



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# ZÁKLADNÍ METODY PRO VYŠETŘENÍ A ANALÝZU HLASU

JAN G. ŠVEC



## Literatura:

Jan Švec: *Studium mechanicko-akustických vlastností lidského hlasu. (Dizertační práce)*, Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra experimentální fyziky, 1996.

<https://sites.google.com/site/jangšvec/publications>

J. Dršata a kol: *Foniatric – hlas*. Tobiáš, Havlíčkův Brod, 2011.

**a tyto přednášky**



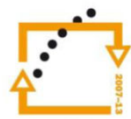
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Vybrané metody pro analýzu zvuku - hlasu sejmutého mikrofonem

**Spektrální analýza (viz předtím)**

**Zvuková spektrografie (sonografie)**

**Hlasové pole**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# ZVUKOVÁ SPEKTROGRAFIE (SONAGRAFIE)

Vyvinuta zhruba kolem roku 1940 v  
Bellových laboratořích v USA  
Byla nazývána „viditelná řeč“ („visible  
speech“).

Zobrazuje frekvenční spektrum zvuku  
(hlasu / řeči) v čase. (V podstatě se  
jedná o 3D spektrální analýzu)

Signál je analyzován pomocí filtrů s  
nastavitelnou šířkou propustného  
pásma.

Je hodnocena intenzita signálu v  
různých frekvenčních pásmech a ta  
se zobrazí mírou zčernání.

Nyní je běžně dostupná na bázi FFT v  
různých počítačových softwarech pro  
akustická měření.

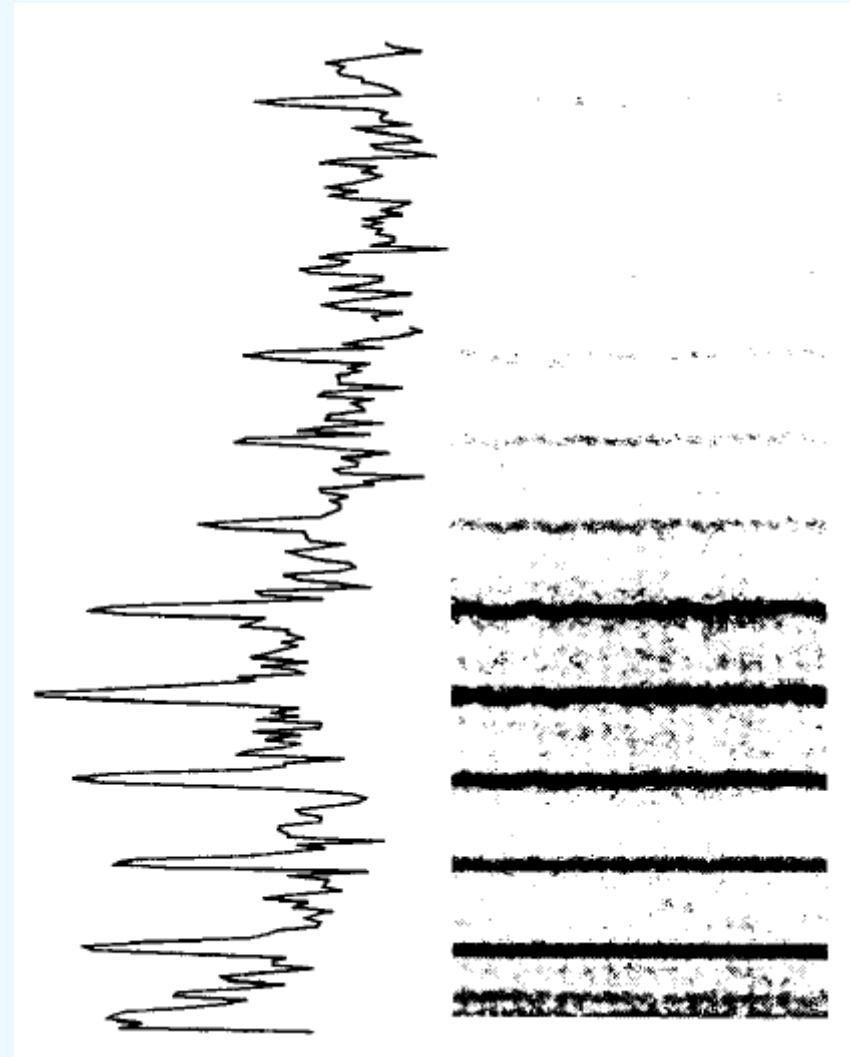
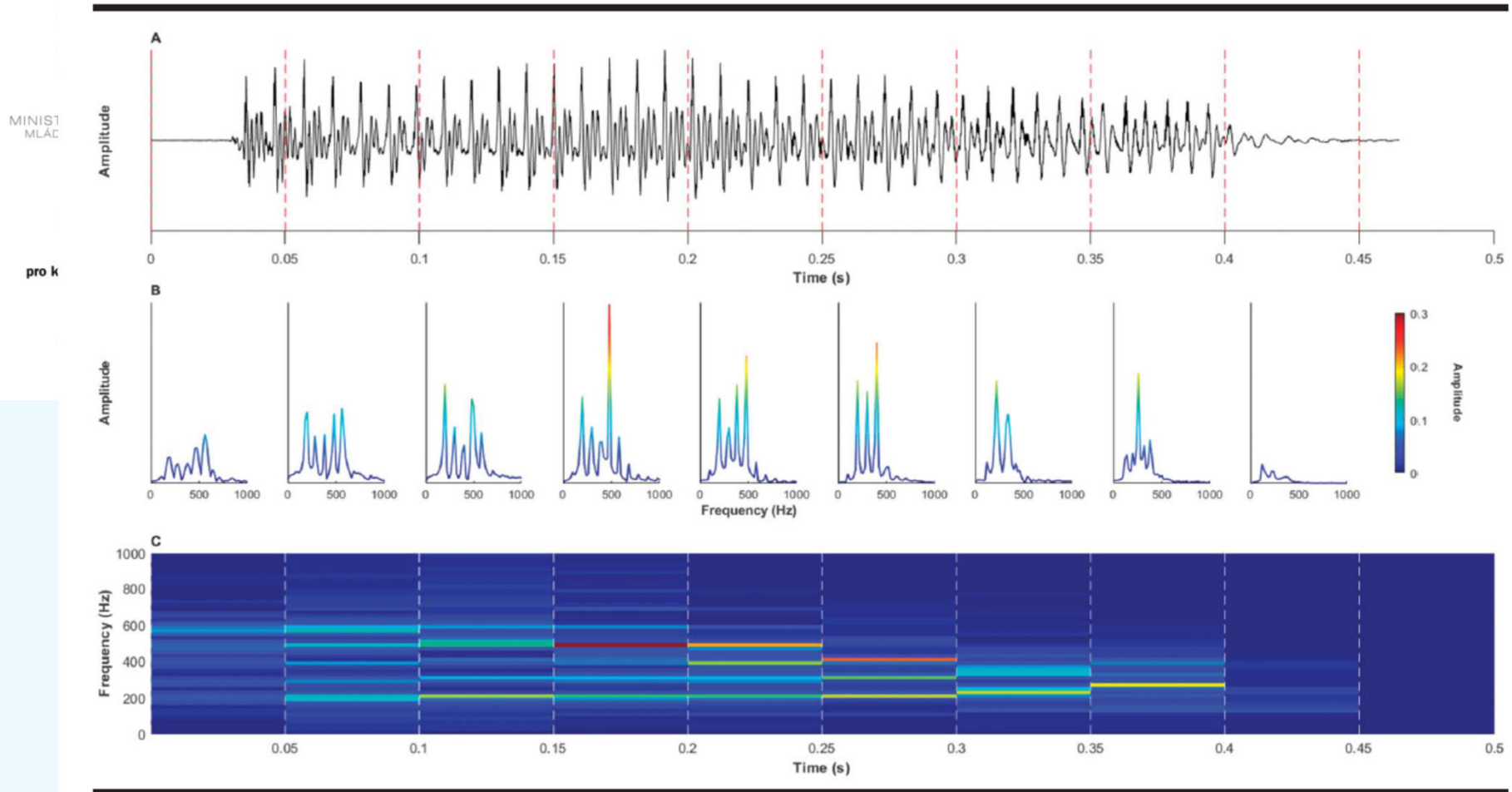


Fig. 7.27: Baken RJ, and Orlikoff RF: Clinical measurement of speech and voice, San Diego, CA: Singular Publishing Group, 2000.

# ZVUKOVÁ SPEKTROGRAFIE (SONAGRAFIE)

**Figure 4.** Example of a short-term Fourier transform to examine frequency in the time-domain. (A) Waveform separated into 0.05-s frames (red dotted vertical lines). (B) The Fourier transform for each frame with the power in each frequency band shown in the vertical axis and colorbar. (C) Spectrogram revealing frequency changes over time for each frame (boundaries indicated by white dotted vertical lines). The colors across frequencies match those of the Fourier transform for each frame.



Schultz and Vogel



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



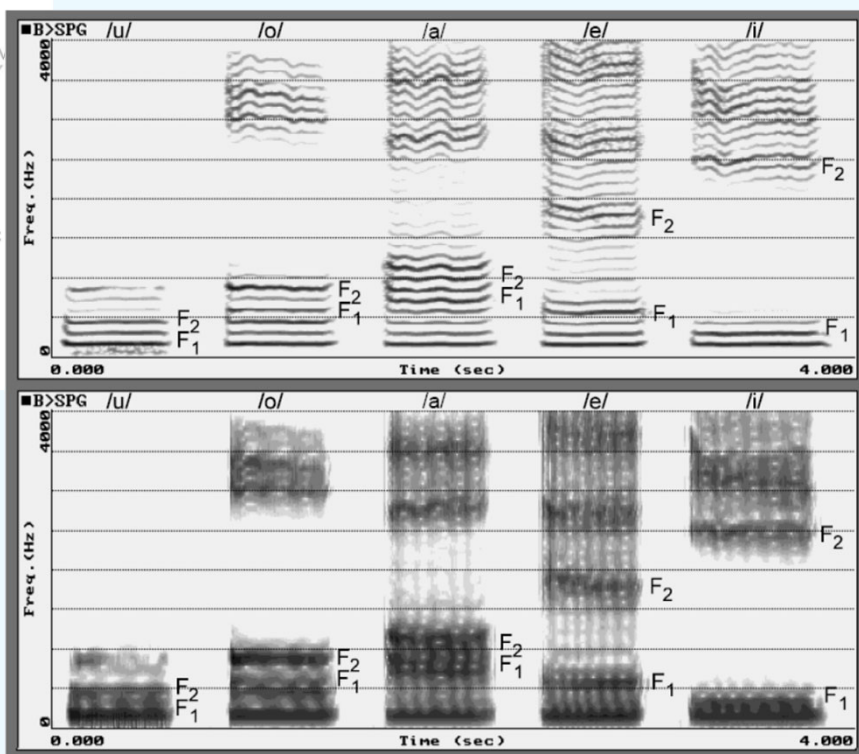
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# ZVUKOVÁ SPEKTROGRAFIE (SONAGRAFIE)



Švec, Obr. 2.1. Spektrogramy českých samohlásek /u/, /o/, /a/, /e/, /i/.  
Nahoře úzkopásmový spektrogram, dole širokopásmový spektrogram.

## 2 typy spektrogramu:

### a) úzkopásmový

- šířka propustného pásma  $\Delta f$  filtrů je řádově desítky hertzů,
- vhodný pro sledování změn základní frekvence signálu
- vysoké frekvenční rozlišení  $\Delta f$ , pomalé časové rozlišení  $\Delta t$

### b) širokopásmový

- šířka propustného pásma  $\Delta f$  filtrů je řádově stovky hertzů,
- vhodné pro zobrazování formantů
- Rychlé časové rozlišení ale malé frekvenční rozlišení
- Objevují se zde vertikální čáry, které jsou synchronizované s jednotlivými periodami kmitů

Platí vztah mezi časovým a frekvenčním rozlišením:  $\Delta t = 1 / \Delta f$ .

(Čím lepší/rychlejší časové rozlišení, tím menší/horší frekvenční rozlišení).



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# DEMONSTRACE zvuková spektrografie

VOCE VISTA,

PRAAT



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Hlasové pole

**Alternativní název je „Fonetogram“ tento termín je ale kritizován, neboť mylně evokuje spojitost s fonetikou**

**Anglické a německé názvy: Voice Range Profile (VRP), Phonetogram, Phonogram, Stimmfeld.**

**Hlasové pole je graf ukazující maximální dynamický rozsah hlasu v závislosti na frekvenci hlasu, a to od nejnižších až do nejvyšších frekvencí, které je člověk schopen produkovat.**

**Poskytuje informaci o frekvenčním a dynamickém rozsahu individuálního člověka.**

**Je využíváno v klinické praxi při foniatrickém vyšetření**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



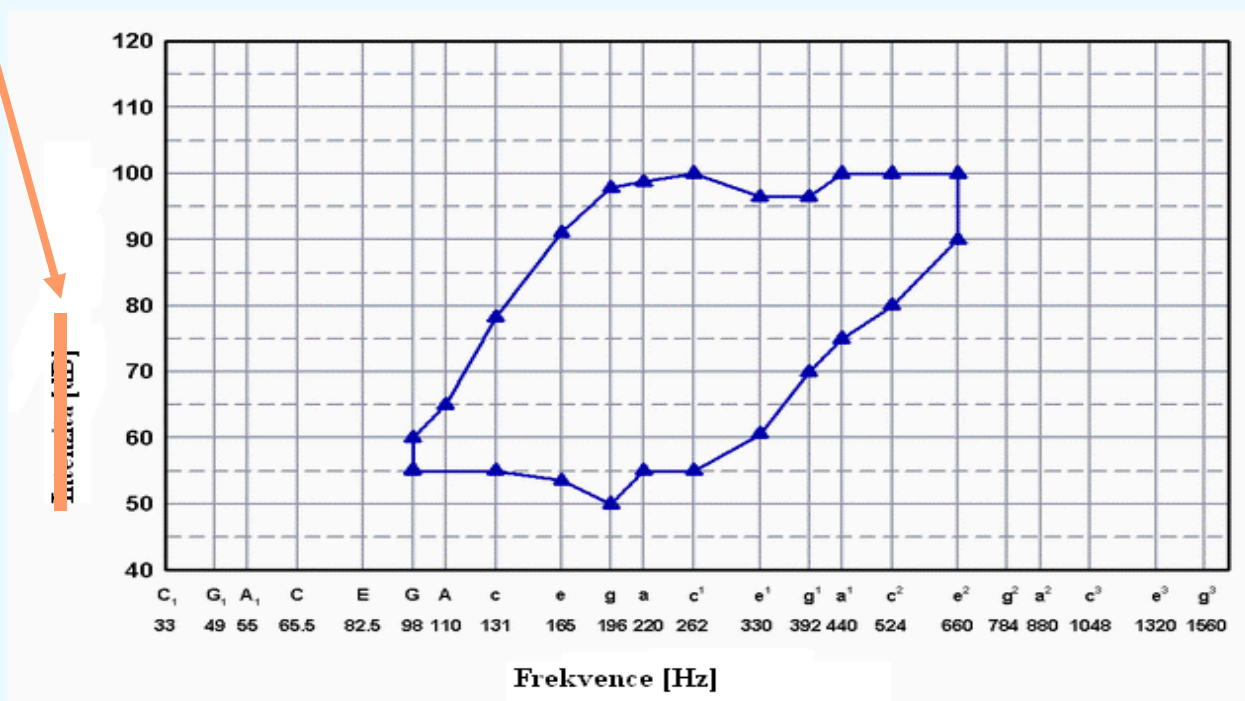
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

## Hlasové pole (VRP) :

Příklad hlasového pole u individuálního člověka

Hladina akustického tlaku @ 30 cm [dB(A)]



Obr. : VRP převzato z

<http://www.audiologieboek.nl/niveau2/hfd10/beelden/10-4-3-5.gif>





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Vybrané fyziologické metody pro analýzu hlasové funkce

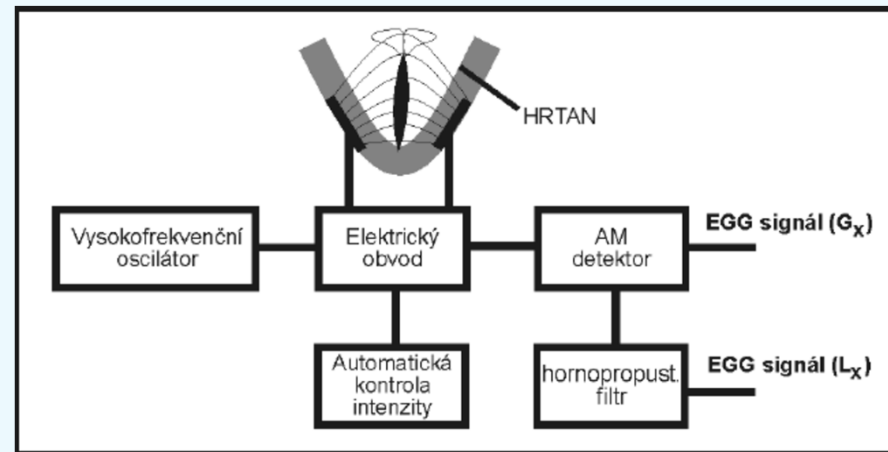
## Elektroglotografie

## Fotoglotografie

## Pneumotachografie

# ELEKTROGLOTOGRAFIE (electroglotography, EGG)

- Metodu navrhnul P. Fabre (1957, 1958, 1961).
- V současnosti jedna z nejpoužívanějších neinvazivních metod pro snímání kmitání hlasivek.
- Na kůži kolem chrupavky štítné jsou postranách připevněny dvě elektrody do nichž je přivedeno velice slabé střídavé napětí (zhruba 0.5 V tak, aby výsledný proud nepřekročil 10 mA a nedosáhl prahu lidské vnímavosti) o vysoké frekvenci (podle druhu přístroje v rozmezí od 300 kHz do několika megahertzů).
- Otevírání a zavírání hlasivek mění elektrický odpor mezi elektrodami a moduluje proud procházející přes hrtan.
- Obvykle jsou ještě z výsledného EGG signálu odfiltrovány nízkofrekvenční složky (které odráží další děje, jež přímo nesouvisí s kmity hlasivek – většinou celkové pohyby hrtanu).
- Nefiltrované a filtrované EGG signály bývají někdy označovány jako  $G_x$  respektive  $L_x$  (Baken, 1992).



Švec, Obr. 2.7. Blokové schéma elektroglotografu. (Modifikováno podle Bakena, 1992).



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



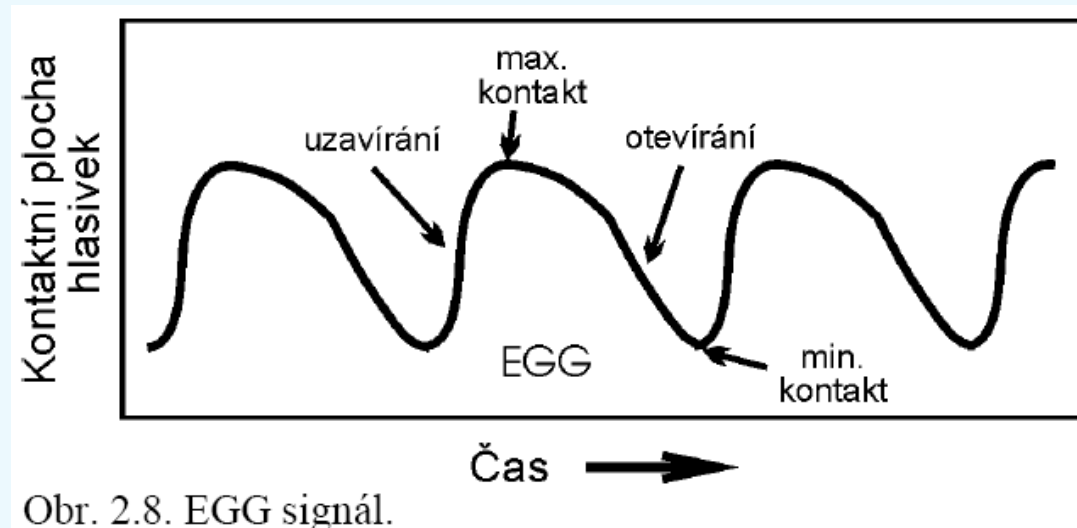
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# ELEKTROGLOTOGRAFIE (EGG)

Bylo zjištěno, že EGG signál koresponduje s kontaktní plochou hlasivek (angl. vocal fold contact area, Scherer, Druker & Titze, 1988; Hampala et al., 2015).

Na rozdíl od mikrofonního signálu se tvar EGG signálu téměř nemění se změnou samohlásek.



Obr. 2.8. EGG signál.

## Příklady využití:

Detekce kmitání hlasivek

Snadnější určování frekvence kmitání hlasivek (jednodušší než ze složitého mikrofonního signálu)

Detektor kmitů hlasivek pro synchronizaci stroboskopického světla při laryngostroboskopii

Jednoduché znázornění pravidelností a nepravidelností kmitů hlasivek.

Přibližné určování „koeficientu kontaktu hlasivek“ (EGG contact quotient) - indikuje jak dlouho se hlasivky dotýkají v rámci jedné periody kmitů.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# SYNCHRONIZACE AUDIO A EGG SIGNÁLŮ

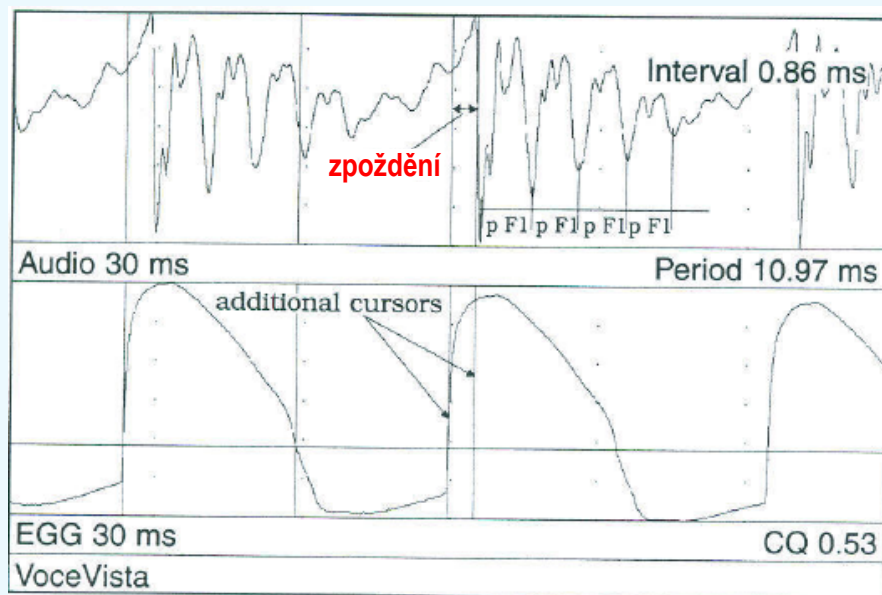
EGG signál monitoruje kontaktní plochu hlasivek okamžitě.

Zvuku ale trvá určitou dobu než dorazí od hlasivek k mikrofonu.

Mikrofonní signál je proto zpožděn za EGG signálem.

Doba tohoto zpoždění je úměrná rychlosti zvuku a vzdálenosti od hlasivek k mikrofonu.

Toto zpoždění je vidět při simultánním záznamu EGG a audia (viz obr).



Obr: Miller & Schutte, 1999

Příklad: Pro vokální trakt o délce 17.5 cm a mikrofon vzdálený 5 cm od úst je celková vzdálenost 22.5 cm. Při rychlosti zvuku 350 m/s to trvá c. 0.65 ms než zvuk dorazí od hlasivek k mikrofonu.

K vybuzení největšího rozkmitu tlaku vzduchu (v audio signálu) dochází v momentě uzavření hlasivek, který se v EGG signálu objeví náhlým nárůstem rozkmitu signálu.

Otázka: Obrázek ukazuje zpoždění 0.86 ms. Jak daleko byl mikrofon od úst v případě délky vokálního traktu 17.5 cm?



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# DEMONSTRACE

## simultánní záznam audio a EGG signálu

VOCE VISTA

(shareware)

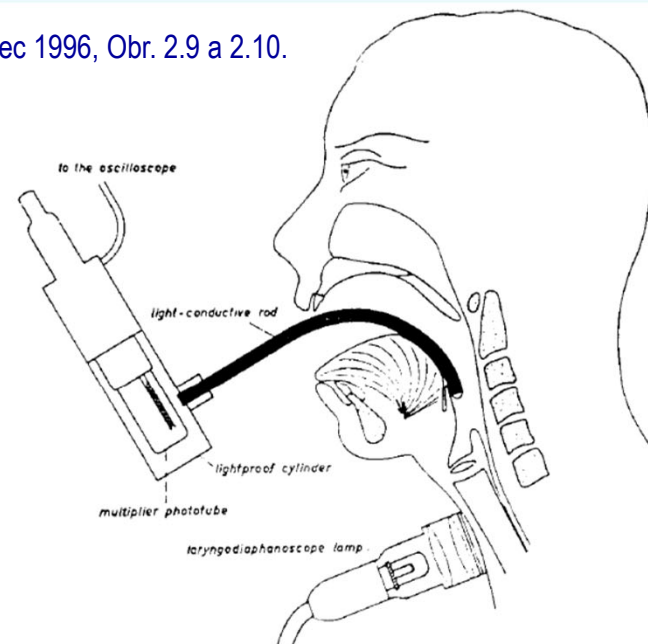


D. G. Miller

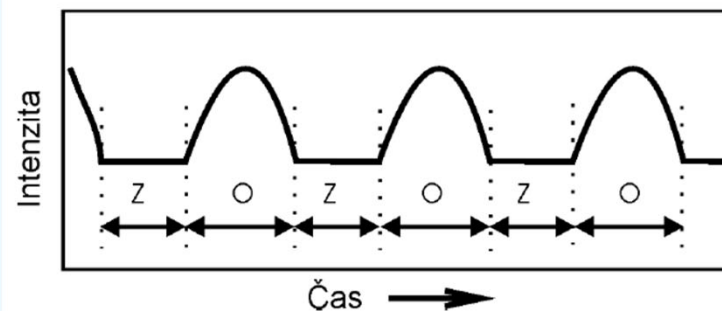
# FOTOGLOTTOGRAFIE (photoglottography, PGG)

- Metoda pro monitorování změn velikosti hlasivkové štěrbiny při fonaci.
- Jejím zakladatelem je Sonesson (1959).
- Doplnková metoda k EGG.
- Na kůži pod hrtan se přiloží zdroj světla a nad hlasivky za jazyk se se zavede světlovod (nebo fotocitlivá buňka).
- Přes tkáň rozptýlené světlo (zejména červené a infračervené) prochází přes hlasivky ke světlovodu.
- Intenzita světla je přitom úměrná velikosti plochy hlasové štěrbiny.
- Otevírání a zavírání hlasivkové štěrbiny moduluje světelné záření, které je světlovodem vedeno do fotonásobiče, a ten poskytuje výsledný PGG signál (obr. 2.10).
- Metoda bývá používána pouze pro experimentální účely, v klinické praxi se neprosadila pro nepohodlnost vůči pacientům.

Švec 1996, Obr. 2.9 a 2.10.



Obr. 2.9. Princip Sonessonovy metody fotoglotografie (van den Berg, 1962).



Obr. 2.10. Ilustrace PGG signálu. Ve fázi Z je hlasová štěrbina uzavřena, intenzita záření je konstantní. Ve fázi O (otevření) je intenzita signálu přímo úměrná ploše otevření hlasivkové štěrbiny.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

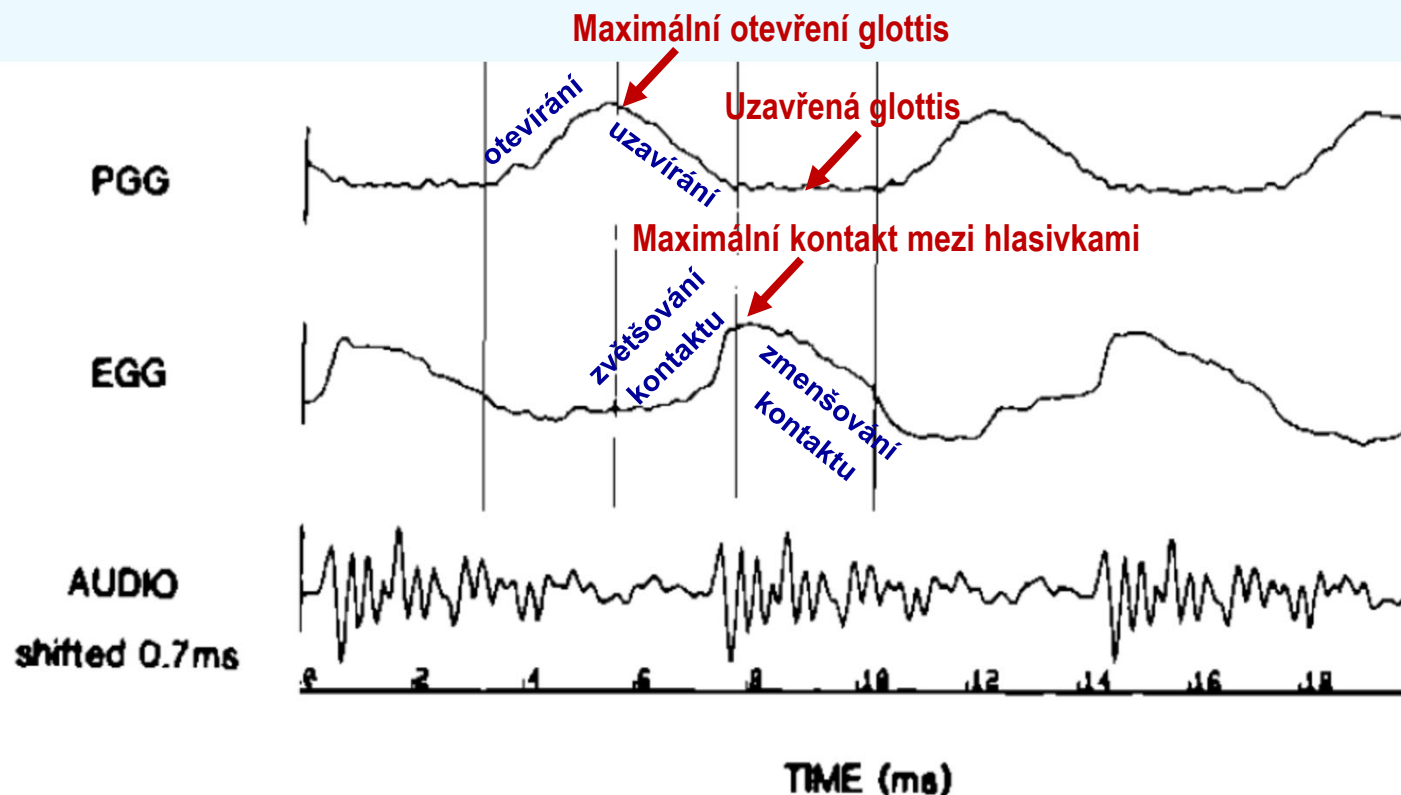
INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# SIMULTÁNNÍ ZÁZNAM EGG A PGG SIGNÁLŮ

EGG a PGG metody poskytují doplňkové informace:

**EGG** poskytuje informace o **velikosti kontaktní plochy** mezi hlasivkami. Neposkytuje relevantní informace ohledně velikosti otevření glottis!

**PGG** signál naproti tomu poskytuje informace o **velikosti otevření glottis**. Když je glottis uzavřena, PGG vykazuje konstantní minimální hodnotu.



Baer, T., Löfqvist, A., & McGarr, N. S. (1983). Laryngeal vibrations: a comparison between high-speed filming and glottographic techniques. *J. Acoust. Soc. Am*, 73(4), 1304-1308.

# PNEUMOTACHOGRAFIE: snímání průtočného množství vzduchu

Průtočné množství vzduchu prošlé hlasivkami za časovou jednotku (neboli objemová rychlost – z angl. „Volume velocity“) je významným parametrem, jenž podává (společně s transglotickým tlakem) informaci o impedanci hlasivek. U zdravých hlasů je očekávaný průtok u přirozených fonací mezi cca. 100 a 400 ml/s (Schutte, 1980).

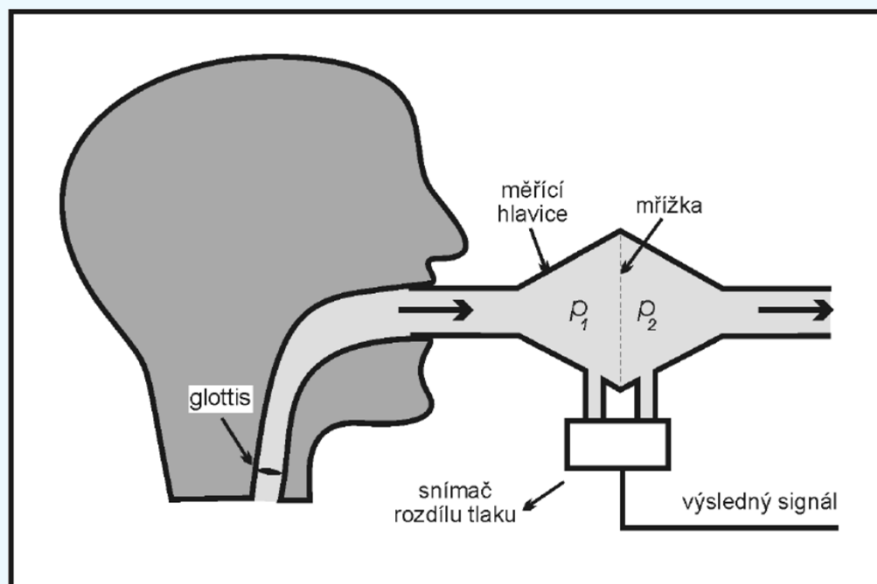
Pro měření objemové rychlosti vzduchu lze použít mřížkový pneumotachograf ve formě měřicí hlavice, která se na jednom konci obojme rty tak, že veškerý vzduch vycházející z úst proudí skrz ni (viz obr. 2.3).

Pro přesná měření je nutno zabezpečit, aby nosní otvor byl uzavřen (např. sevřením nosních dírek).

Měřicí hlavice má uvnitř mřížku, která působí jako akustická rezistance ( $R$ ). Při průchodu vzduchu hlavicí vznikne před a za mřížkou rozdíl tlaků ( $\Delta p$ ), který je přímo úměrný objemové rychlosti proudu vzduchu ( $U$ ) podle známého vztahu

$$\Delta p = U \cdot R$$

Rozdíl tlaků je převáděn na elektrický signál diferenciálním tlakovým snímačem. Aby bylo možno měřit objemovou rychlost vzduchu absolutně, provádí se před měřením kalibrace známými vzdušným proudy (většinou o fyziologických hodnotách 100, 200 a 300 ml/s).



Švec 1996, Obr. 2.3. Snímání průtočného množství vzduchu.





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# LARYNGOSKOPICKÉ METODY – metody umožňující pohled na hrtan a hlasivky

**Laryngoskopie**

**Strobolaryngoskopie**

**Videolaryngoskopie**

**Strobovideolaryngoskopie**

**Vysokofrekvenční videolaryngoskopie**

**Fotokymografie**

**Videokymografie**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# LARYNGOSKOPIE

**Základní lékařská metoda vyšetření hrtanu.**

**Základ této metody položil kolem roku 1855 zpěvák Manuel Garcia vynálezem laryngoskopického zrcátka (ZRCÁTKOVÁ LARYNGOSKOPIE).**

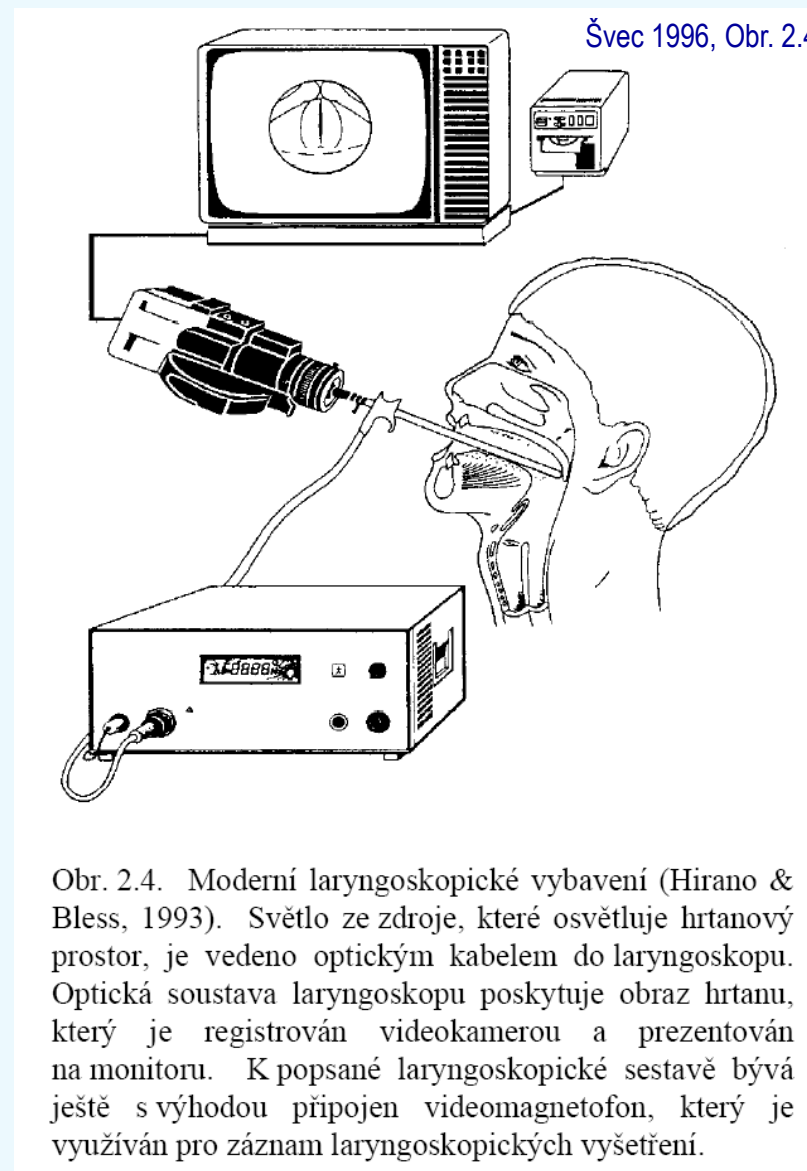
**O rozšíření používání laryngoskopického zrcátka se významně zasloužil v druhé polovině 19. století lékař českého původu J. N. Čermák.**

**V roce 1878 použil Oertel stroboskopické světlo pro zviditelnění kmitů hlasivek. Tato metoda se nazývá STROBOLARYNGOSKOPIE.**

**Moderní rozvoj laryngoskopie nastal v přibližně v 80. letech 20.stol. s procesem nahrazování laryngoskopického zrcátka laryngoskopu (endoskopy).**

**Laryngoskopie snímaná videokamerou se nazývá VIDEOLARYNGOSKOPIE.**

**Videolaryngoskopie ve spojení se stroboskopickým světlem se nazývá STROBOVIDEOLARYNGOSKOPIE.**



Obr. 2.4. Moderní laryngoskopické vybavení (Hirano & Bless, 1993). Světlo ze zdroje, které osvětluje hrtanový prostor, je vedeno optickým kabelem do laryngoskopu. Optická soustava laryngoskopu poskytuje obraz hrtanu, který je registrován videokamerou a prezentován na monitoru. K popsané laryngoskopické sestavě bývá ještě s výhodou připojen videomagnetofon, který je využíván pro záznam laryngoskopických vyšetření.

# Pozorování a interpretace kmitů hlasivek

Frekvence hlasivek se běžně pohybuje v rozmezí cca. 70-500 Hz u mužů a cca. 140-1000 Hz u žen, což jsou frekvence lidským okem nerozlišitelné.

Pozorování kmitů hlasivek bylo poprvé umožněno až s použitím stroboskopu koncem 19. století.

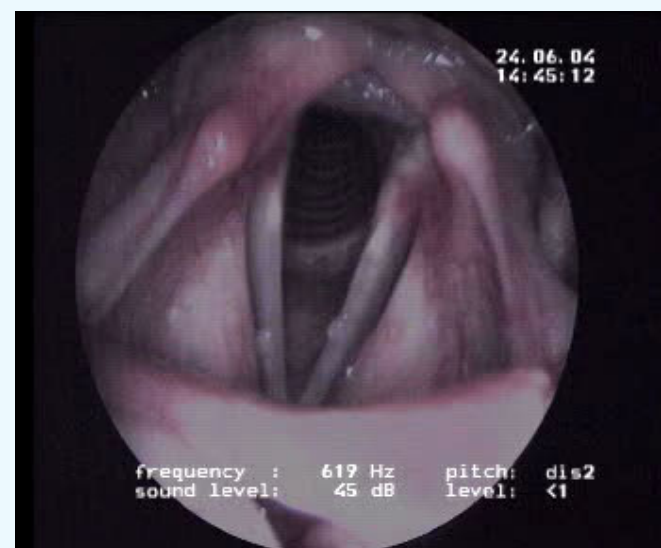
## LARYNGOSKOPIE

Bez stroboskopického světla:



## LARYNGOSKOPIE

Se stroboskopickým světlem:



# Pozorování a interpretace kmitů hlasivek

## STROBOSKOPIE:

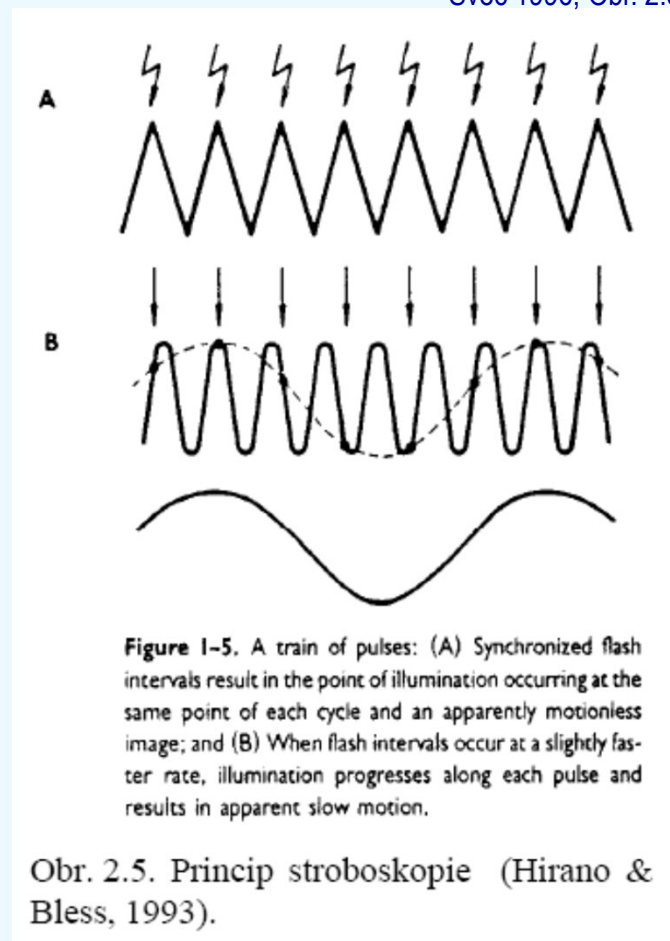
Místo spojitého světla se používají stroboskopické záblesky.

Záblesky světla jsou synchronizovány s kmity hlasivek a poté je frekvence záblesků zpomalena asi o 1-2 Hz. To způsobí iluzi pomalého pohybu hlasivek o frekvenci 1-2 kmitů za sekundu.

Pozn: problém nastává v případě nepravidelných kmitů (chraptivý hlas apod.). Pak nelze stroboskop synchronizovat s kmity hlasivek.

Tyto problémy pak řeší vysokorychlostní videolaryngoskopie a videokymografie.

Švec 1996, Obr. 2.5

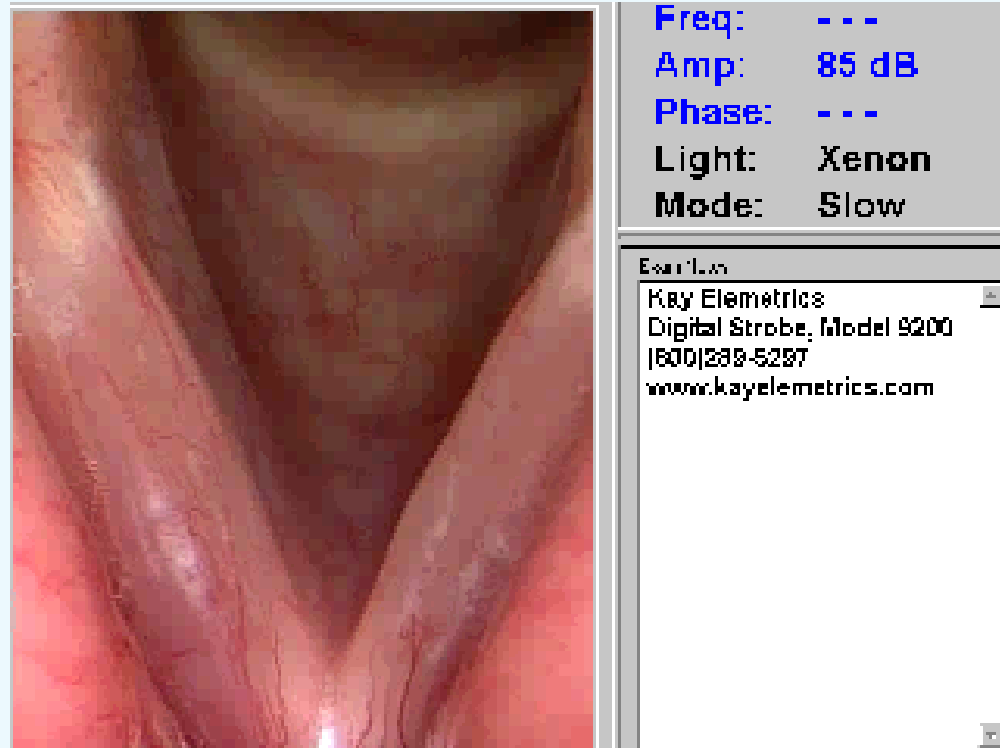


Pro frekvenci iluzorních kmitů platí  $f_{iluzorni} = f_{stroboskopu} - f_{hlasivek}$

# Pozorování a interpretace kmitů hlasivek

Laryngeální stroboskopie spojená s videozáznamem je v současnosti nejpoužívanější klinickou metodou sledování kmitů hlasivek.

Kmity hlasivek jsou poměrně složité a probíhají ve třech dimenzích  
– horizontálně i vertikálně.



## STROBOSKOPICKÝ ZÁZNAM KMITÁNÍ HLASIVEK

Kay Elemetrics Demo samples on Stroboscope

# FYZIOLOGICKÉ A PATOLOGICKÉ NÁLEZY V LARYNGOSKOPII A LARYNGOSTROBOSKOPII



Vyšetření: doc.  
MUDr. F. Šram, CSc.



# VIDEOLARYNGOSTROBOSKOPIE:

## PROBLÉMY:

Zobrazené kmity jsou iluzorní

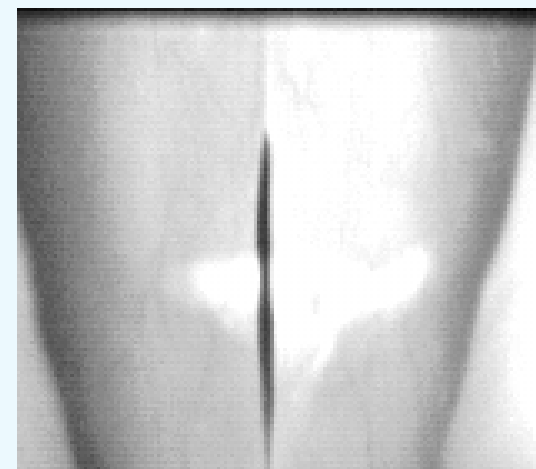
Vyžaduje synchronizaci kmitání hlasivek se záblesky stroboskopu  
Komplexní, nepravidelné kmity a rychlé děje (kašel, hlasové začátky, rejstříkové přechody) nelze zobrazit!



Stroboskopické vyšetření, doc. MUDr. F. Šram, CSc.

## ŘEŠENÍ:

Vysokorychlostní  
videozáznam



Kay Pentax – high speed video demo samples



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# VYSOKORYCHLOSTNÍ VIDEOLARYNGOSKOPIE (HSV)

## VYSOKORYCHLOSTNÍ FILM (1937):

(Bell Telephone Laboratories. *High speed motion pictures of the vocal cords*, New York: Bureau of Publication, Bell Telephone Laboratory, 1937.

P. Moore. Vocal fold movement during vocalization. *Speech Monographs* 4:44-55, 1937.)

## VYSOKORYCHLOSTNÍ VIDEO (DIGITÁLNÍ) (1986)

K. Honda, S. Kiritani, H. Imagawa, and H. Hirose. High-speed digital recording of vocal fold vibrations using a solid-state image sensor. In: *Laryngeal function in phonation and respiration*, edited by T. Baer, C. Sasaki, and K. S. Harris, Boston/Toronto/San Diego: A College-Hill Press, Little, Brown and Company, 1987, p. 485-491.

ČR:

Od r. 2005, v současnosti vlastní HSV asi 5 pracovišť v ČR





MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

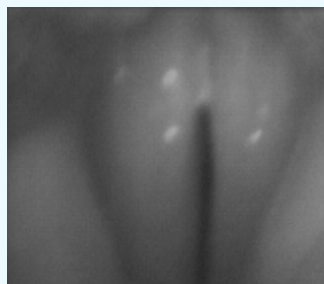


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Pokroky ve vysokorychlostní videolaryngoskopii:

2000



Kay Elemetrics

128x128 px  
1000 snímků/s

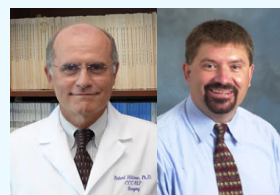
2005



Wittenberg a kol., R.Wolf

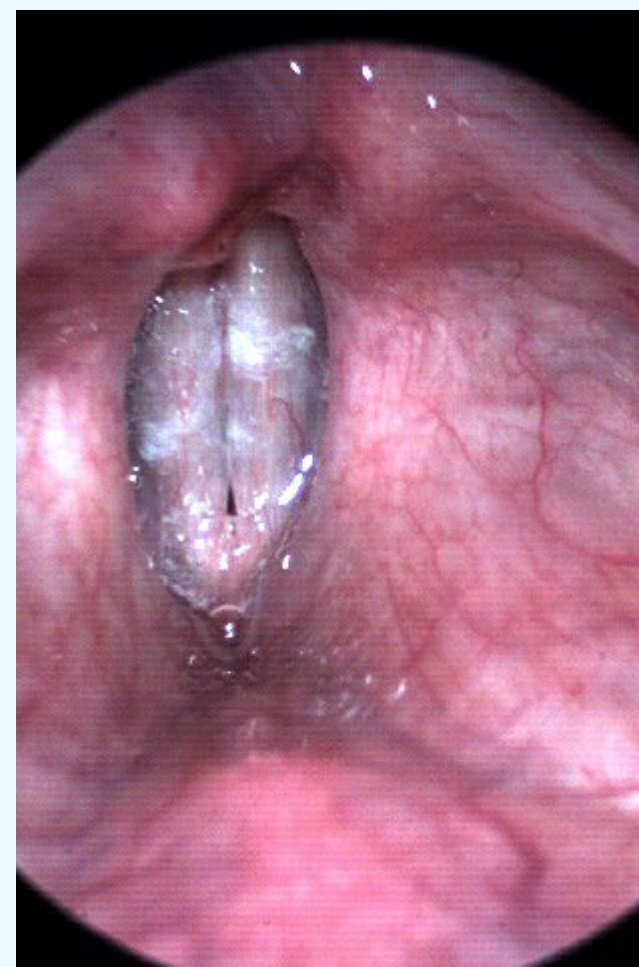


256x256 px  
4000 snímků/s



Deliyski, Hillman a kol., Phantom,  
též Kay Pentax (přes 512x512 px a >8000 snímků/s)

2007-2008





MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Vybrané problémy s vysokorychlostní videolaryngoskopií

Omezená doba záznamu (2s – 4s) [max 32s]

Obrovská množství zaznamenávaných dat (100- 500 MB/s)  
velmi rychle se zaplní harddisk

Časová náročnost přehrávání:

10s VFV při 10 000 snímcích/s → trvá přes 1 hod (400 x déle) při 25 snímcích/s

Nepraktičnost vizualizací snímků po snímku (použití kymografie)

Cena



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

## VIDEOKYMOGRAFIE:

Vyvinuta v r. 1994 v Groningenu, NL  
(J. G. Svec and H. K. Schutte. Videokymography: high-speed line scanning of vocal fold vibration. *J. Voice* 10 (2):201-205, 1996.)

Klinicky použita poprvé v Praze (doc. Šram, 1996)

Levnější varianta vysokorychlostního videa

Využívá principu **kymografického** zobrazení



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# KYMOGRAFICKÉ ZOBRAZENÍ:

Speciální metoda zobrazení kmitů hlasivek

Kmity hlasivek jsou ukázány v jednom obrázku

První takovou metodou byla FOTOKYMOGRAFIE  
(předchůdce a inspirace pro videokymografii)

# FOTOKYMOGRAFIE (PKG)

První laryngoskopická metoda využívající  
kymografického zobrazení: V. Gall et al. (1971)

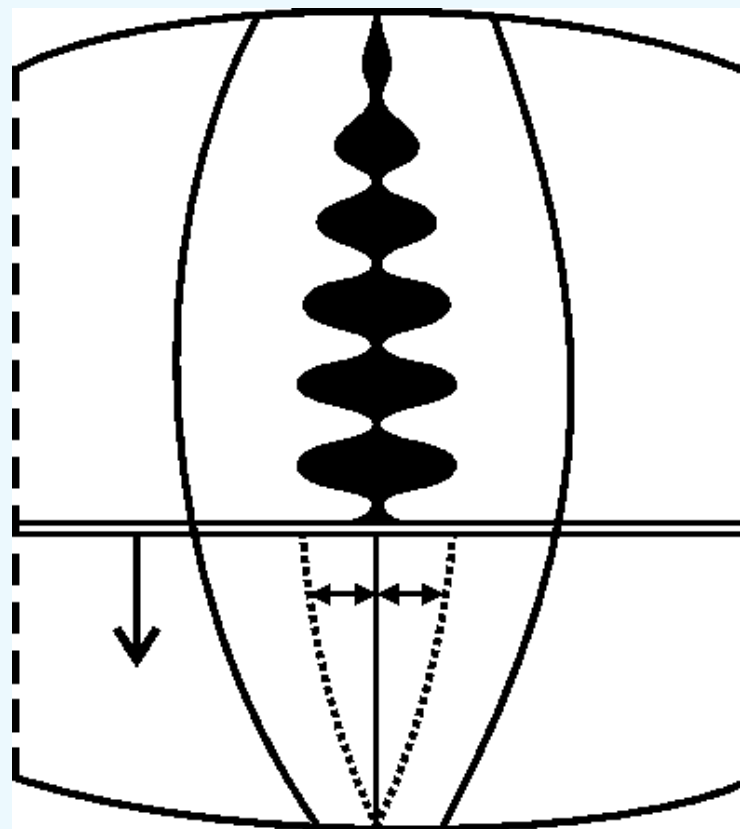
Fotografická kamera s  
pohyblivou štěrbinou či  
pohyblivým filmem

V. Gall (1971-1985)

M. Gross (1988)

H. J. Schultz-Coulon (1990)

**METODA SE NEPROSADILA;  
ZŮSTALA VE FÁZI PROTOTYPU**





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

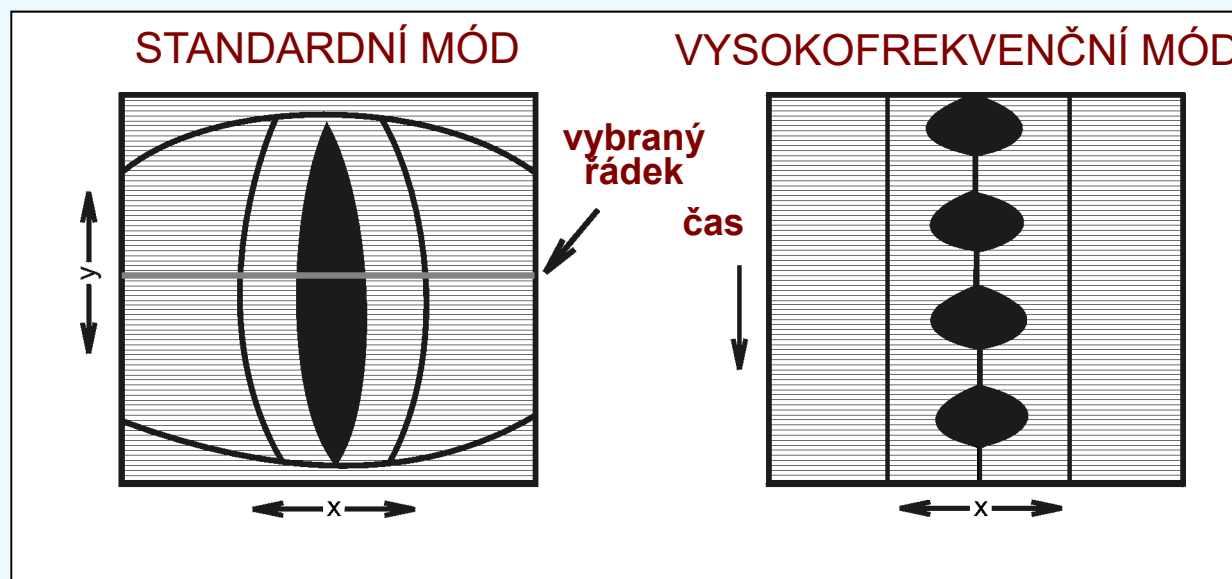
INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# VIDEOKYMOGRAFIE (VKG) - Princip

Švec & Schutte, J.Voice, 1996

## Upravená videokamera

Poskytuje dva typy obrazů: 1) standardní video a  
2) vysokorychlostní video snímané jen z jednoho vybraného řádku  
U 1. generace kamery se mezi těmito obrazy se přepínalo nožním spínačem



PAL TV standard:  $50 \text{ snímků / s} * 312.5 \text{ řádků / snímek} = 15\,625 \text{ řádků / s}$

Prakticky dosažená frekvence snímání u 1. generace VKG kamery:

$$\frac{1}{2} * 15\,625 = 7812.5 \text{ řádků / s}$$

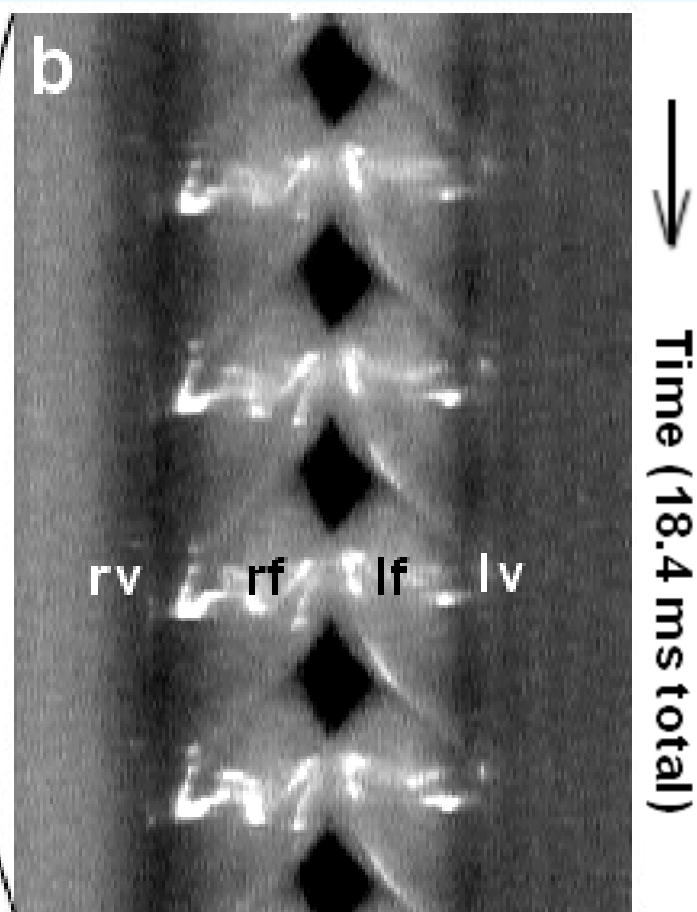
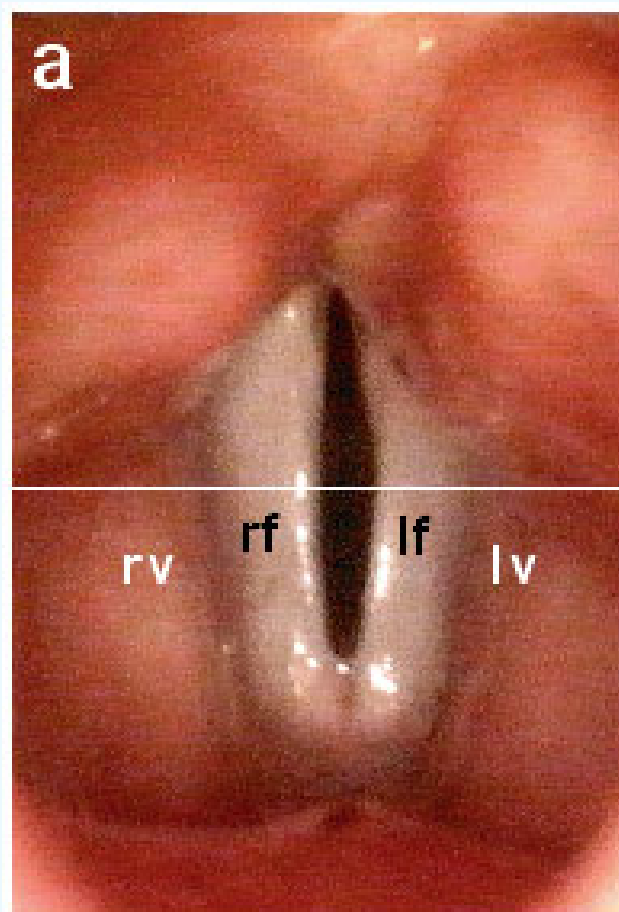
# VIDEOKYMOGRAFIE

(Švec & Schutte, J.Voice, 1996)

Speciální videokymografická kamera

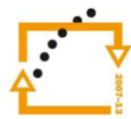
STANDARDNÍ obraz

VKG vysokorychlostní obraz





MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

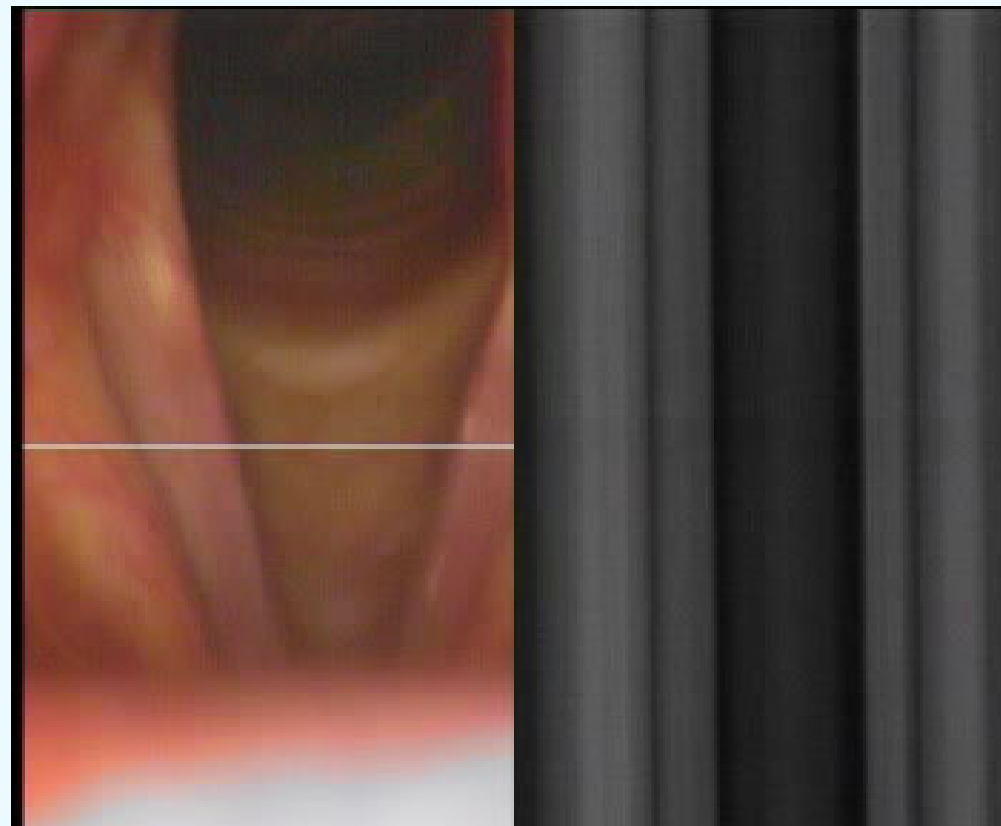
INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

*The Laryngoscope*  
Lippincott Williams & Wilkins, Inc.  
© 2006 The American Laryngological,  
Rhinological and Otological Society, Inc.

*Laryngoscope*, 116:1824–1828, 2006

## A New Generation Videokymography for Routine Clinical Vocal Fold Examination

Qingjun Qiu, PhD; Harm K. Schutte, MD, PhD



**2. GENERACE VKG KAMERY – rok 2006**  
Poskytuje oba dva typy obrazů zároveň.

**PŘÍKLAD VYŠETŘENÍ :**  
muž, 30 let, bez hlasových problémů





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# KYMOGRAFIE U DALŠÍCH METOD:

Videokymografie jako inspirace a impuls

Od roku 1994:

Kymografie u vysokorychlostní videolaryngoskopie  
(Wittenberg, Delijski,...)

.Kymografie u videostroboskopie (Isogai, Sung, Nawka,...)



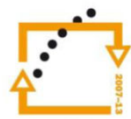
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

## DEMONSTRACE:

Vytvoření kymogramu z vysokorychlostního  
videolaryngoskopického záznamu

Program KIPS (Kay Pentax)

# VYSOKORYCHLOSTNÍ POČÍTAČOVÁ KYMOGRAFIE:

The screenshot displays the KIPS software interface. The title bar reads "kips - [Tom\_fry\_15fps.avi]". The menu bar includes "File", "Analysis", "View", "Setup", "Window", and "Help". The toolbar contains various icons for file operations, playback control, and analysis tools like "AWI", "Skill", "FFT", and "FFT".

The main workspace is divided into two panels. The left panel shows a kymograph of a vertical line with a yellow horizontal line at the top. Below the kymograph, the text "0.000s (0)" is displayed. The right panel is a graph with a vertical axis labeled "1" at the top and "223" at the bottom. A horizontal yellow line is drawn at the top of the graph, labeled "1.Lx = 70".

Below the kymograph, there are two control panels. The first is labeled "Set StartFrame" and has a slider set to "0". The second is labeled "Set EndFrame" and has a slider set to "223". Below these is an "Execute" button.

Program KIPS (Kay Pentax)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



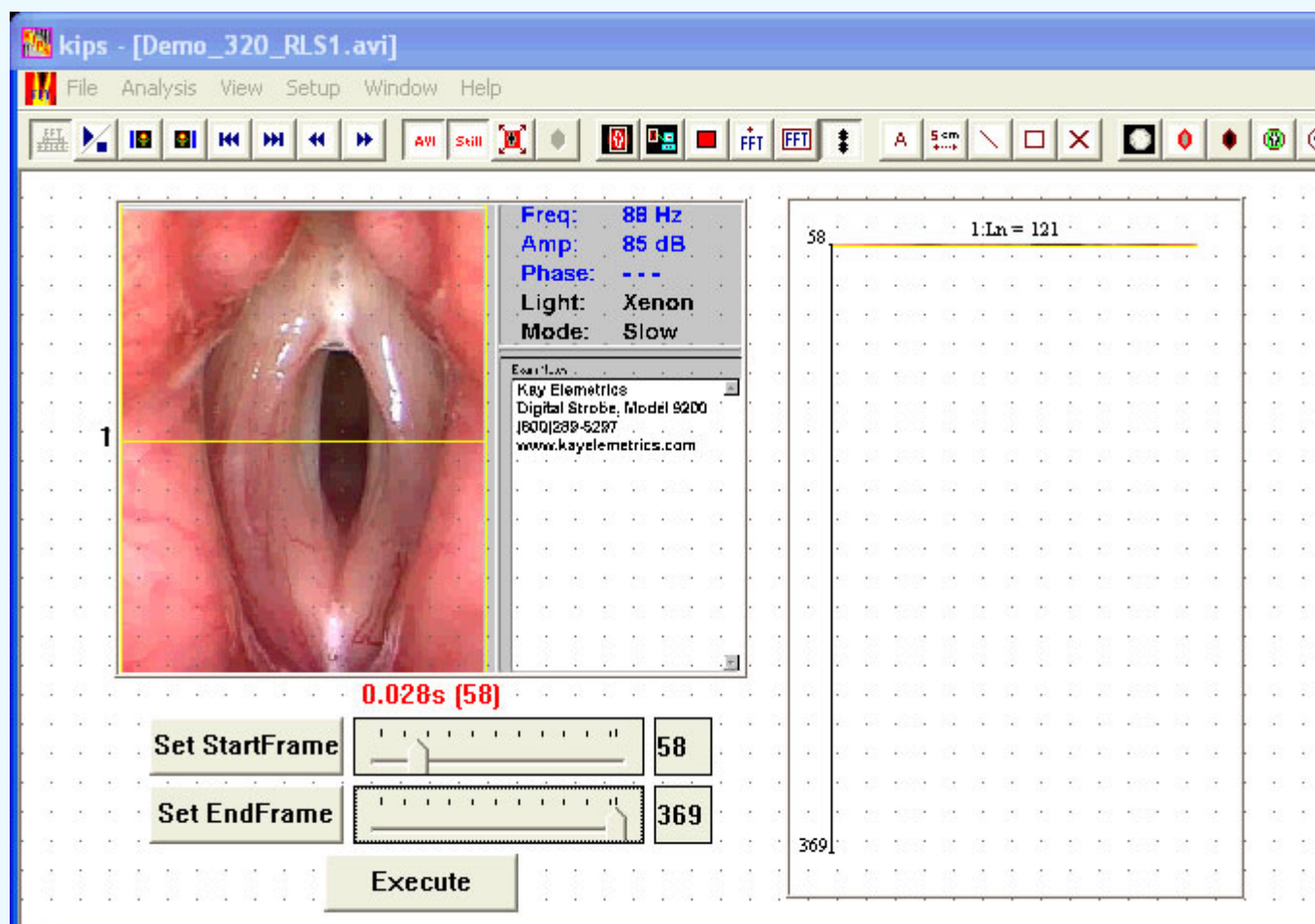
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# STROBOKYMOGRAFIE

Kymogram vytvořen z videostroboskopického záznamu:

Y. Isogai (1994, 1995, 1996), M. Sung et al. (1999)

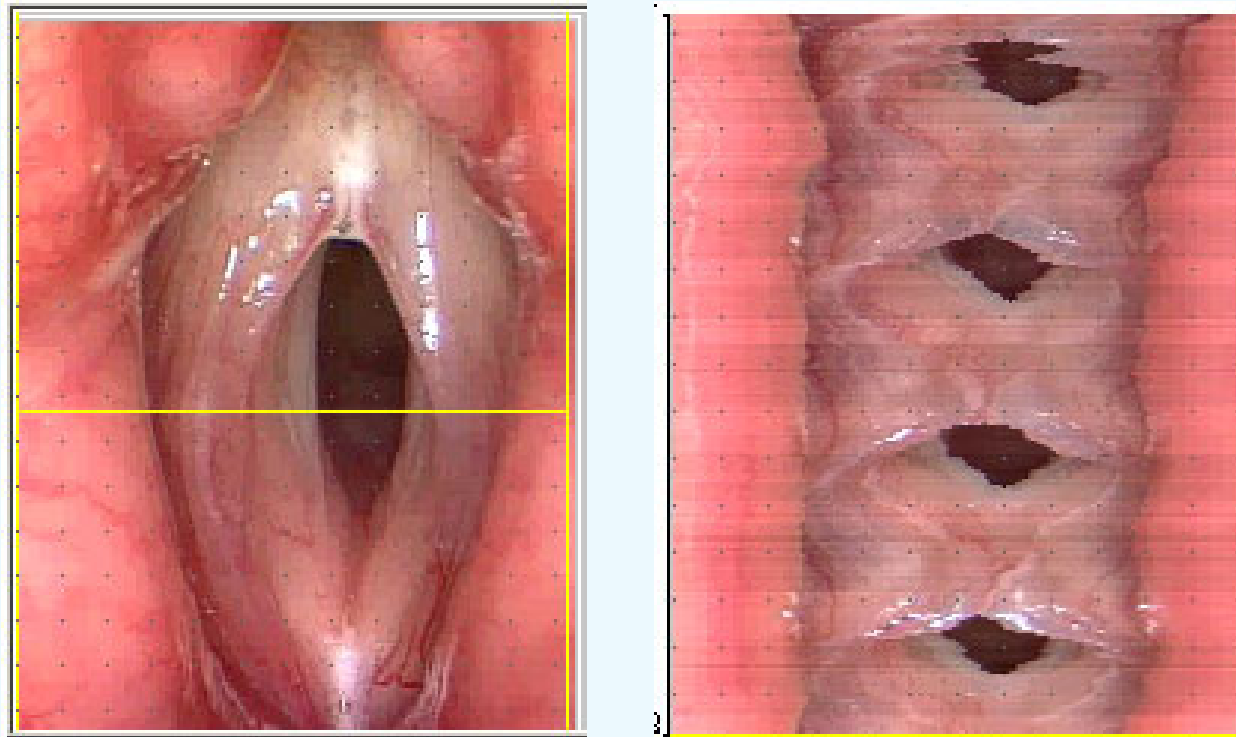


Program KIPS (Kay Pentax)

# STROBOKYMOGRAFIE

Kymogram vytvořen z videostroboskopického záznamu:

Y. Isogai (1994, 1995, 1996), M. Sung et al. (1999)

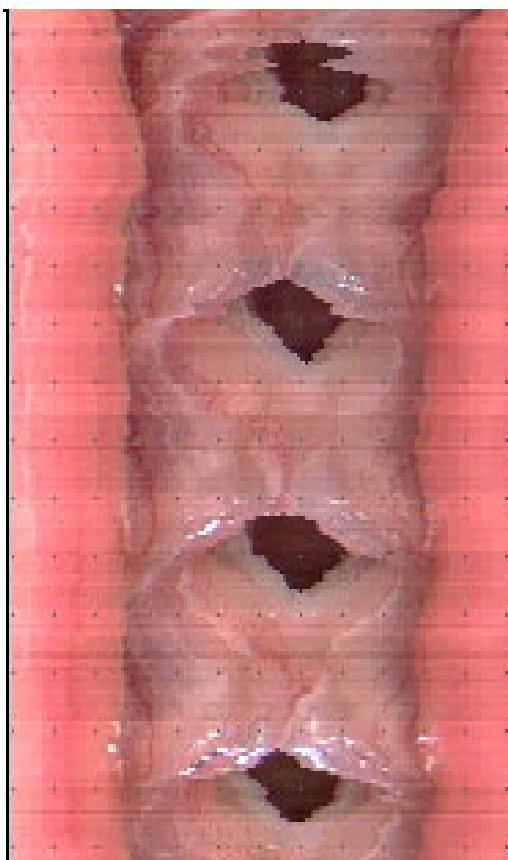


**Problémy: artefakty v důsledku stroboskopie (iluzorní kmity)  
Nepravidelné kmity nelze zobrazit!**

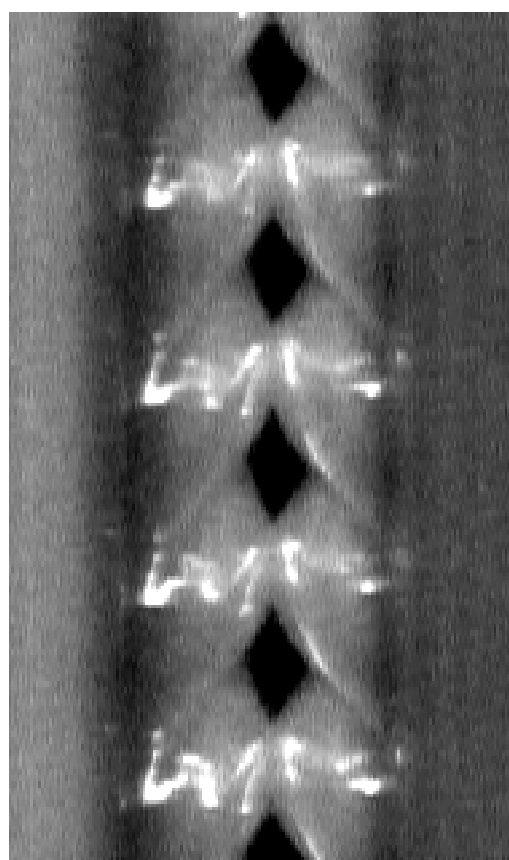
# OBRAZY RŮZNÝCH KYMOGRAFICKÝCH METOD

(Každá má své výhody i nevýhody)

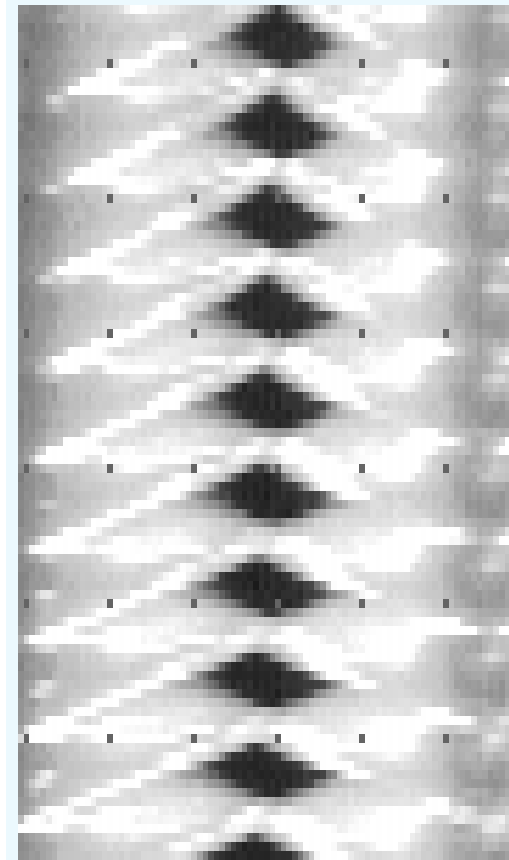
Videostroboskopie:  
**STROBOKYMOGRAM**



Videokymografie:  
**VIDEOKYMOGRAM**



Vysokofrekvenční video:  
**POČÍTAČOVÝ KYMOGRAM**



**ROZDÍLY V KVALITĚ OBRAZU**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# KYMOGRAFIE U TŘÍ ZÁKLADNÍCH LARYNGOSKOPICKÝCH SYSTÉMŮ:

KYMOGRAMY TVOŘENY ZPĚTNĚ Z POŘÍZENÝCH  
VIDEOZÁZNAMŮ (SOFTWAREVÁ-APLIKACE)

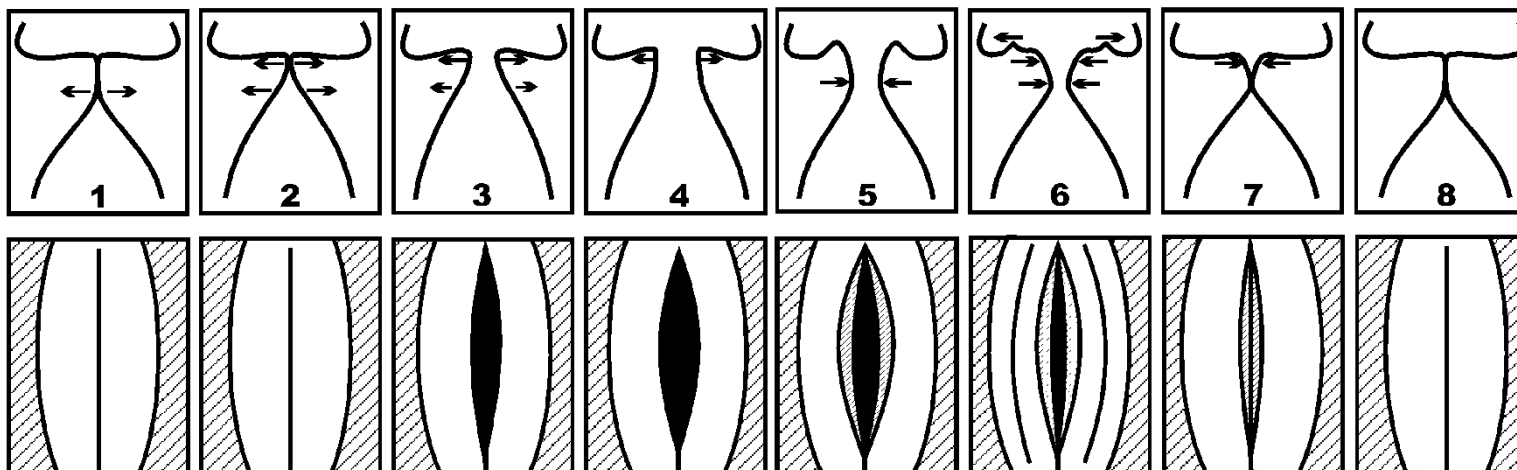
1) STROBOKYMOGRAFIE

2) (VYSOKORYCHLOSTNÍ) POČÍTAČOVÁ KYMOGRAFIE

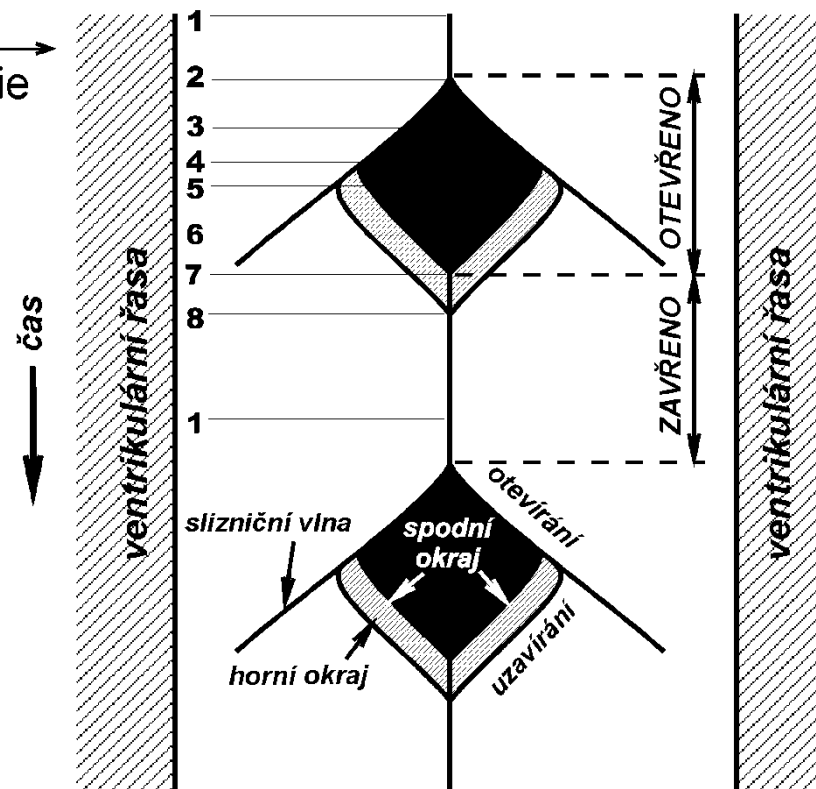
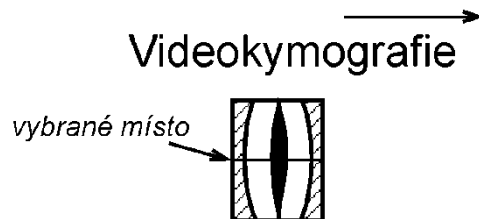
3) VIDEOKYMOGRAFIE

**PŘÍMÁ KYMOGRAFIE:** SPECIÁLNÍ KYMOGRAFICKÁ KAMERA

## Frontální řez hlasivkami během fonačního cyklu



## Laryngostroboskopie



- 1 - počátek rozevírání spodní části glottis
- 2 - počátek rozevírání horní části glottis
- 3 - spodní i horní části glottis se rozšiřují
- 4 - spodní část glottis maximálně otevřena
- 5 - horní část glottis maximálně otevřena, spodní část glottis se zužuje a spodní okraje hlasivek jsou shora viditelné
- 6 - spodní i horní části glottis se zužují, po povrchu hlasivek se šíří slizniční vlna
- 7 - uzávěr spodní části glottis
- 8 - uzávěr horní části glottis



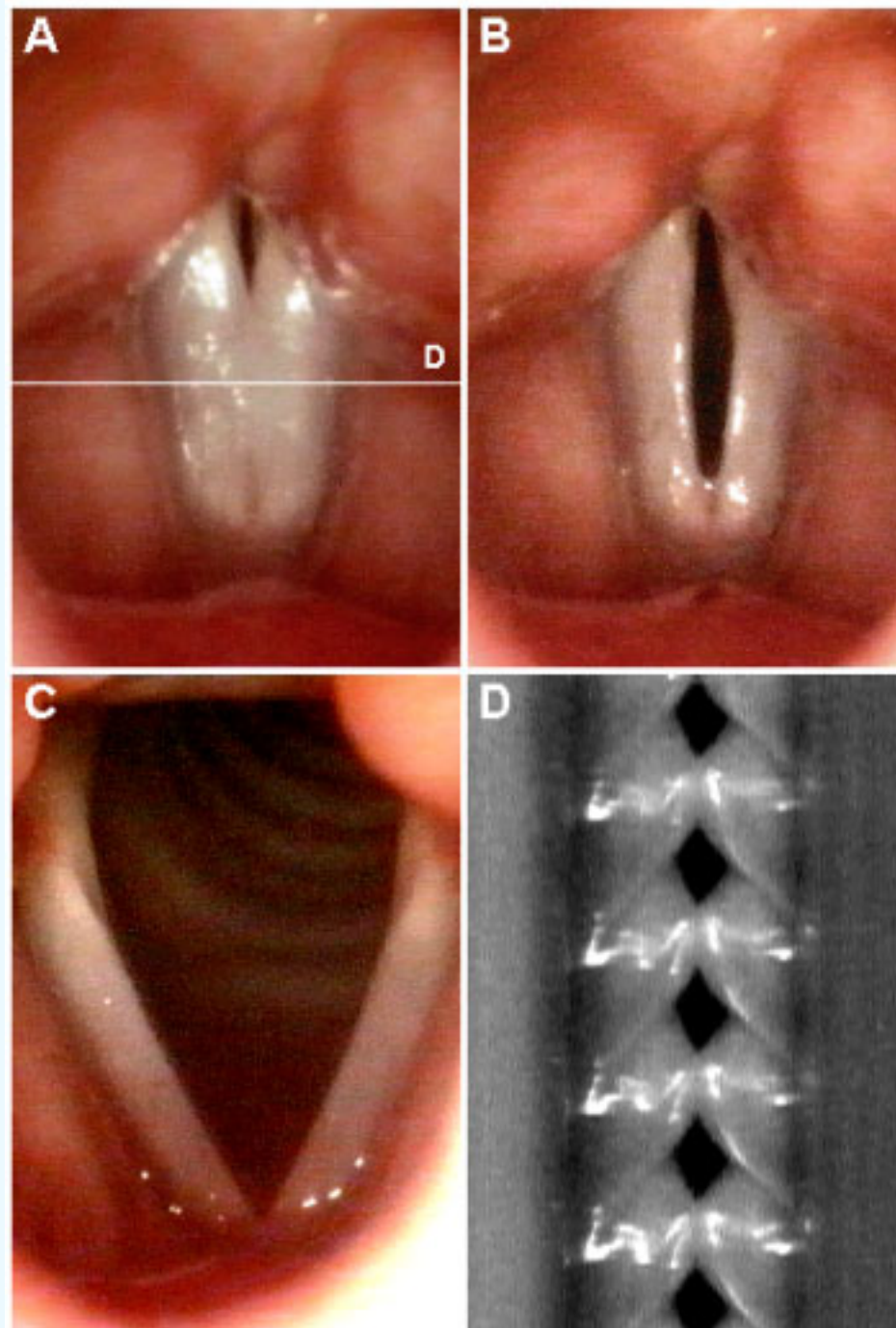
Zdroj: Šram, Švec, Vydrová, *Lékařské listy*  
3/2010: 9-12 (2010).

## NORMÁLNÍ HLASIVKY



S 22/10, 18.5.1998. MHC Praha

\*1979 F





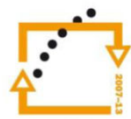
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost**

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# KONEC DÍLU