izzószálon végbemenő feszültségcsökkenés mérésével. A modern izzószálas anemométerek olyan elektromos visszajelző áramkörrel rendelkeznek, amely felügyeli az izzószál hőmérsékletét, és 1 kHz-ig lapos frekvencia-átvitelt tesz lehetővé, így klinikailag nagyon hasznos.



9. ábra: Az izzószálas anemométer működése

Az anemométer izzószálát állandó hőmérsékleten tartják. A beáramló gáz lehűti az izzószálát, amelynek így nagyobb elektromos energiára van szüksége az állandó hőmérséklet megtartásához. Ebből az energiátöbbletből mérik a gáz áramlási sebességét.

A négy általános jellemző, amelyet a legtöbb helyen vizsgálnak, a *szubglottális nyomás*, a *szupraglottális nyomás*, a *glottális ellenállás* valamint a *levegő áramlásának térfogatsebessége a hangrésnél*. Az átlagértékük klinikai mérése a következőképpen történik:

$$P_{sub} - P_{sup} = MFR \times GR$$

ahol az MFR az átlagos áramlási sebesség, a GR pedig az átlagos glottális ellenállás. Egy nyitott magánhangzó (pl. /a/) képzésekor a szupraglottális nyomás megegyezik a légköri nyomással, ezáltal a fenti egyenlet a következő formára egyszerűsödik:

$$P_{\text{sub}} = \text{MFR} \times \text{GR}$$

Az átlagos áramlási sebesség kiszámolható a hangképzés alatt felhasznált levegő teljes térfogata és a hangképzés időtartamának hányadosaként. A levegő térfogata mérhető egy maszkkal, amelyet szorosan az alany arca elé tartunk, vagy egy szájba helyezett készülékkel (például a fentebb említett eszközök valamelyikével), miközben az alany orrát egy csipesszel lezárjuk. A glottális ellenállás nem mérhető közvetlenül, ám kiszámítható az átlagos áramlási sebesség és az átlagos szubglottális nyomás arányaként. A normális glottális ellenállás 20-tól 100 dyne sec/cm<sup>5</sup>-ig terjed alacsony és közép magas frekvencia esetén, valamint 150 dyne sec/cm<sup>5</sup> magas frekvencia esetén. A szubglottális nyomás klinikailag kevésbé hasznos, mivel invazív eljárást (pl. légső bemetszés, transzglottális katéter) igényel a pontos méréshez. Becsülni lehet egy nyelőcsővi mérőballon segítségével. A ballon képes a légcsőbeli (intratracheal) nyomást mérni, amely közelítőleg megfelel a szubglottális nyomásnak. Ezt az értéket viszont befolyásolja a nyelőcsőbeli nyomás értéke, amely függ a tüdő térfogatától. Így a szubglottális nyomás mérését csak meghatározott, ellenőrzött körülmények lehet elvégezni.

A hangképzési hányados a vitalkapacitás (vital capacity, a tüdő térfogata) és a maximális hangképzési idő hányadosa. Szoros kapcsolatban áll a maximális áramlási sebességgel, valamint objektív mérési eredményt ad a kezelés hatásairól. Különlegesen hasznos kiújuló gégeidegi bénulásnál valamint a hangszalagok lézióinál. Mérhető például a páciens kitartott /a/ magánhangzója közben. Hasznos a frekvencia és intenzitás egyidejű mérése. Az átlagos áramlási sebesség a levegőáramlási sebesség és az idő hányadosaként számolható. Átlagos értéke nem professzionális énekesek esetén férfiaknál 100 mL/s, nőknél 92 mL/s.

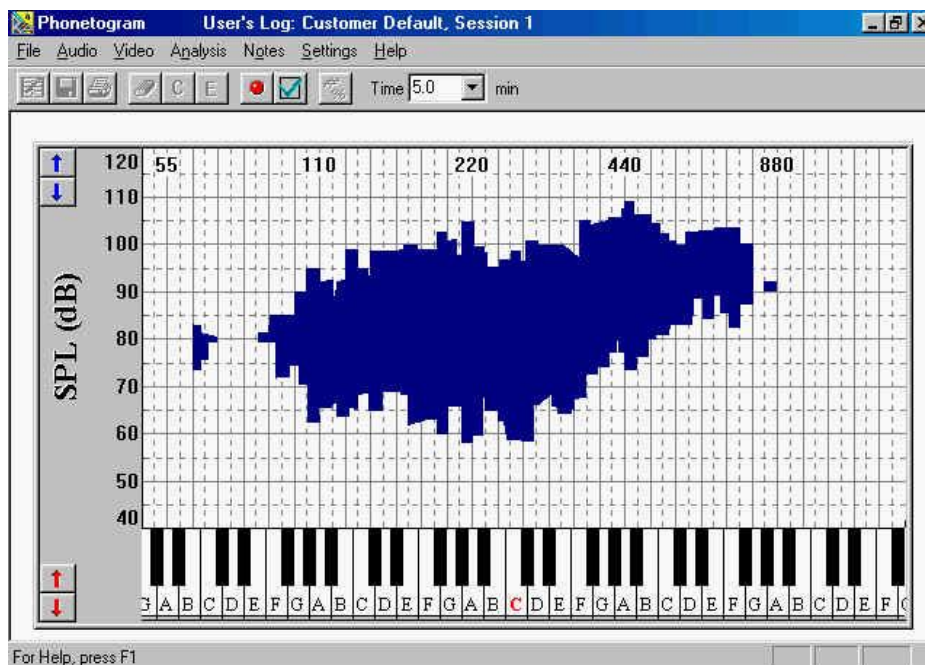
### 3. Hangképzési képesség vizsgálata

A következő mérések elvégzéséhez magas minőségű felvevőkészülékekre, mikrofonokra van szükségünk annak érdekében, hogy elkerüljük a berendezésből adódó zajokat és torzításokat. A mérendő mennyiségek:

- *Maximális hangképzési idő*, amelyet sima stopperórával mérhetünk.
- *A hangképzés frekvencia tartománya*, amelyet Hertz-ben mérünk.
- *A hangképzési frekvenciatartományt félhangokra átszámolva* (a legalsó hangtól a legfelső fejhangig) kapjuk a *hangképzés fiziológiás frekvenciatartományát*. Értéke 36 félhang férfiakra és 35 félhang nőkre.
- *A hangképzés zenei frekvencia tartománya* a legalsótól a legfelső zeneileg elfogadható hangot méri. Ennek átlagos értéke 35 félhang professzionális énekesek esetén.
- *A hangterjedelem tartományainak frekvencia határai*. A tartományok: csikorgó beszéd („vocal fry”), mellkas, közép, fej, fejhang és fütyülés, habár e kategorizálás nem általános érvényű.
- *A beszélő alapfrekvenciája*. Kirívóan alacsony érték például jelezhet abnormális krónikus hangkárosodást. Az alapfrekvenciát objektíven kell kezelni, valamint személyre optimalizálva. Általános elvárt értékei férfiak esetén 120 Hz, nők esetén 225 Hz, ám korral és egészségi állapottal változik.



- A *hangképzés intenzitás tartománya*. Nem annyira jelentős, mint a frekvencia tartomány. Az alapfrekvencia változásával az intenzitás tartomány is változik, legnagyobb értéke a középső frekvencia tartomány esetén van. Mértékegysége a hangnyomás szint (SPL) 0,0002 mikrobárra vonatkoztatva. Átlagos felnőtt esetén – nem profi énekes esetén – az értéke 54,8 dB férfiakra és 51 dB nőkre. Az intenzitás tartomány változása gyakori hangképzésbeli rendellenességeknél, ám azok kimutatására nem alkalmas, mivel nem túl nagy érzékenyséű módszer.
- *Frekvencia-intenzitás profil*, amelyet úgy kapunk, hogy a legnagyobb és legkisebb hangnyomás szint értékeket ábrázoljuk a különböző alapfrekvenciákon. Az így kapott ábrát hangmezőnek (phonetogramnak) nevezzük. A hang állapotáról ad információkat.
- *Hangrés hatékonyság*, amely a hangrés szintjén lévő akusztikus energia aránya a szubglottális energiához viszonyítva. Hasznos információkat nyújt, ám nem hatékony, mert a hangrés szintjén nehéz az akusztikus energiát mérni.
- A *szubglottális energia* a szubglottális nyomás és levegőáramlás gyorsaságának szorzata.



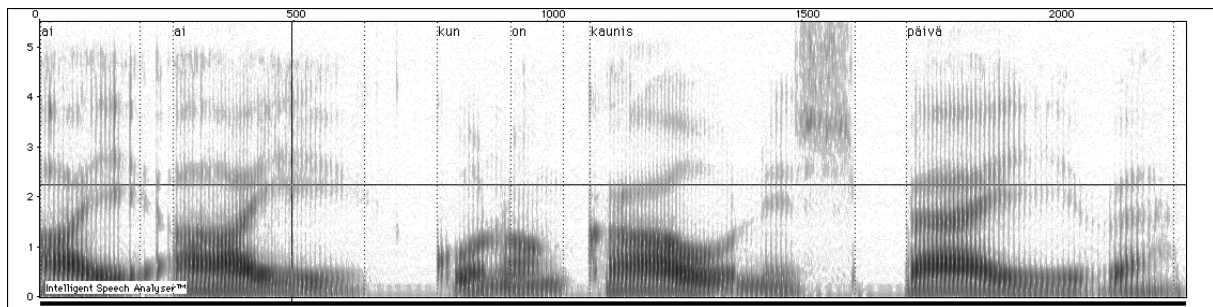
10. ábra: Hangmező (alapfrekvencia-intenzitás függvény). (Forrás: [www.drspeech.com/Phonet1.jpg](http://www.drspeech.com/Phonet1.jpg).)

### Akusztikai analízis

A beszédjelek akusztikai elemzése egyszerre sokat ígérő és kiábrándító. Egy ezen a téren képzett szakember számára rengeteg információt nyújt. Habár a rendelkezésre álló eszközök még messze nem olyan jók, mint az emberi fül, az akusztikus jelek könnyen számszerűsíthetők és vizsgálhatók. A felvételek készítésénél nagyon fontos a jó minőségű eszközök használata, valamint az ellenőrzött, felügyelt környezet. A mikrofon távolsága a beszélőtől jelentősen befolyásolja az odáig eljutó jel intenzitását, amely a hangforrástól mért távolság négyzetével arányosan csökken. Talán a legelterjedtebb eszköz az akusztikai vizsgálatok elvégzésére a Kay Elemetrics Visi-Pitch terméke, amely legfrissebb típusa szintén megtalálható a bevezetőben említett [www.kayelementrics.com](http://www.kayelementrics.com) oldalon.

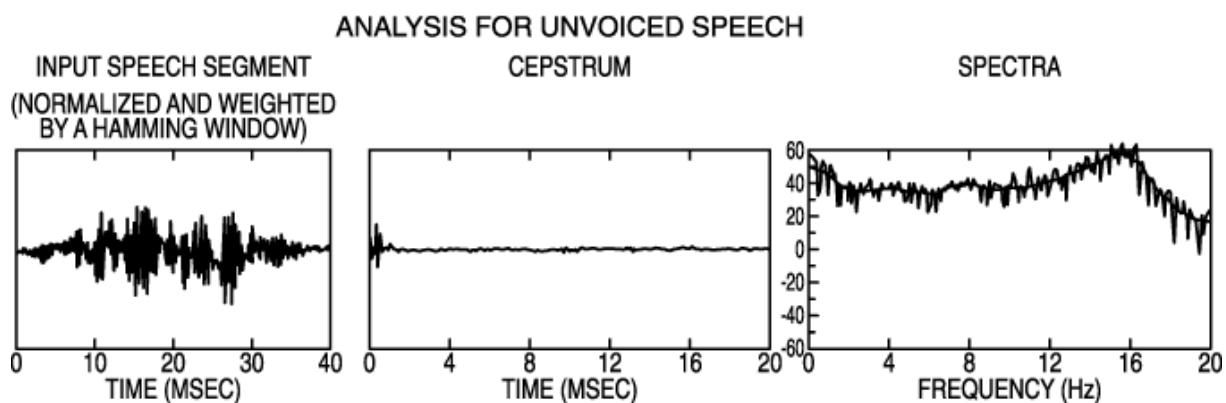
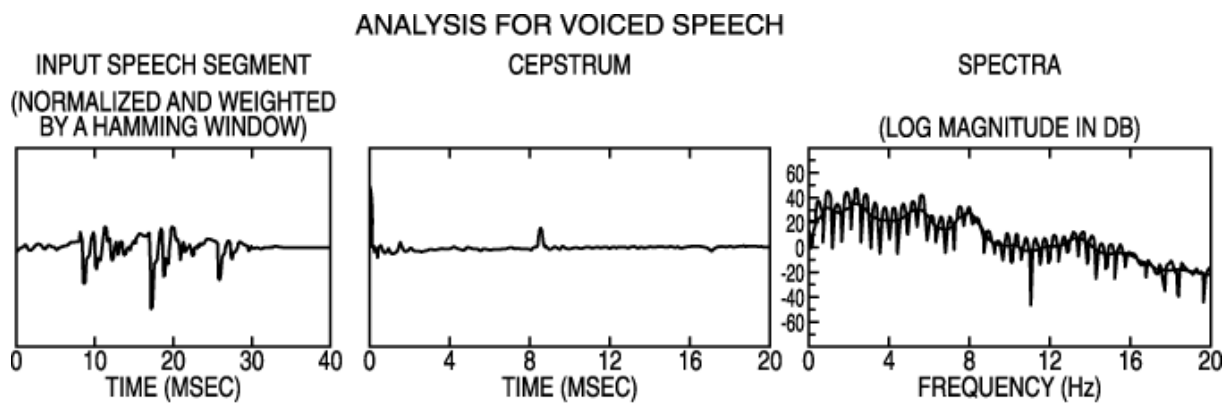
A spektrografia már sok éve elérhető. A hangok vizuális megjelenítését szolgálja. Az akusztikus jel ábrázolásakor a diagram vízszintes tengelye az idő (t), a függőleges tengely a frekvencia (Hz), valamint a harmadik dimenziót, az egyes frekvenciákon mért intenzitást, színárnyalattal jelölik.

Sávszűrőket alkalmazva minőségi, alapprofreciabeli és hangosságbeli megfigyeléseket lehet tenni. Ezeket fel lehet használni a beszédterápia tervezésekor. Az énekesek és egyéb képzett hangú emberek vizsgálatakor igen értékes eszköz. Példaként megemlítünk egy ilyen feladatot ellátó szoftvert, a Kay Elemetrics DSP Sona-Graph-ot. Ez a szoftver kiegészítésként a spektrogram mellett méri még az alapprofreciát, a profrecia-zavart (jitter), az amplitúdó-zavart (shimmer) és a harmonikus-zaj arányt. Összekapcsolható egy (korábban már említett) elektroglottográffal is. A Sona-Graph egyik fontos képessége a hosszú időátlagú (long-time average, LTA) spektrális képesség. Ez lehetővé teszi a hosszú beszédminták elemzését. Ez alkalmas a lihegő, illetve a rekedt hang kimutatására. Az eszköz számítógéphez csatlakoztatható, az eredmények, felvételek digitalizálhatóak és menthetőek.

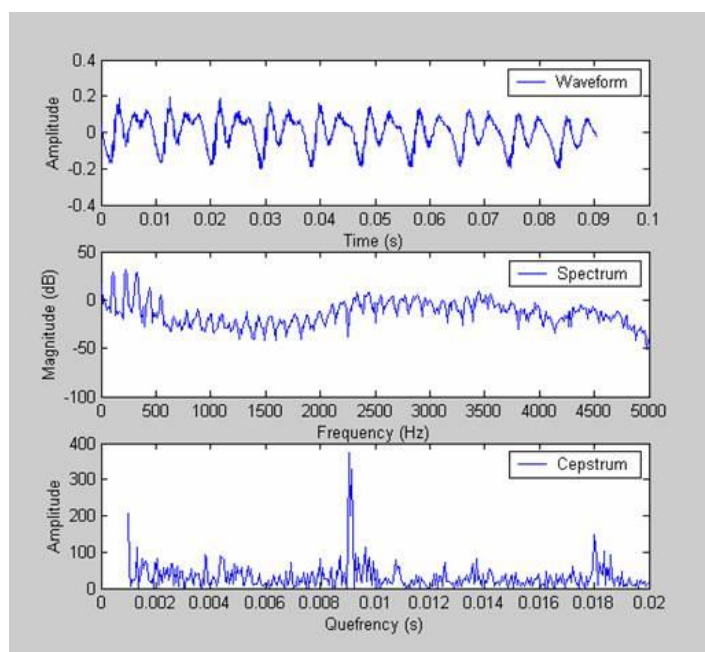


11. ábra: Spektrogram.

A dysphonia és a lihegő beszéd kimutatására egy újabb hatékony eszköz a kiemelkedő kepsztrális csúcsok vizsgálata. A kepsztrum a beszéd spektrum Fourier-transzformáltja. A spektrumot ekkor úgy tekinthetjük, mint sok kisebb szinusz hullámkomponens összege. Minden szinusz hullámnak van egy amplitúdója és egy „frekvenciája”. Annak érdekében, hogy elkerüljük a „frekvencia” szó zavaró elnevezését, a spektrum hullámkomponenseit ezentúl kefrenciának hívjuk. A kefrencia a spektrum frekvenciáinak frekvenciája (a mértékegysége a ciklus/frekvencia, azaz a másodperc). A spektrum minden egyes hullámkomponensének amplitúdóját a kefrencia függvényében ábrázolva kapjuk a kepsztrumot. A kapott Fourier-transzformáció tehát a spektrumban található információt (frekvencia tartomány) idő (kefrencia) tartományba transzformálta. Az legkiemelkedőbb csúcs a kepsztrumban az alapperiódus. Az alapperiódus a komplex hullámnak tekintett spektrum domináns szinusz hullámának kefrenciája, ugyanúgy, mint ahogy az alapprofrecia a komplex hullámnak tekintett beszédjel domináns szinusz hullámának frekvenciája. A kepsztrum kisebb amplitúdójú csúcsai a harmonikusok. Egy magas periodicitású jelnek a spektrumban lesz egy nagy kiemelkedésű csúcs az alapprofreciánál és több kiemelkedése ennek többszöröseinél. Ezek a csúcsok szabályos intervallumonként helyezkednek el. Ez az intervallum felel meg a kepsztrum alapperiódusának. Így egy nagy kiemelkedésű csúcs lesz látható az alapperiódusnál. Egy alig periodikus jel spektrumában sok kiemelkedő csúcsú lesz sok frekvenciánál, amelyek nem követik egymást meghatározott szabályossággal. Így egy gyengén periodikus jel alacsony amplitúdójú sok kepsztrális csúcsot eredményez, különböző kefrenciákon. A kepsztrumba berajzolt lineáris regressziós görbével, amely reprezentálja az átlagos hangenergiát, kiküszöbölhetjük a hangkeltés amplitúdójának eltérését különböző szituációk és személyek között. A kepsztrális csúcs (a legnagyobb amplitúdóval rendelkező csúcs a kepsztrumban) és a lineáris regressziós görbe közti különbséget kepsztrális csúcs kiemelkedésnek (cepstral peak prominence, CPP) nevezzük. Gyengén periodikus jelnél ennek értéke kicsi, erősen periodikusnál pedig nagy. A kepsztrum számításának ötlete nem újkeletű, ám eddig a gyenge számítási kapacitás miatt nem alkalmazták.



12. ábra: A kepsztrum és spektrum egy zöngés és egy zöngétlen hullámforma esetén.



13. ábra: A kepsztrum egy periodikus hang esetén.