



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# HLAS: ANATOMIE AND FYZIOLOGIE

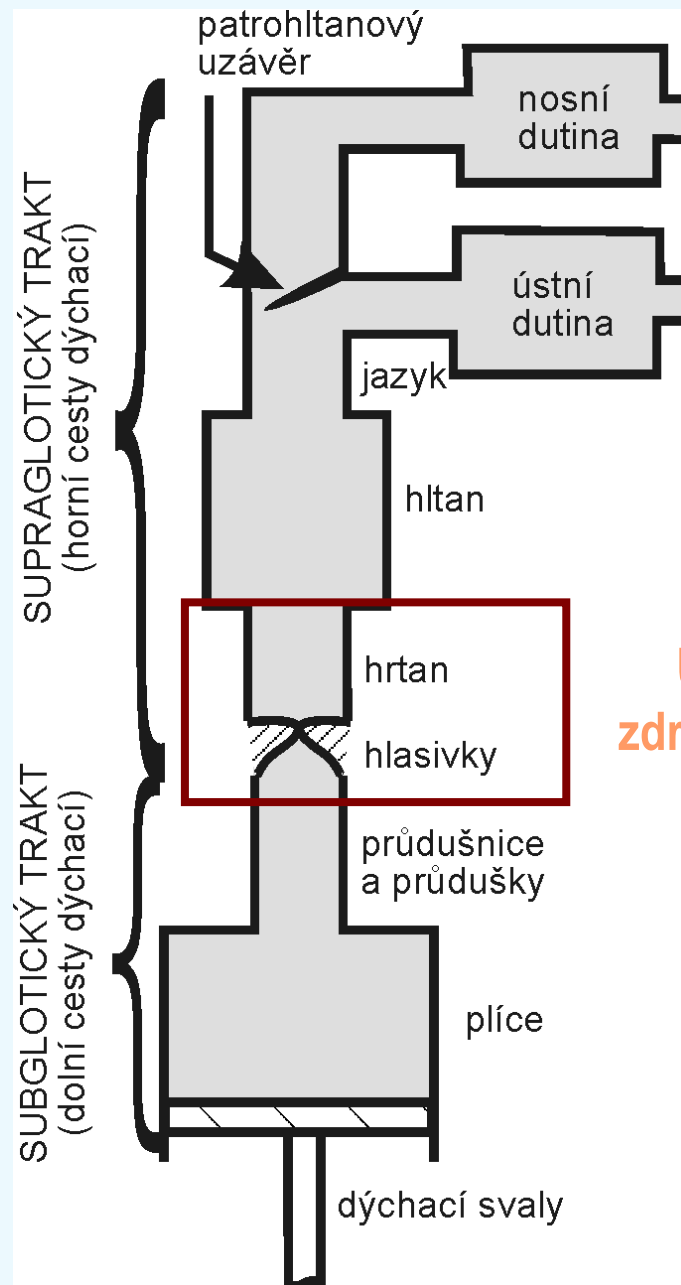
## JAN ŠVEC

Katedra biofyziky, Př.F., UP v Olomouci

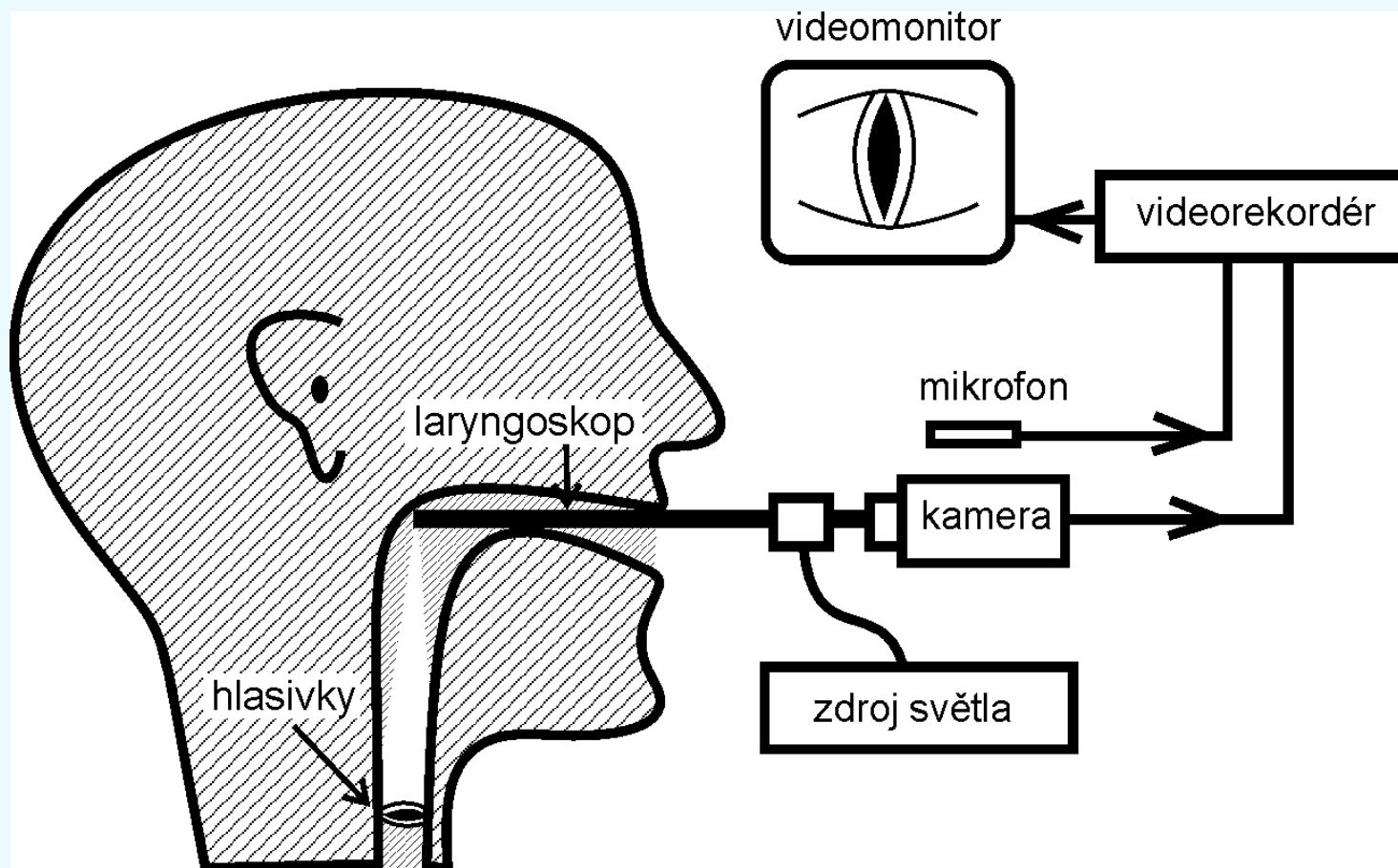
**Glottis = hlasivková štěrbina**  
**Supra = nad**  
**Sub = pod**  
**Subglottický = podhlasivkový**  
**Supraglottický = nadhlasivkový**

# FYZIKÁLNĚ- AKUSTICKÉ SCHÉMA HLASOVÉHO SYSTÉMU

Flanagan (1965)



# Laryngoskopie - vizualizace vnitřního hrtanu





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Vizualizace vnitřního hrtanu: laryngoskopie





EVROPSKÁ UNIE



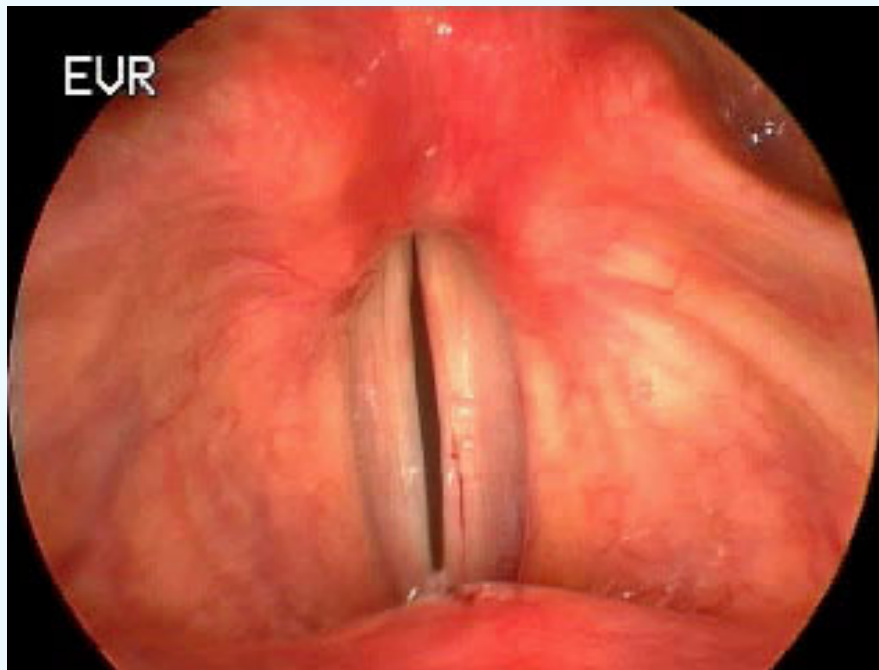
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# DEMONSTRACE laryngoskopie



Fonace a nádech

Recording made by the National  
Center for Voice and Speech,  
Denver, CO, USA

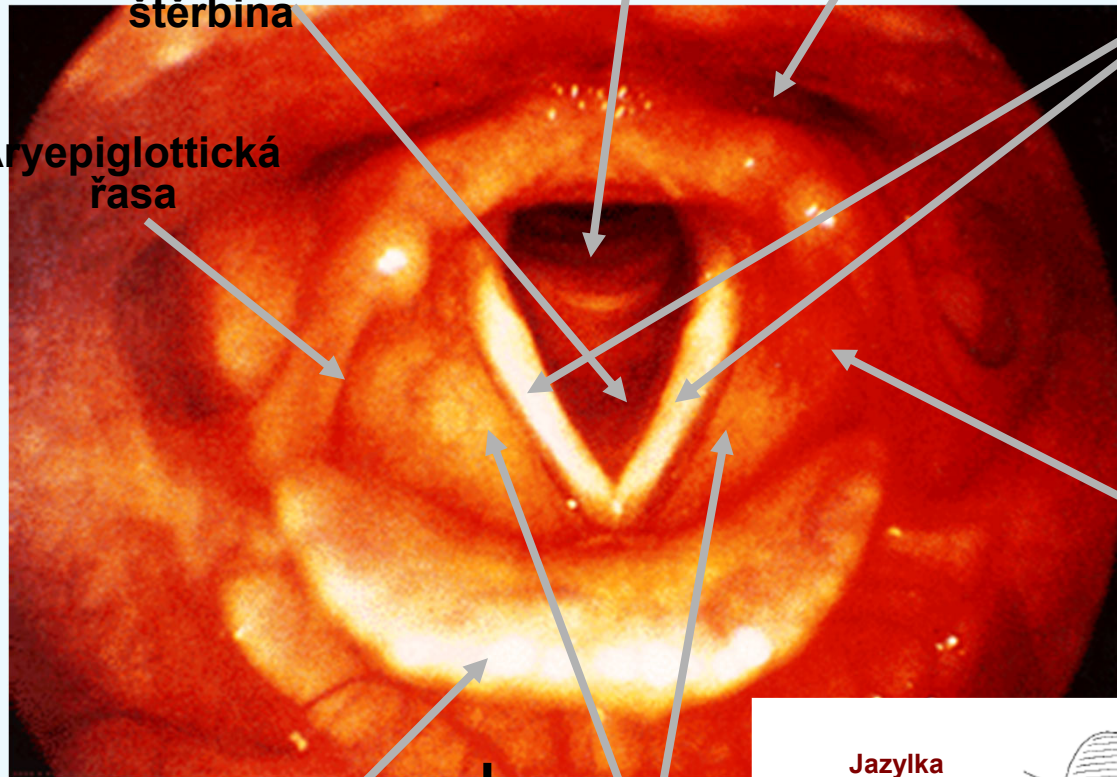
**Glottis:**  
mezihlasivková  
štěrbina

**Trachea:**  
Průdušnice

**Esophagus:**  
Jícen

**Hlasivky**

**Aryepiglottická  
řasa**



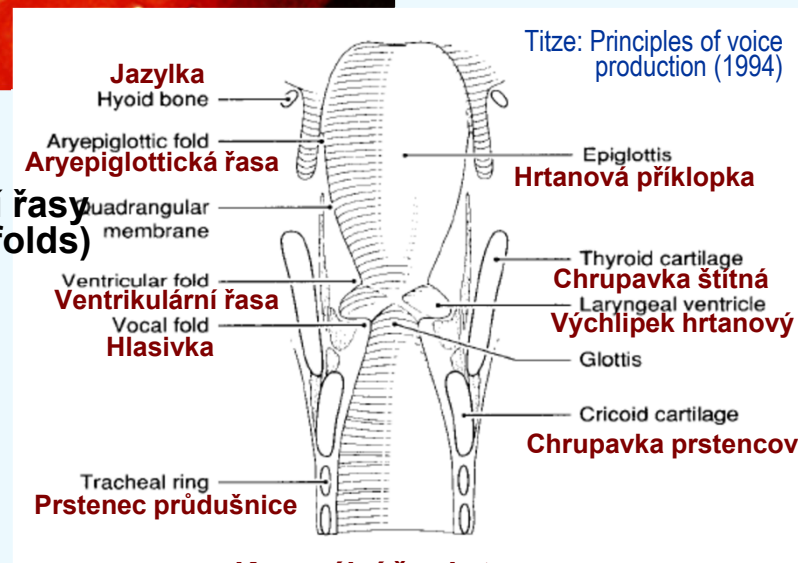
**Aryepiglottická řasa  
(Aryepiglottic fold)**

Photo by H.K.Schutte, MD, PhD

**Epiglottis:**  
Hrtanová příklopka

**Ventrikulární řasy  
(Ventricular folds)**

Směr jazyk, ústa



Titze: Principles of voice  
production (1994)

**Jazyk**

Hyoid bone

Aryepiglottic fold

**Aryepiglottická řasa**

Quadrangular  
membrane

Ventricular fold

**Ventrikulární řasa**

Vocal fold

**Hlasivka**

Tracheal ring

**Prstenec průdušnice**

Epiglottis

**Hrtanová příklopka**

Thyroid cartilage

**Chrupavka štítná**

Laryngeal ventricle

**Výchlipek hrtanový**

Glottis

Cricoid cartilage

**Chrupavka prstencová**

**Koronální řez hrtanem**

# Anatomie hrtanu



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Struktura hrtanu

**Hlasivky jsou umístěny v hrtanu**

**(larynx = hrtan, laryngeální = hrtanový)**

Obecně lze strukturu hrtanu rozdělit na

- 1) tvrdou tkáň (chrupavčitá kostra)
- 2) měkkou tkáň (svalstvo, vazy a sliznice)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu

## tvořena chrupavkami

Chrupavka štítná (lat. cartilago thyroidea, značena *T*),

Chrupavka prstencová (lat. cartilago cricoidea, značena *C*)

Chrupavky hlasivkové (lat. cartilagine arytenoidee, značeny *A*)

Hrtanová příklopka (lat. epiglottis, značena *E*)





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



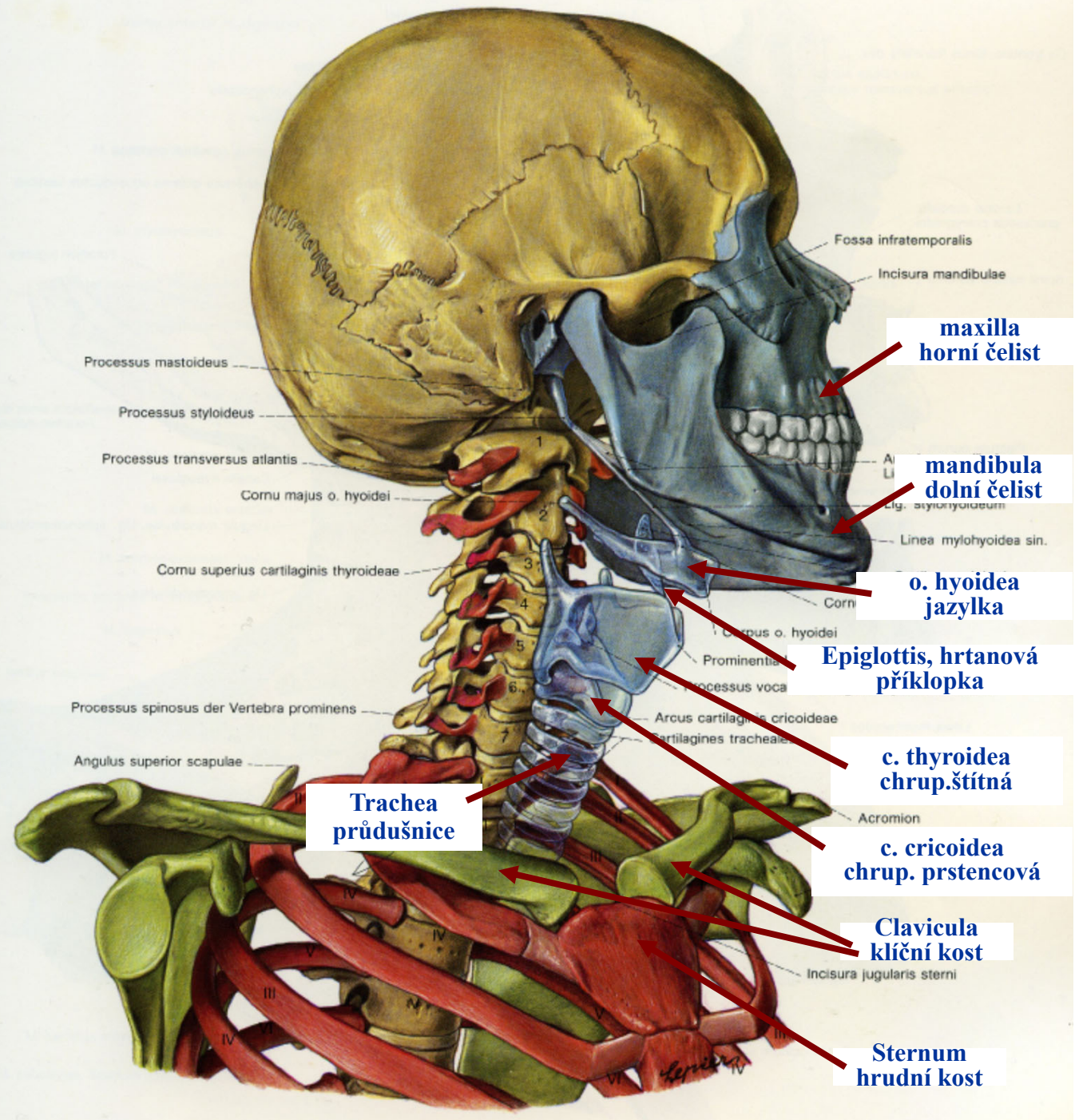
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

## KOSTRA HLASOVÉHO A ŘEČOVÉHO ÚSTROJÍ

### SKELETON OF THE VOICE AND SPEECH APPARATUS

Pernkopf (1956)





MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu

## tvořena chrupavkami

### Chrupavka štítná (lat. cartilago thyroidea, značena T),

je tvořena ze dvou plochých destiček, jež se vepředu sbíhají v hranu, která vyniká zvláště u mužů pod kůží (sekundární pohlavní znak) a bývá lidově nazývána "ohryzkem". Vzadu vybíhají tyto destičky do horního a dolního rohu chrupavky štítné. Na horní roh se upíná vaz, který propojuje chrupavku štítnou s jazylkou. Dolní roh je kloubně spojen s chrupavkou prstencovou. Rotace chrupavky štítné vůči chrupavce prstencové kolem tohoto kloubu umožňuje napínání hlasivek, a tím nastavování frekvence hlasivek.

### Chrupavka prstencová (lat. cartilago cricoidea, značena C)

### Chrupavky hlasivkové (lat. cartilagine arytenoidee, značeny A)

### Hrtanová přiklopka (lat. Epiglottis, značena E)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

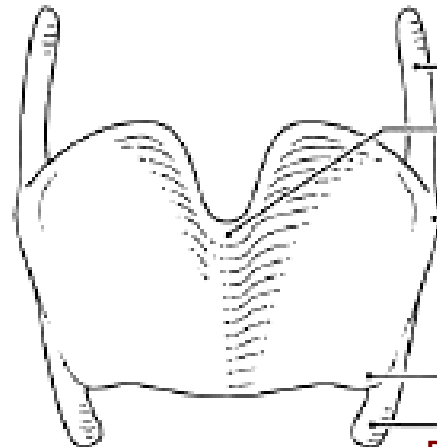


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu: chrupavka štítná (c. thyroidea)

## Přední pohled



(a)

Anterior      Posterior

## Boční pohled

Horní roh – upíná se na něj vaz, který vede nahoru k jazylce

Superior cornu

Hrtanový výčnělek (ohryzek)

Laryngeal prominence  
(Adam's apple)

Superior tubercle

Oblique line

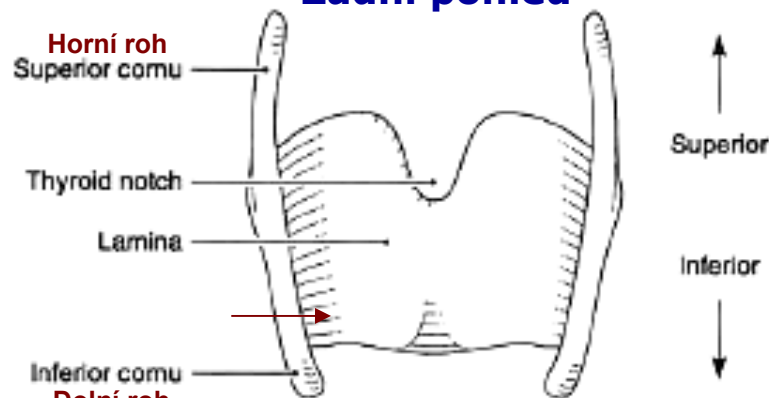
Inferior tubercle

Inferior cornu

Dolní roh – připojuje se k chrupavce prstencové

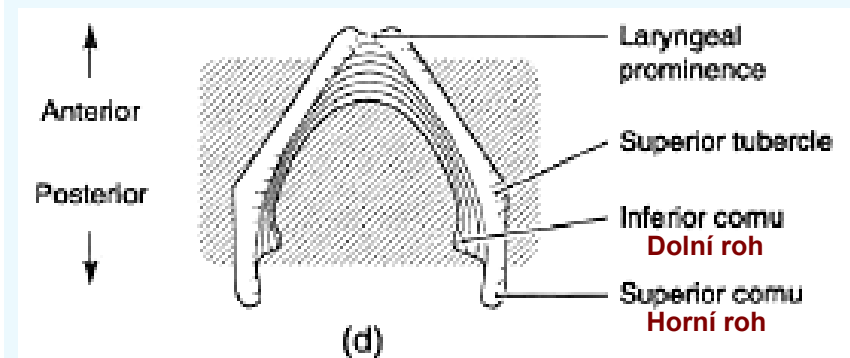
(b)

## Zadní pohled



(c)

## Horní pohled



(d)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu

## tvořena chrupavkami

### Chrupavka štítná (lat. cartilago thyroidea, značena T),

je tvořena ze dvou plochých destiček, jež se vepředu sbíhají v hranu, která vyniká zvláště u mužů pod kůží (sekundární pohlavní znak) a bývá lidově nazývána "ohryzkem". Vzadu vybíhají tyto destičky do horního a dolního rohu chrupavky štítné. Na horní roh se upíná vaz, který propojuje chrupavku štítnou s jazylkou. Dolní roh je kloubně spojen s chrupavkou prstencovou. Rotace chrupavky štítné vůči chrupavce prstencové kolem tohoto kloubu umožňuje napínání hlasivek, a tím nastavování frekvence hlasivek.

### Chrupavka prstencová (lat. cartilago cricoidea, značena C)

má tvar prstence, který je vzadu vyšší než vepředu. Dole je spojena s průdušnicí. Zboku má kloubní plošky ke kterým jsou přichyceny dolní rohy chrupavky štítné (**crico-thyreoidní kloub, CT kloub**). Vzadu nahoře má dvě vyklenuté kloubní plochy, na které nasedají chrupavky hlasivkové (**crico-arytenoidní kloub, ČA kloub**).

### Chrupavky hlasivkové (lat. cartilagine arytenoidee, značeny A)

### Hrtanová příklopka (lat. Epiglottis, značena E)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu: chrupavka prstencová (c. cricoidea)

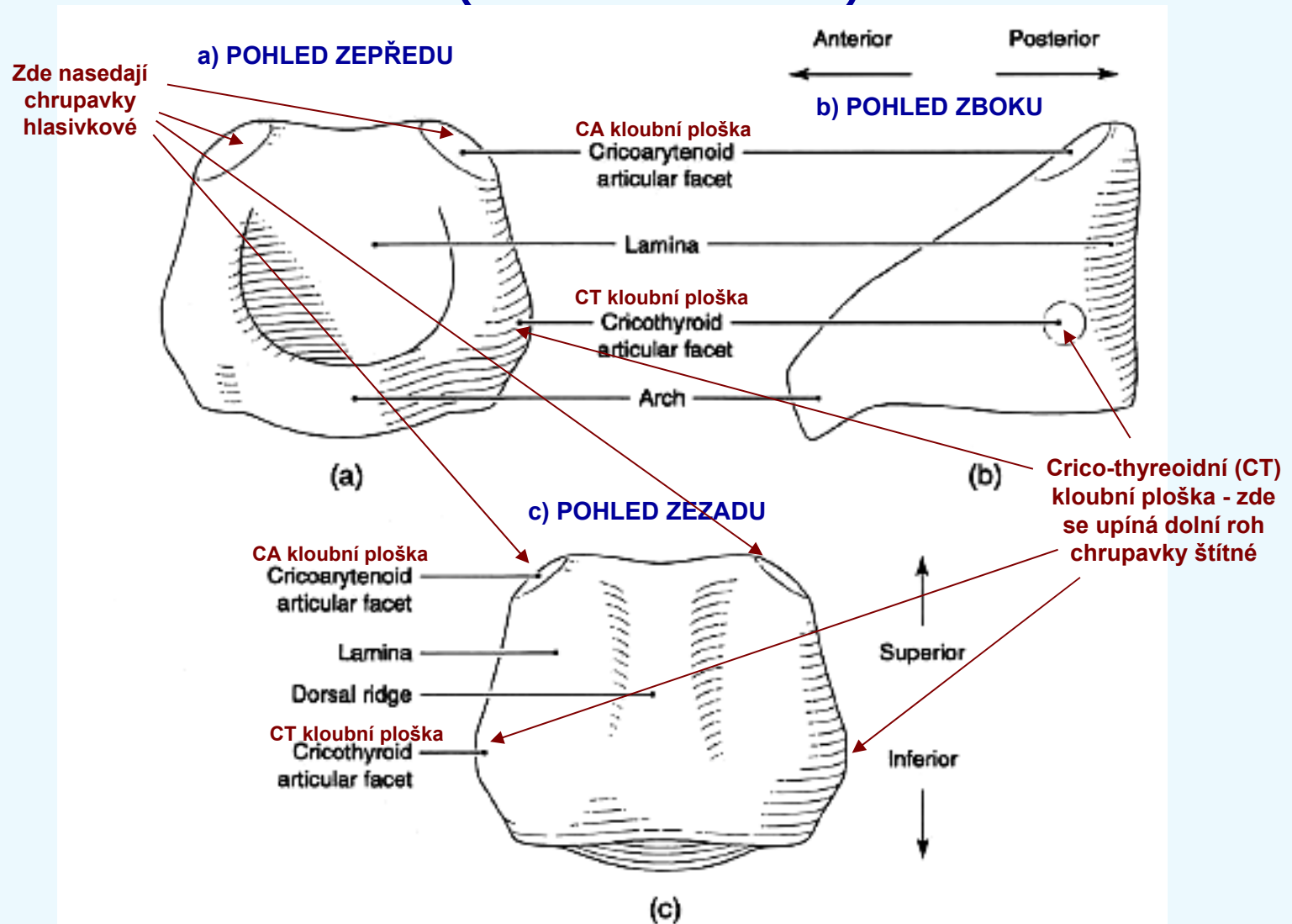


FIGURE 1.5. The cricoid cartilage: (a) anterior view, (b) lateral view, and (c) posterior view.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu

## tvořena chrupavkami

### Chrupavka štítná (lat. cartilago thyroidea, značena T),

je tvořena ze dvou plochých destiček, jež se vepředu sbíhají v hranu, která vyniká zvláště u mužů pod kůží (sekundární pohlavní znak) a bývá lidově nazývána "ohryzkiem". Vzadu vybíhají tyto destičky do horního a dolního rohu chrupavky štítné. Na horní roh se upíná vaz, který propojuje chrupavku štítnou s jazylkou. Dolní roh je kloubně spojen s chrupavkou prstencovou. Rotace chrupavky štítné vůči chrupavce prstencové kolem tohoto kloubu umožňuje napínání hlasivek, a tím nastavování frekvence hlasivek.

### Chrupavka prstencová (lat. cartilago cricoidea, značena C)

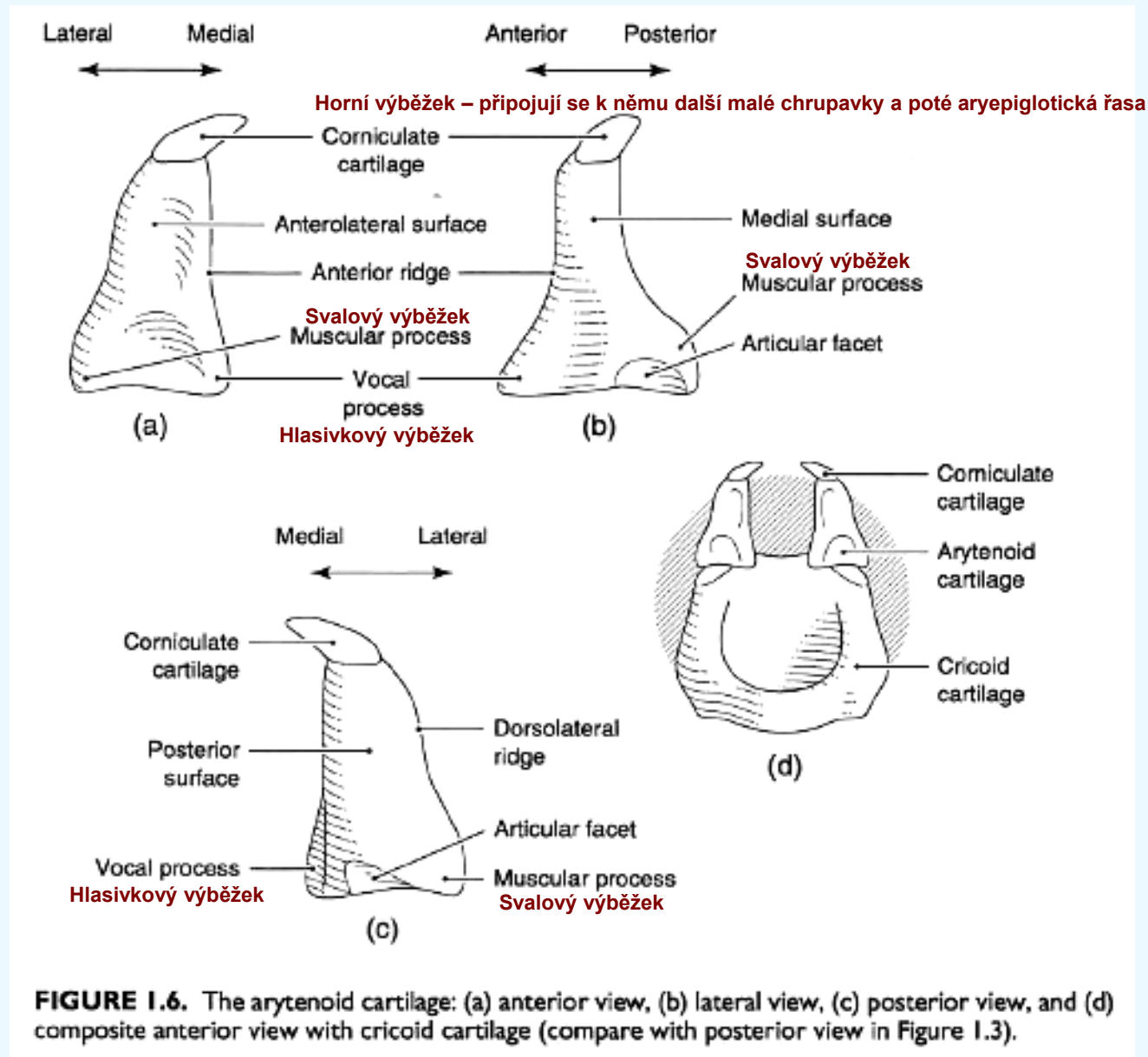
má tvar prstence, který je vzadu vyšší než vepředu. Dole je spojena s průdušnicí. Zboku má kloubní plošky ke kterým jsou přichyceny dolní rohy chrupavky štítné (**crico-thyreoidní kloub, CT kloub**). Vzadu nahoře má dvě vyklenuté kloubní plochy, na které nasedají chrupavky hlasivkové (**crico-arytenoidní kloub, ČA kloub**).

### Chrupavky hlasivkové (lat. cartilagine arytenoidee, značeny A)

Párové chrupavky, které sedí na vrcholcích chrupavky prstencové. Mají tři základní výběžky: **1) výběžek hlasivkový (processus vocalis)** na který se upíná hlasový vaz (ligamentum vocale), **2) výběžek svalový (processus muscularis)** na který se upínají svaly (viz dále) a **3) horní výběžek**, na který se přes malou chrupavku (c.corniculate) upíná aryepiglotická řasa. Rotační pohyby chrupavek hlasivkových umožňují **addukci** (přibližování se) a **abdukci** (rozevírání) hlasivek.

### Hrtanová přiklopka (lat. Epiglottis, značena E)

# Kostra hrtanu: chrupavky hlasivkové: (cc. arytaenoidee)



Titze: Principles of voice  
production (1994)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



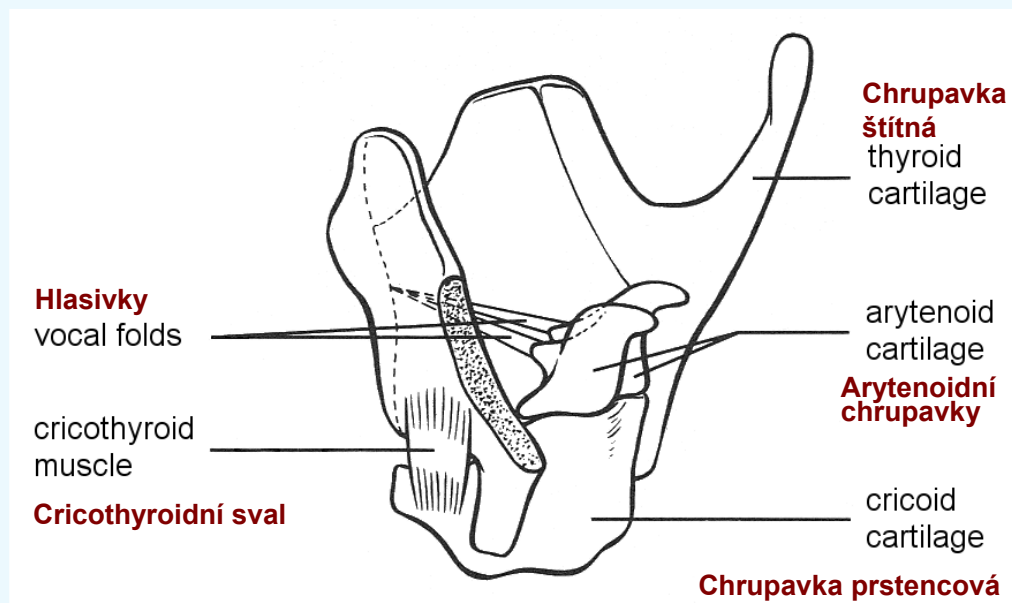
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu: propojení chrupavky štítné, prstencové a chrupavek hlasivkových



Titze: Principles of voice production (1994)





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu

## tvořena chrupavkami

### Chrupavka štítná (lat. cartilago thyroidea, značena T),

je tvořena ze dvou plochých destiček, jež se vepředu sbíhají v hranu, která vyniká zvláště u mužů pod kůží (sekundární pohlavní znak) a bývá lidově nazývána "ohryzskem". Vzadu vybíhají tyto destičky do horního a dolního rohu chrupavky štítné. Na horní roh se upíná vaz, který propojuje chrupavku štítnou s jazylkou. Dolní roh je kloubně spojen s chrupavkou prstencovou. Rotace chrupavky štítné vůči chrupavce prstencové kolem tohoto kloubu umožňuje napínání hlasivek, a tím nastavování frekvence hlasivek.

### Chrupavka prstencová (lat. cartilago cricoidea, značena C)

má tvar prstence, který je vzadu vyšší než vepředu. Dole je spojena s průdušnicí. Zboku má kloubní plošky ke kterým jsou přichyceny dolní rohy chrupavky štítné (**crico-thyreoidní kloub, CT kloub**). Vzadu nahoře má dvě vyklenuté kloubní plochy, na které nasedají chrupavky hlasivkové (**crico-arytenoidní kloub, ČA kloub**).

### Chrupavky hlasivkové (lat. cartilagine arytenoidee, značeny A)

Párové chrupavky, které sedí na vrcholcích chrupavky prstencové. Mají tři základní výběžky: **1)výběžek hlasivkový (processus vocalis)** na který se upíná hlasový vaz (ligamentum vocale), **2)výběžek svalový (processus muscularis)** na který se upínají svaly (viz dále) a **3)horní výběžek**, na který se přes malou chrupavku (c.corniculate) upíná aryepiglotická řasa. Rotační pohyby chrupavek hlasivkových umožňují **addukci** (přibližování se) a **abdukci** (rozevírání) hlasivek.

### Hrtanová přiklopka (lat. Epiglottis, značena E)

plní důležitou funkci uzavírání hrtanu při polykání. Na rozdíl od ostatních hrtanových chrupavek je tato chrupavka ohebná.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Anatomie – kostra hrtanu

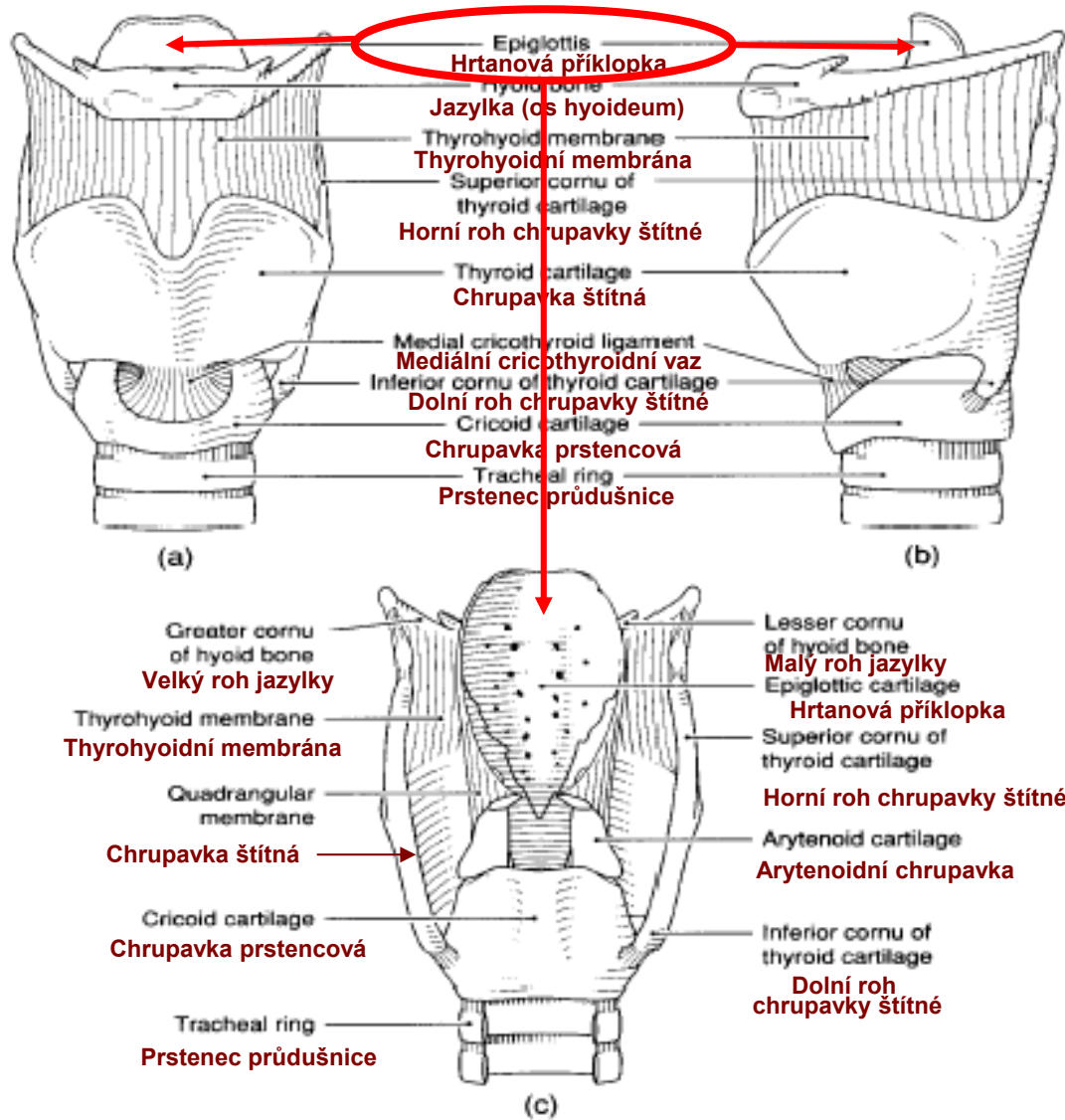
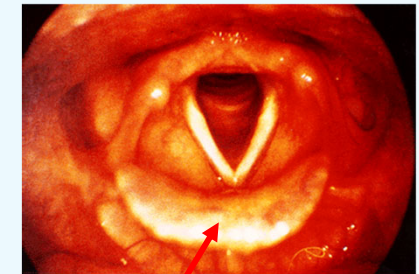


Photo by H.K.Schutte, MD, PhD



epiglottis

Titze: Principles of voice production (1994)



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

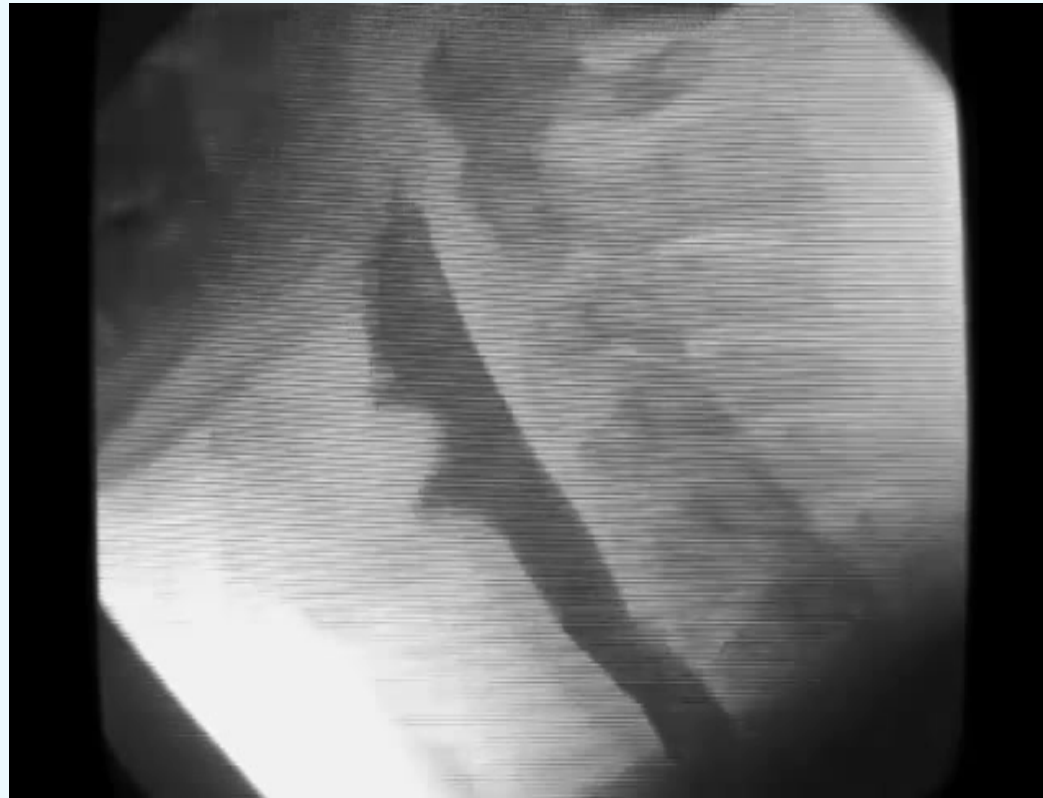


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# DEMONSTRACE / DEMONSTRATION

## laryngoskopie / laryngoscopy



### Polykání / Swallowing

[http://www.youtube.com/watch?v=xu\\_YYOAIZEw](http://www.youtube.com/watch?v=xu_YYOAIZEw)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Kostra hrtanu

## tvořena chrupavkami

### Chrupavka štítná (lat. cartilago thyroidea, značena T),

je tvořena ze dvou plochých destiček, jež se vepředu sbíhají v hranu, která vyniká zvláště u mužů pod kůží (sekundární pohlavní znak) a bývá lidově nazývána "ohryzkiem". Vzadu vybíhají tyto destičky do horního a dolního rohu chrupavky štítné. Na horní roh se upíná vaz, který propojuje chrupavku štítnou s jazylkou. Dolní roh je kloubně spojen s chrupavkou prstencovou. Rotace chrupavky štítné vůči chrupavce prstencové kolem tohoto kloubu umožňuje napínání hlasivek, a tím nastavování frekvence hlasivek.

### Chrupavka prstencová (lat. cartilago cricoidea, značena C)

má tvar prstence, který je vzadu vyšší než vepředu. Dole je spojena s průdušnicí. Zboku má kloubní plošky ke kterým jsou přichyceny dolní rohy chrupavky štítné (**crico-thyreoidní kloub, CT kloub**). Vzadu nahoře má dvě vyklenuté kloubní plochy, na které nasedají chrupavky hlasivkové (**crico-arytenoidní kloub, CA kloub**).

### Chrupavky hlasivkové (lat. cartilagine arytenoidee, značeny A)

Párové chrupavky, které sedí na vrcholcích chrupavky prstencové. Mají tři základní výběžky: **1) výběžek hlasivkový (processus vocalis)** na který se upíná hlasový vaz (ligamentum vocale), **2) výběžek svalový (processus muscularis)** na který se upínají svaly (viz dále) a **3) horní výběžek**, na který se přes malou chrupavku (c. corniculate) upíná aryepiglottická řasa. Rotační pohyby chrupavek hlasivkových umožňují **addukci** (přibližování se) a **abdukci** (rozevírání) hlasivek.

### Hrtanová příklopka (lat. Epiglottis, značena E)

plní důležitou funkci uzavírání hrtanu při polykání. Na rozdíl od ostatních hrtanových chrupavek je tato chrupavka ohebná.

### Jazylka (lat. os hyoideum)

je jedinou kostí, nebývá uvažována jako přímá součást hrtanu. Na jazylku se nicméně upíná poměrně velké množství zevních hrtanových svalů, které umožňují celkové pohyby hrtanu. Funguje jako útvar, na němž je "zavěšen" hrtan.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



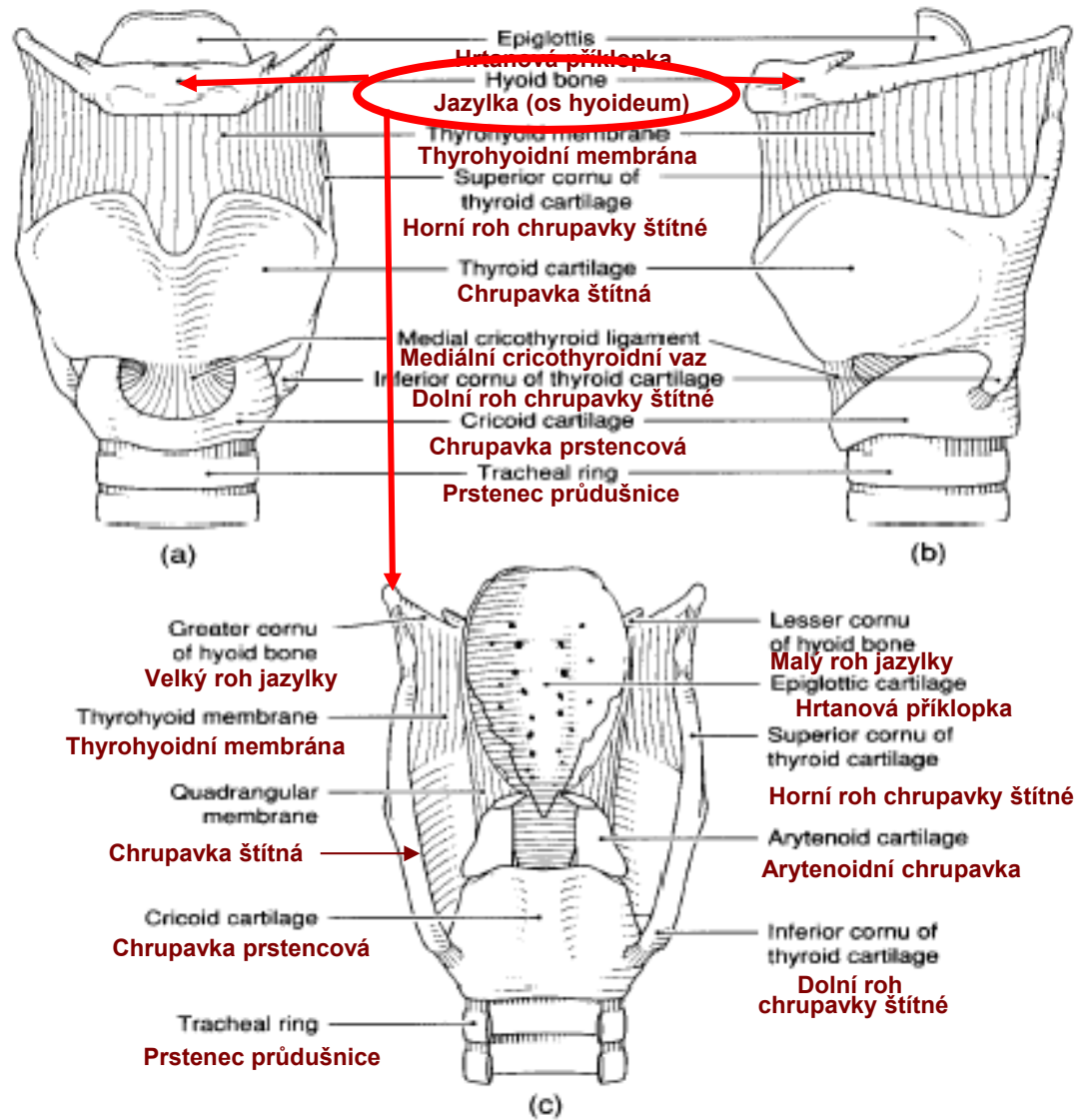
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Anatomie – kostra hrtanu



Titze: Principles of voice production (1994)



evropský sociální fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Anatomie – kostra hrtanu

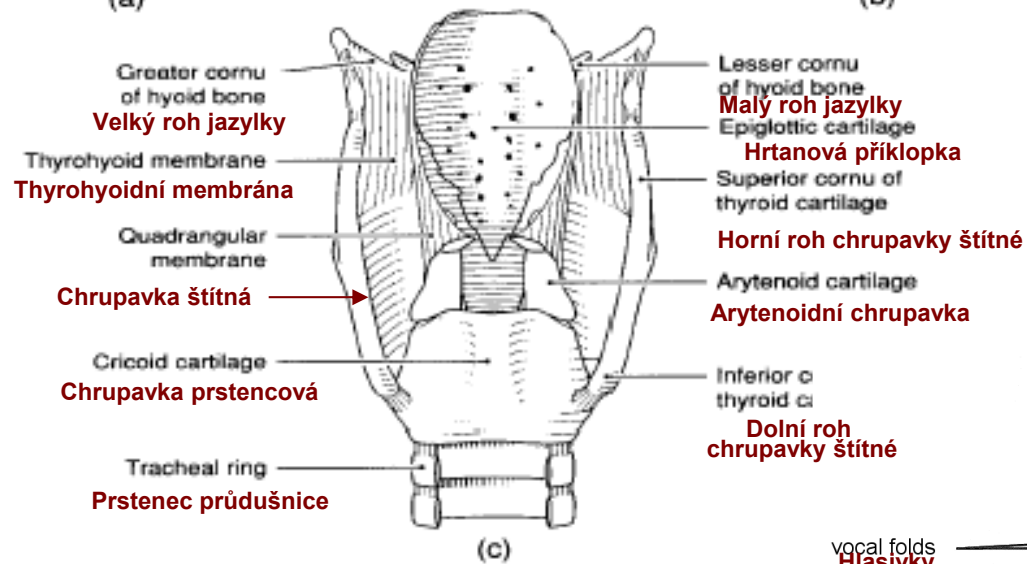
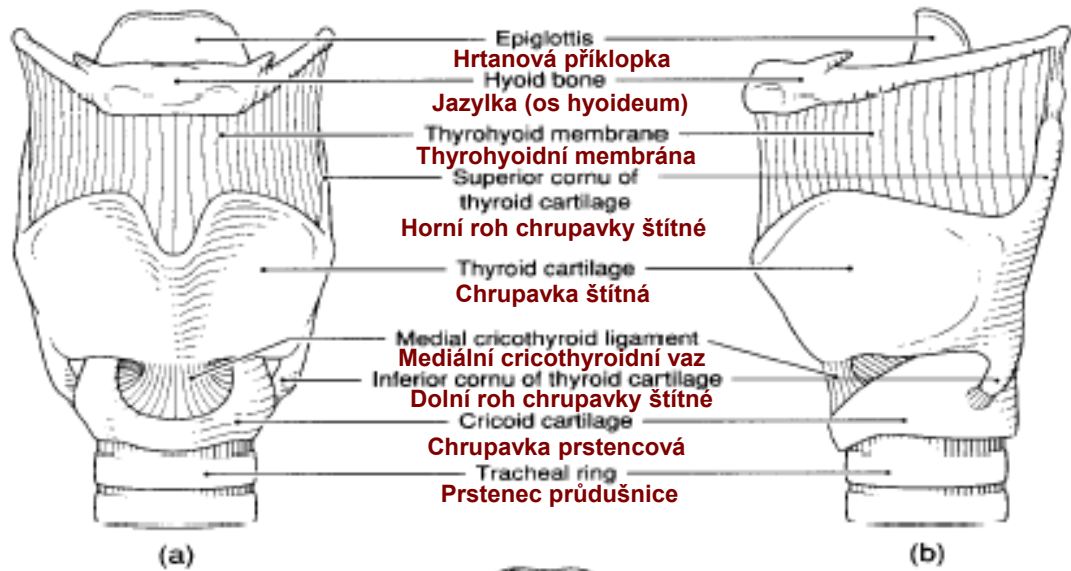
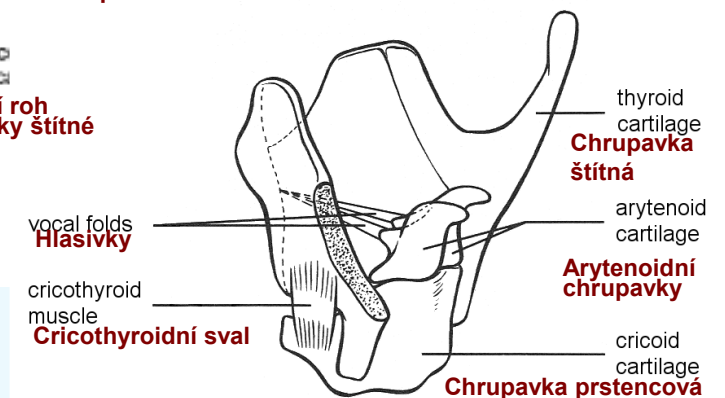
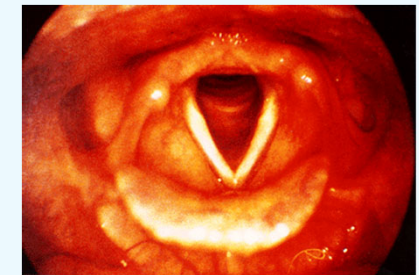


Photo by H.K.Schutte, MD, PhD



Titze: Principles of voice production (1994)

# Svalstvo hrtanu

Svalstvo hrtanu se dělí na **vnější** a **vnitřní**.

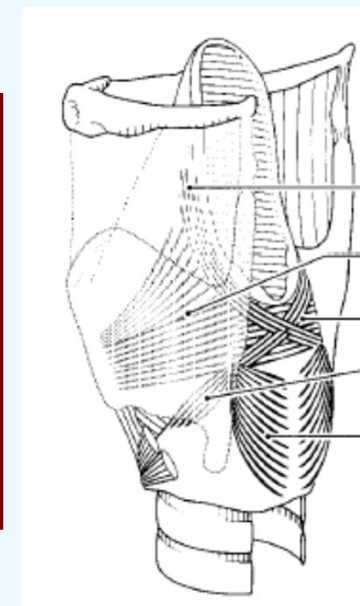
**Vnější svalstvo** spojuje hrtan s ostatními strukturami – zejména s hrudní kostí (lat. sternum) a jazyčkou (lat. os hyoideum).

[Funkce: např. při polykání způsobí pohyb hrtanu vzhůru a uzavření hrtanové příklopky. Při operním zpěvu umožňuje posun hrtanu dolů]

Dělíme na:

Zvedáče (elevátory) hrtanu

Snižovače (depresory) hrtanu



I.R. Titze: Principles of voice production (1994)

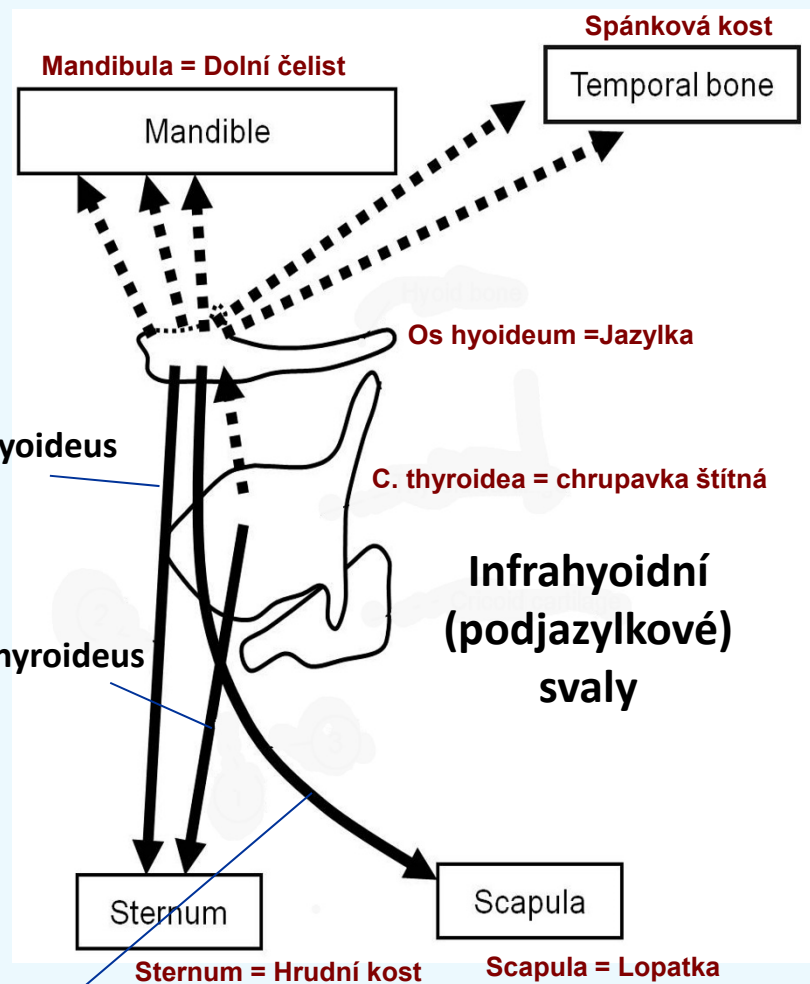
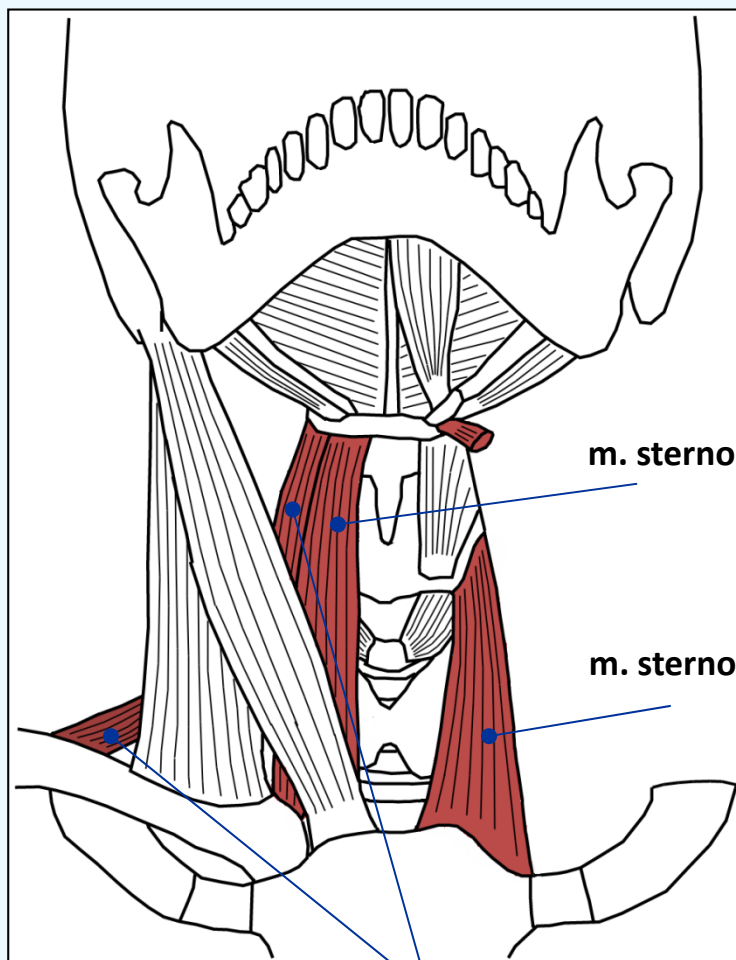
**Vnitřní svalstvo** propojuje navzájem chrupavky hrtanu a je rozhodující pro fonační (a respirační) funkci.

Dělíme na adduktory a abduktory.

Adduktory způsobují uzavírání hlasové štěrbinu, neboli addukci,

Abduktory otevírají, abdukují, hlasovou štěrbinu.

## Vnější svaly hrtanu - snížovače (depresory) hrtanu a jazyky

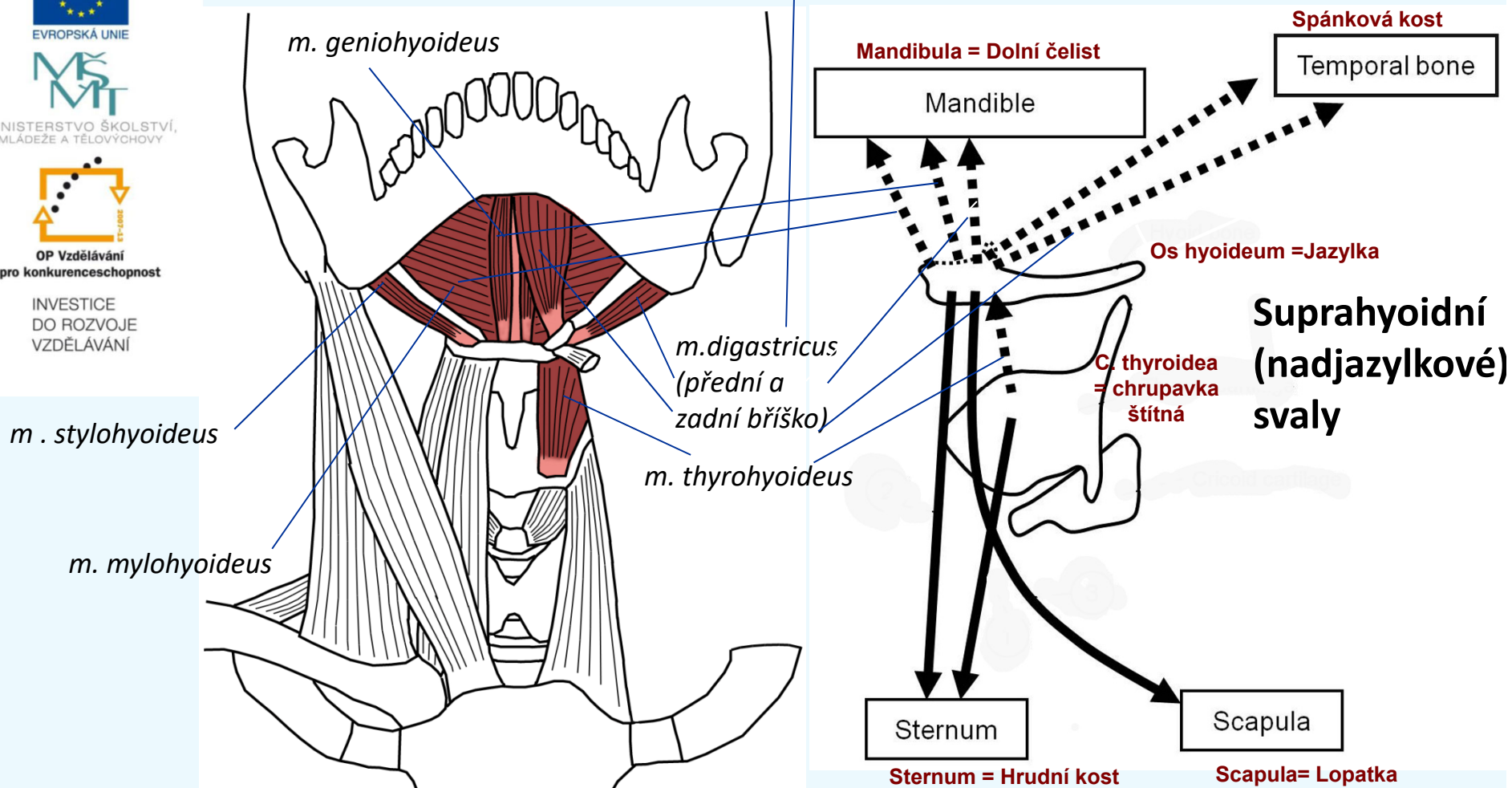


m. omohyoideus



# Vnější svaly hrtanu - Zvedáče (elevátory) hrtanu a jazyky

(podvlečen pod šlachou upevněnou k jazylce)



Pozn: všechny tyto svaly jsou párové – na obou stranách, zde ukázány jen jednostranně, pro pohled na ostatní svaly

Podklady: RNDr. V. Lungová



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Svalstvo hrtanu

Svalstvo hrtanu se dělí na **vnější** a **vnitřní**.

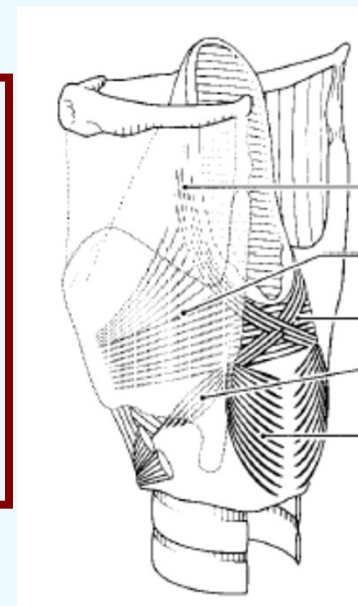
**Vnější svalstvo** spojuje hrtan s ostatními strukturami – zejména s hrudní kostí (lat. sternum) a jazyčkou (lat. os hyoideum).

[Funkce: např. při polykání způsobí pohyb hrtanu vzhůru a uzavření hrtanové příklopky. Při operním zpěvu umožňuje posun hrtanu dolů]

Dělíme na:

Zvedáče (elevátory) hrtanu

Snižovače (depresory) hrtanu



I.R. Titze: Principles of voice production (1994)

**Vnitřní svalstvo** propojuje navzájem chrupavky hrtanu a je rozhodující pro fonační funkci.

Dělíme na adduktory a abduktory.

Adduktory způsobují uzavírání hlasové štěrbiny, neboli addukci,

Abduktory otevírají, abdukují, hlasovou štěrbinu.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Svalstvo hrtanu

Svalstvo hrtanu se dělí na **vnější** a **vnitřní**.

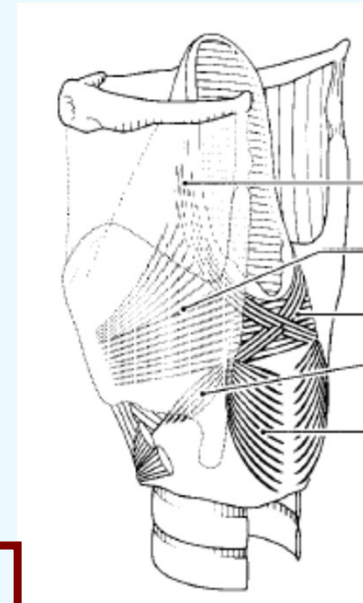
**Vnější svalstvo** spojuje hrtan s ostatními strukturami – zejména s hrudní kostí (lat. sternum) a jazyčkou (lat. os hyoideum).

[Funkce: např. při polykání způsobí pohyb hrtanu vzhůru a uzavření hrtanové příklopky. Při operním zpěvu umožňuje posun hrtanu dolů]

Dělíme na:

Zvedáče (elevátory) hrtanu

Snižovače (depresory) hrtanu



**Vnitřní svalstvo** propojuje navzájem chrupavky hrtanu a je rozhodující pro fonační (a respirační) funkci.

Dělíme na adduktory a abduktory.

Adduktory způsobují uzavírání hlasové štěrbiny, neboli addukci,

Abduktory otevírají, abdukují, hlasovou štěrbinu.

I.R. Titze: Principles of voice production (1994)

# Vnitřní svalstvo hrtanu

Obr. 1.10. Schematické znázornění chrupavek hrtanu a vnitřního svalstvo hrtanu (pohled shora). Modifikováno podle Hybáška (1953).

*Chrupavky:*

T - chrupavka štítná (cartilago thyroidea);

C - chrupavka prstencová (c. cricoidea);

A - chrupavka hlasivková (c. arytenoidea).

p.v. - výběžek hlasivkový (processus vocalis)

p.m. - výběžek svalový (processus muscularis)

**m..= musculus (lat. sval)**

*Svaly:*

CT - m. cricothyroideus; **Zevní napínač hrtanu – napíná, prodlužuje hlasivky**

TA - m. thyroarytenoideus; **Sval hlasivkový - kontrahuje a ztlušťuje hlasivky**

LCA - m. cricoarytenoideus lateralis; **Addukuje hlasivku přes processus vocalis**

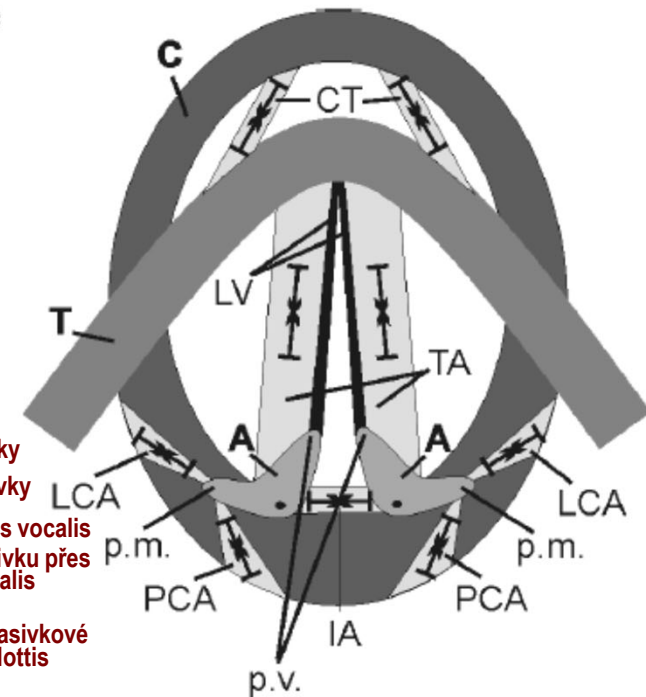
PCA - m. cricoarytenoideus posterior (m. posticus); **Abdukuje hlasivku přes processus vocalis**

IA - m. arytenoideus transversus (interarytenoid muscle)

**Jediný nepárový sval hrtanu – Přitahuje k sobě chrupavky hlasivkové + uzavírá chrupavčitou část glottis**

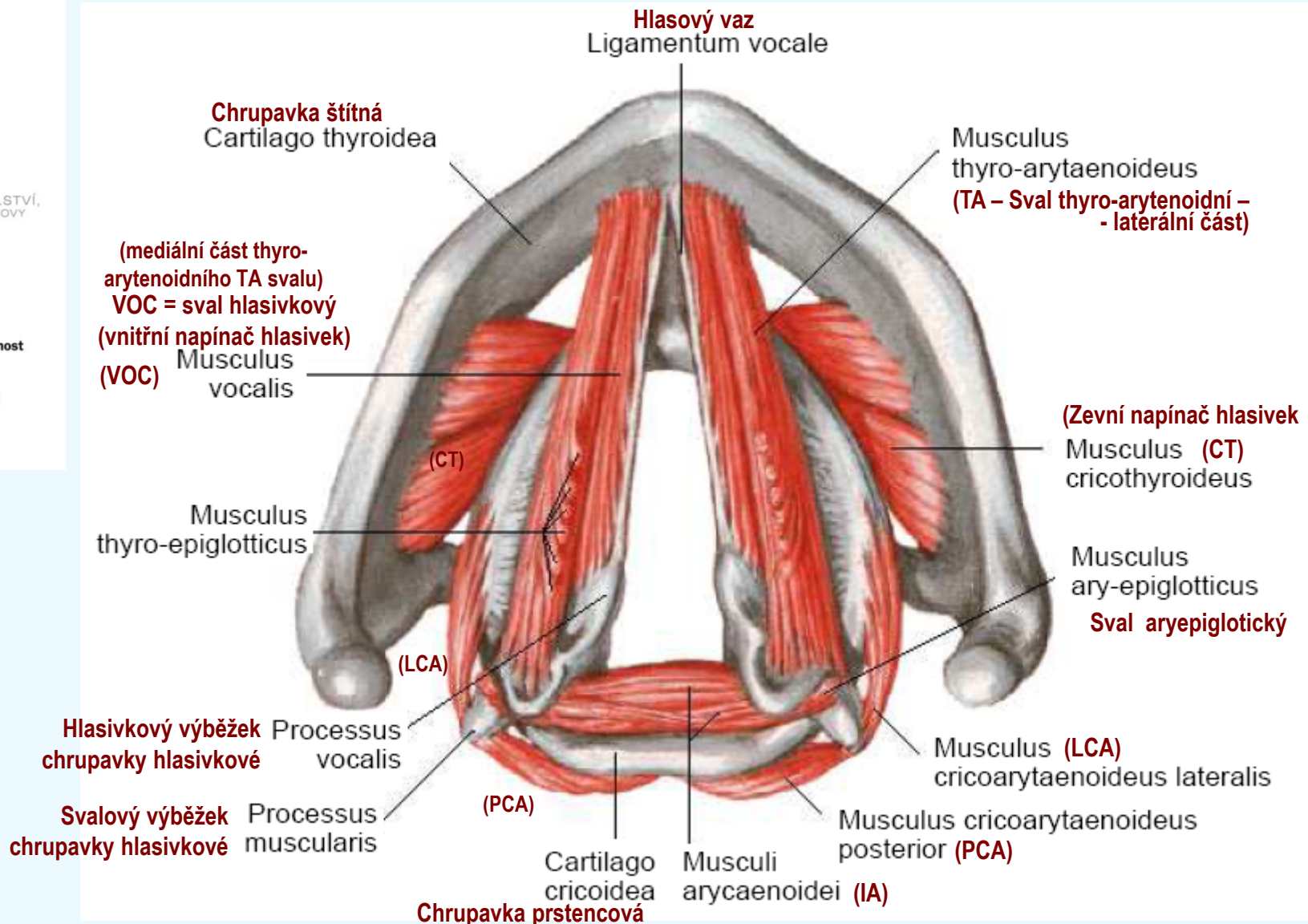
*Vazy:*

LV - hlasový vaz (ligamentum vocale). **Součást hlasivky, poskytuje napětí okraji hlasivky**



Otázka: je hlasivkový sval (TA) adduktorem či abduktorem?

# Vnitřní svalstvo hrtanu – Internal laryngeal muscles





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



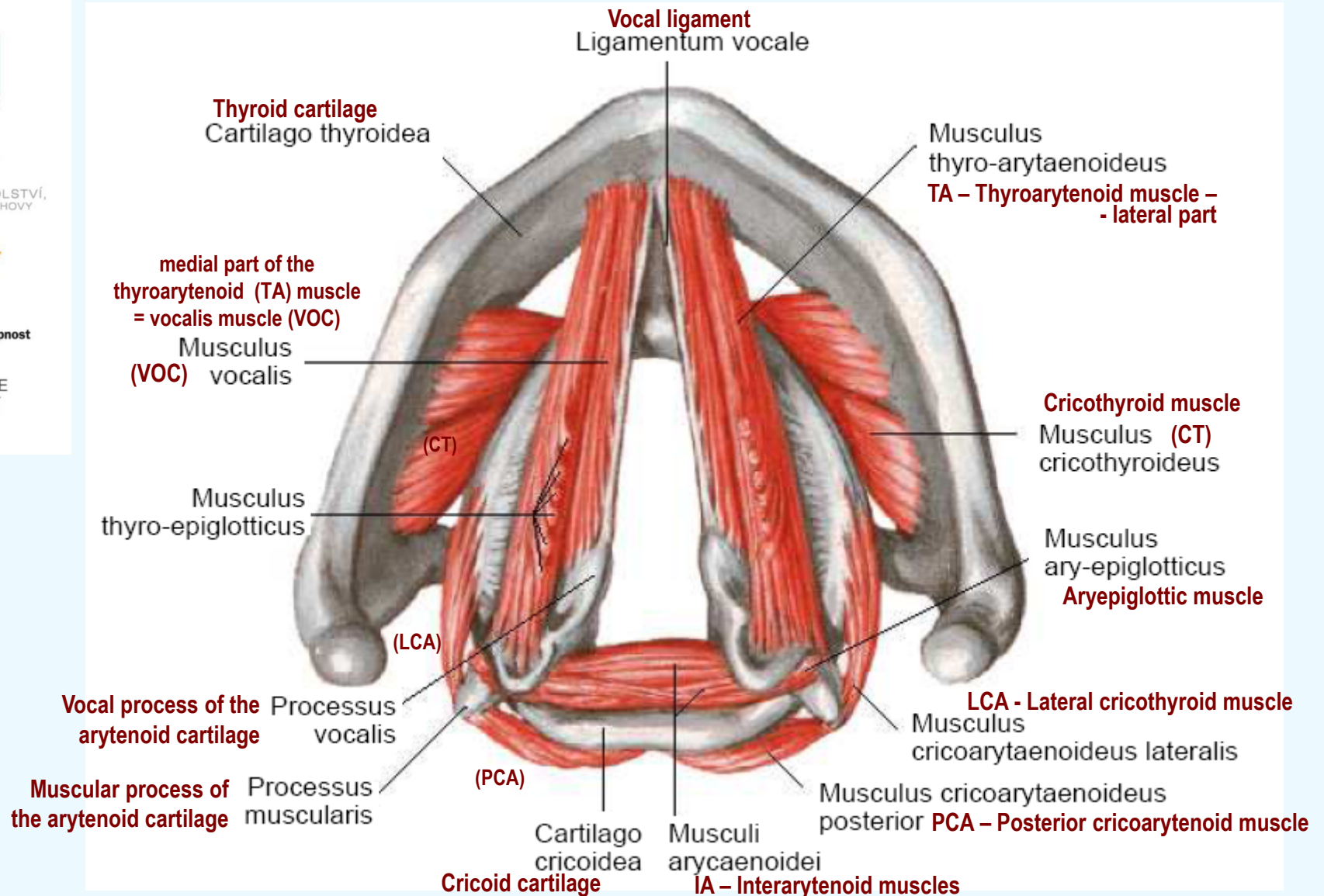
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Internal laryngeal muscles



Netter (1999) cit. in M. Kob. Physical modeling of the singing voice. (Doctoral dissertation), Berlin: Logos Verlag, 2002.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

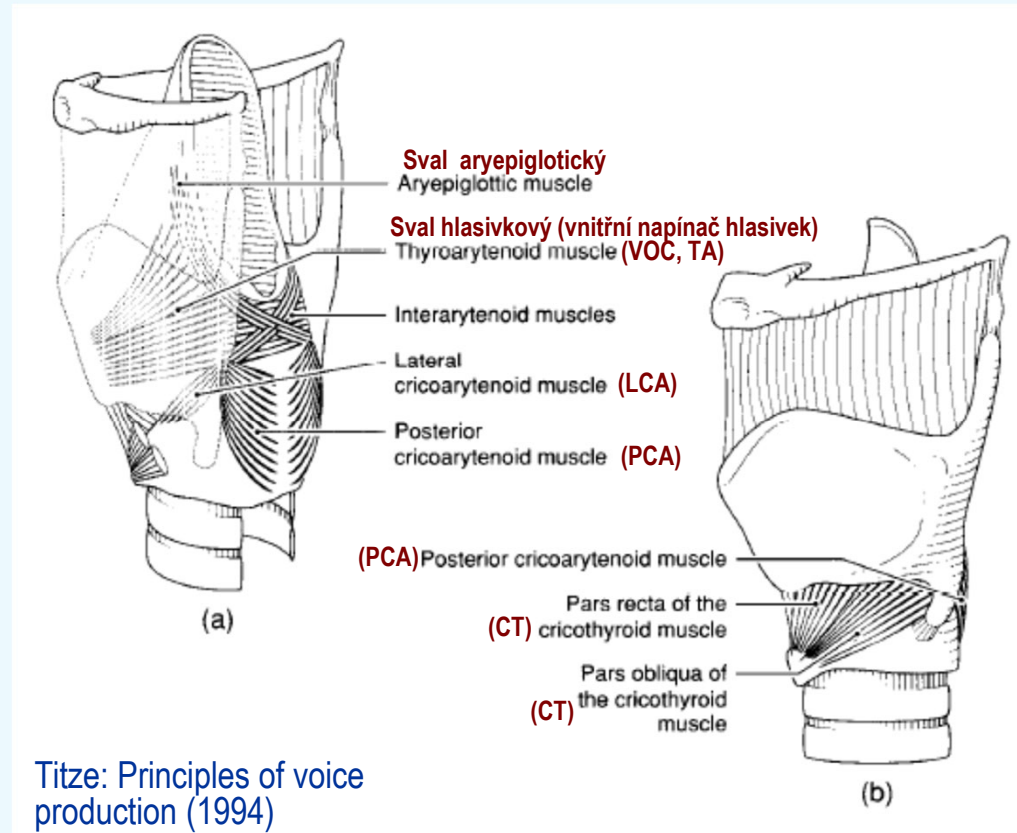


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Vnitřní svalstvo hrtanu

## Internal laryngeal muscles



Titze: Principles of voice  
production (1994)



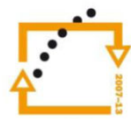
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

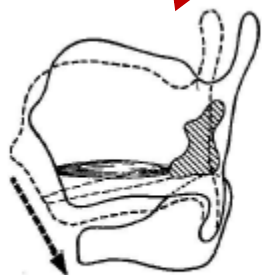


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

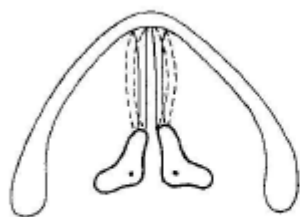
INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Činnost vnitřních svalů hrtanu

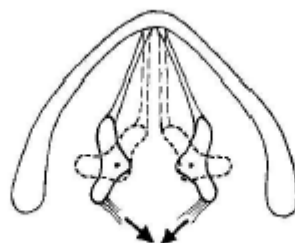
CT – přitahuje k sobě chrupavku štítnou a prstencovou, tím prodlužuje a napíná hlasivky  
(důležité pro zvyšování frekvence hlasu, zpěv, intonace při řeči)



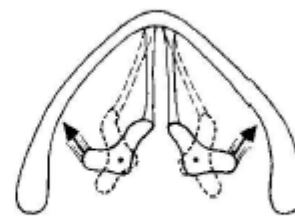
(CT)



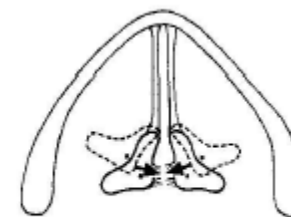
(VOC, TA)



(PCA)



(LCA)



(IA)

Sval hlasivkový (vnitřní napínač hlasivek)

Zdroj: M. Kob. Physical modeling of the singing voice. (Doctoral dissertation), Berlin: Logos Verlag, 2002.  
After Boenninghaus 1993.





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



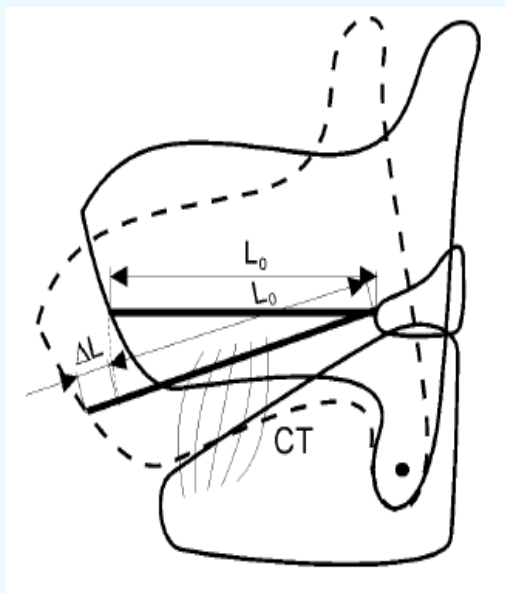
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

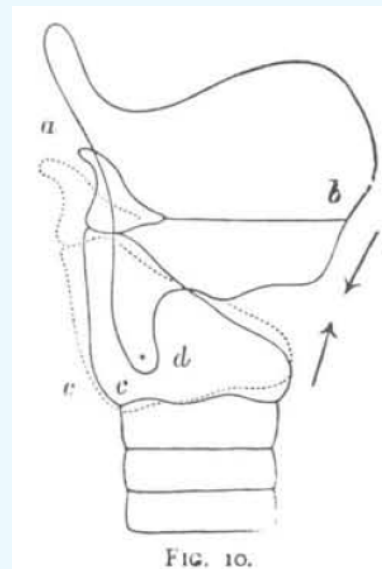
# Činnost vnitřních svalů hrtanu

CT – přitahuje k sobě chrupavku štítnou a prstencovou, tím prodlužuje a napíná hlasivky (důležité pro zvyšování frekvence hlasu, zpěv, intonace při řeči)

Jsou dvě možnosti pohybu vlivem aktivity CT svalu, podle toho jak jsou chrupavky fixovány externími svaly hrtanu:



Výsledek kontrakce CT svalu při fixované chrupavce prstencové – sklápí se chrupavka štítná a protahuje hlasivky



Výsledek kontrakce CT svalu při fixované chrupavce štítné – chrupavka prstencová se naklopí a protáhne hlasivky

M. Garcia. Hints on Singing,  
New York: The Joseph  
Patelson Music House,  
1982.

Švec J: Studium  
mechanicko-akustických  
vlastností lidského hlasu.  
(Dizertacní práce), UP  
Olomouc: 1996.

Reálně lze očekávat kombinace obou pohybů.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



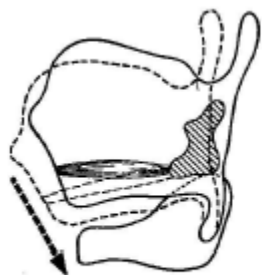
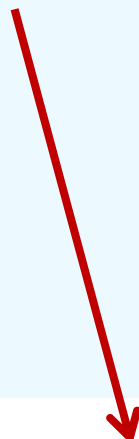
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

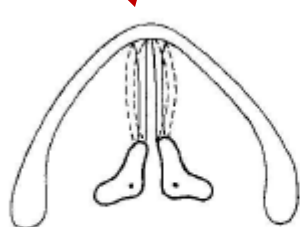
# Činnost vnitřních svalů hrtanu

**CT** – přitahuje k sobě chrupavku štítnou a prstencovou, tím prodlužuje a napíná hlasivky (důležité pro zvyšování frekvence hlasu, zpěv, intonace při řeči)

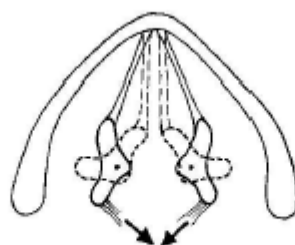
**VOC, TA** - aktivně zvyšuje vnitřní napětí hlasivek (důležité např. pro zvyšování hlasitosti a pro fonaci v tzv. hrudním rejstříku), tendence zkracovat a ztlušťovat hlasivky



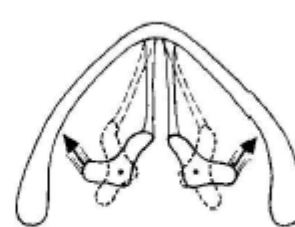
(CT)



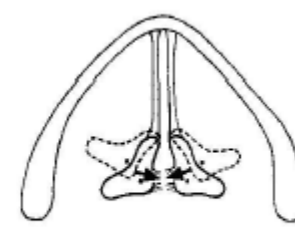
(VOC, TA)



(PCA)



(LCA)



(IA)

Sval hlasivkový (vnitřní napínač hlasivek)

Zdroj: M. Kob. Physical modeling of the singing voice. (Doctoral dissertation), Berlin: Logos Verlag, 2002.  
After Boenninghaus 1993.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

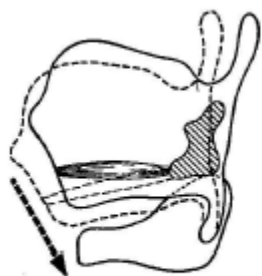
INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Činnost vnitřních svalů hrtanu

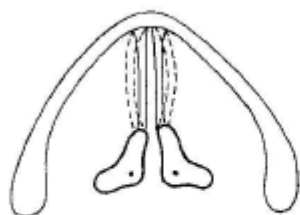
**CT** – přitahuje k sobě chrupavku štítnou a prstencovou, tím prodlužuje a napíná hlasivky (důležité pro zvyšování frekvence hlasu, zpěv, intonace při řeči)

**VOC, TA** - aktivně zvyšuje vnitřní napětí hlasivek (důležité např. pro zvyšování hlasitosti a pro fonaci v tzv. hrudním rejstříku), tendence zkracovat a ztlušťovat hlasivky

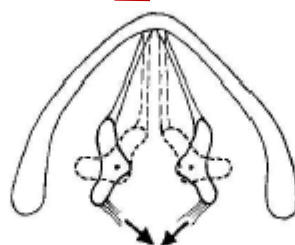
**PCA** – tahá svalový výběžek zezadu do středu, tím rozevívá hlasivky – způsobuje **ABDUKCI** (důležité pro volné dýchání)



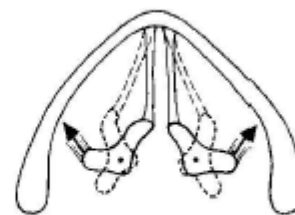
(CT)



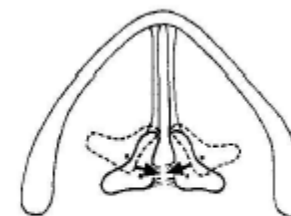
(VOC, TA)



(PCA)



(LCA)



(IA)

Sval hlasivkový (vnitřní napínač hlasivek)

Zdroj: M. Kob. Physical modeling of the singing voice. (Doctoral dissertation), Berlin: Logos Verlag, 2002.  
After Boenninghaus 1993.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

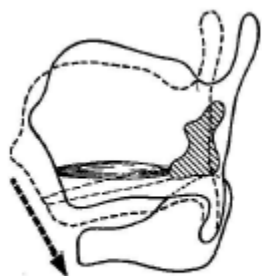
# Činnost vnitřních svalů hrtanu

**CT** – přitahuje k sobě chrupavku štítnou a prstencovou, tím prodlužuje a napíná hlasivky (důležité pro zvyšování frekvence hlasu, zpěv, intonace při řeči)

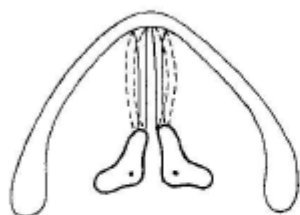
**VOC, TA** - aktivně zvyšuje vnitřní napětí hlasivek (důležité např. pro zvyšování hlasitosti a pro fonaci v tzv. hrudním rejstříku), tendence zkracovat a ztlušťovat hlasivky

**PCA** – tahá svalový výběžek zezadu do středu, tím rozevívá hlasivky – způsobuje **ABDUKCI** (důležité pro volné dýchání)

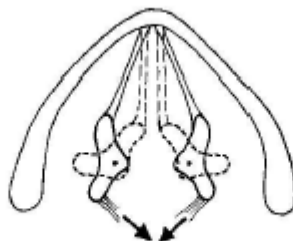
**LCA** – tahá svalový výběžek zepředu, uzavírá hlasivky – způsobuje **ADDUKCI** (důležité pro umožnění fonace), antagonistka k PCA



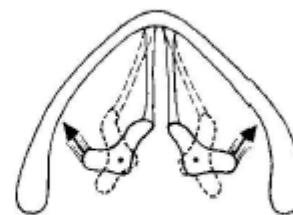
(CT)



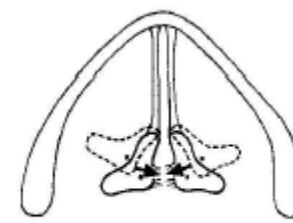
(VOC, TA)



(PCA)



(LCA)



(IA)

Sval hlasivkový (vnitřní napínač hlasivek)

Zdroj: M. Kob. Physical modeling of the singing voice. (Doctoral dissertation), Berlin: Logos Verlag, 2002.  
After Boenninghaus 1993.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Činnost vnitřních svalů hrtanu

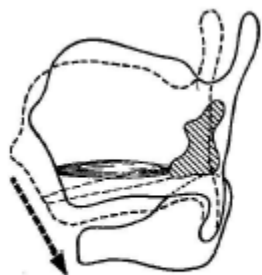
**CT** – přitahuje k sobě chrupavku štítnou a prstencovou, tím prodlužuje a napíná hlasivky (důležité pro zvyšování frekvence hlasu, zpěv, intonace při řeči)

**VOC, TA** - aktivně zvyšuje vnitřní napětí hlasivek (důležité např. pro zvyšování hlasitosti a pro fonaci v tzv. hrudním rejstříku), tendence zkracovat a ztlušťovat hlasivky

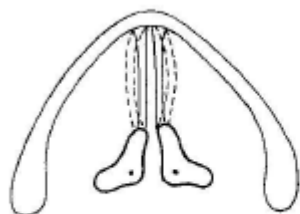
**PCA** – tahá svalový výběžek zezadu do středu, tím rozevívá hlasivky – způsobuje **ABDUKCI** (důležité pro volné dýchání)

**LCA** – tahá svalový výběžek zepředu, uzavírá hlasivky – způsobuje **ADDUKCI** (důležité pro umožnění fonace), antagonistka k PCA

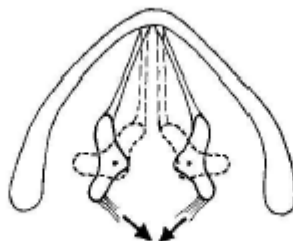
**IA** – tahá boční a zadní část chrupavek hlasivkových k sobě – uzavírá chrupavčitou část glottis – způsobuje **ADDUKCI** (důležité např. pro kontrolu fonace a barvy hlasu)



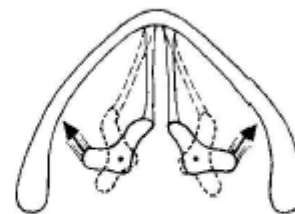
(CT)



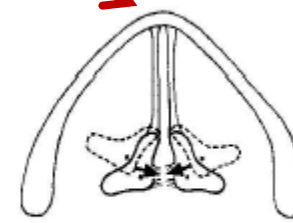
(VOC, TA)



(PCA)



(LCA)



(IA)

Sval hlasivkový (vnitřní napínač hlasivek)

Zdroj: M. Kob. Physical modeling of the singing voice. (Doctoral dissertation), Berlin: Logos Verlag, 2002.  
After Boenninghaus 1993.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

## Jednostranná stimulace nervu



Minoru Hirano, 1970s

M. Hirano. Phonosurgery: basic and clinical  
investigations. *Otologia* (Fukuoka)  
21(suppl.1):239-442, 1975.

Stimulační  
elektroda

# Efekt aktivace jednotlivých svalů hrtanu na konfiguraci glottis

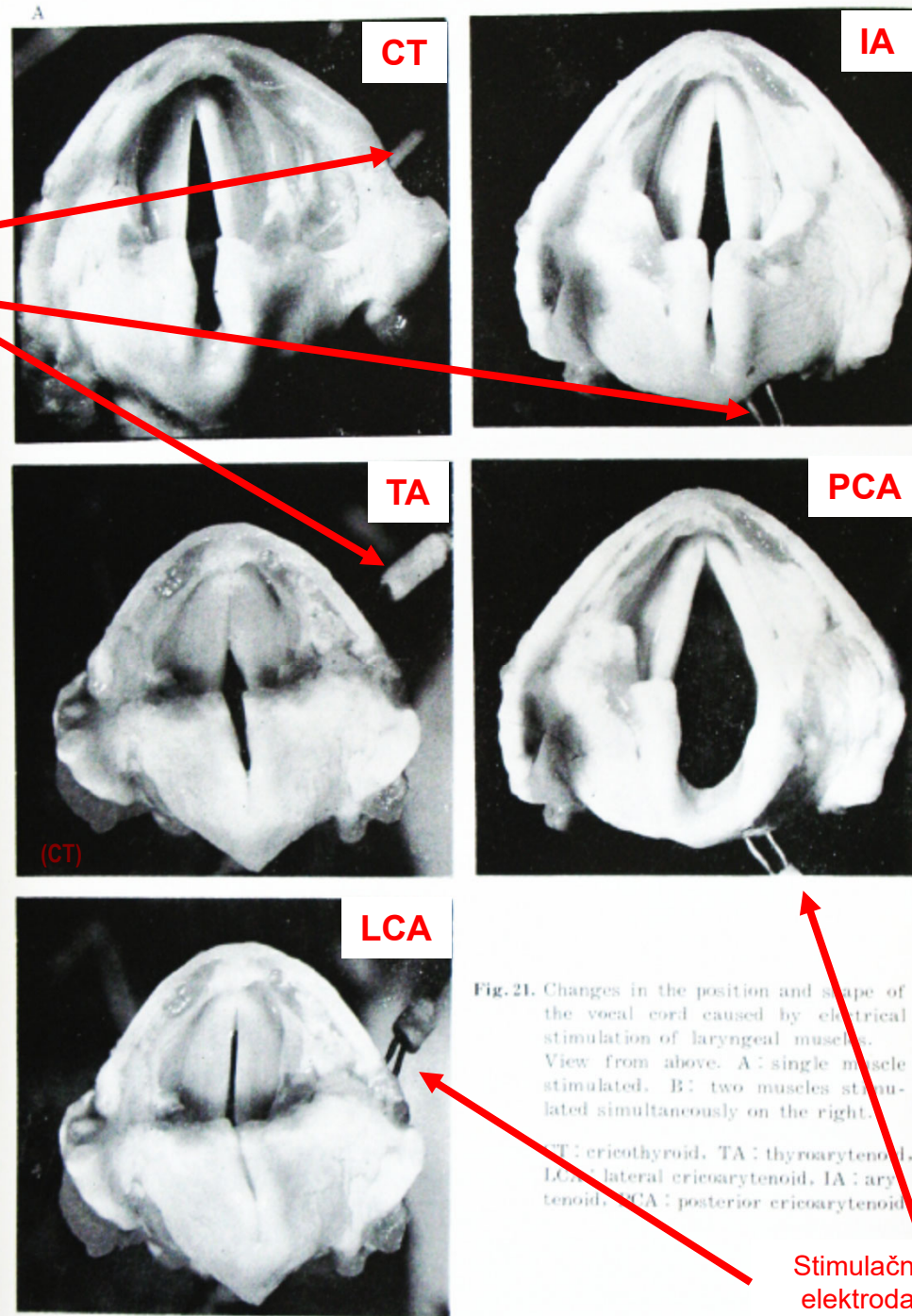


Fig. 21. Changes in the position and shape of the vocal cord caused by electrical stimulation of laryngeal muscles. View from above. A: single muscle stimulated, B: two muscles stimulated simultaneously on the right.

CT: cricothyroid, TA: thyroarytenoid,  
IA: lateral cricoarytenoid, CA: arytenoid,  
PCA: posterior cricoarytenoid

Stimulační  
elektroda



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

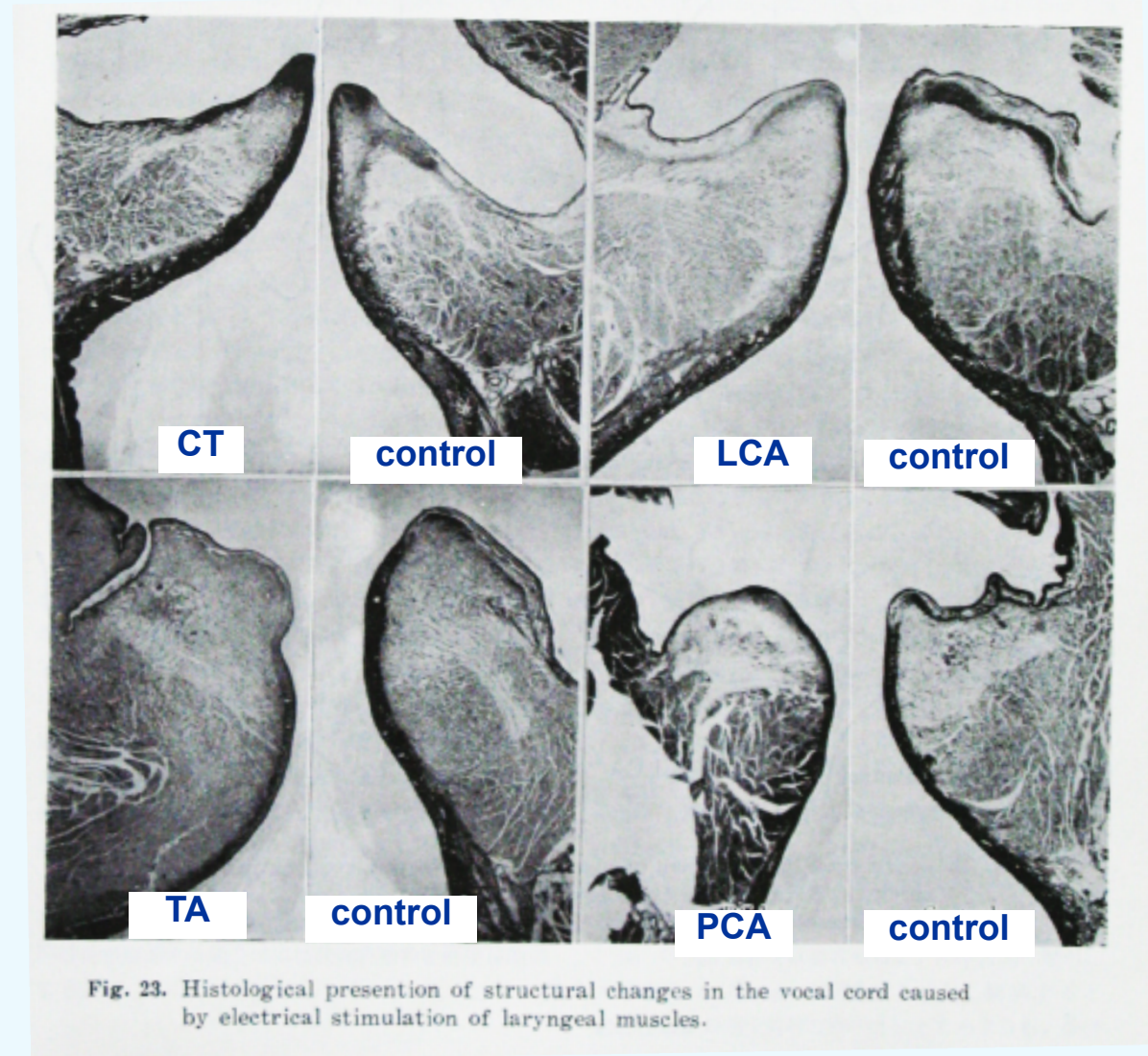
INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ



Minoru Hirano,  
1970s

**Efekt aktivace  
jednotlivých svalů  
hrtanu na pozici a  
tvar průřezu  
hlasivky**

## Jednostranná stimulace nervu

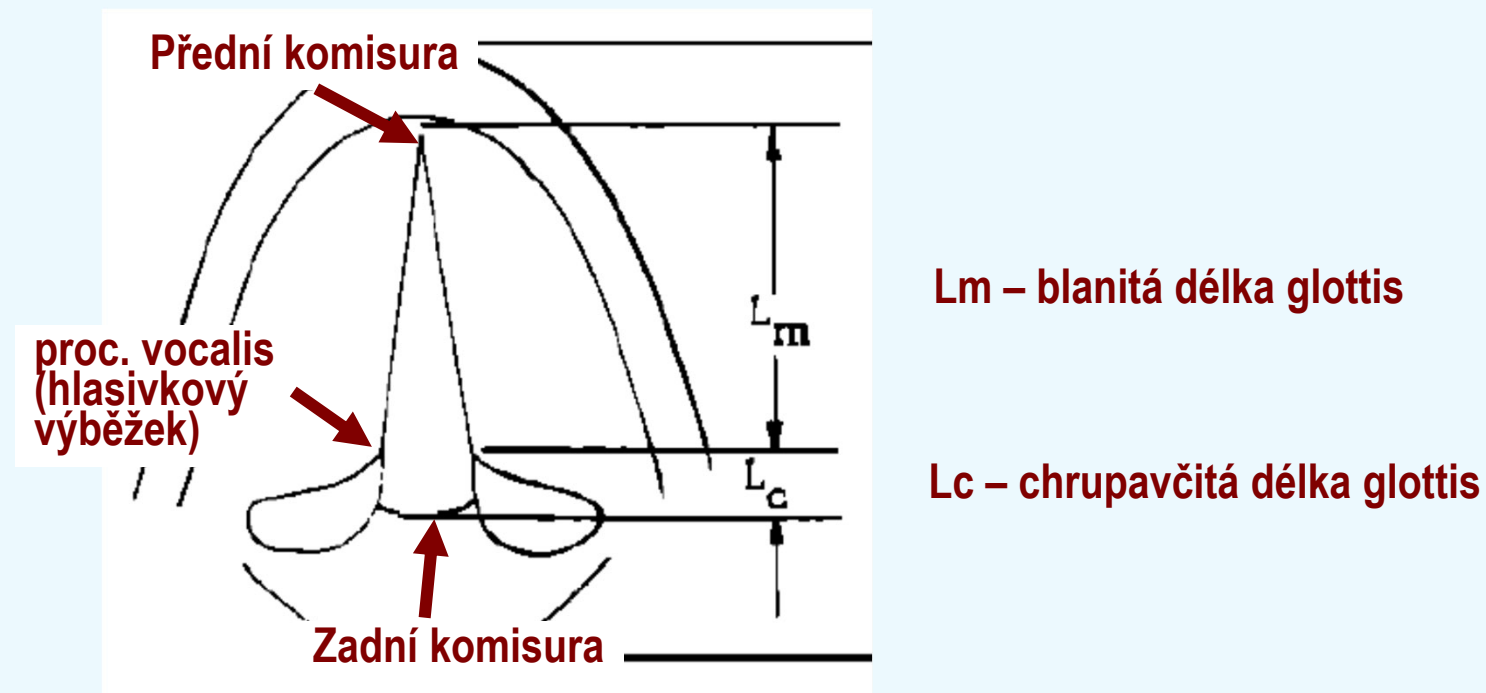


M. Hirano. Phonosurgery: basic and clinical investigations. *Otologia (Fukuoka)* 21(suppl.1):239-442, 1975.

# Chrupavčitá vs. blanitá část glottis

**Blanitá část glottis:** mezi přední komisurou (tj. předním koncem hlasivek) a p. vocalis. Hraje nejdůležitější úlohu při fonaci – kmitání hlasivek se děje hlavně zde.

**Chrupavčitá část glottis:** mezi proc. vocalis a zadní komisurou (arytenoidní chrupavka pokrytá sliznicí). Může ale nemusí se účastnit kmitání. Může měnit tvar podle aktivity hrtanových svalů – vliv při nastavení kvality hlasu (dyšnost vs. tlačnost). (Herbst et al. 2011).





# Chrupavčitá vs. blanitá část glottis

Rozdíly muži vs. ženy:

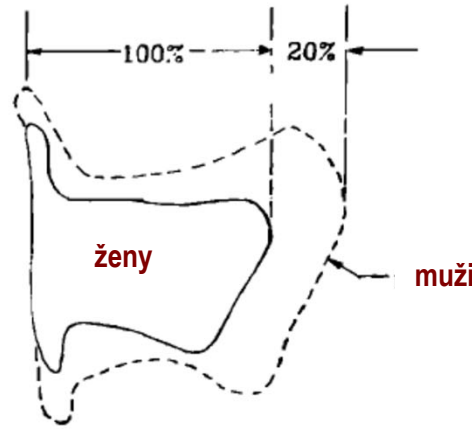
Pohlavní rozdíly jsou výrazně větší v délce blanité části hlasivek než v rozměrech chrupavek (60% versus 20% rozdíl, Titze 1989).

# Physiologic and acoustic differences between male and female voices

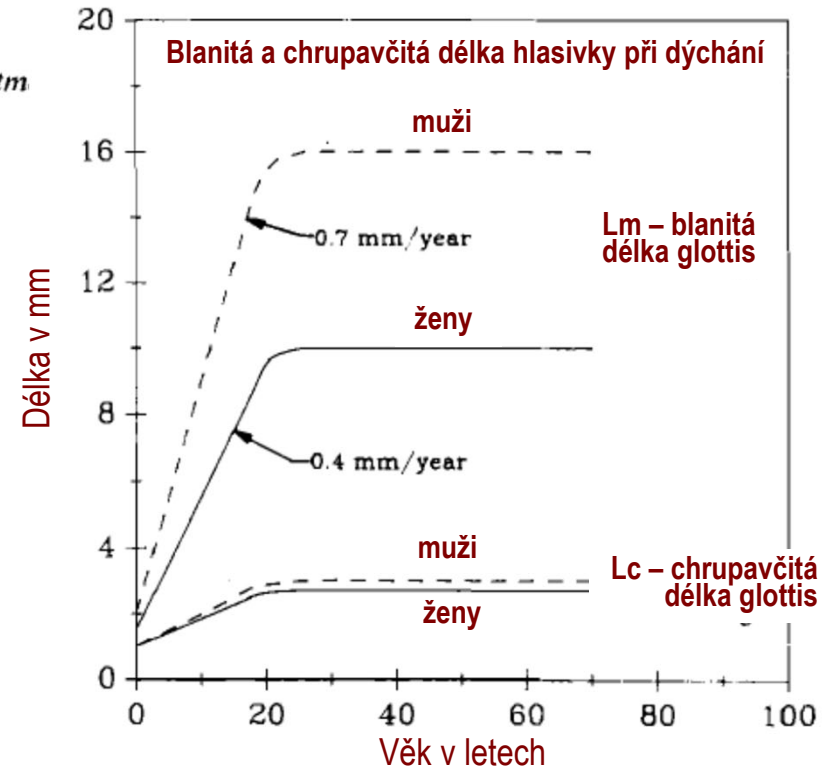
J. Acoust. Soc. Am. 85 (4), April 1989

Ingo R. Titze

Voice Acoustics and Biomechanics Laboratory, Department  
University of Iowa, Iowa City, Iowa 52242

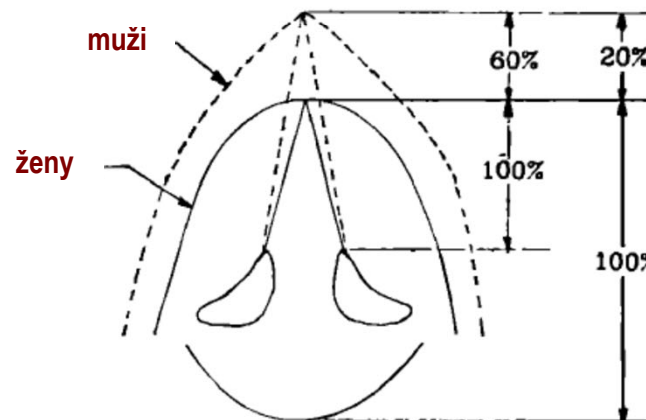


(a) Sagittal View

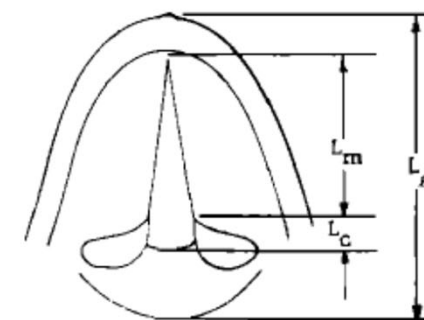


(a)

Lm – blanitá délka glottis  
Lc – chrupavčitá délka glottis



(b) Horizontal Section



(b)

I.R. Titze



Pohlavní rozdíly jsou výrazně větší v délce blanité části hlasivek než v rozměrech chrupavek (60% versus 20% rozdíl).

# Inervace hrtanu

Inervace hrtanu je zajištěna dvěma odnožemi z X. hlavového nervu („bludný nerv“, lat. nervus vagus) :

1) **Nervus laryngeus superior** – má dvě větve:

a) Vnitřní větev (ramus internus) – senzoričká inervace sliznice hrtanu nad hlasivkami (podráždění vede k nekontrolovatelnému kašli)

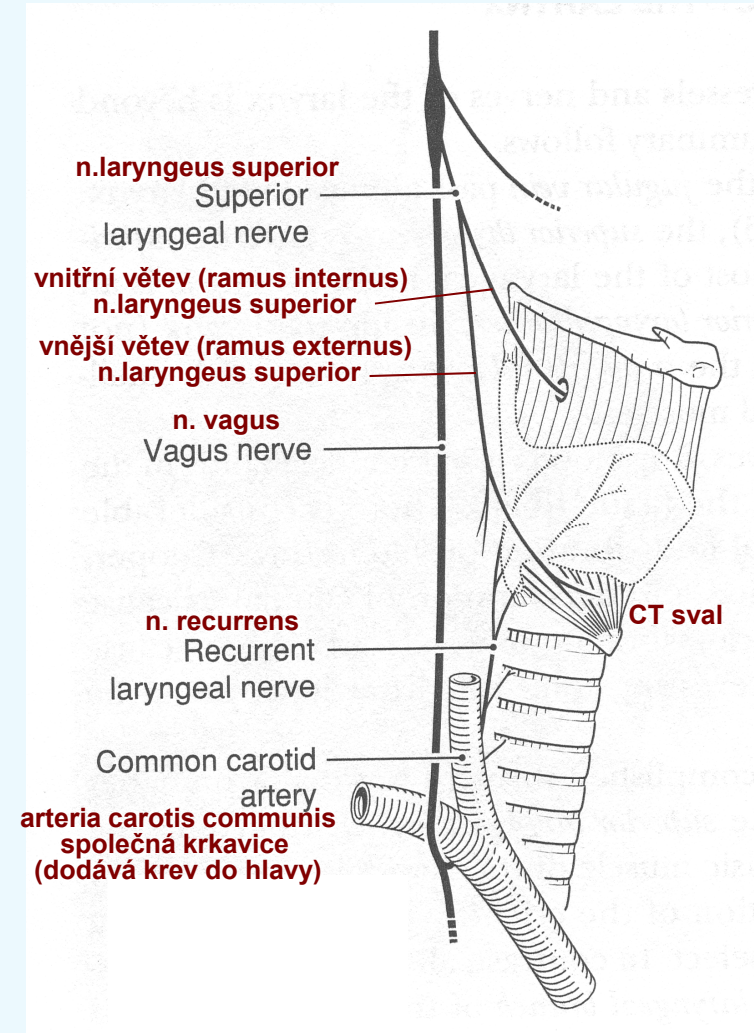
b) Vnější větev (ramus externus) - inervuje CT sval (tento sval proto nebývá některými autory považován za vnitřní sval hrtanu ale za sval vnější)

2) **Nervus recurrens (nerv zvratný)** – inervuje všechny vnitřní svaly hrtanu – adduktory i abduktory (TA, LCA, PCA, IA)

Vrací se k hrtanu zezdola, kde se obtáčí kolem krční tepny - krkavice.

Zajišťuje senzoričkou inervaci hrtanu pod hlasivkami.

Náchylný na poškození při operacích štítné žlázy.



I.R. Titze: Principles of voice production (1994)

# EMG hrtanu

EMG neboli elektromyografie je metoda, která monitoruje aktivitu svalů pomocí speciálních elektrod.

Zde je ukázána vyhodnocená aktivita 3 svalů (VOC, IA a PCA) při vyslovení dvou slov: ESOP a EZOP.

Při hlásce [S] jsou hlasivky odtažené zatímco při [Z] jsou sblížené, tj. jsou ve fonačním postavení.

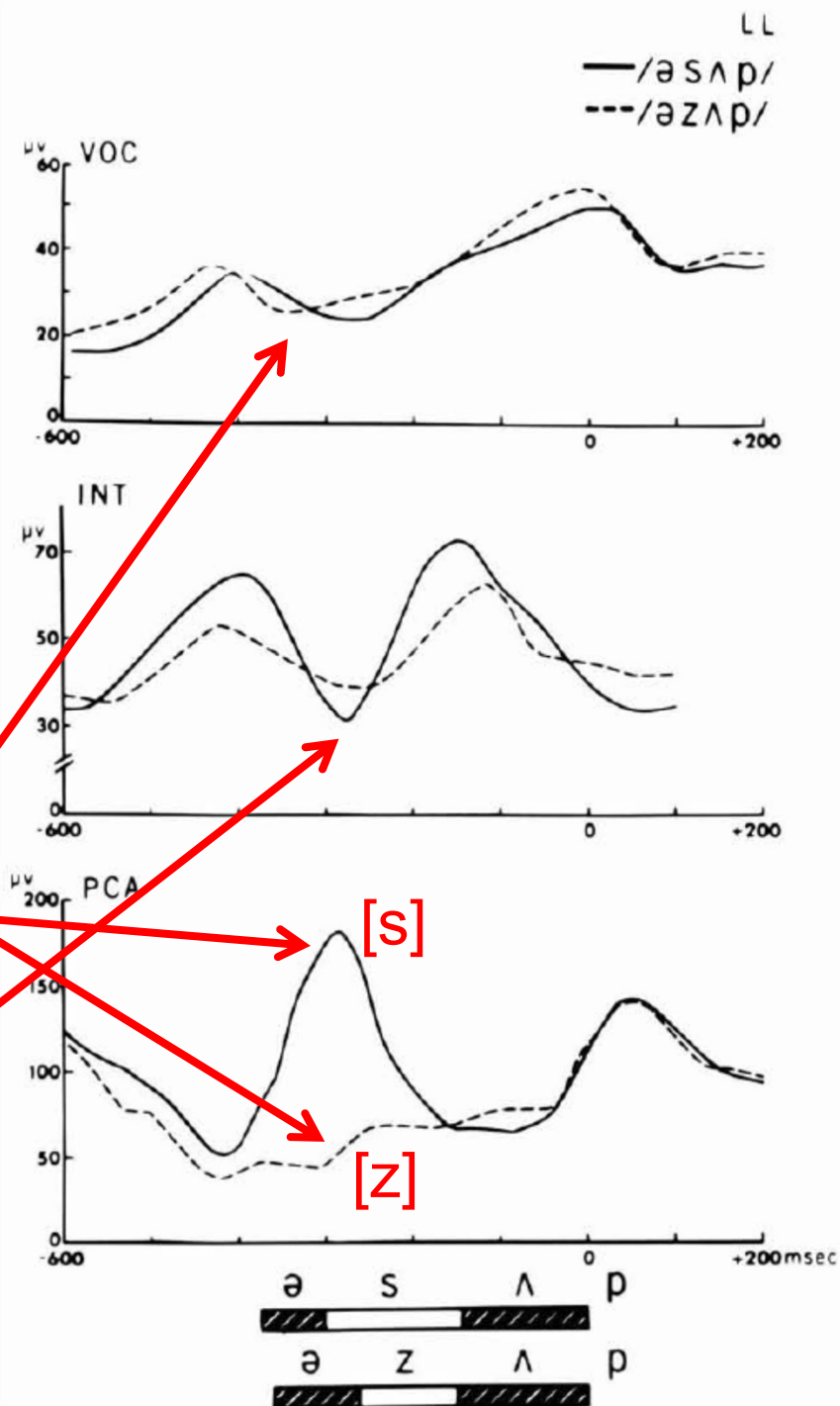
Sval hlasivkový (VOC) nevykazuje výrazné rozdíly.

Sval PCA ukazuje výrazný rozdíl aktivity (je abduktorem, tedy odtahuje hlasivky při [S] ale ne při [Z])

Sval IA vykazuje při hlásce [S] o něco menší aktivitu než při [Z] – tj. během času kdy je PCA výrazně aktivní IA je málo aktivní, aby umožnil lepší rozevření hlasivek.

(Data: H. Hirose and T. Cay: *Phonetica*, 25, 1972.)

Zdroj: Fig. 4.40, Borden G, Harris KS, Raphael LJ. *Speech science primer. Physiology, acoustics, and perception of speech*, Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 1994





MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Video o struktuře a funkci hrtanu

Jw. van den Berg, W. Vennard, D. Burger, and C. C. Shervanian.

*Voice production. The vibrating larynx. (Instructional film),*

University of Groningen, 1960.

<https://www.youtube.com/watch?v=204cBDG4fhU>

Česká verze, překlad Prof. RNDr. J. Pešák, CSc. a Dagmar Flynt, M.A.

**Janwillem van den Berg**  
Groningen, Nizozemsko  
cca 1975



# Členění struktury hlasivek

Povrch hlasivky: tvořen vrstevnatým šupinovým epitelem o tloušťce 0.05-0.1 mm (Hirano, 1977). Epitel obklopuje měkkou tkáň podobnou svými vlastnostmi tekutině a bývá připodobňován ke gumovému balónku naplněnému vodou.

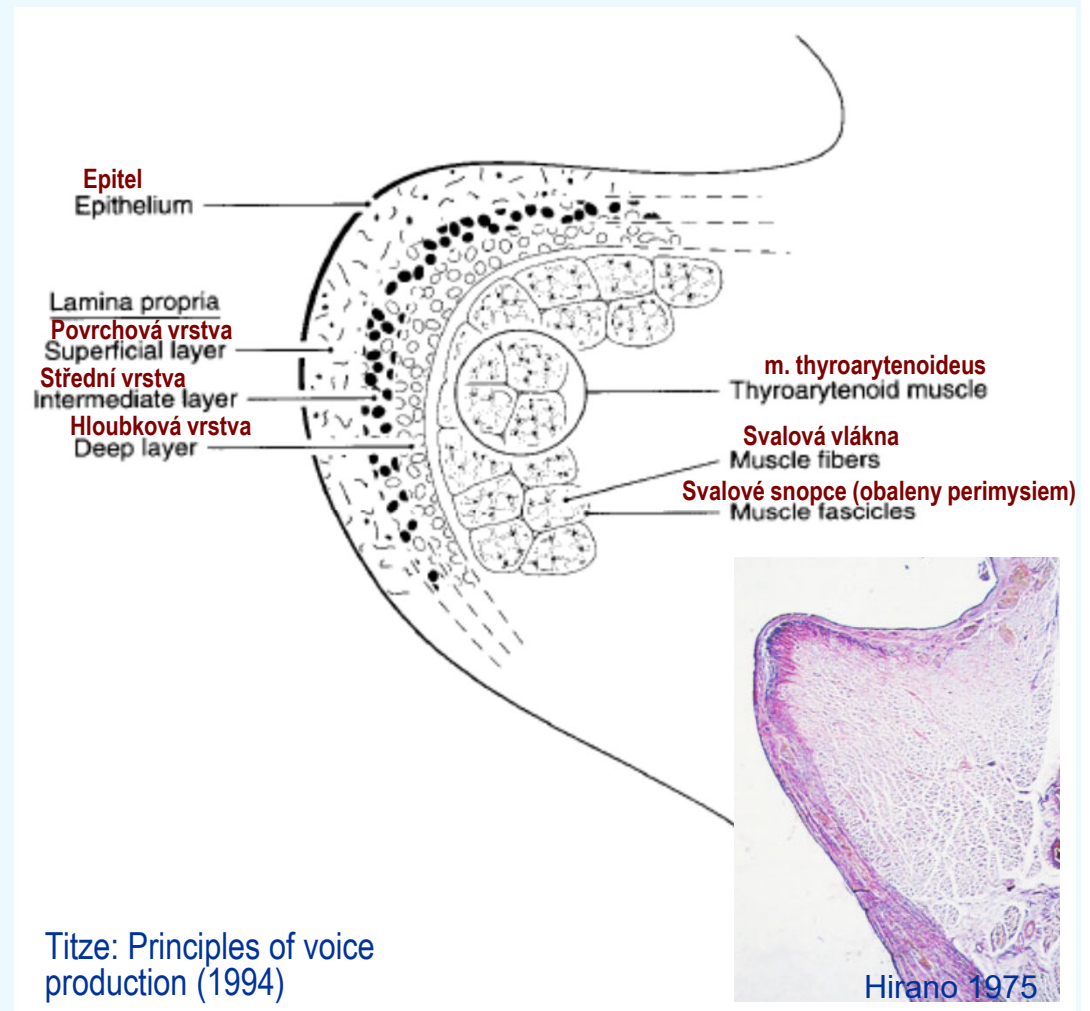
Mezi svalem a epitelem je uložen nesvalový vrstevnatý systém, který se nazývá lamina propria. Obvykle se rozděluje na tři vrstvy: povrchovou, střední a hloubkovou.

Povrchová vrstva (také známá jako Reinkeho prostor): má tloušťku kolem 0.5 mm uprostřed hlasivek a je tvořena z neorganizovaně uspořádaných elastinových vláken obklopených tkáňovou tekutinou. Elastinová vlákna jsou poddajná a bývají svými elastickými vlastnostmi přirovnávány ke gumovému vlákně.

Střední vrstva: také primárně tvořena elastinovými vlákny (zobrazeny jako plné kroužky), tyto jsou zde ale už uspořádány a orientovány v anteriorně-posteriorním (podélném) směru. Tato vrstva obsahuje také menší množství kolagenních vláken (zobrazeny jako prázdné kroužky).

Hloubková vrstva laminy propria je tvořena primárně z kolagenních vláken, která jsou, na rozdíl od elastinových vláken, téměř nepoddajná (Colton, 1988) a bývají připodobňována svými elastickými vlastnostmi k vláknům bavlny (Titze, 1994). Vlákna hloubkové vrstvy běží v anteriorně-posteriorním směru.

Dohromady mají střední a hloubková vrstva tloušťku 1-2 mm (Hirano, Kurita, & Nakashima, 1981). Tato vzdálenost přibližně odpovídá také rozkmitu hlasivky.



Titze: Principles of voice production (1994)

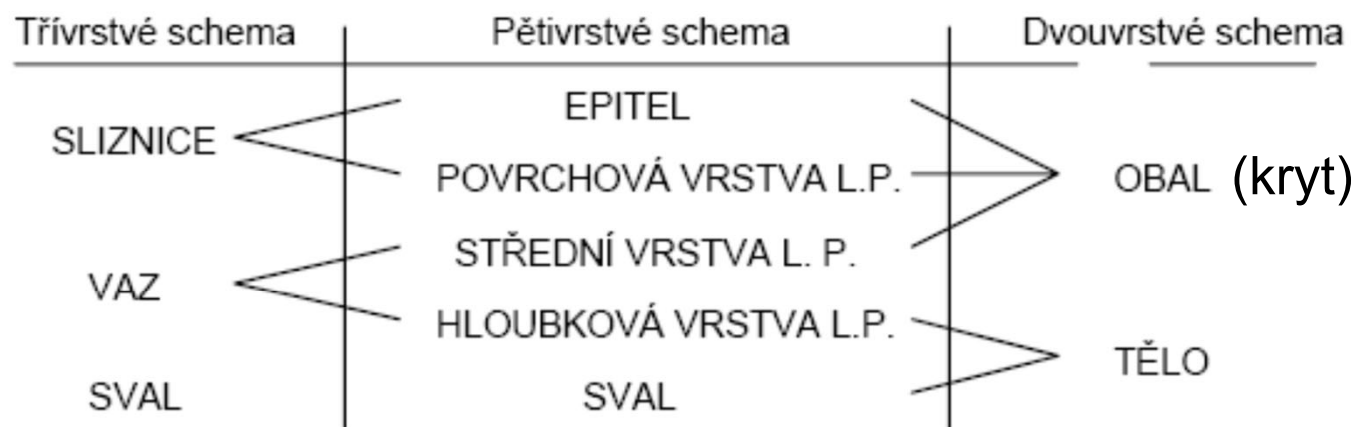
Hirano 1975

Nejhlouběji uvnitř hlasivky je uložen thyroarytenoidní sval (TA, sval hlasivkový), který byl již popsán v předchozím výkladu. Na hloubkovou vrstvu laminy propria navazuje jeho vnitřní část (m.vocalis, VOC). TA sval vytváří největší část hlasivky, která má tloušťku přibližně 7-8 mm (Hirano, Kurita, & Nakashima, 1981).

# Členění struktury hlasivek

Podle potřeby se struktura hlasivky člení na méně či více vrstev.

## Různé členění vrstev hlasivky:



Obr. 1.13. Tři schemata používaná pro označování vrstev hlasivek (Titze, 1994).

# Elastické vlastnosti hlasivek

Hrají důležitou roli pro určování frekvence hlasivek.

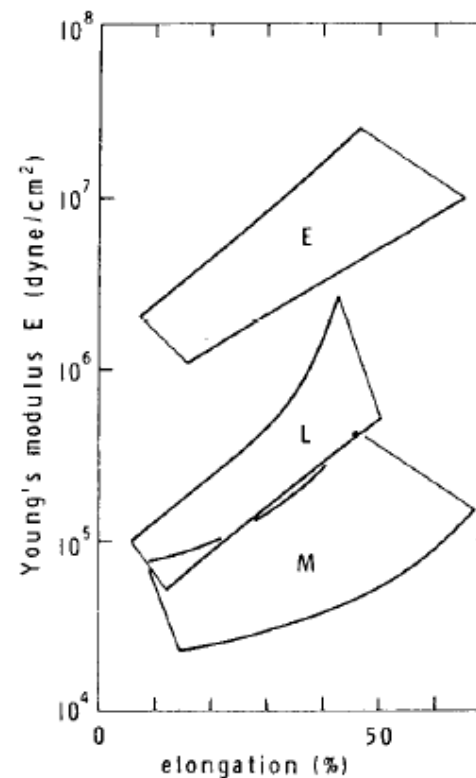
Lze je charakterizovat, podobně jako ostatní materiály, pomocí tzv. Youngova modulu pružnosti.

Čím větší je Youngův modul, tím tužší je materiál a hůře se protahuje.

Obr. 1.14 ukazuje výsledky měření pro epitel (E), vaz (L) a sval (M) hlasivky. Vzhledem k rozptylu dat jsou ukázány místo přesných křivek jen oblasti hodnot.

Různé vrstvy hlasivek mají různou hodnotu Youngova modulu pružnosti, která klesá ve směru od povrchu k vnitřku hlasivky. Hlasivka je tedy tužší na povrchu než uvnitř.

U TA svalu je třeba mít na paměti, že Youngův modul narůstá se svalovou aktivitou (Colton, 1988). Obr. 1.14 přináší hodnoty pro uvedený sval v neaktivovaném stavu.



Obr. 1.14. Elastické vlastnosti různých vrstev hlasivek. Youngův modul pružnosti v závislosti na prodloužení hlasivek. E - epitel; L - ligament (vaz); M - TA sval (Kakita, Hirano, & Ohmaru, 1981).



# Ovládání frekvence hlasivek

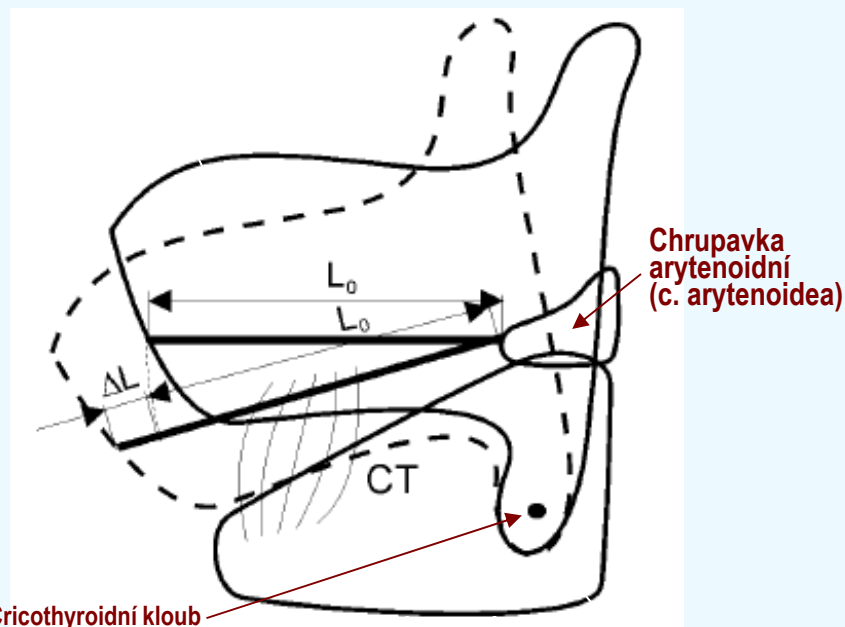
V prvním přiblížení si můžeme hlasivku představit jako strunu. Pro frekvenci struny  $F_0$  platí známý Taylorův vztah, který můžeme aplikovat též na hlasivky:

$$F_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$$

kde  $L$  je délka hlasivek,  $\sigma$  je podélné napětí hlasivek,  $\rho$  je hustota tkáně hlasivek.

Hustota hlasivek byla zjištěna zhruba konstantní přes všechny vrstvy hlasivek, v rozmezí 1.02 - 1.04 g/cm<sup>3</sup> (Perlman & Titze, 1988).

Délka hlasivek při dýchání je různá u mužů a žen, poměr délek je přibližně 1.6 : 1. To zapříčiňuje vyšší frekvenci hlasu u žen.



Obr. 1.15. Rotace chrupavky štítné vůči prstencové díky kontrakci CT svalu. Hlasivky se prodlužují z původní délky  $L_0$  na délku  $L=L_0+\Delta L$ , zvyšuje se pasivní napětí hlasivek.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

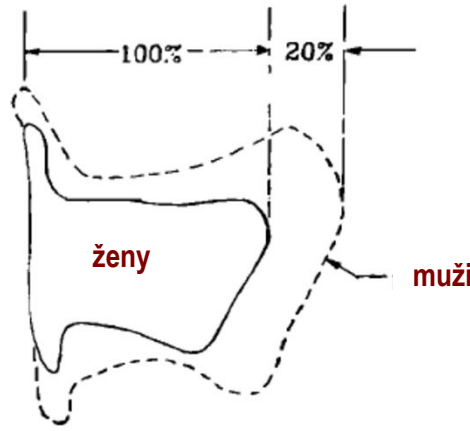
INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Physiologic and acoustic differences between male and female voices

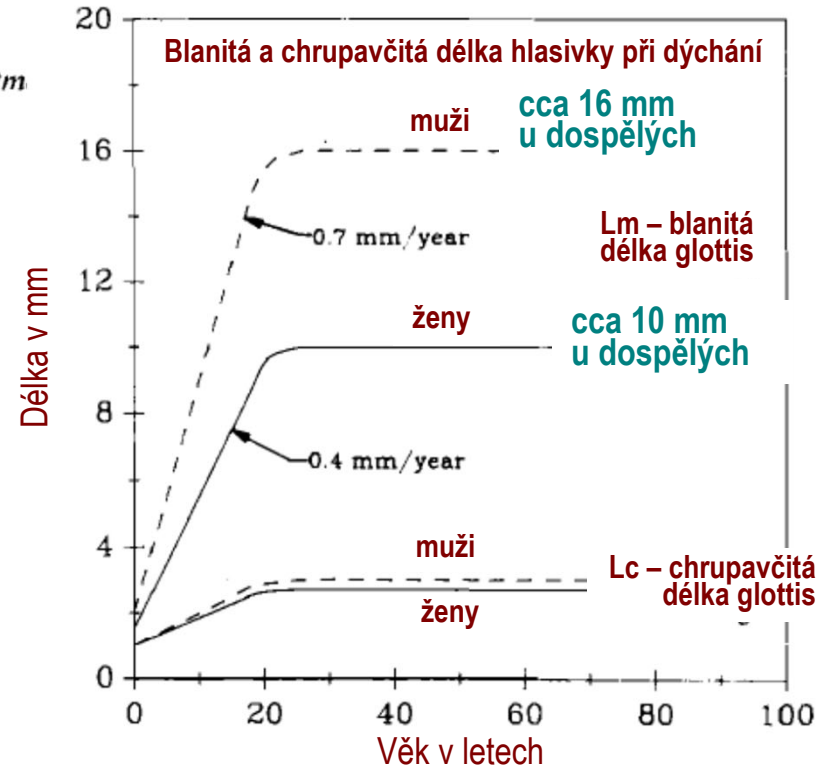
J. Acoust. Soc. Am. 85 (4), April 1989

Ingo R. Titze

Voice Acoustics and Biomechanics Laboratory, Department  
University of Iowa, Iowa City, Iowa 52242

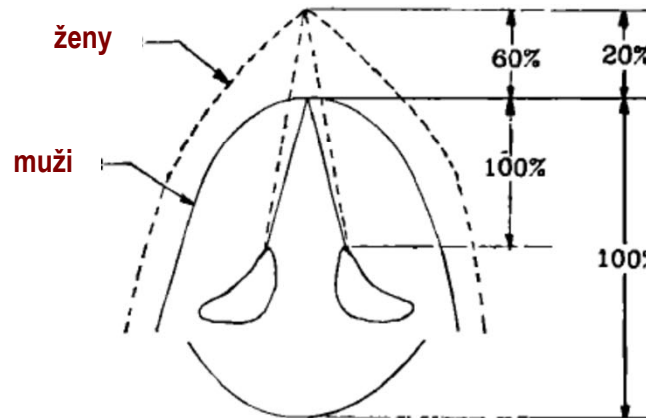


(a) Sagittal View

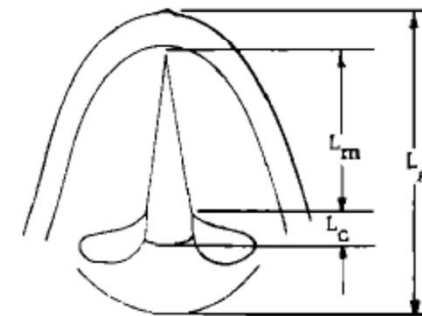


(a)

$L_m$  – blanitá délka glottis  
 $L_c$  – chrupavčitá délka glottis



(b) Horizontal Section



(b)

I.R. Titze



Pohlavní rozdíly jsou výrazně větší v délce blanité části hlasivek než v rozměrech chrupavek (60% versus 20% rozdíl).

# Ovládání frekvence hlasivek

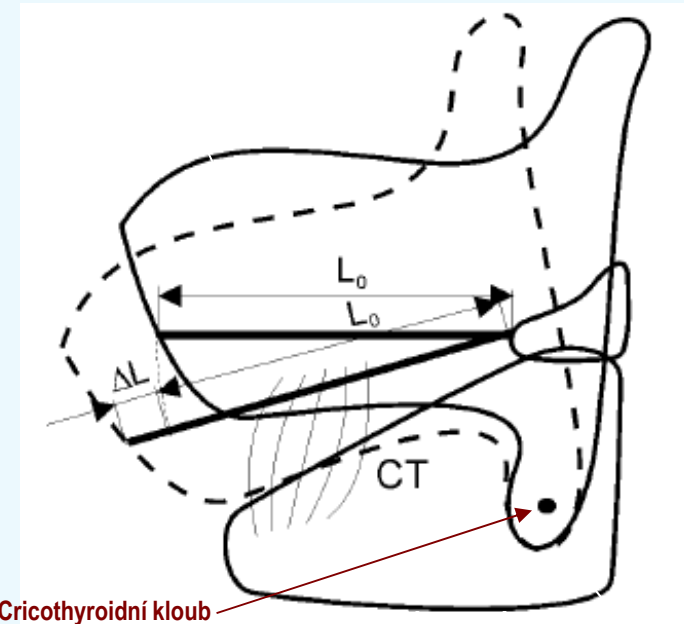
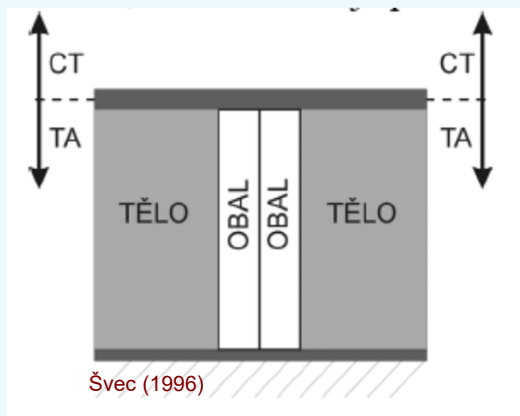
Délka hlasivek a napětí hlasivek jsou při fonaci variabilní. Jsou ovládány zejména činností dvou hrtanových svalů - *m. cricothyroideus* (CT) a *m. thyroarytenoideus* (TA). Každý z těchto svalů přitom přispívá ke změně délky a napětí jiným způsobem.

## PASIVNÍ VERSUS AKTIVNÍ NAPĚTÍ HLASIVEK:

Pasivní napětí hlasivek – prodloužení hlasivek, bez aktivity TA svalu (Obr.1.15). Prodlužování způsobeno rotací chrupavky štítné vůči chrupavce prstencové kolem cricothyroidního kloubu vlivem aktivity CT svalu. Zvyšuje napětí těla i obalu hlasivky.

Aktivní napětí hlasivek – způsobeno aktivním napětím hlasivkového (TA) svalu. *Zvyšuje aktivní napětí těla hlasivky, ale snižuje pasivní napětí obalu hlasivky (tendence ke zkracování hlasivky).*

Běžně dochází ke kombinaci pasivního a aktivního napětí hlasivek.



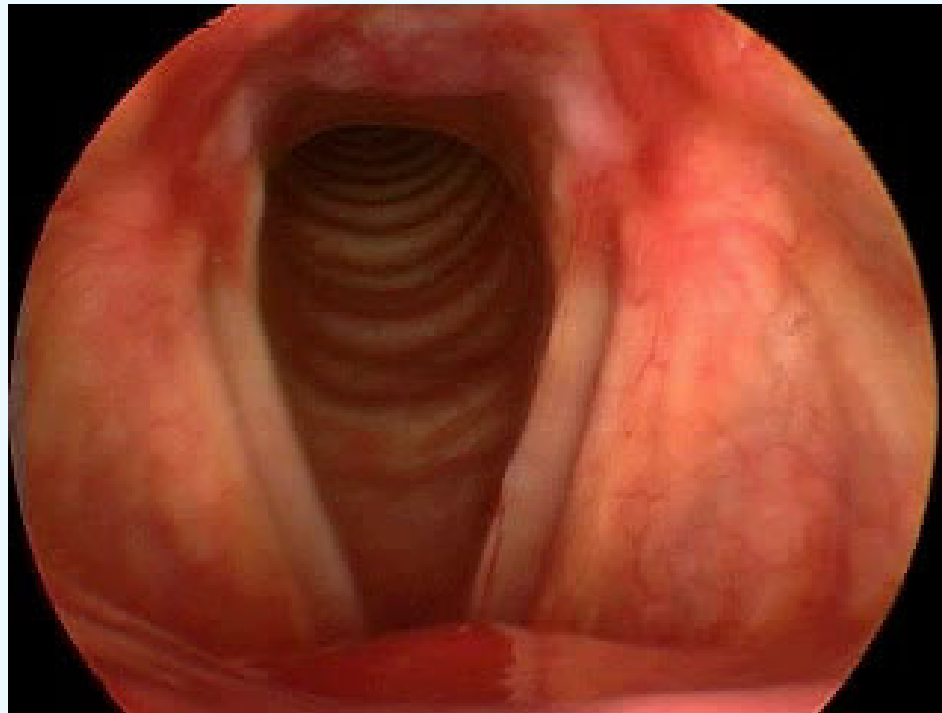
Cricothyroidní kloub

Obr. 1.15. Rotace chrupavky štítné vůči prstencové díky kontrakci CT svalu. Hlasivky se prodlužují z původní délky  $L_0$  na délku  $L = L_0 + \Delta L$ , zvyšuje se pasivní napětí hlasivek.

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

# DEMONSTRACE / DEMONSTRATION

## laryngoskopie / laryngoscopy



Změna výšky hlasu / Change of voice pitch

Recording made by the National Center for Voice and Speech, Denver, CO, USA

# Ovládání frekvence hlasivek

Pasivní napínání hlasivek vede k rozdílnému napětí v různých vrstvách hlasivky – způsobeno jejich různými Youngovými moduly pružnosti E.

$$\sigma = E\varepsilon$$

Toto napětí vede (zjednodušeně) k tendenci různé frekvence různých vrstev hlasivek.

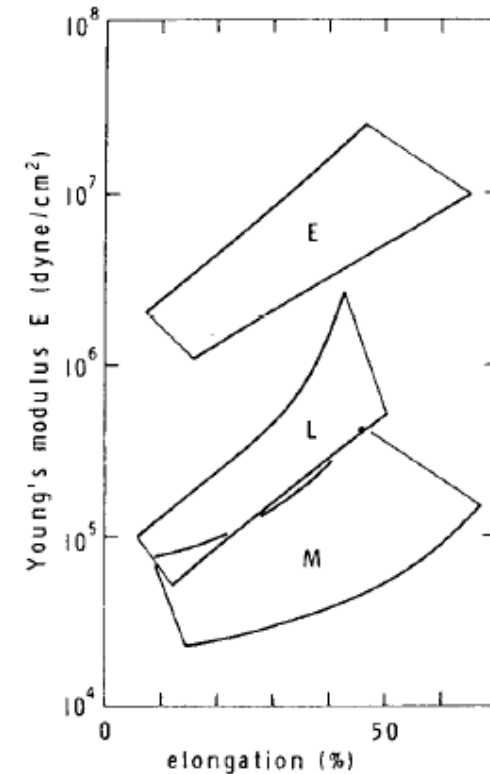
Otázka k zamyšlení – která vrstva má při pasivním napětí tendenci kmitat s nejvyšší frekvencí?

$$F_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$$

Aktivní napětí hlasivek je schopno redukovat rozdíly mezi tělem a obalem hlasivky. (Je zde spojitost s tzv. hlasovými rejstříky – přílišná rozdílnost napětí mezi tělem a obalem může způsobovat přeskokování hlasu - nelineární děje, tzv. bifurkace, viz. teorie nelineární dynamiky).

(Figure from Kakita Y, Hirano M and Ohmaru K. Physical properties of the vocal fold tissue: measurements on excised larynges. In: Vocal Fold Physiology, edited by Stevens KN and Hirano M. Tokyo: University of Tokyo Press, 1981.)

1 dyn =  $10^{-5}$  N = 1 g·cm/s<sup>2</sup>  
(CGS soustava – předchůdce SI)



Obr. 1.14. Elastické vlastnosti různých vrstev hlasivek. Youngův modul pružnosti v závislosti na prodloužení hlasivek. E - epitel; L - ligament (vaz); M - TA sval (Kakita, Hirano, & Ohmaru, 1981).

# Ovládání frekvence hlasivek

Požadovanou frekvenci hlasivek lze dosáhnout různými kombinacemi aktivního a pasivního napětí hlasivek (tedy různým poměrem aktivit CT a TA svalu - Obr. 1.17).

Změna poměrů aktivního a pasivního hlasivek při stejné frekvenci však vede k různému tvaru kmitání hlasivek a výsledně pak k jiné barvě hlasu.

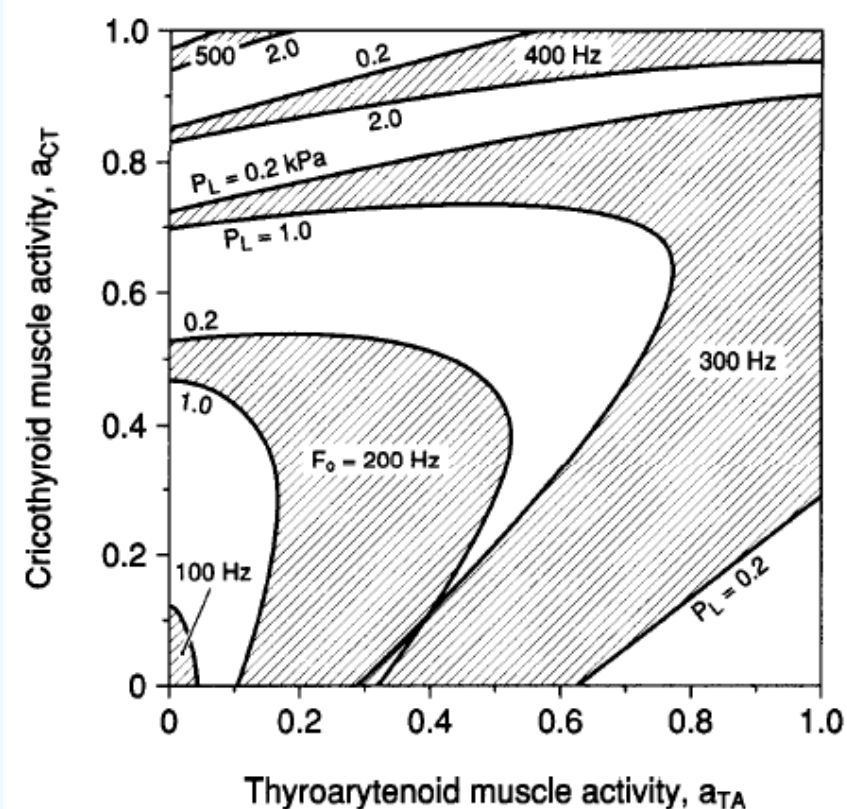
Tento jev je využíván při zpěvu a souvisí s tzv. hlasovými rejstříky.



I.R. Titze

Kromě napětí a délky je frekvence kmitání hlasivek závislá též na tlaku vzduchu v plicích (též na obr. 1.17).

Velice názorný a jednoduchý příklad ovlivňování frekvence plicním tlakem (náhlým zvýšením plicního tlaku důsledkem úderu do hrudníku) popsal van den Berg (1957):



Obr. 1.17. Graf aktivity CT a AT svalů s konstantními oblastmi  $F_0$  pro hlasivkový model tělo-obal pro dvě různé hodnoty tlaku plic  $P_L$ . Aktivita svalů je vyjádřena v relativních veličinách: 0 - žádná aktivita, 1 - maximální možná aktivita svalu (Titze, 1994).

Vyzkoušejte si sami, co se stane s frekvencí vašeho hlasu, když se při vyslovování samohlásky [a:] bouchnete do hrudníku.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost**

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# KONEC DÍLU



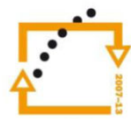
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost**

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Děkuji za pozornost