

Klinická foniatrie

spolupráce s ORL klinikou FN Plzeň

Doc. MUDr. Jaroslav Slípka, CSc.

Ing. Jiří Pešta, CSc.

MUDr. Monika Vohlídková

Doc. Ing. František Vávra, CSc.

Ing. Pavel Nový, Ph.D.

Ing. Tomáš Ettler

Ing. Lukáš Kroupa



LÉKAŘSKÁ FAKULTA V PLZNI
UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE



Klinická foniatrie

metody funkční diagnostiky hlasivek

Chraptivost je jedním z příznaků onemocnění hrtanu a fonačního ústrojí a na různém stupni se s ním setkáváme v případech:

- zánětu hrtanu,
- **hlasových uzlíků**,
- **polypů**,
- edémů,
- nádorových onemocnění,

Fyzikální podstatou vzniku **chrapotu** je nesprávný závěr glottis a nepravidelnost kmitů hlasivek. Tento jev může být vyvolán zejména změnou fyzikálního mechanismu tvorby hlasu.

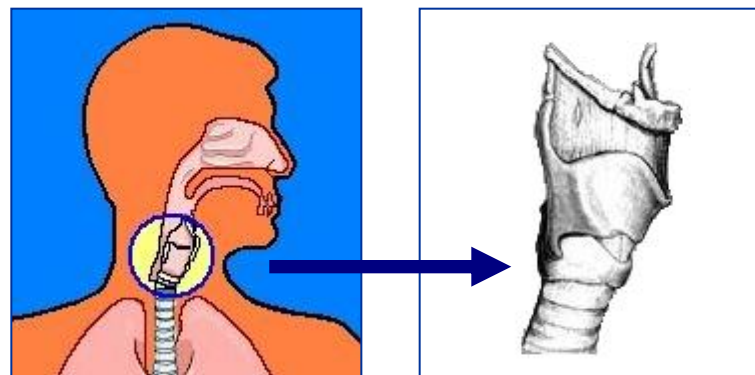
Klinická foniatrie

metody funkční diagnostiky hlasivek

- kvalita závěru glottis !!!
- vysokorychlostní kamera,
- videokymografie
- aerodynamická vyšetření
- multidimenzionální analýza
- analýza signálu při fonaci vokálu „a“
 - vyšetření hlasového pole
 - analýza jednoho kmitu hlasivek
 - zátěžové testy
 - dlouhodobá fonace
 - nestandardní kmit



směr pohledu optikou



Klinická foniatrie

funkční diagnostika hlasivek

vyšetření hlasového pole (VRP)

(Voice–Range Profile)

- | | |
|---|--------------------------------|
| ■ frekvenční rozsah hlasu, F0 [Hz] | ... Fundamental Frequency |
| ■ dynamický rozsah hlasu, SPL [dB] | ... Sound Pressure Level |
| ■ měření <i>zpěvního</i> rozsahu hlasu | ... vokály <u>a</u> , <u>e</u> |
| ■ měření <i>mluvního</i> rozsahu hlasu | ... čtení standardního textu |

aplikace vyšetření hlasového pole lze rozdělit do několika oblastí:

- stanovení frekvenčního a dynamického rozsahu školených hlasů
- nástroj pro trénování přechodů mezi hlasovými rejstříky
- logopedie
- zátěžové testy hlasového ústrojí
- funkční diagnostika onemocnění hlasového ústrojí, spec. **chraptivosti** hlasu
- sledování vývoje funkce hlasového ústrojí po provedeném chirurgickém zákroku

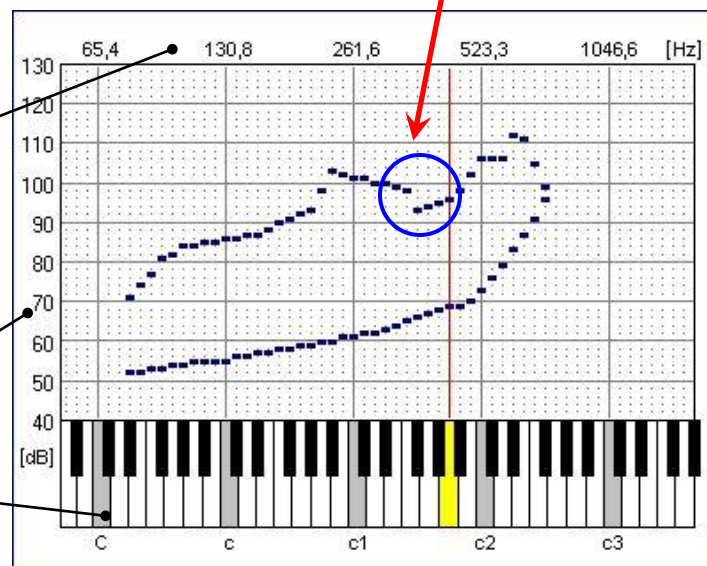
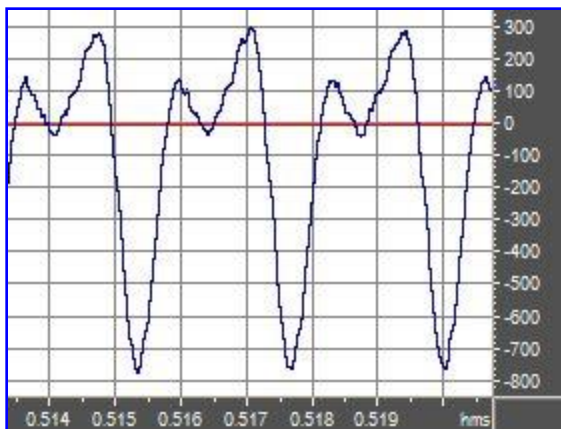
Klinická foniatrie

hlasové pole – popis

F0 [Hz] ... základní hlasová frekvence
terminologicky ve foniatrii odpovídá výšce hlasu, tj. frekvenci, jakou **kmitají hlasivky**
Z hlediska zpracování signálů, viz **ACF**, je to opakovací frekvence hlasového signálu.

SPL [dB] ... intenzita hlasu
terminologicky ve foniatrii odpovídá hlasitosti.

Referenční stupnice rovnoměrně temperovaného dvanáctistupňového ladění. Je zdrojem referenčního tónu.



Oblast lokálního minima, které je způsobeno přechodem mezi tzv. prsním (a středním) rejstříkem a rejstříkem hlavovým „falsetto“.

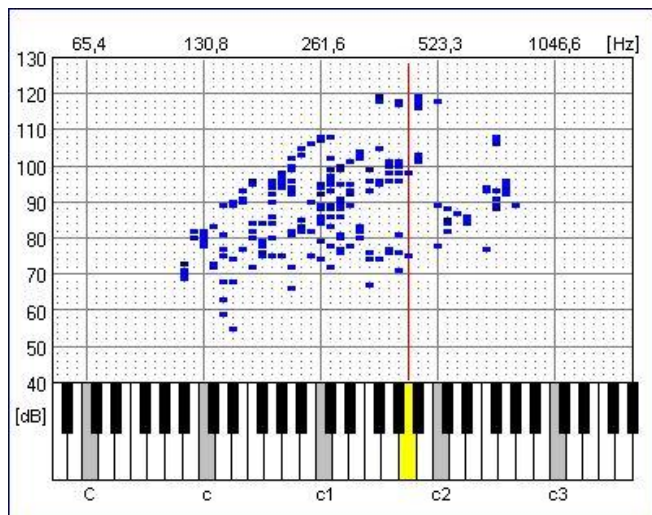
Hlasové pole /muž/ : zpěvní rozsah hlasu pro vokál „a“, příklad běžného fonetogramu - zobrazení minimálních a maximálních naměřených hodnot .

Hlasové pole je reprezentováno maticí **VR** ; hodnota prvku $r_{i,j}$ matice **VR** je četností výskytu dvojice **[SPL_i, f_j]** během realizovaného vyšetření pacienta, kde **SPL_i** je intenzita hlasu v [dB] při frekvenci hlasu **f_j** v [Hz].

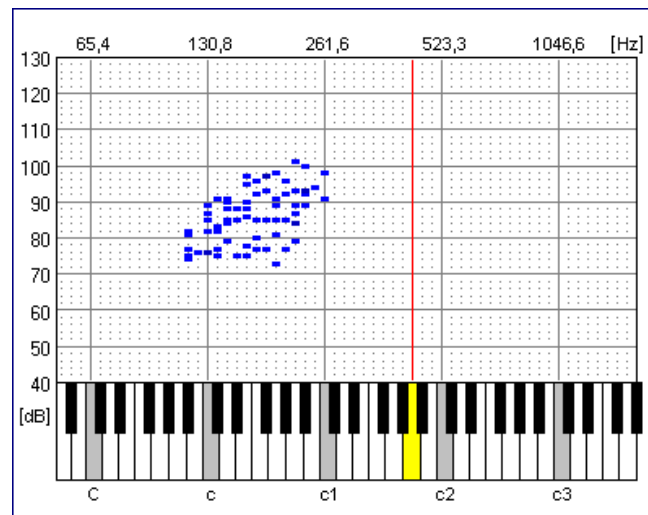
Záznam vokálu „a“
hlasová frekvence $F_0 = 440$ Hz,
tj. „a1“ ... **komorní A** .

Klinická foniatrie

hlasové pole – příklady



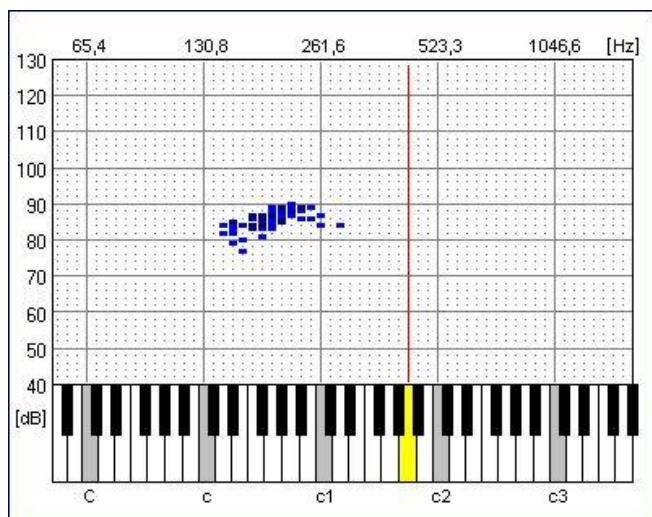
Hlasové pole /žena/ : zpěvní rozsah hlasu pro vokál „a“, min/max intenzita, min/max dosažitelná výška hlasu.



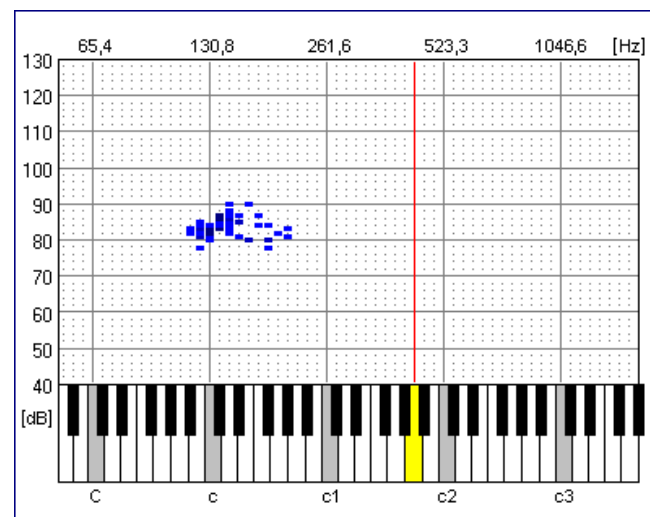
Hlasové pole /muž/ : zpěvní rozsah hlasu pro vokál „a“, Dg.: polyp na hlasivkách.

Klinická foniatrie

hlasové pole – příklady



Hlasové pole /žena/ : *mluvní* rozsah hlasu při čtení standardního textu.



Hlasové pole /muž/ : *mluvní* rozsah hlasu, Dg.: polyp na hlasivkách.

Klinická foniatrie

multidimenzionální analýza (MDVA)

(Multi-Dimensional Voice Analysis)

funkční akustická vyšetřovací metoda

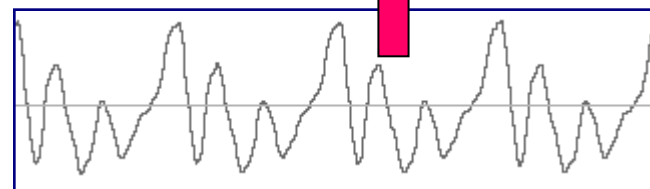
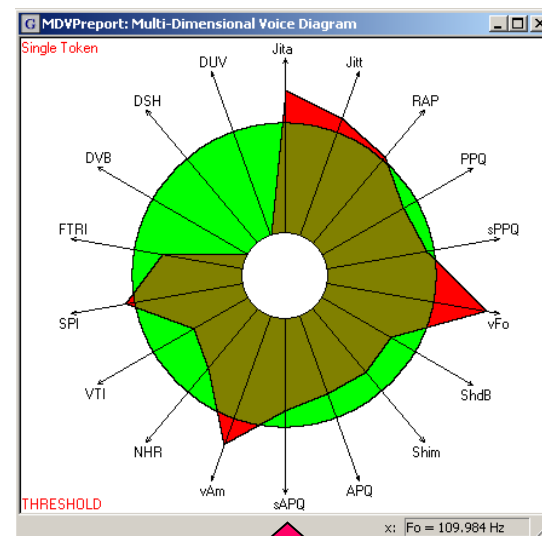
■ kvalitativní parametry

- stupeň subharmonických DSH
- stupeň neznělých úseků DUV
- tremor ATRI
- frekvenční kolísání Jita, Jitt
- šumové parametry SPI, VTI
- amplitudové kolísání ShdB, Shim

■ měření *zpěvního* rozsahu hlasu ... vokál a

■ příklad aplikace

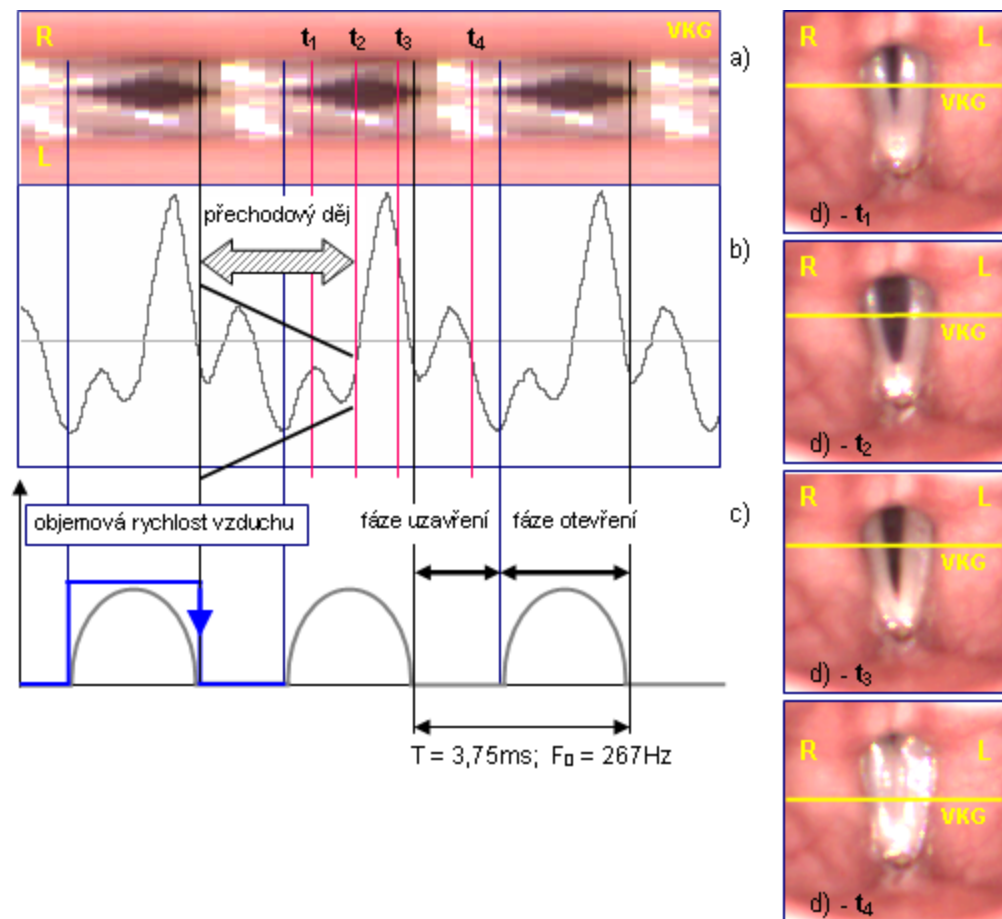
- ... vyšetření před chirurgickým zákrokem
- ... vyšetření 2 týdny po zákroku
- ... vyšetření 1 měsíc po zákroku
- ... vyšetření 6 měsíců po zákroku
- ... vyšetření 12 měsíců po zákroku



Klinická foniatrie

funkční diagnostika hlasivek

analýza jednoho kmitu hlasivek (SCORE)

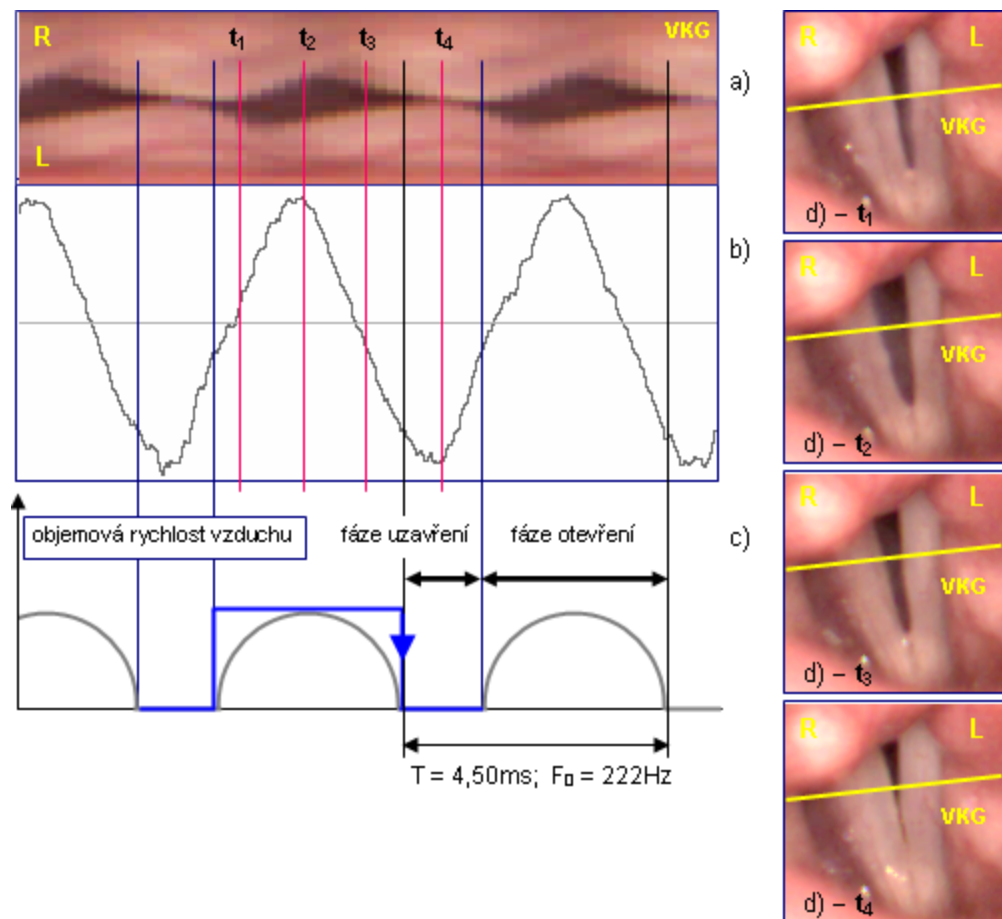


Záznam fonace pro
kvalitní závěr glottis
(střední síla fonace)

Klinická foniatrie

funkční diagnostika hlasivek

analýza jednoho kmitu hlasivek (SCORE)

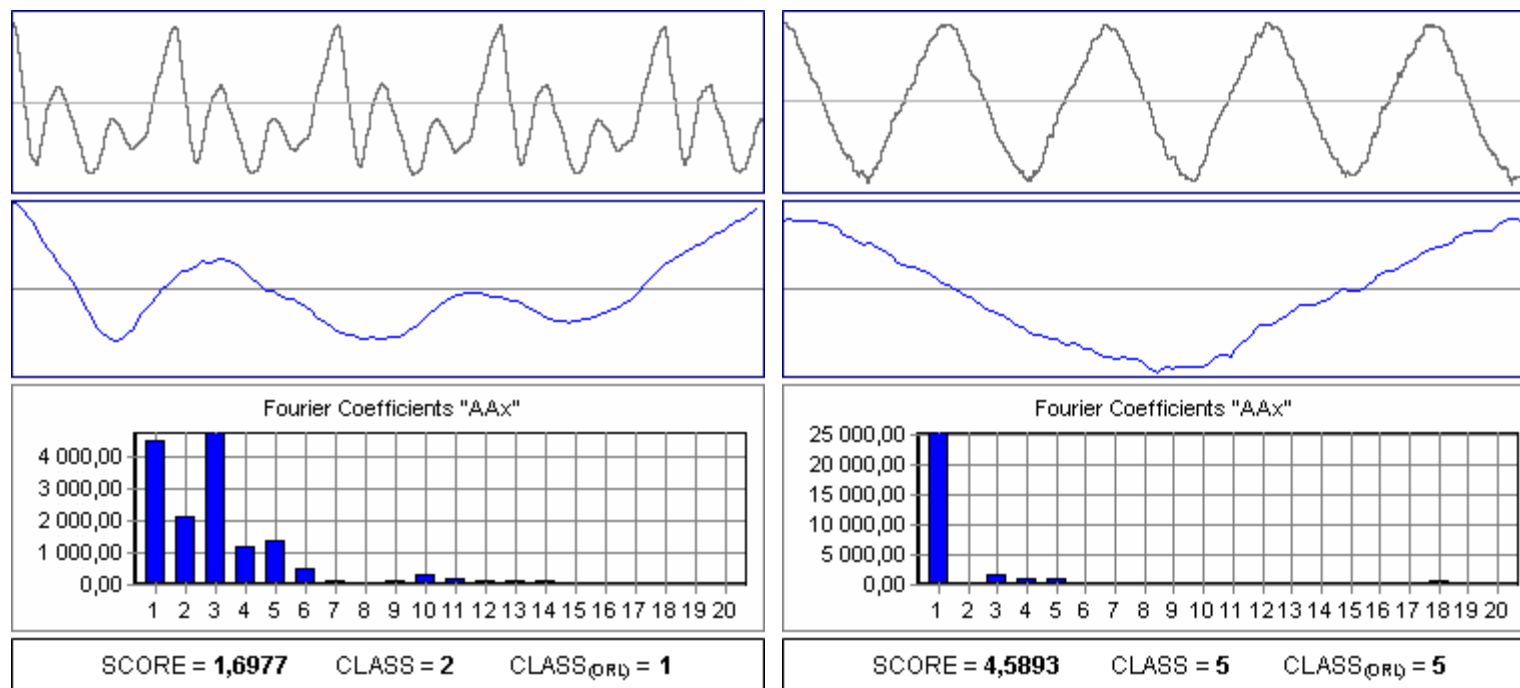


Záznam fonace pro
nekvalitní závěr glottis
(střední síla fonace)

Klinická foniatrie

funkční diagnostika hlasivek

analýza jednoho kmitu hlasivek (SCORE)



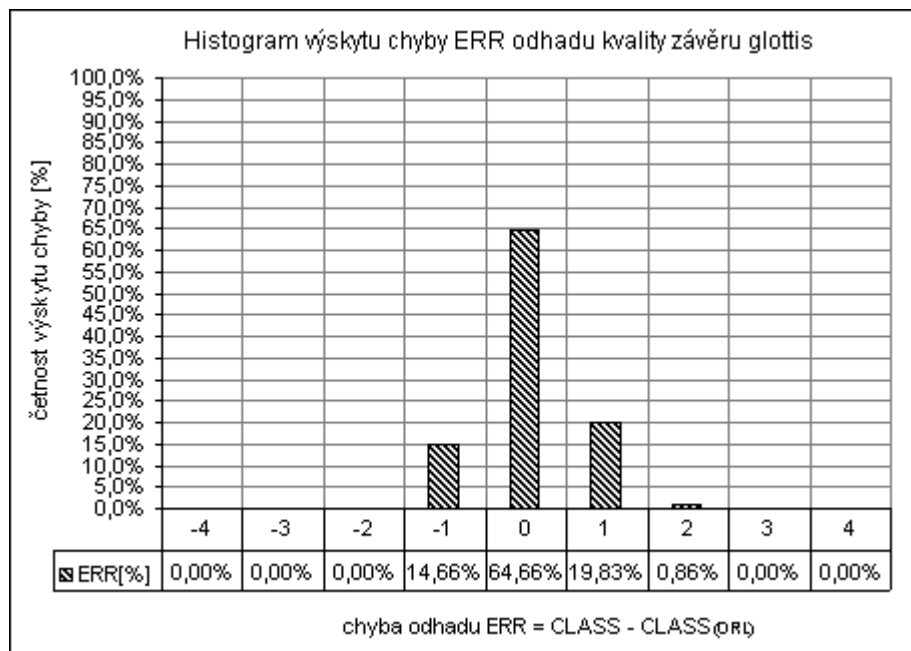
$$K(\alpha, x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i$$

$$\text{SCORE} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^6 \alpha_i \lg(a[i])$$

Klinická foniatrie

funkční diagnostika hlasivek

analýza jednoho kmitu hlasivek (SCORE)



Srovnávací analýza výsledků
klasifikace podle SCORE
(pro 625 znalecky ohodnocených záznamů)

$$\text{ERR} = \text{CLASS} - \text{CLASS}_{(\text{ORL})}$$

ERR > 0

klasifikátor vyvolává planý poplach

ERR < 0

klasifikátor propásl špatný závěr glottis

Klinická foniatrie

popisná a funkční diagnostika hlasivek

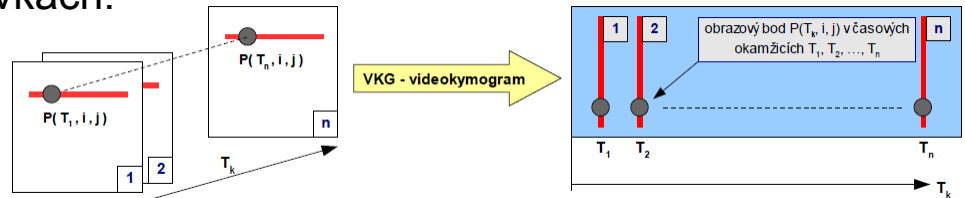
vysokorychlostní kamera (HSV) → videokymografie (VKG)

(High-Speed Video)

(VideoKymography)

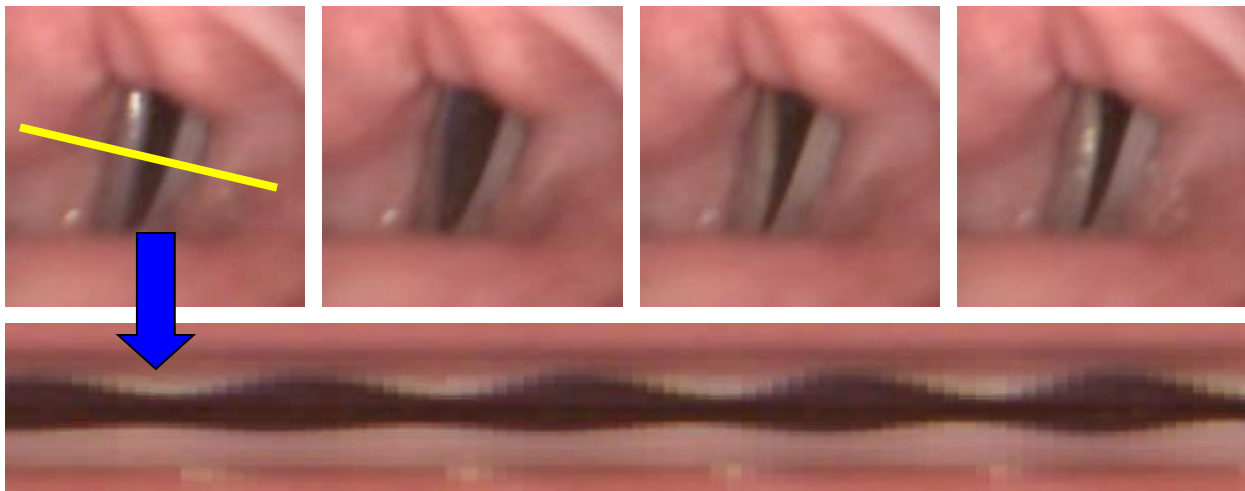
parametry HSV záznamu na hlasivkách:

- 4000 snímků/1s (1 snímek HSV = 0,25ms)
- rozměr snímku 256 x 256 pixels



témata k analýze záznamů HSV:

- analýza jednotlivých snímků a jejich sekvencí
- symetrie kmitání hlasivek
- plocha štěrbiny, vývoj plochy a geometrie štěrbiny během kmitu hlasivek



Klinická foniatrie

popisná a funkční diagnostika hlasivek

metoda hodnocení kinematiky hlasivek (HSV / VKG)

- 4000 snímků/1s (1 snímek HSV = 0,25ms)
- rozměr snímku 256 x 256 pixels

analýza záznamů HSV:

■ analýza jednotlivých snímků

■ analýza sekvence snímků

- jeden kmit hlasivek
- definovaný počet kmitů hlasivek

■ parametry geometrie štěrbiny

- anatomická/hlavní osa hlasivek
- plocha a obvod štěrbiny
- poloha těžiště
- symetrie kmitání hlasivek
- kruhovitost a členitost hranice hlasivek
- frekvenční analýza hranice hlasivek
- rychlostní kvocient
- kvocient otevření hlasivky

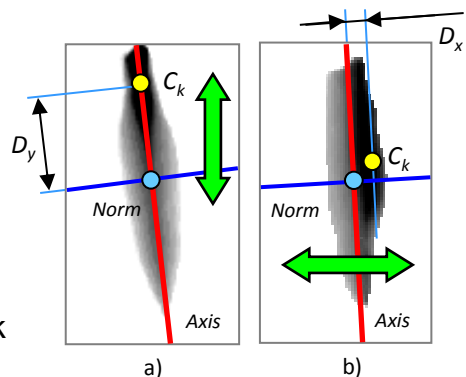
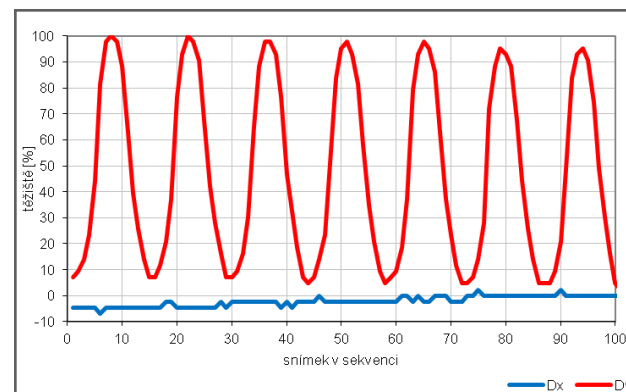
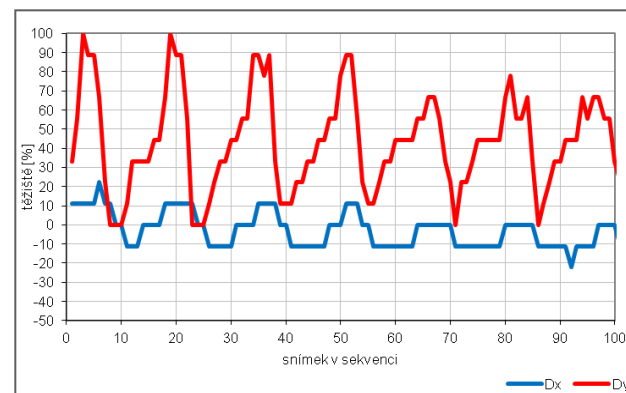


Schéma vývoje parametrů těžiště D_x a D_y během jednoho kmitu hlasivek

a) symetrická hlasivka
b) nesymetrická hlasivka



a) symetrická hlasivka



b) nesymetrická hlasivka

Klinická foniatrie

popisná a funkční diagnostika hlasivek

metoda nestandardního kmitu (**ABNORMAL oscillation**)

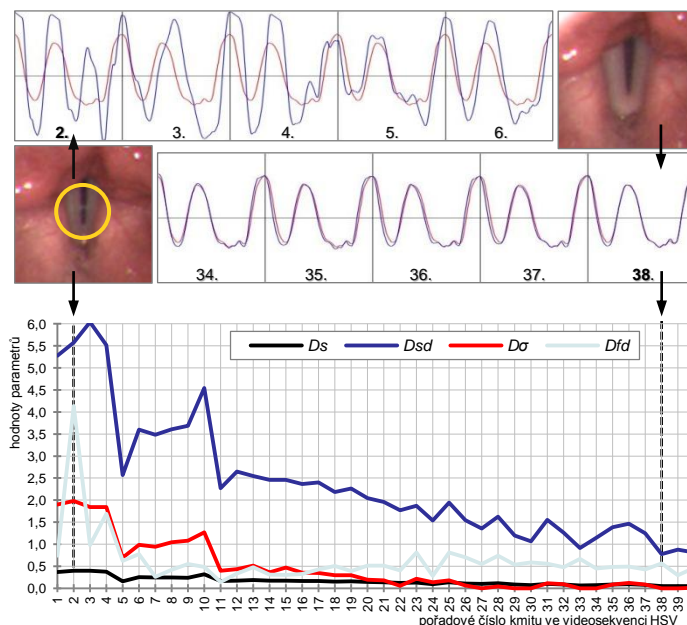
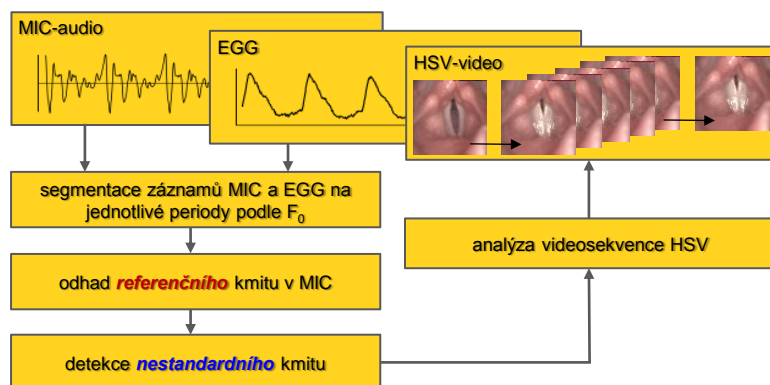
nástroj automatické navigace na ty snímky v HSV, kde hlasivky vykazují nestandardní chování podle akustického záznamu MIC fonace vokálů „a“ nebo „i“:

■ analýza akustického signálu MIC

- analýza signálů MIC a EGG
- výpočet F_0
- detekce jednotlivých kmitů hlasivek
- výpočet referenčního kmitu ve videosekvenci
- detekce nestandardního kmitu

■ navigace na odpovídající sekvenci snímků

■ parametry kinematiky hlasivek

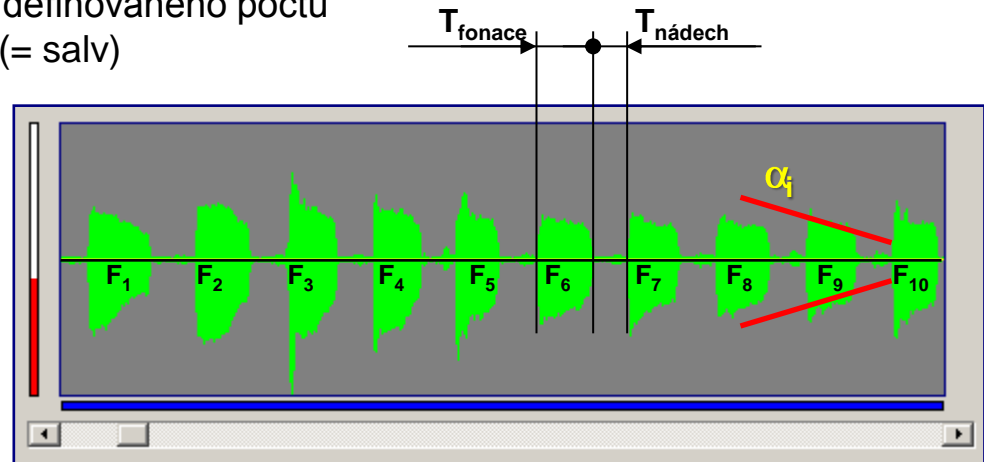


Klinická foniatrie

metoda funkční diagnostiky hlasivek

zátěžové testy hlasivek (STRESS test)

- ucelený systém pro záznam, měření a vyhodnocení dlouhodobé fonace vokálu „a“
- dlouhodobá fonace se skládá z definovaného počtu opakujících se dílčích fonací F_i (= salv)



Základní sledované parametry:

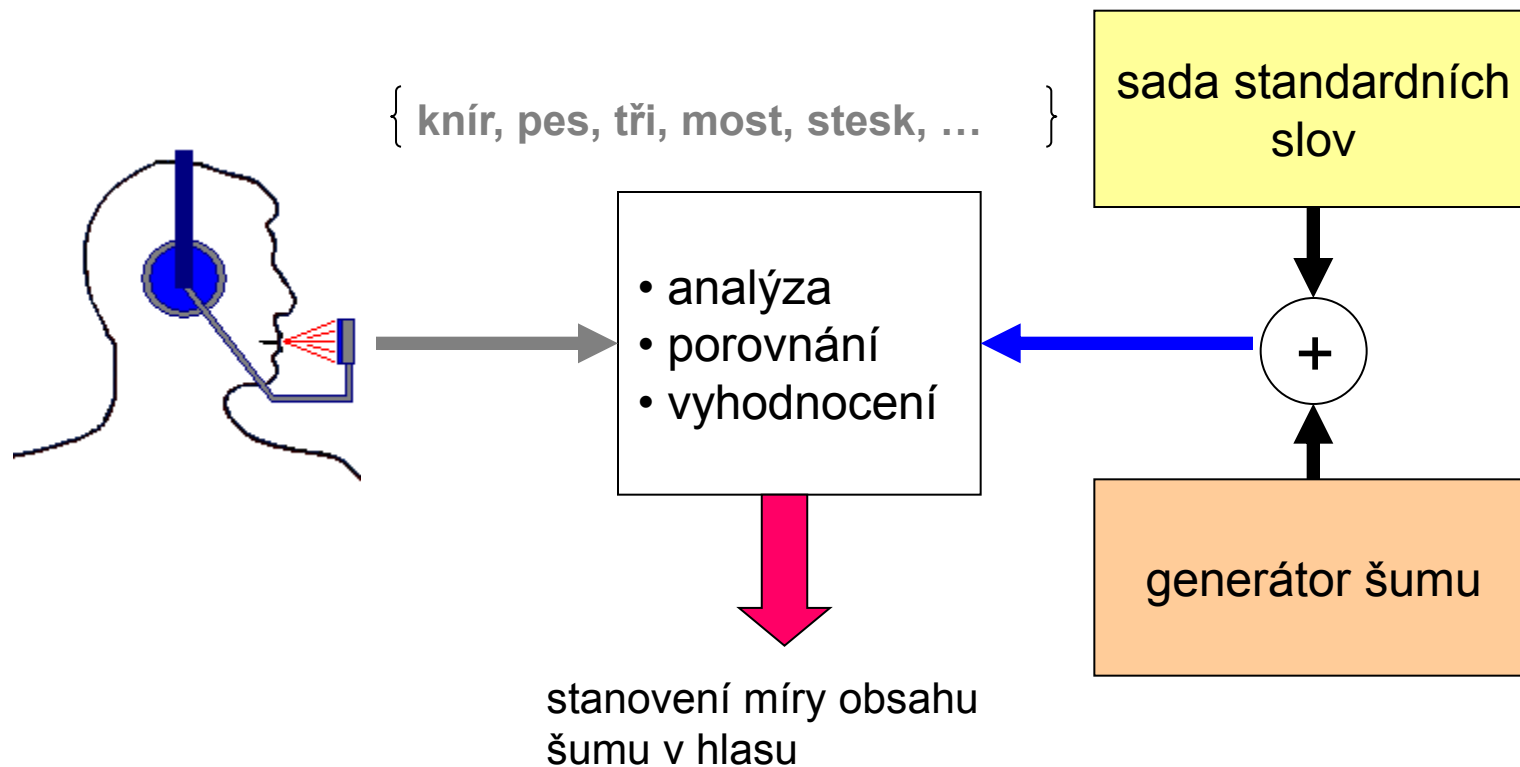
- Tf_i ... doba trvání salvy
- Tp_i ... délka pauzy
- Fo_i ... základní hlasivková frekvence v salvě
- E_F ... energie celé fonace
- EF_i ... energie jedné salvy
- $Jitt_i$... frekvenční kolísání v salvě
- $Shim_i$... amplitudové kolísání v salvě
- α_i ... útlum salvy
- SCR_i ... vektor hodnot SCORE pro salvu

Klinická foniatrie

metoda funkční diagnostiky hlasivek

testování obsahu šumu v hlasu (NOISE)

- analýza míry obsahu šumu v hlasu
- metoda se sadou standardních slov



Klinická foniatrie

metoda funkční diagnostiky hlasivek

aerodynamická vyšetření (AERODYN)



Klinická foniatrie

metoda funkční diagnostiky hlasivek

aerodynamická vyšetření (AERODYN)

Definice vybraných parametrů:

■ aerodynamický odpor **ARES**

poměr subglotického tlaku k průtoku
vzduchu hlasivkami v průběhu fonace

(Aerodynamic Resistance)

$$\text{ARES} = \frac{\text{MPAP}}{\text{TARF}} \text{ cm H}_2\text{O} / (\text{l} / \text{s})$$

■ hlasová účinnost **AEFF**

poměr akustického výkonu
k aerodynamickému výkonu

(Aerodynamic Efficiency)

$$\text{AEFF} = \frac{1,4137 * 10^{-7} * 10^{\text{MEAB}/10}}{\text{APOW}}$$

Fyziologické hodnoty:

● aerodynamický odpor **ARES**

- ženy ... 38 cm H₂O/(l/s),
- muži ... 35 cm H₂O/(l/s),

podle SI 372,8 kPa / m³ / s

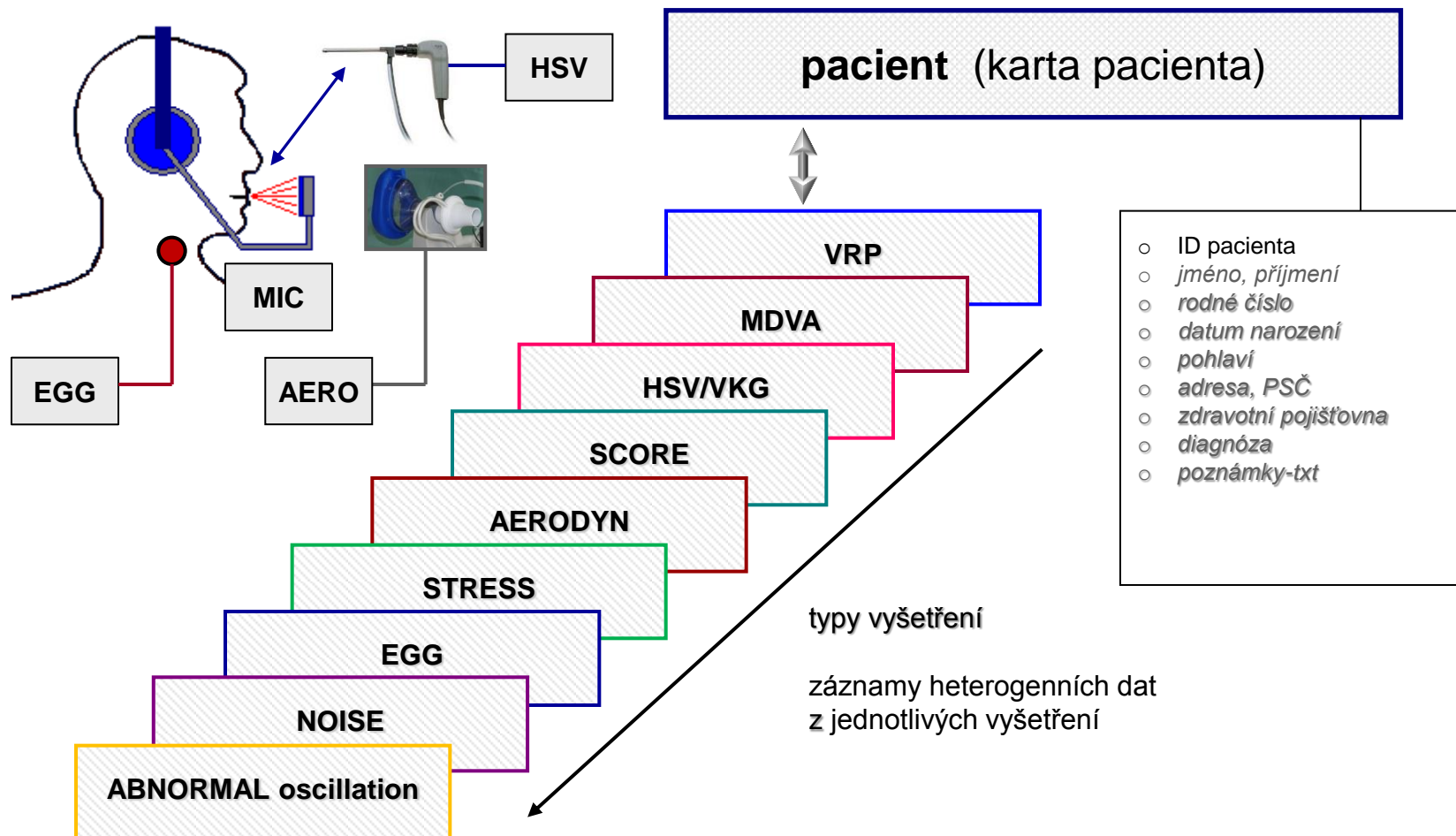
podle SI 343,4 kPa / m³ / s

● hlasová účinnost **AEFF**

- ženy ... 220 * 10⁻⁶
- muži ... 150 * 10⁻⁶

Klinická foniatrie – informační systém

popis a struktura dat a schéma uspořádání jejich zdrojů



Klinická foniatrie

Kontakty:

Spolupráce s ORL klinikou FN Plzeň

- klinická audiometrie
- **klinická foniatrie**
- klinická otoneurologie

Pavel Nový

Katedra informatiky a výpočetní techniky

FAV ZČU v Plzni

CTPVV- NTIS

Technická 8

UC305

Tel: + 420 377 632 411

e-mail: novyp@kiv.zcu.cz

URL: <http://www.kiv.zcu.cz/~novyp/>