

# Poloha těžiště hlasivkové štěrbině v průběhu fonace

Ettler T.<sup>1</sup>, Nový P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Oddělení medicínské informatiky, KIV ZČU, Plzeň, ČR

## Úvod

Pro vyšetření kinematiky hlasivek je používán záznam z vysokorychlostní kamery (HSV), který umožňuje sledovat reálný pohyb hlasivek rozložený v čase. Pro posouzení kvality funkce hlasivek je vhodné ze záznamu získat co nejvíce parametrů. Proto bylo naším cílem rozšířit soubor těchto parametrů pro další analýzu a zpracování.

V tomto příspěvku se zabýváme výpočtem polohy těžiště plochy a obvodu hlasivkové štěrbině a jeho pohybem v průběhu fonace. Tyto parametry nejsou běžnou součástí souboru parametrů v komerčním software pro HSV.

## Metodika

Hlasivkovou štěrbinu je nejdříve nutné detekovat metodami segmentace obrazu ve všech snímcích videozáznamu. Pro kompenzaci možné změny polohy hlasivek během videosekvence jsou jako souřadný systém použity odhad osy symetrie hlasivek a její normála.

Parametry těžiště  $C_k$  hlasivkové štěrbině ve snímku  $k$  videosekvence pak jsou:

$D_x$  – vzdálenost těžiště od odhadu osy symetrie hlasivek

$D_y$  – vzdálenost těžiště od normály

Pro tyto parametry platí:

$$D_x = \frac{a x_c + b y_c + c}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad D_y = \frac{a_{norm} x_c + b_{norm} y_c + c_{norm}}{\sqrt{a_{norm}^2 + b_{norm}^2}},$$

kde  $x_c$  a  $y_c$  jsou souřadnice těžiště hlasivkové štěrbině vypočítané podle jeho typu:

1) těžiště plochy štěrbině  $S_k$ :  $x_c^{(s)} = \frac{1}{A_k} \sum_{x_s \in S_k} \sum_{y_s \in S_k} x_s, \quad y_c^{(s)} = \frac{1}{A_k} \sum_{x_s \in S_k} \sum_{y_s \in S_k} y_s,$

2) těžiště hranice  $H_k$  štěrbině  $S_k$ :  $x_c^{(H)} = \frac{1}{L_k} \sum_{x_H \in H_k} \sum_{y_H \in H_k} x_H, \quad y_c^{(H)} = \frac{1}{L_k} \sum_{x_H \in H_k} \sum_{y_H \in H_k} y_H.$

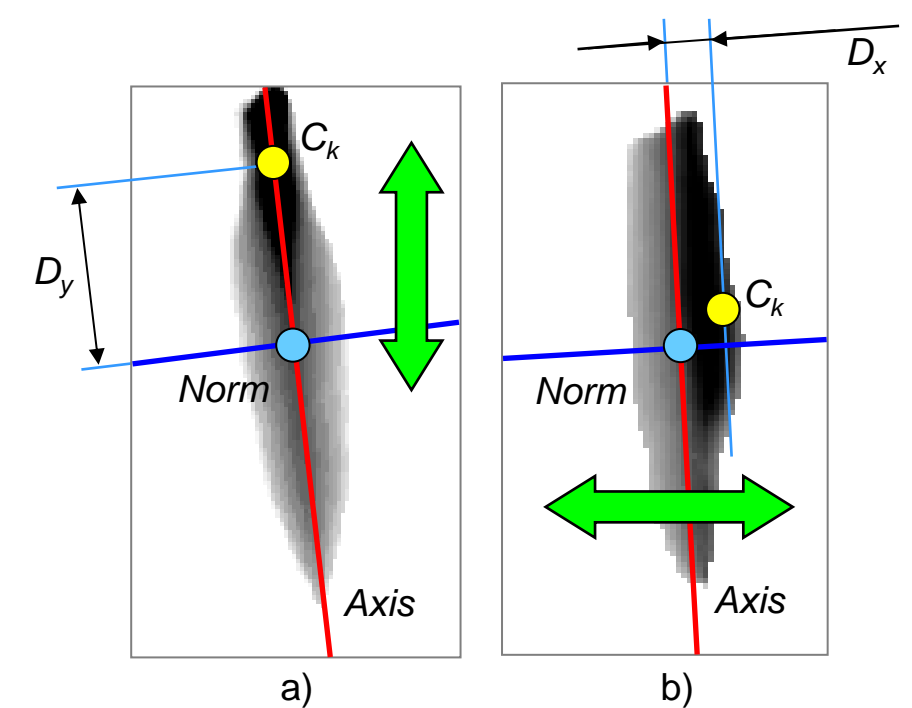
Pro použité vztahy platí:

$A_k$  ... plocha segmentované hlasivkové štěrbině [ $\rho x$ ]

$x_s, y_s$  ... souřadnice obrazového bodu  $\in S_k$

$L_k$  ... délka hranice segmentované hlasivkové štěrbině [ $\rho x$ ]

$x_H, y_H$  ... souřadnice obrazového bodu  $\in H_k$ .



Principiální schéma vývoje parametrů těžiště  $D_x$  a  $D_y$  během jednoho kmitu hlasivek  
a) symetrická hlasivková štěrbinu  
b) nesymetrická hlasivková štěrbinu

## Výsledky

Extrakce parametrů byla provedena na cca 400 videozáznamech vyšetření pomocí HSV. Na základě získaných poznatků je možné odvodit parametry symetrie hlasivek podle polohy těžiště plochy a detekované vnitřní hranice hlasivkové štěrbině. Jako příklad uvádíme grafické zobrazení některých kazuistik vývoje polohy těžiště pro symetrické a nesymetrické hlasivky.

symetrická hlasivka

Dg.: non

žena (ID 415)

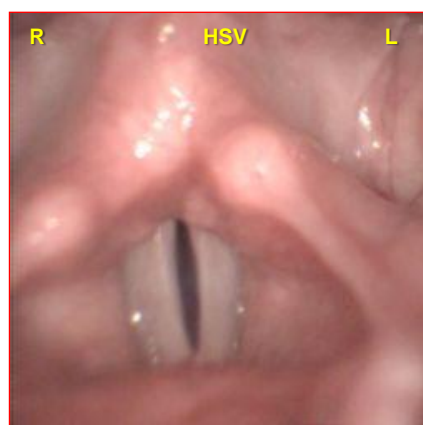
20 let

MIC-HSV:

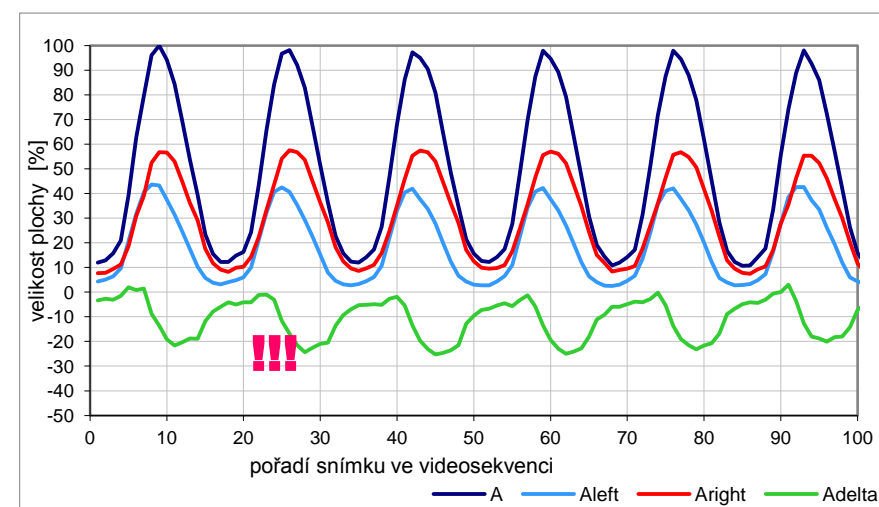
SPL<sub>min</sub> = 64 dB

SPL<sub>max</sub> = 83 dB

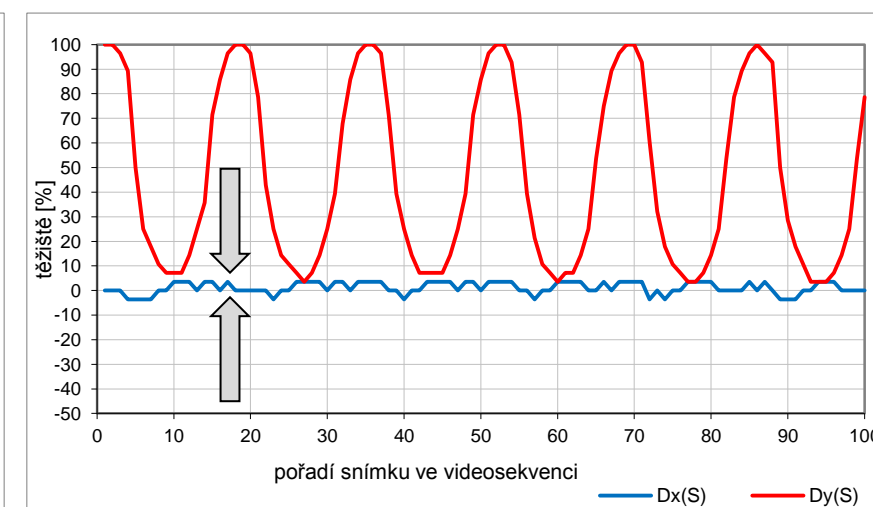
F<sub>0</sub> = 236 Hz



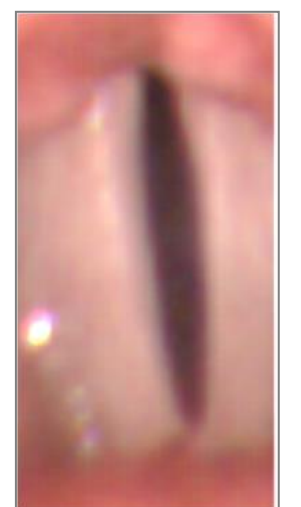
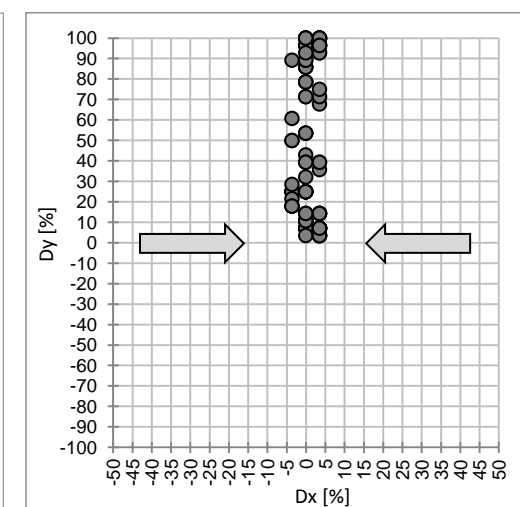
plocha  $A_k$  štěrbině  $S_k$



poloha těžiště plochy štěrbině  $S_k$



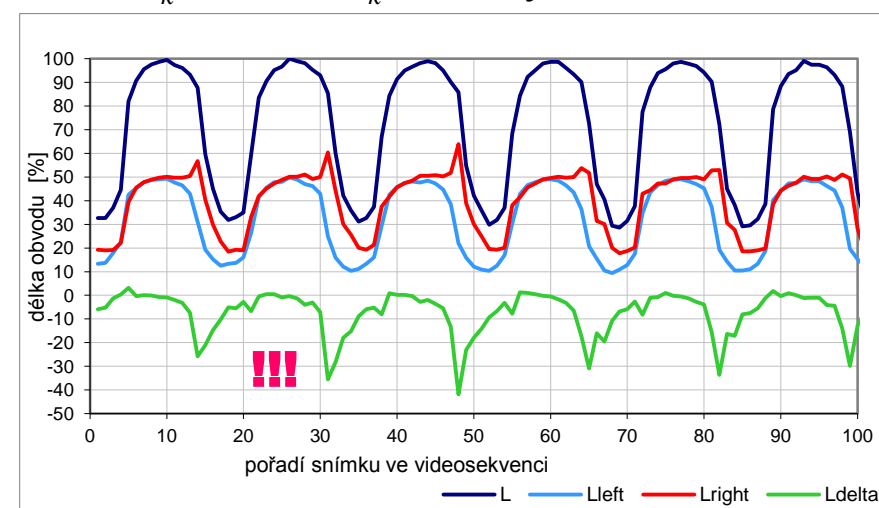
vývoj těžiště plochy  $D_S$



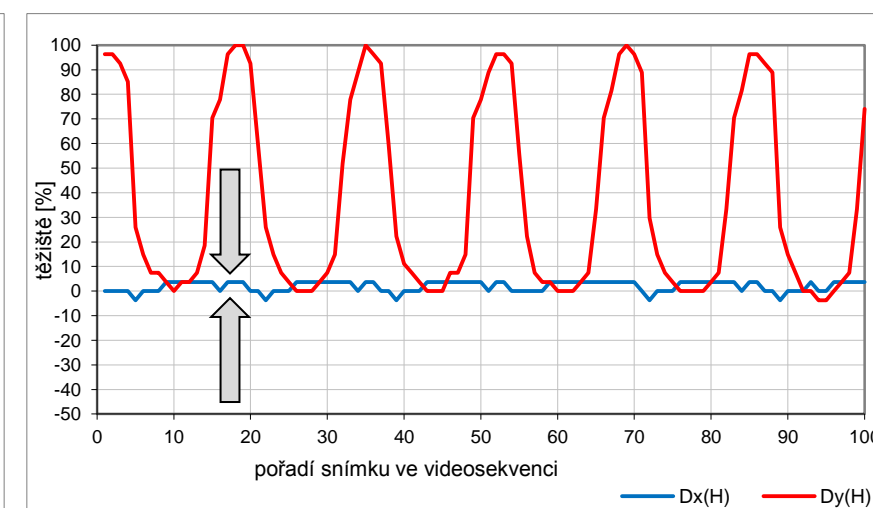
komentář:

- zdravá hlasivka
- samotná analýza plochy  $A_k$  však ukazuje na nesymetrii, viz parametr  $A_{delta}$
- podobně analýza délky hranice  $L_k$  ukazuje na nesymetrii, viz parametr  $L_{delta}$
- vývoj polohy těžiště plochy a obvodu štěrbině ve směru normály, tj.  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$  ale vykazuje chování zdravé-symetrické hlasivky, tj. maximální pohyb těžiště ve směru osy hlasivky  $D_y(S)$  a  $D_y(H)$  a minimální pohyb ve směru normály  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$
- rozdíl v poloze těžiště plochy  $D_S$  a obvodu  $D_H$  štěrbině během fonace je minimální

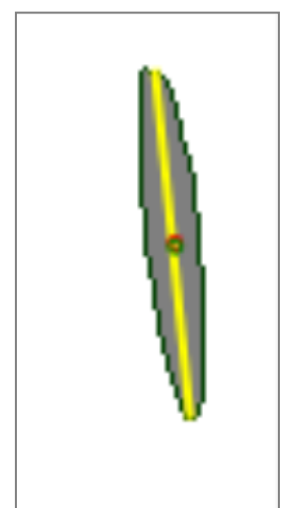
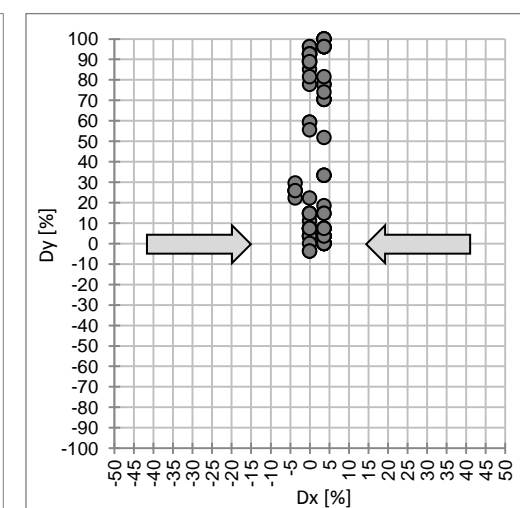
délka  $L_k$  hranice  $H_k$  štěrbině



poloha těžiště hranice  $H_k$  štěrbině



vývoj těžiště hranice  $D_H$





# Poloha těžiště hlasivkové štěrbiny v průběhu fonace

Ettler T.<sup>1</sup>, Nový P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Oddělení medicínské informatiky, KIV ZČU, Plzeň, ČR

## Výsledky

### nesymetrická hlasivka

Dg.: **karcinom** vlevo

muž (ID 470)

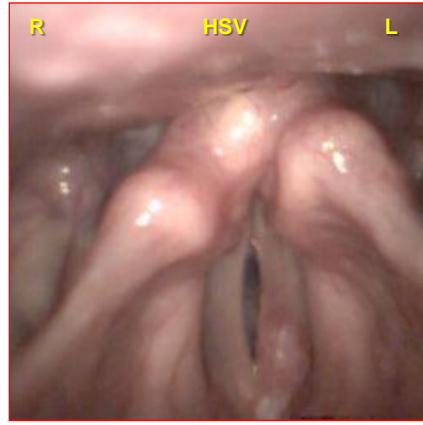
82 let

MIC-HSV:

SPL<sub>min</sub> = 77 dB

SPL<sub>max</sub> = 81 dB

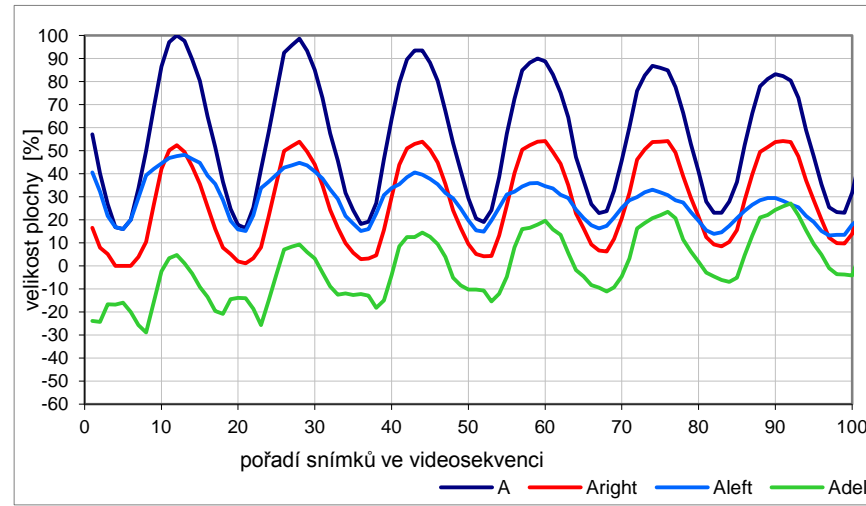
F<sub>0</sub> = 298 Hz



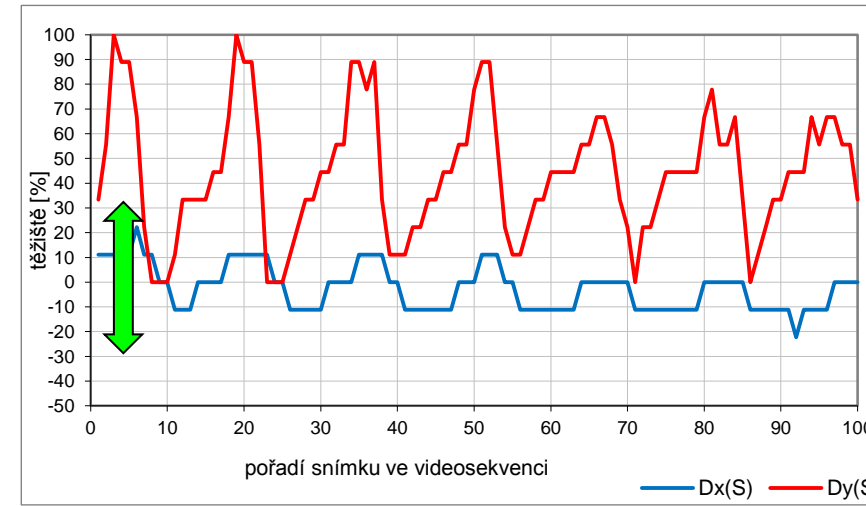
### komentář:

- nesymetrická hlasivka, omezení pohybu hlasivky vlevo
- analýza plochy  $A_k$  a délky hranice  $L_k$  ukazuje na nesymetrii, viz parametry  $A_{del}$  a  $L_{del}$
- vývoj polohy těžiště plochy a obvodu štěrbiny ve směru normály, tj.  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$  potvrzuje dynamiku nesymetrické hlasivky, tj. pohyb těžiště ve směru osy symetrie  $D_y(S)$  a  $D_y(H)$  je doplněn významným pohybem těžiště ve směru normály  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$
- zvětšuje se rozdíl ve vzájemné poloze těžiště plochy  $D_S$  a obvodu  $D_H$  štěrbiny během fonace

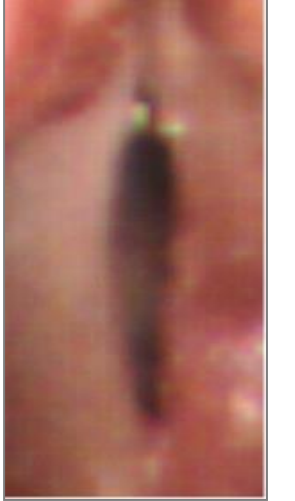
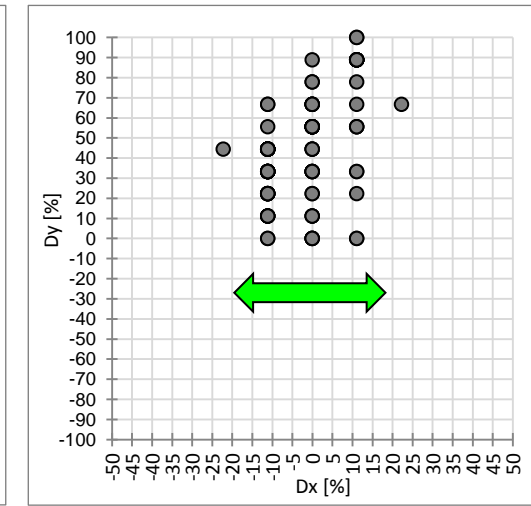
plocha  $A_k$  štěrbiny  $S_k$



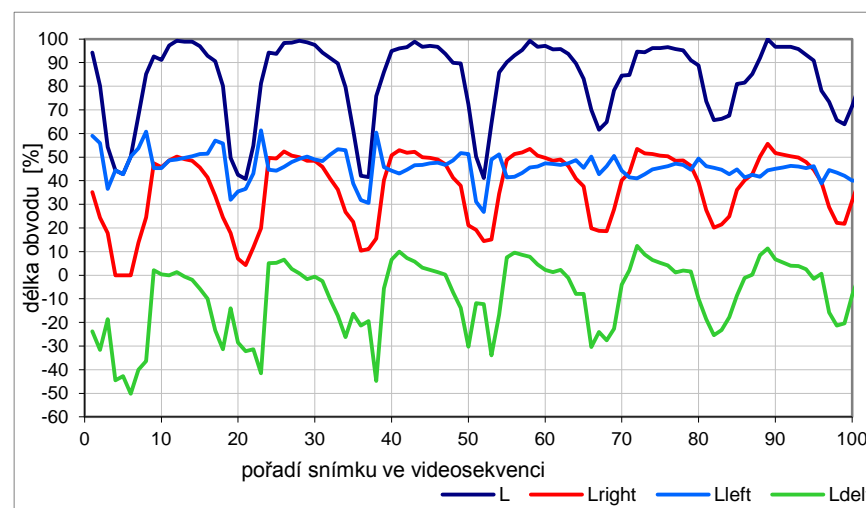
poloha těžiště plochy štěrbiny  $S_k$



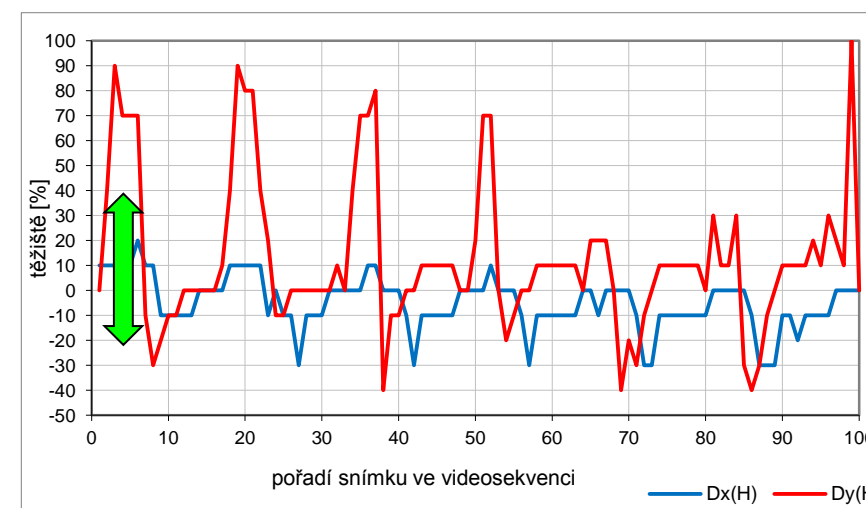
vývoj těžiště plochy  $D_S$



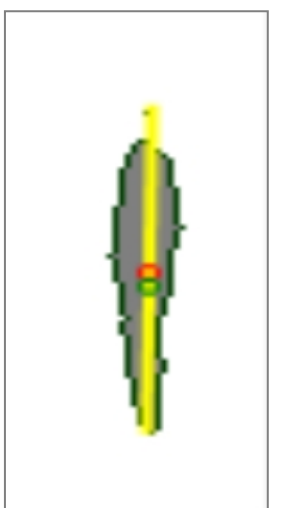
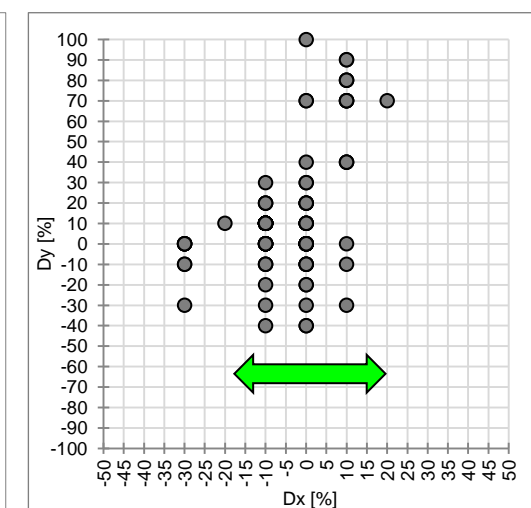
délka  $L_k$  hranice  $H_k$  štěrbiny



poloha těžiště hranice  $H_k$  štěrbiny



vývoj těžiště hranice  $D_H$



### nesymetrická hlasivka

Dg.: **chordectomie**

vlevo

žena (ID 337)

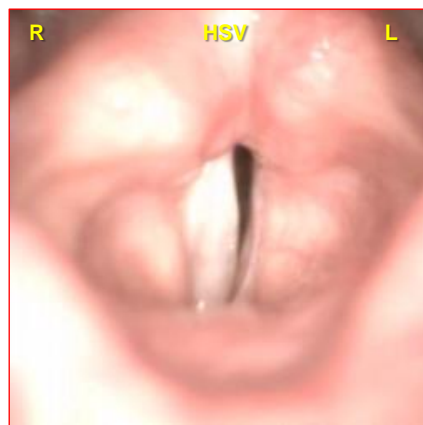
57 let

MIC-HSV:

SPL<sub>min</sub> = 74 dB

SPL<sub>max</sub> = 84 dB

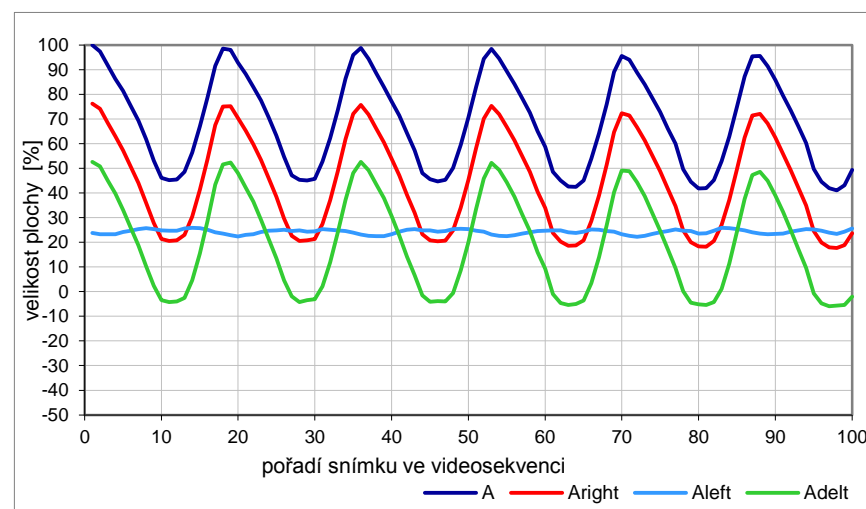
F<sub>0</sub> = 230 Hz



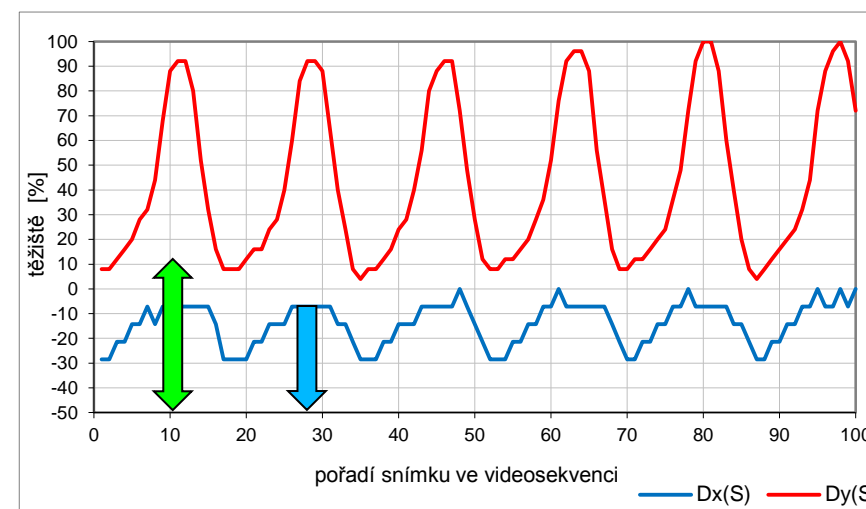
### komentář:

- nesymetrická hlasivka, stav po vytěžení hlasivky
- analýza plochy  $A_k$  a délky hranice  $L_k$  ukazuje na nesymetrii, viz parametry  $A_{del}$  a  $L_{del}$ , levá část hlasivky se nepohybuje
- vývoj polohy těžiště plochy a obvodu štěrbiny ve směru normály, tj.  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$  potvrzují dynamiku nesymetrické hlasivky, pohyb těžiště ve směru osy symetrie  $D_y(S)$  a  $D_y(H)$  je doplněn jednostranným pohybem těžiště ve směru normály  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$
- protože se levá část hlasivky nepohybuje, je rozdíl ve vzájemné poloze těžiště plochy  $D_S$  a obvodu  $D_H$  ve směru normály štěrbiny během fonace minimální

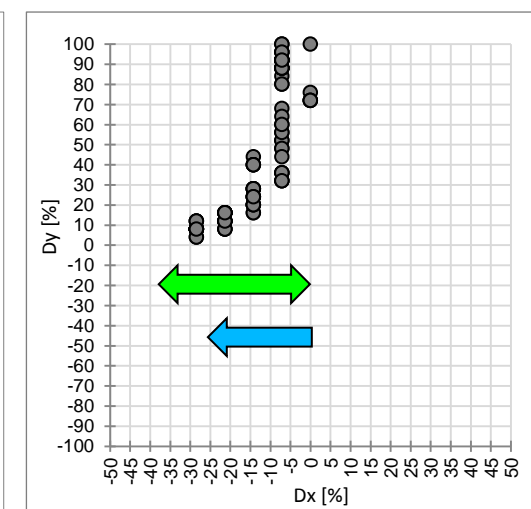
plocha  $A_k$  štěrbiny  $S_k$



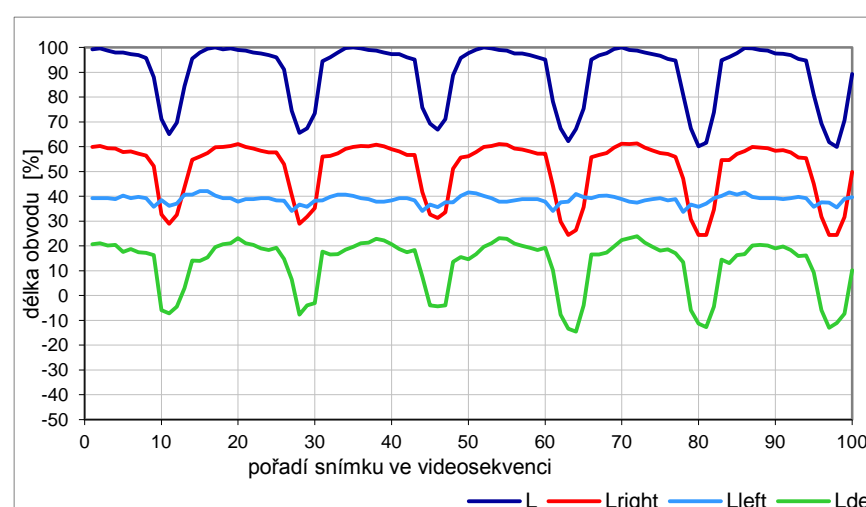
poloha těžiště plochy štěrbiny  $S_k$



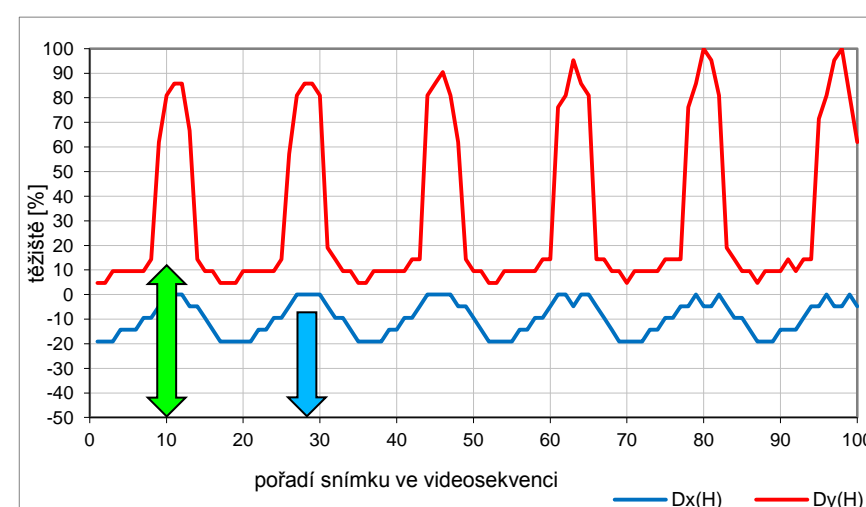
vývoj těžiště plochy  $D_S$



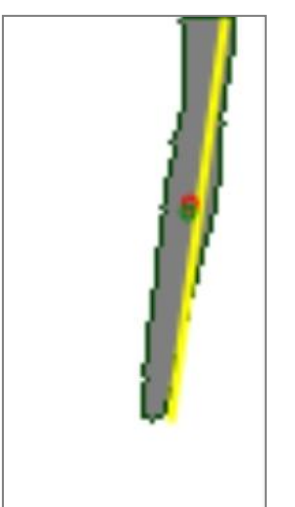
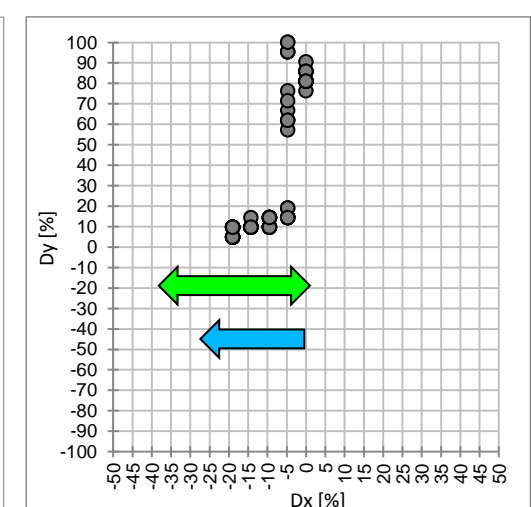
délka  $L_k$  hranice  $H_k$  štěrbiny



poloha těžiště hranice  $H_k$  štěrbiny



vývoj těžiště hranice  $D_H$



### nesymetrická hlasivka

Dg.: **paréza** vlevo

žena (ID 343)

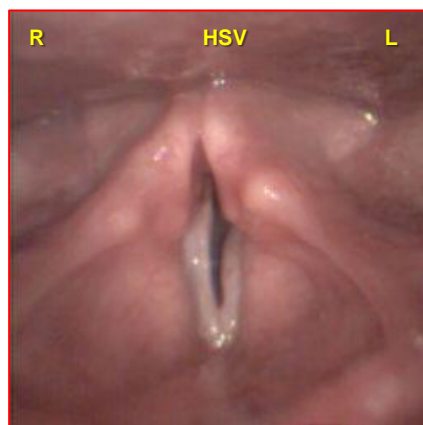
29 let

MIC-HSV:

SPL<sub>min</sub> = 53 dB

SPL<sub>max</sub> = 78 dB

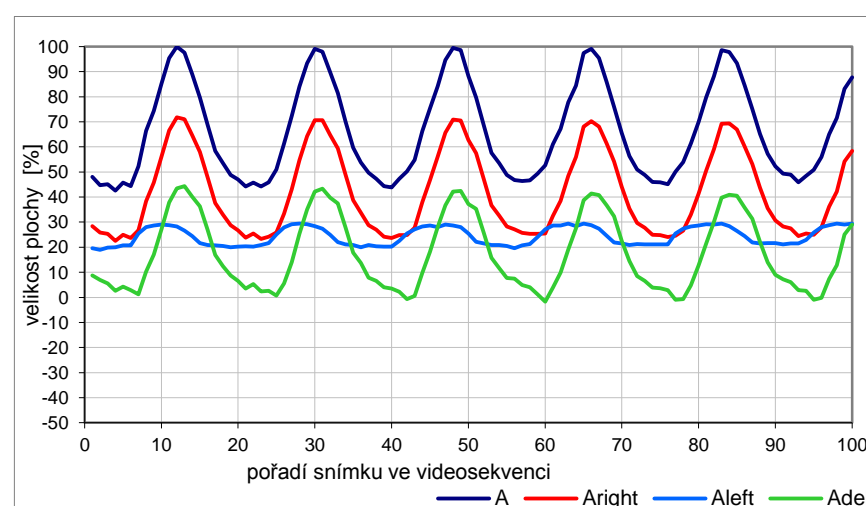
F<sub>0</sub> = 240 Hz



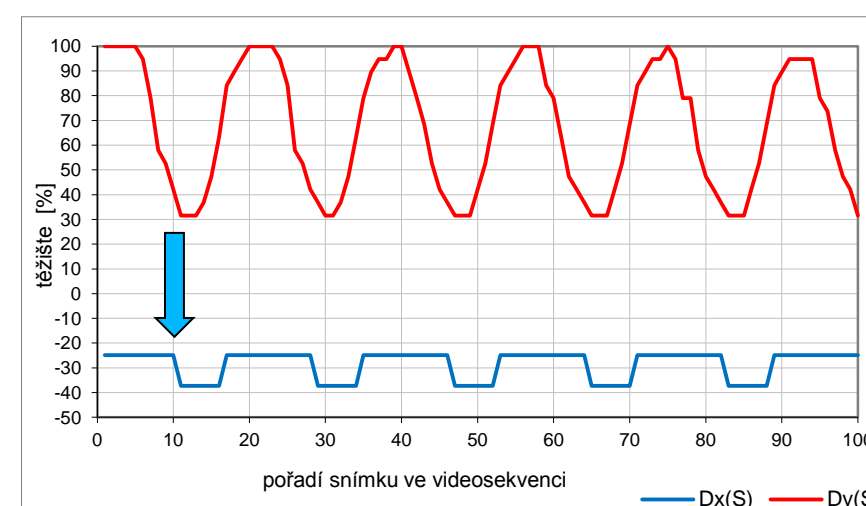
### komentář:

- nesymetrická hlasivka
- analýza plochy  $A_k$  ukazuje na nesymetrii, viz parametr  $A_{del}$
- analýza délky hranice  $L_k$  ukazuje na nesymetrii, viz parametr  $L_{del}$
- vývoj polohy těžiště plochy a obvodu štěrbiny ve směru normály, tj.  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$  potvrzují nesymetrii v dynamice hlasivky, tj. těžiště ve směru normály  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$  je systematicky vychýleno v jednom směru
- rozdíl ve vzájemné poloze těžiště plochy  $D_S$  a obvodu  $D_H$  štěrbiny během fonace je minimální

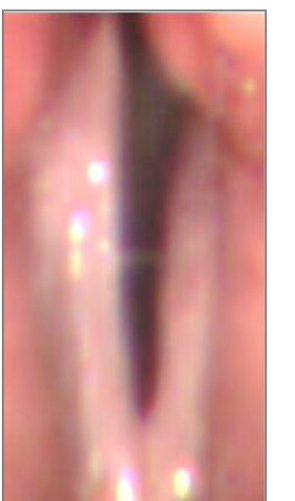
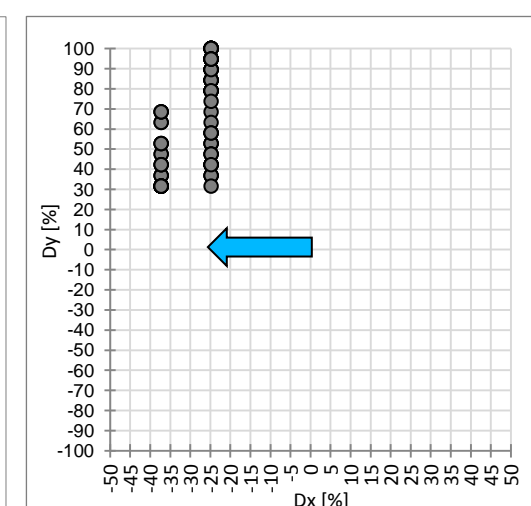
plocha  $A_k$  štěrbiny  $S_k$



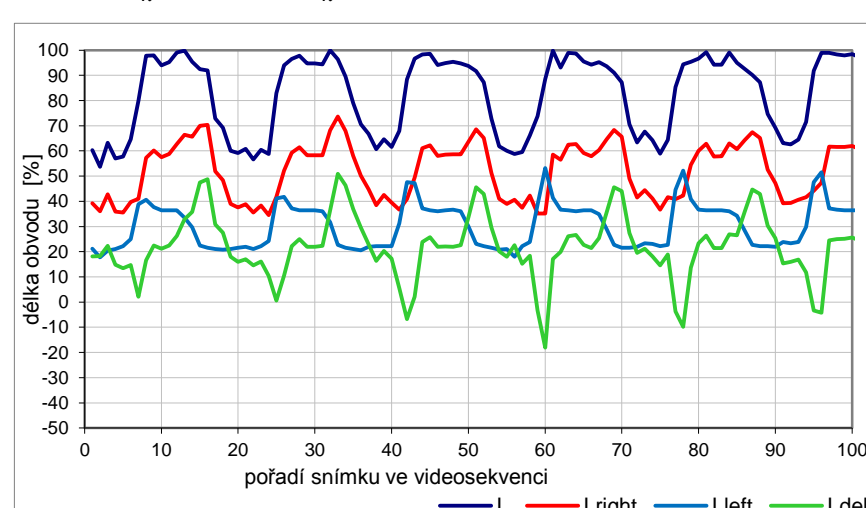
poloha těžiště plochy štěrbiny  $S_k$



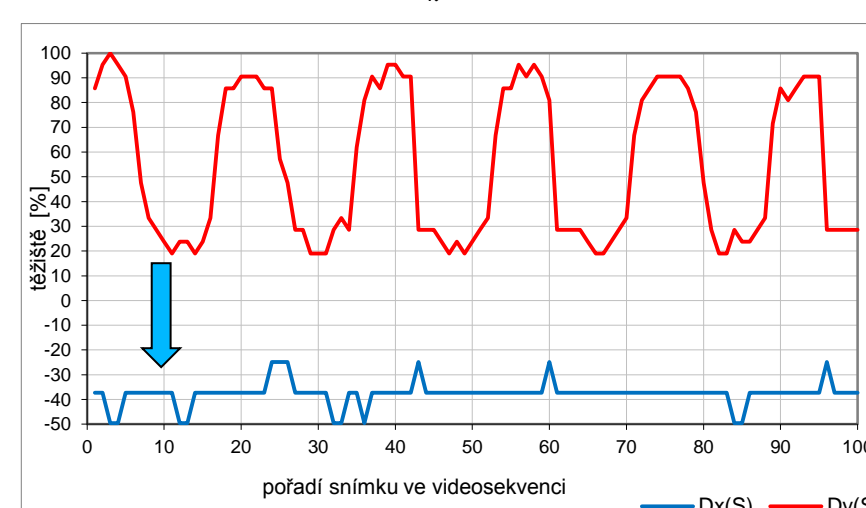
vývoj těžiště plochy  $D_S$



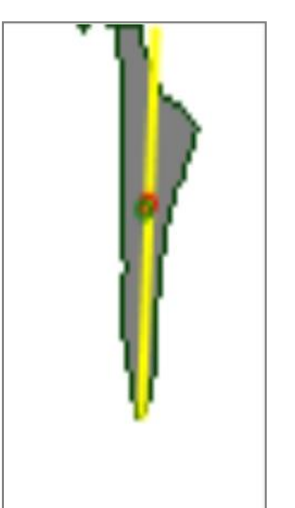
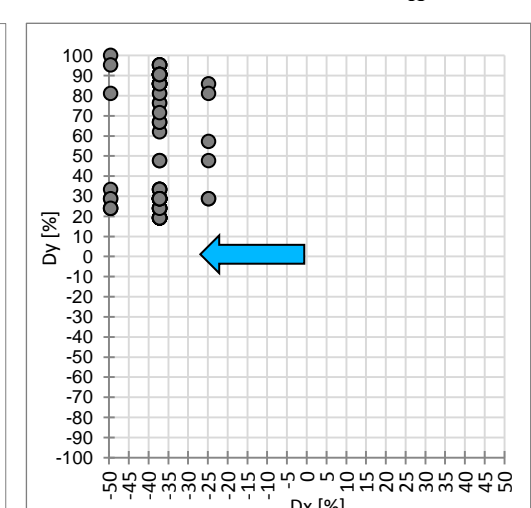
délka  $L_k$  hranice  $H_k$  štěrbiny



poloha těžiště hranice  $H_k$  štěrbiny



vývoj těžiště hranice  $D_H$





# Poloha těžiště hlasivkové štěrbině v průběhu fonace

Ettler T.<sup>1</sup>, Nový P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Oddělení medicínské informatiky, KIV ZČU, Plzeň, ČR

## Výsledky

### nesymetrická hlasivka

Dg.: **uzlík** vpravo

žena (ID 431)

48 let

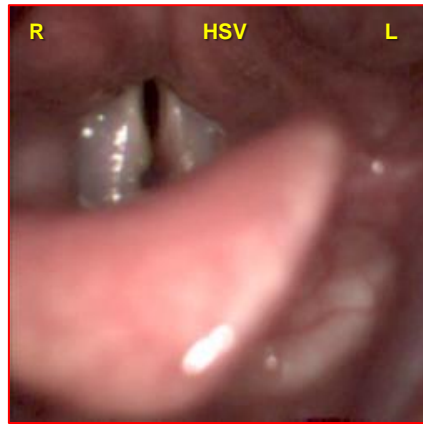
stav **před** zákrokem

MIC-HSV:

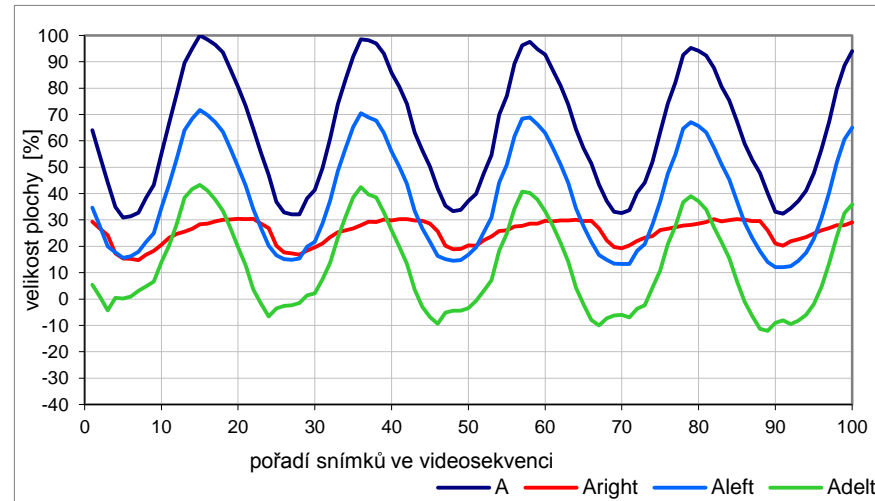
SPL<sub>min</sub> = 78 dB

SPL<sub>max</sub> = 87 dB

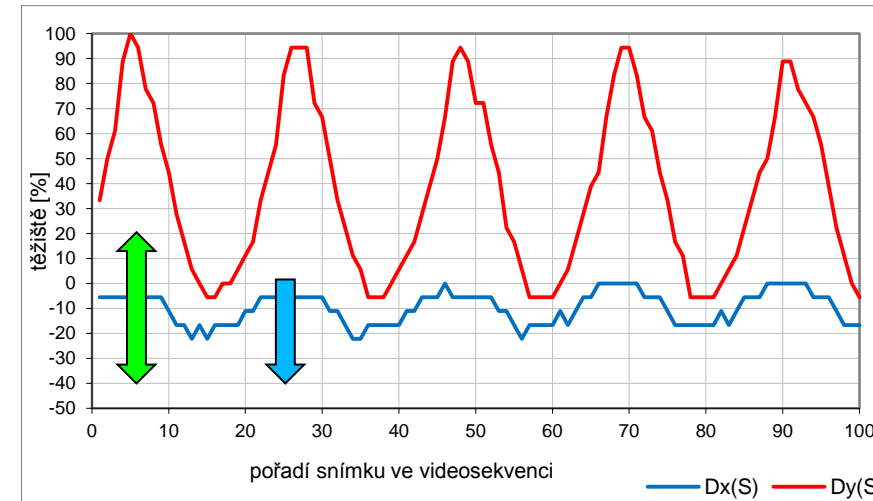
F<sub>0</sub> = 192 Hz



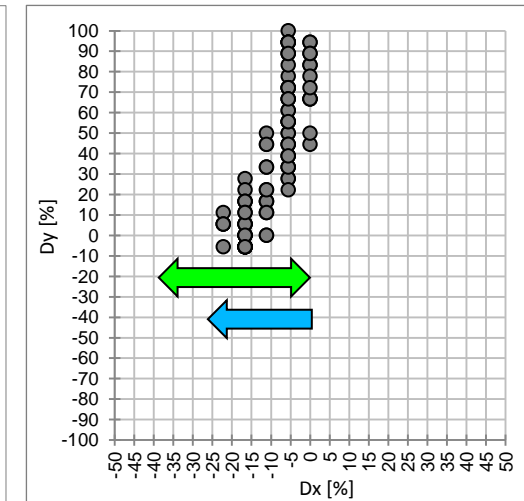
plocha  $A_k$  štěrbině  $S_k$



poloha těžiště plochy štěrbině  $S_k$



vývoj těžiště plochy  $D_S$



### komentář:

- nesymetrická hlasivka
- analýza plochy  $A_k$  a délky hranice  $L_k$  ukazuje na výrazné omezení pohybu pravé hlasivky a nesymetrii vpravo, viz parametry  $A_{delt}$ ,  $A_{right}$  a  $L_{delt}$ ,  $L_{right}$
- poloha těžiště plochy a obvodu štěrbině ve směru normály, tj.  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$  potvrzuje závěry z analýzy plochy a délky hranice štěrbině, tj. pohyb těžiště ve směru osy symetrie  $D_y(S)$  a  $D_y(H)$  je doplněn významným pohybem těžiště ve směru normály  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$
- došlo k vychýlení polohy těžiště  $D_S$  a  $D_H$  vpravo od osy hlasivek

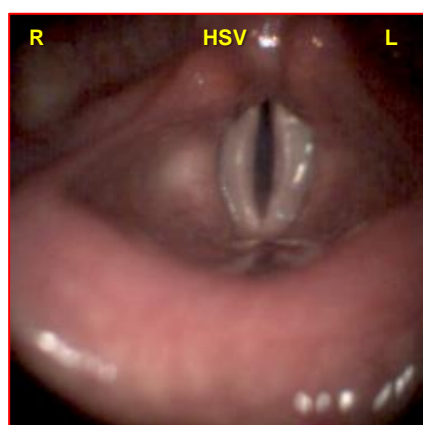
### stav po zákroku

MIC-HSV:

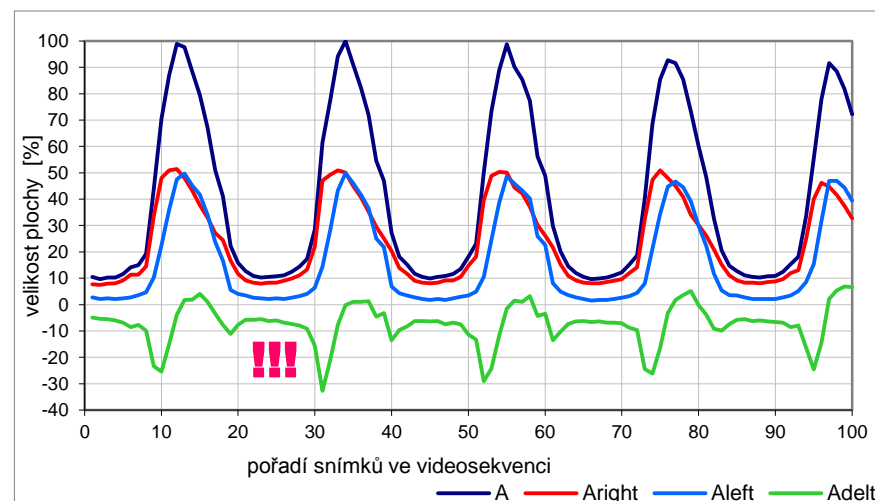
SPL<sub>min</sub> = 82 dB

SPL<sub>max</sub> = 84 dB

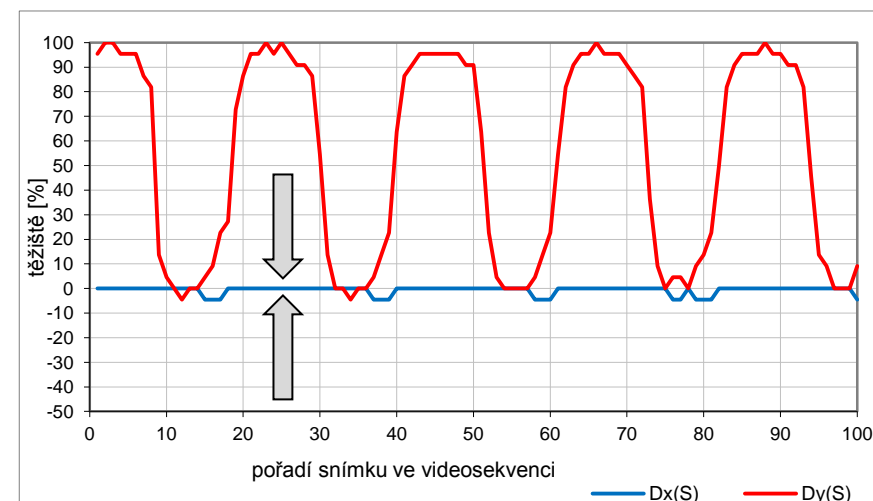
F<sub>0</sub> = 191 Hz



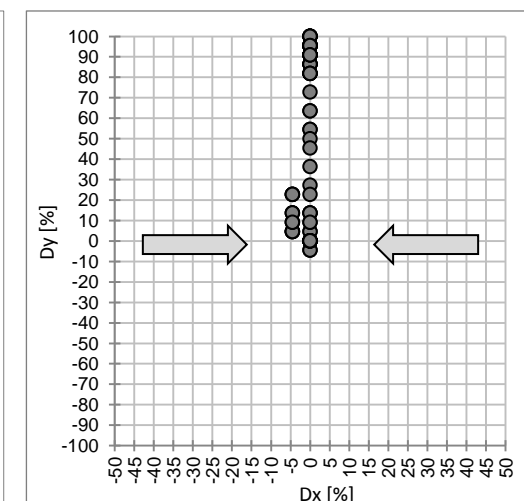
plocha  $A_k$  štěrbině  $S_k$



poloha těžiště plochy štěrbině  $S_k$



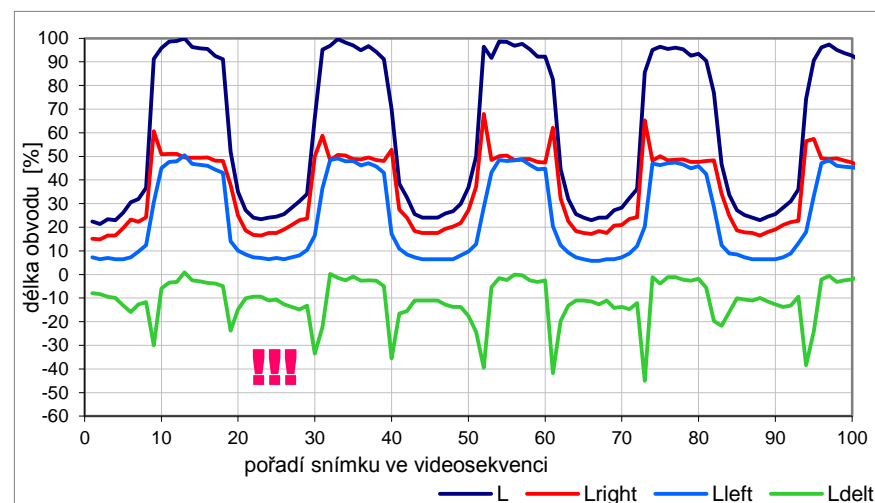
vývoj těžiště plochy  $D_S$



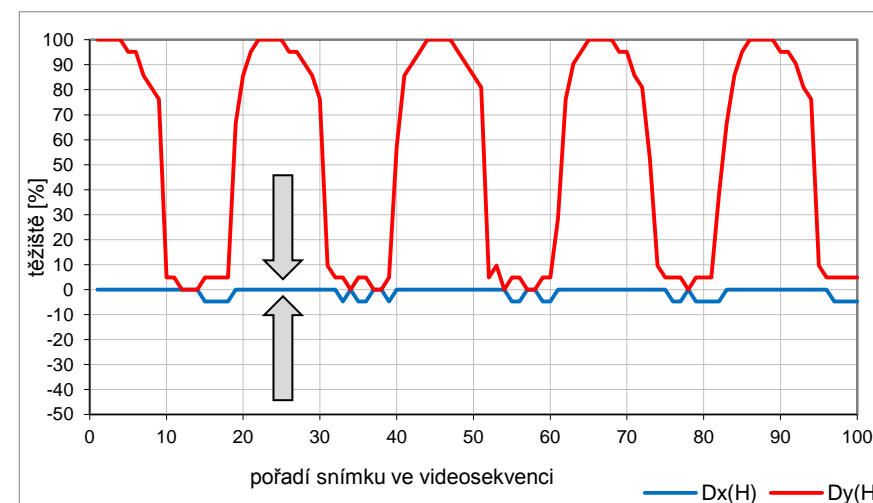
### komentář:

- stav po mikrochirurgickém zákroku (52 dnů)
- analýza plochy  $A_k$  a délky hranice  $L_k$  dále vykazuje nesymetrii, viz hodnoty parametrů  $A_{delt}$  a  $L_{delt}$ , i když se již pravá hlasivka pohybuje, viz  $A_{right}$  a  $L_{right}$
- vývoj polohy těžiště plochy a obvodu štěrbině ve směru normály, tj.  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$  potvrzuje zlepšení dynamiky hlasivek, pohyb těžiště ve směru osy symetrie hlasivky  $D_y(S)$  a  $D_y(H)$  je výrazný, pohyb těžiště ve směru normály  $D_x(S)$  a  $D_x(H)$  je naopak minimální
- obě těžiště se pohybují po ose symetrie hlasivek s minimální vzdáleností

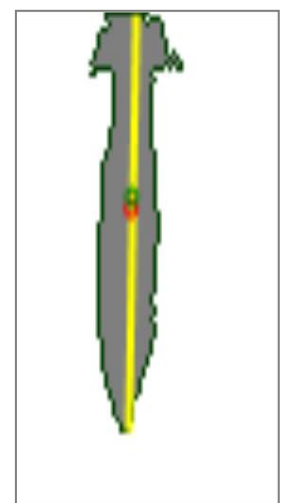
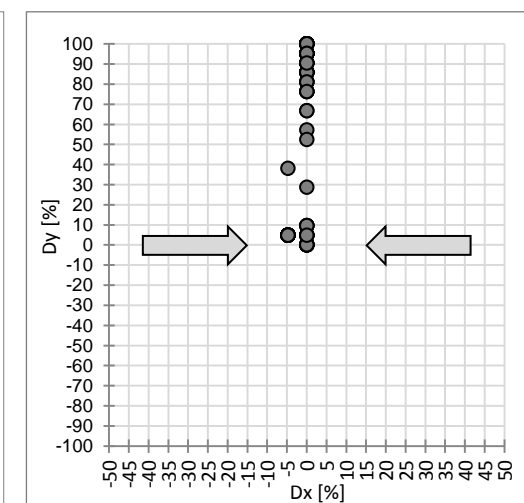
délka  $L_k$  hranice  $H_k$  štěrbině



poloha těžiště hranice  $H_k$  štěrbině



vývoj těžiště hranice  $D_H$



## Závěr

Význam nově zavedených parametrů těžiště plochy  $D_S$  a obvodové čáry  $D_H$  hlasivkové štěrbině lze podle dosavadních výsledků shrnout a porovnat s parametry plochy  $A_k$  a obvodu  $L_k$  následujícím způsobem:

|                         | plocha $A_k$ , obvod $L_k$ | pohyb $D_x$ a $D_y$ těžiště                                 | popis  |
|-------------------------|----------------------------|---|--|
| • symetrická hlasivka   | symetrie                   | $D_x \rightarrow \min$ , $D_y \rightarrow \max$             | parametry se shodují                               |
| • symetrická hlasivka   | nesymetrie                 | $D_x \rightarrow \min$ , $D_y \rightarrow \max$             | parametry těžiště potvrzují symetrii               |
| • nesymetrická hlasivka | nesymetrie                 | $D_x \rightarrow \max$ , $D_y \rightarrow \max$             | zvýrazní se pohyb těžiště ve směru normály         |
| • nesymetrická hlasivka | nesymetrie                 | $D_x \rightarrow \text{vychýlení}$ , $D_y \rightarrow \max$ | dochází k jednostrannému vychýlení od osy symetrie |

Spolehlivost a přesnost parametrů plochy obvodu a těžiště jsou závislé na kvalitě videozáznamu HSV, tj. na velikosti detailu hlasivek a úhlu, pod kterým jsou hlasivky snímány.

## Poděkování:

Na tomto místě si dovoluujeme poděkovat Ing. Jiřímu Peštovi, CSc. a MUDr. Monice Vohlídkové, specialistům ORL kliniky FN Plzeň, za dlouholetou spolupráci, cenné připomínky a rady a poskytnutí anonymizovaných dat z databáze vysokorychlostní kamery.

Tato práce byla podpořena MŠMT ČR z projektu specifického vysokoškolského výzkumu **SGS-2016-018** Datové a softwarové inženýrství pro komplexní aplikace.