



# Využití metod umělé inteligence pro zpracování dat v porodnictví

Lukáš Hruban<sup>1</sup>, Václav Chudáček<sup>2</sup>

<sup>1</sup>. Gynekologicko-porodnická klinika MU a FN Brno

<sup>2</sup>. CIIRC, ČVUT v Praze

10.10.2016



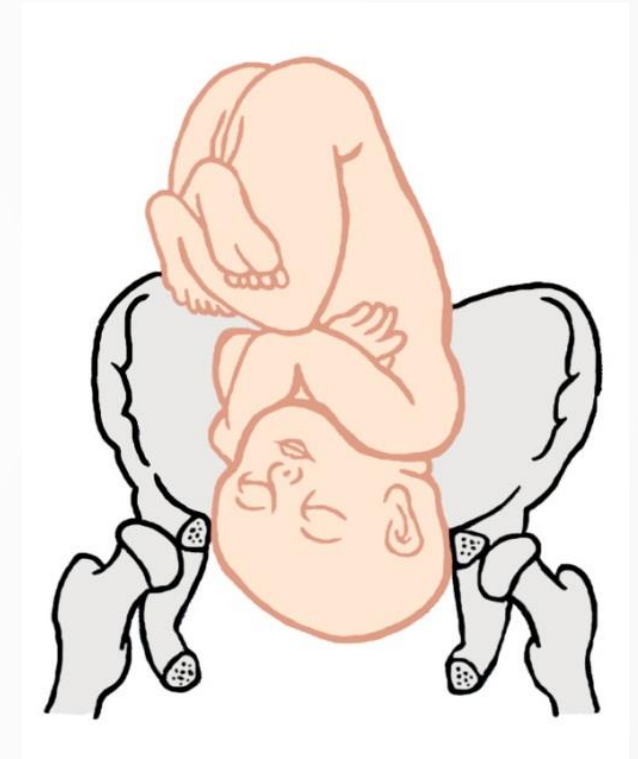
# Obsah

- Porod, kardiokardiografie, klinická praxe
- Umělá inteligence, data a rozhodování
- Závěr(y)
  
- Výsledky vycházejí ze spolupráce s:
  - J. Spilka (ČVUT), M. Huptych (Open University), P. Abry (ENS Lyon), G. Georgoulas (TEI Epirus), P. Karvelis (University of Nebraska), I. Abou-Khashabh (ČVUT), M. Burša (ČVUT)
  - P. Janků (FN Brno), A. Georgieva (Oxford), M. Koucký (VFN), M. Doret(HFME Lyon)



# Vaginální porod - rizika

- výměna O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> a odpadních produktů metabolismu plodu
  - role **pupečníku** a **placenty**
  - vliv **kontrakční** činnosti
- fyziologické kompenzační mechanismy
  - rozvoj **stresu**
  - adrenalin a noradrenalin
  - vegetativní nervový systém
  - redistribuce krve
  - anaerobní metabolismus, atd...
- okolnosti modifikující obranu plodu
  - infekce, tíseň plodu před porodem, stáří těhotenství, mateřské choroby ...

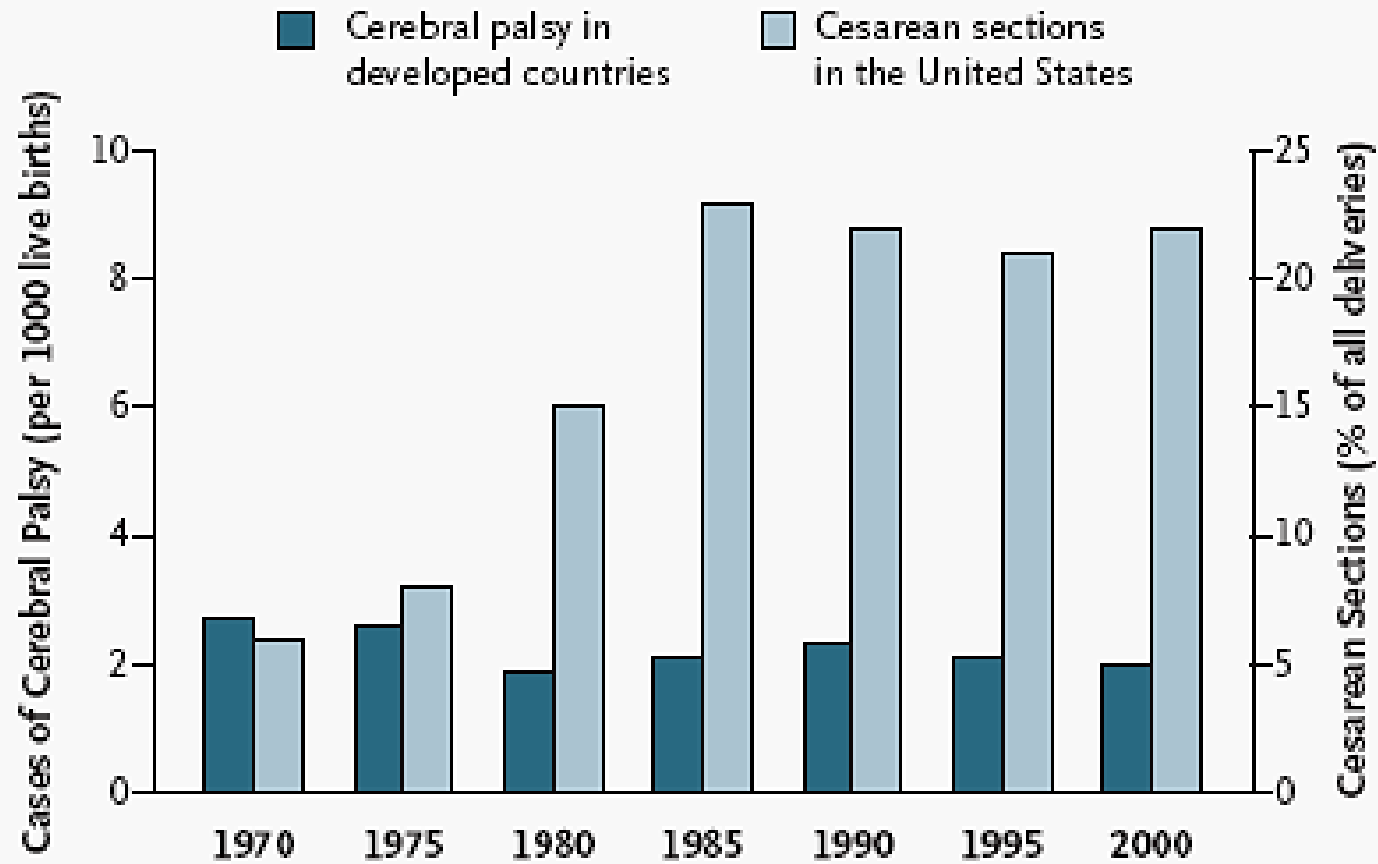




# Vaginální porod – rizika 2

- selhání kompenzačních mechanismů – rozvoj **HYPOXIE** plodu
  - HYPOXEMIE versus HYPOXIE
  - **metabolická acidóza**
- průkaz intrapartální hypoxie
  - **pH, BE** z pupečnickové arterie
  - **Apgar score**
- následky intrapartální hypoxie
  - **hypoxicko – ischemická encefalopatie (HIE)** ...v ČR 0,7 ‰ (nad 2000g)
  - **dětská mozková obrna (DMO)** ...ve vyspělých zemích 2 ‰





**Figure 1.** The Prevalence of Cerebral Palsy and the Rate of Cesarean Delivery in Developed Countries.

*Clark SL, Hankins GD. Am J Obstet Gynecol, 2003*



# Kardiotokografie (CTG)



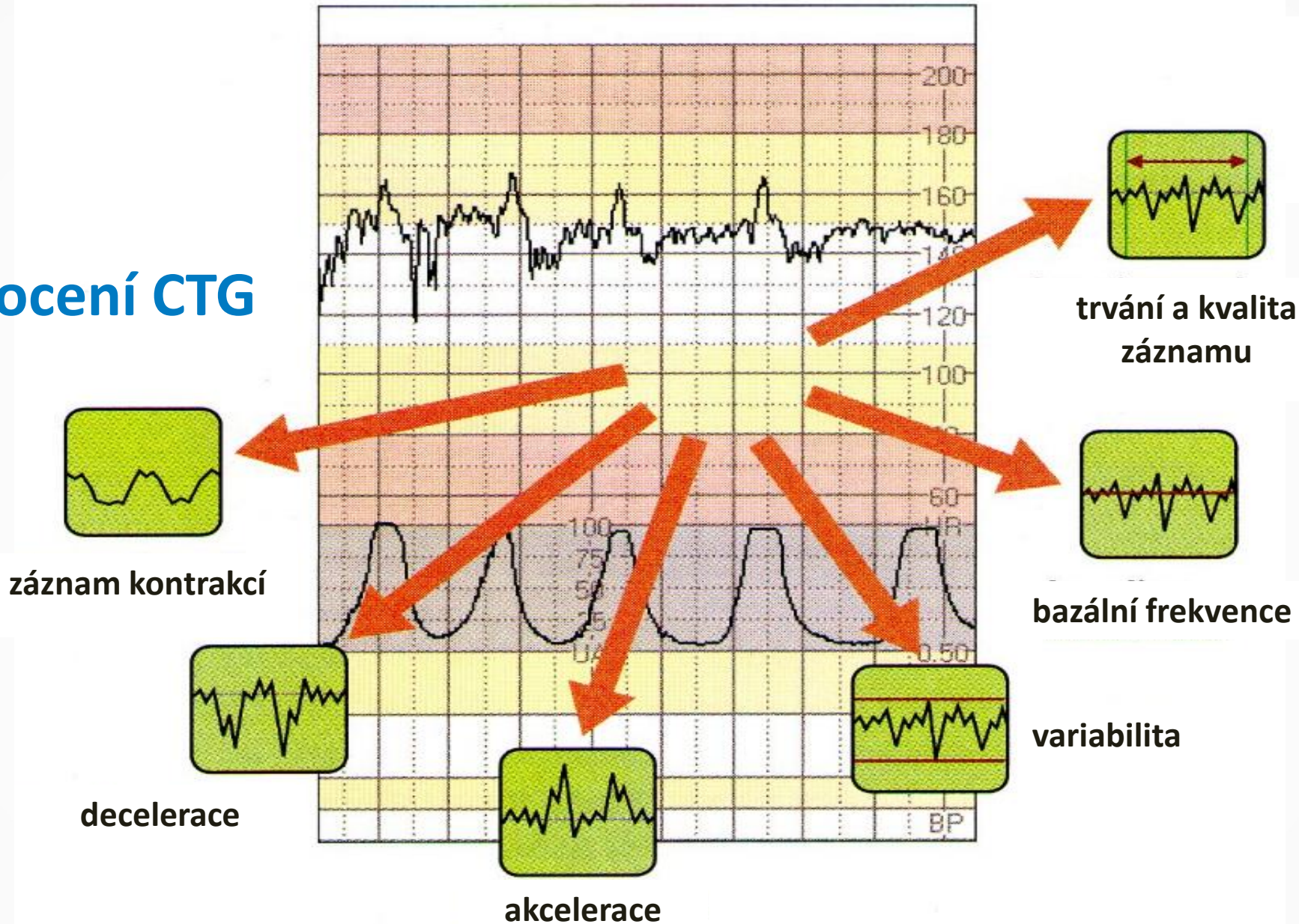
- **r. 1833** - popsán vztah mezi abnormální srdeční frekvencí plodu a intrauterinní tísňí plodu - **auskultace (stetoskop)**
- **60. léta 20. století** – intrapartální **kardiotokografie** v klinické praxi (ultrazvuk , dopplerovský efekt)
  - sonda 1: záznam **srdeční frekvence** plodu
  - sonda 2: záznam **děložní činnosti**
- **r. 1986** – mezinárodní **klasifikace CTG** – FIGO 1986







## Hodnocení CTG





# Klasifikace CTG - FIGO 1986



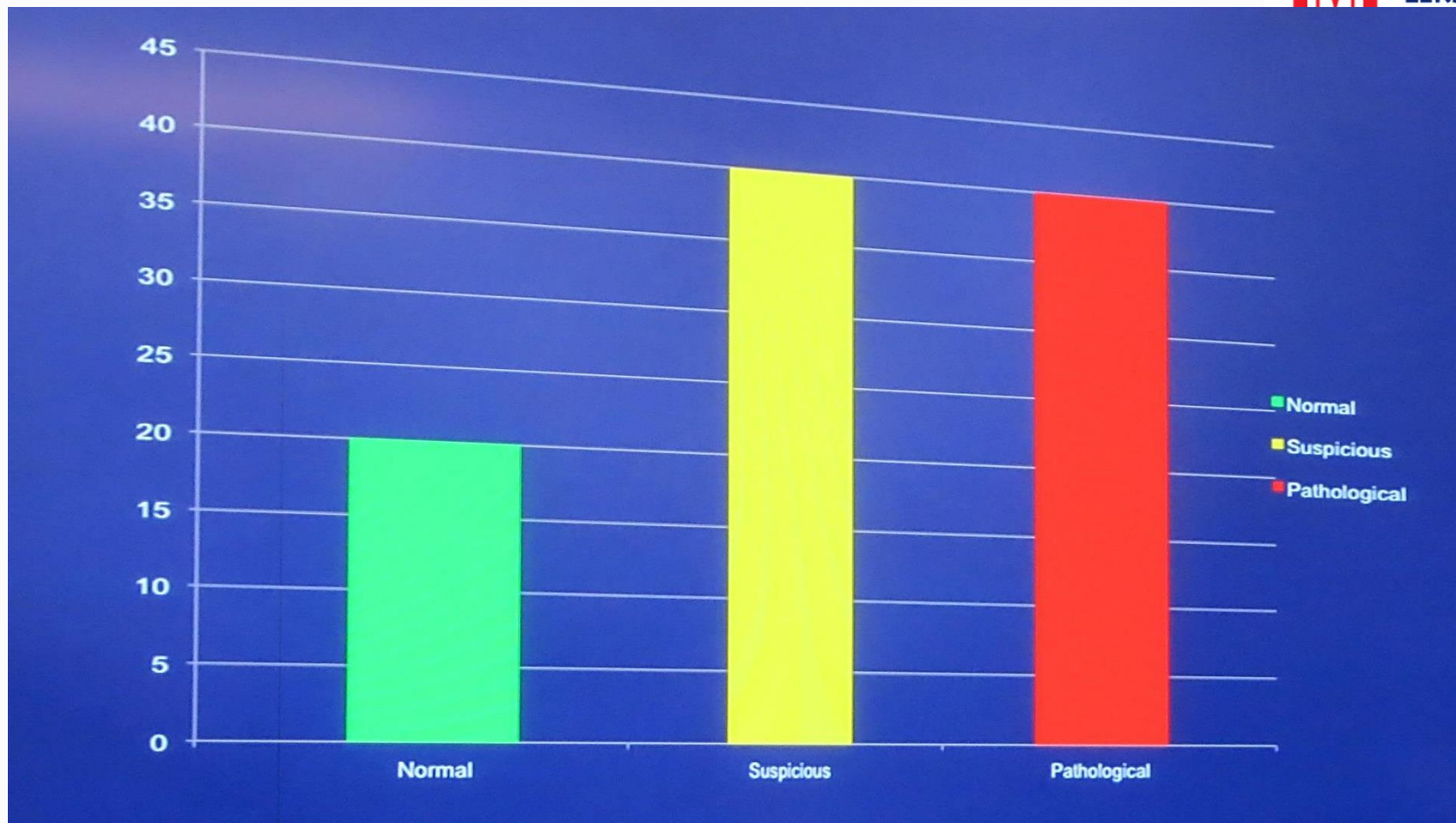
	Fyziologický	Suspektní	Patologický
<b>Bazální frekvence</b> (tepy/minutu)	110 - 150	150 – 170 100 – 110	> 170 < 100
<b>Variabilita</b> (tepy/minutu)	10 – 25	5 – 10 po dobu ≥ 40 min > 25	< 5 tepů/min po dobu ≥ 40 minut Sinusoida po dobu ≥ 20 minut
<b>Decelerace</b> (tepy/minutu)	Časné decelerace (v pozdní fázi I. doby porodní, které nemají větší amplitudu než 50 tepů/min.)	- Variabilní decelerace – pokles o méně než 60 tepů/min. v trvání méně než 60 s  - Přejídná krátkodobá bradykardie (pod 100 tepů/min. v trvání 3 min., pod 80 tepů/min. v trvání 2 minut)	- Závažné opakující se rané decelerace (o amplitudě více než 50 tepů/min.)  - Závažné variabilní decelerace, pozdní decelerace
<b>Akcelerace</b>	≥ 2 během 20 minut	Nepřítomny po dobu ≥ 40 minut	





- 40 účastníků kurzu
- porodníci a porodní asistentky
- hodnocení jednoho CTG záznamu

# Klinické hodnocení CTG



*Chandrabharan, CTG master class, London, 21.-22.10.2016*



# Důsledky klinického hodnocení CTG

1. vysoké procento **zbytečných operačních intervencí**

NEBO

2. **ohrožení plodu**



**FORENZNÍ DŮSLEDKY !!!**



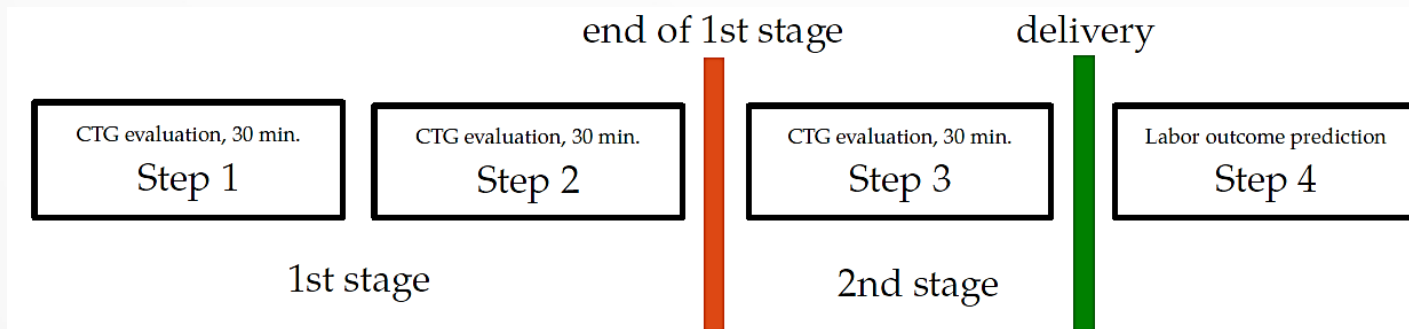
# Expertní hodnocení CTG za porodu

## Cíl:

- stanovit míru **variability** při hodnocení intrapartálních CTG záznamů
  - „*inter / intra observer*“ variabilita.
- stanovit **senzitivitu a specificitu** CTG k hypoxii plodu

## Soubor a metodika:

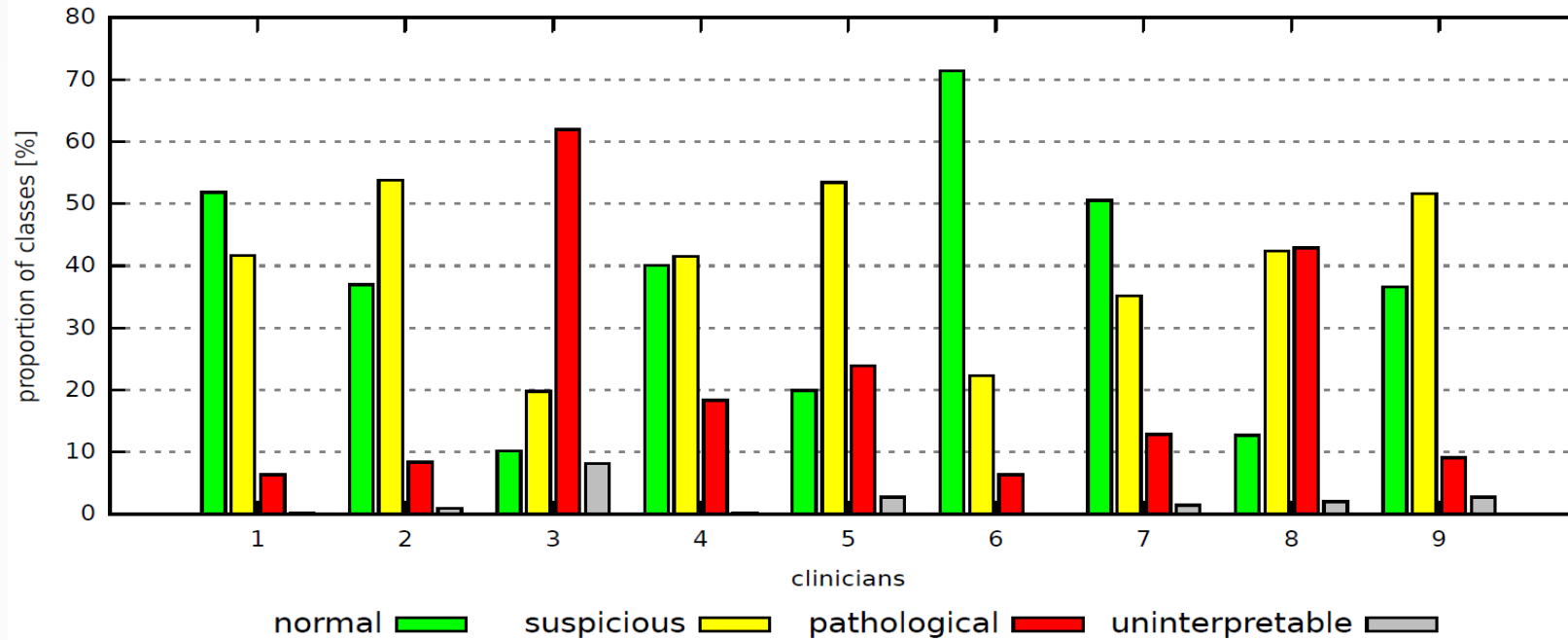
- **6 pracovišť, 9 porodníků** (min. 10 let praxe)
- **552 intrapart. CTG záznamů** (82 hodnoceno 2x)



*Hruban, Spilka, Chudáček et al.: J eval clin pract, 2015*



# Expertní hodnocení CTG za porodu



Hodnocení CTG	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
Normální	69 (66-72)	57 (54-60)	48 (44-52)	65 (63-67)
Suspektní	49 (47-51)	46 (44-48)	41 (39-43)	32 (30-34)
Patologické	33 (28-39)	41 (36-46)	42 (37-47)	29 (24-33)
Nehodnotitelné	26 (14-44)	15 (10-20)	26 (20-33)	20 (16-24)
<b>Celkem</b>	<b>56</b> (54-58)	<b>48</b> (47-50)	<b>63</b> (60-66)	<b>50</b> (48-52)

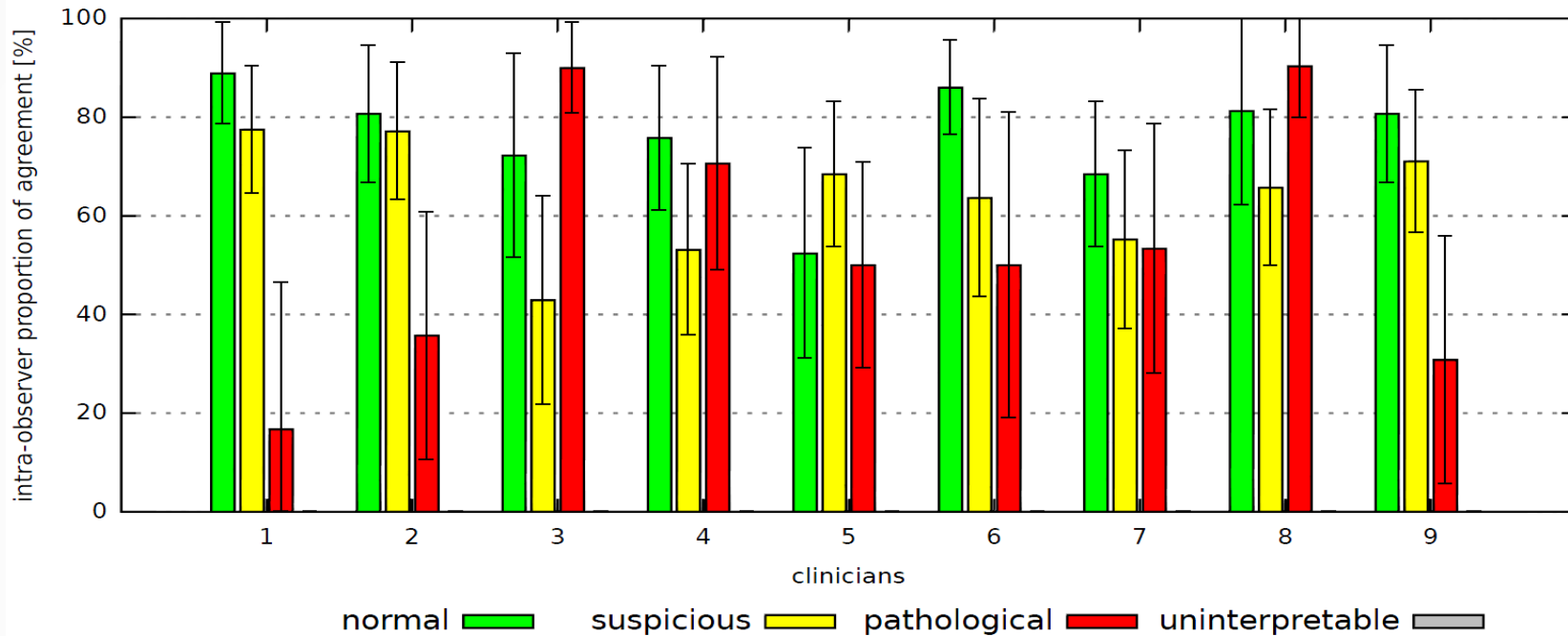
## Inter-observer variabilita

- míra shody mezi hodnotiteli (%)
- 95% interval spolehlivosti

*Hruban, Spilka, Chudáček et al.: J eval clin pract, 2015*



# Expertní hodnocení CTG za porodu



Hodnocení CTG	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
Normální	86	77	69	85
Suspektní	69	61	61	59
Patologické	57	59	63	52
Nehodnotitelné	0	0	40	0
<b>Celkem</b>	<b>76</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>71</b>

## Intra-observer variabilita

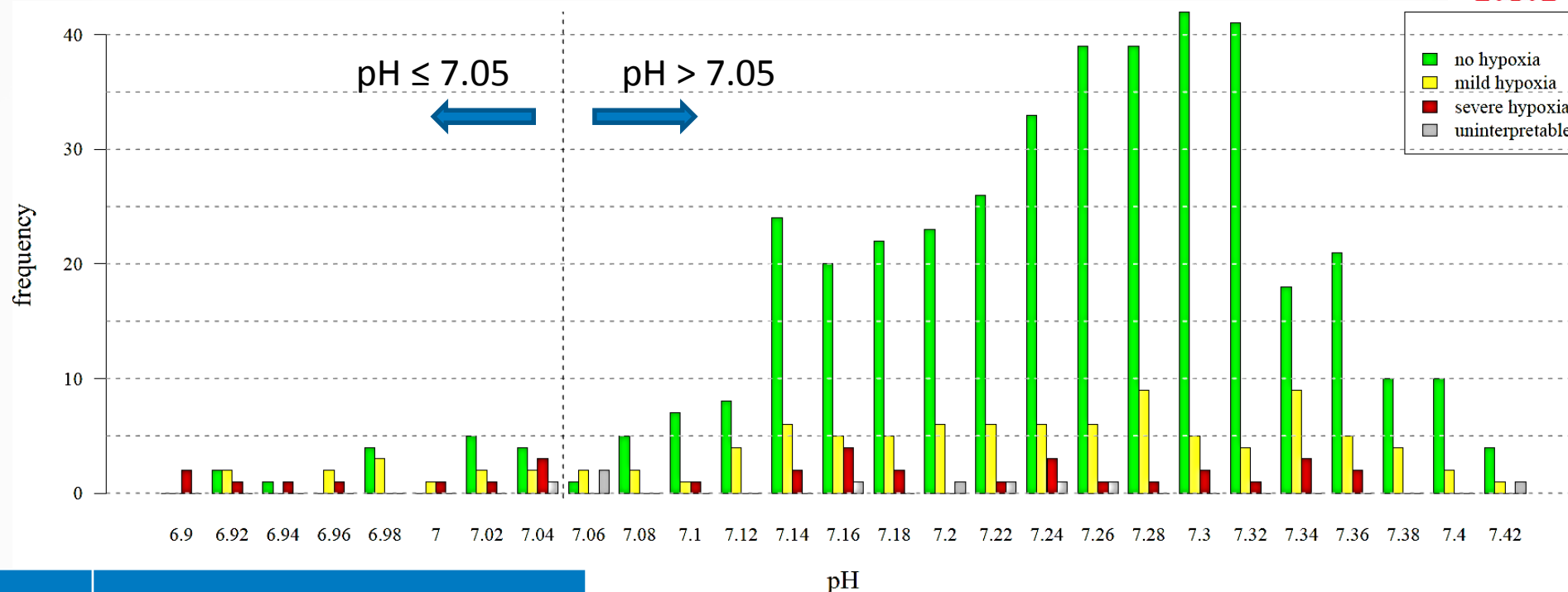
- medián shody při opakovaném hodnocení stejného záznamu **jedním hodnotitelem (%)**

*Hruban, Spilka, Chudáček et al.: J eval clin pract, 2015*





# Expertní hodnocení CTG za porodu



	Step 4	
	SE	SP
$pH \leq 7.05$	<b>25</b> (13-41)	<b>95</b> (93-97)
$BD \leq -12$	24 (8-49)	95 (92-96)
Apgar < 7	21 (8-45)	95 (92-96)

## Odhad výsledku porodu

Sensitivita (SE) a Specificita (SP) hodnocení CTG ve vztahu k výsledku porodu (pH, BE, AS v 5.min)

*Hruban, Spilka, Chudáček et al.: J eval clin pract, 2015*



# Kontext dostupných AI přístupů



# AI

- IBM's Watson cracks medical mystery with life-saving diagnosis for patient who baffled doctors<sup>1</sup>
- Reality Checkup: Medical Artificial Intelligence Still a Hard Sell in the Clinic<sup>2</sup>
- Zpracování signálu/obrazu
- Analýza řeči a textu
- Dolování dat
- Systémy pro podporu rozhodování

<sup>1</sup>IBM, 2016; <sup>2</sup>Scientific American, 2010





# Využití metod AI v porodnici







# Úloha

- Vstup
- Rozhodování za pomoci metod umělé inteligence
- Výstup



# Vstupy / Výstupy

- Anamnestická data rodičky
- Klinická data popisující aktuální porod
- Záznamy KTG z jednotlivých modalit (přístrojů)
- Partogram, poznámky porodních asistentek
  
- Hodnocení výsledku porodu – objektivní/subjektivní/obtížné?



# Klinická data



- Informace v nemocničním informačním systému
  - Nestrukturovaná
  - Strojově obtížně čitelná
  - Často neúplná/chybná
- Klinická data popisující aktuální porod
  - Porodní kniha
- Partogram, poznámky porodních asistentek
  - Není elektronická verze, část důležité informace je nevyužitelná



# Analýza klinických dat



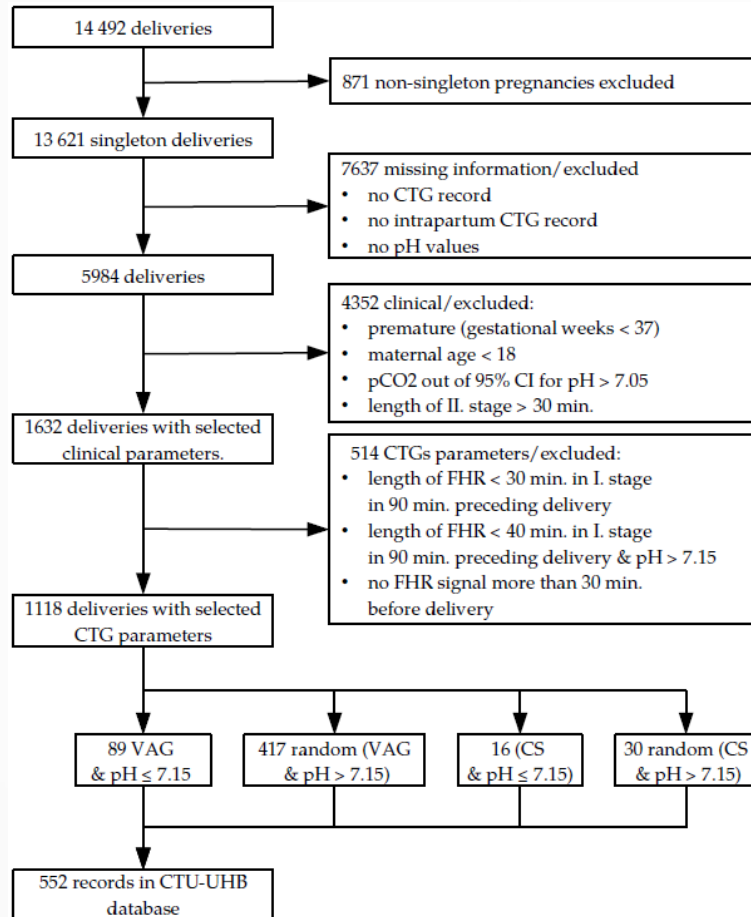
- Univariate a multivariate analýza
- Dolování dat
- Úprava doporučení založená na datech

	Cases – $pH \leq 7.05$			Controls – $pH > 7.05$			OR(95% CI)	p-value
	#	prct(%)	mean(std)	#	prct(%)	mean(std)		
$pH \leq 7.05$	99	0.93	6.99 (0.09)	10523	99.07	7.29 (0.08)	-	-
Apgar score 5min	203	1.91	6.50 (0.88)	10400	98.09	9.65 (0.59)	24.68 (15.49 - 39.31)	<0.001
Sectio Caesarea	2110	20.30	1.00 (-)	8285	79.70	0.00 (-)	1.58 (1.02 - 2.45)	<0.001
Induced delivery	2198	20.69	1.00 (-)	8424	79.30	0.00 (-)	1.44 (0.92 - 2.25)	<0.001
Entonox	144	1.36	1.00 (-)	10478	98.64	0.00 (-)	2.30 (0.72 - 7.35)	<0.001
Epidural analgesia	1915	18.03	1.00 (-)	8707	81.97	0.00 (-)	1.01 (0.60 - 1.69)	1.000
Ist stage (> 360min)	1807	18.40	440.15 (64.77)	8015	81.60	226.22 (73.79)	1.36 (0.84 - 2.20)	<0.001
IIInd stage (> 30min)	884	10.11	54.12 (20.60)	7862	89.89	11.04 (7.18)	2.86 (1.70 - 4.81)	<0.001
Parity (< 2)	5299	49.99	1.00 (0.00)	5302	50.01	2.34 (0.78)	2.99 (1.90 - 4.71)	<0.001
Sex (Male)	5468	51.53	1.00 (-)	5143	48.47	2.00 (-)	0.69 (0.46 - 1.03)	0.001
O100 – hypertension	533	5.02	-	10089	94.98	-	1.45 (0.67 - 3.13)	<0.001
O140 – preeclampsia	114	1.07	-	10508	98.93	-	1.92 (0.47 - 7.87)	0.008
O365 – IUGR	375	3.53	-	10247	96.47	-	1.78 (0.77 - 4.08)	<0.001
O681 – meconium	784	7.38	-	9838	92.62	-	2.09 (1.18 - 3.69)	<0.001
D650 – defibrination syndrome	258	2.43	-	10364	97.57	-	2.63 (1.14 - 6.06)	<0.001
D695 – secondary thrombocytopenia	36	0.34	-	10586	99.66	-	6.36 (1.51 - 26.85)	<0.001

Table 1. A collection of the most interesting results from a univariate analysis of the features. pH, Apgar and SC are outcome measures, while all the other features represent knowledge or an action known prior to delivery. Entonox and epidural analgesia are medications given during the labor.



# Databáze KTG záznamů



- První otevřená databáze kardiokardigrafických dat
- Umožňuje porovnání algoritmů na stejných vstupních datech
- Dostupná na Physionetu

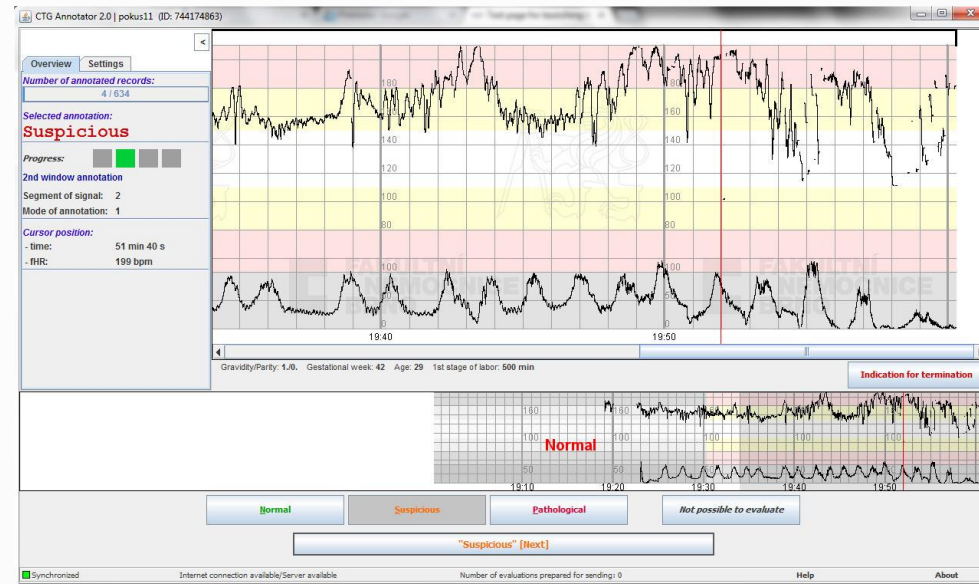
*Chudáček et al. BMC Pregnancy and Childbirth, 2014*





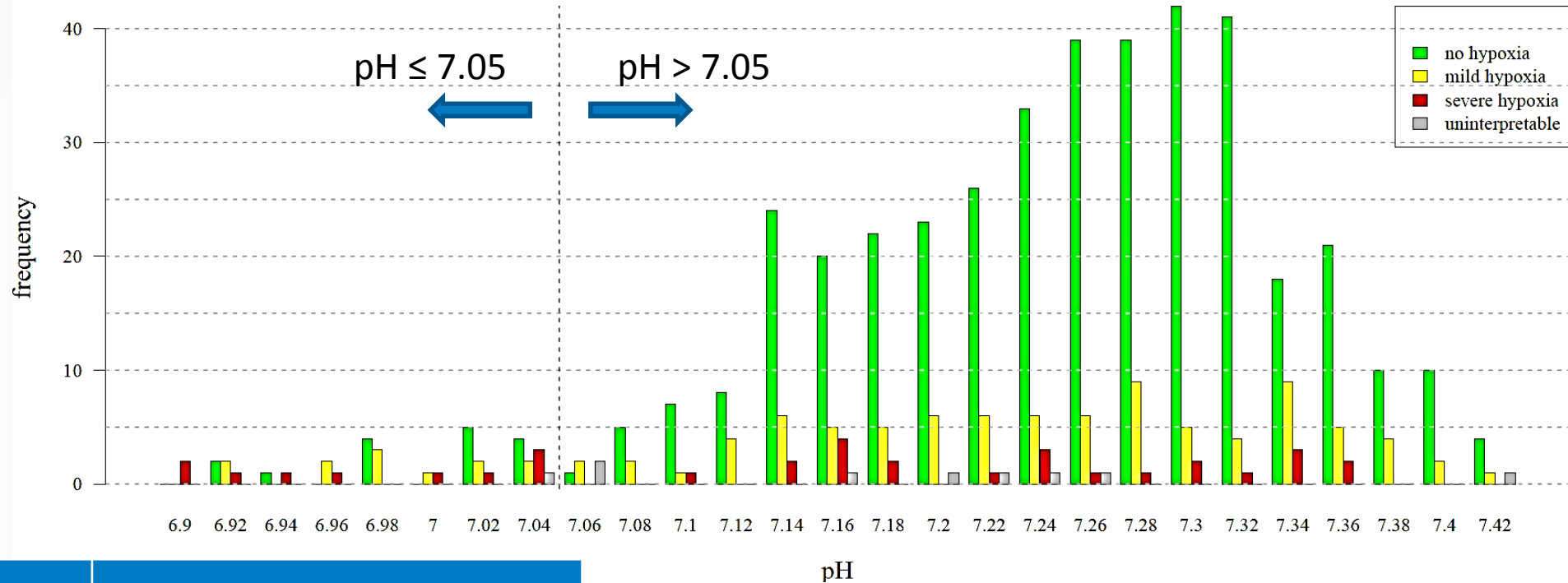
# Výstupy – míry výsledku

- Subjektivní – expertní hodnocení
  - Anotace získány pomocí KTG Anotátoru od 9 expertů ze všech FN v ČR.
  - Vytvořeny kompozitní hodnocení (Majoritní, Analýza latentních tříd)
  - Skóre podle Apgarové
- Objektivní
  - Biochemie
    - pH
    - $p\text{CO}_2$ ,  $\text{BD}_{\text{ecf}}$





# Expertní hodnocení CTG za porodu



	Step 4	
	SE	SP
pH ≤ 7.05	<b>25</b> (13-41)	<b>95</b> (93-97)
BD ≤ -12	24 (8-49)	95 (92-96)
Apgar < 7	21 (8-45)	95 (92-96)

## Odhad výsledku porodu

Sensitivita (SE) a Specificita (SP) hodnocení CTG ve vztahu k výsledku porodu (pH, BE, AS v 5.min)

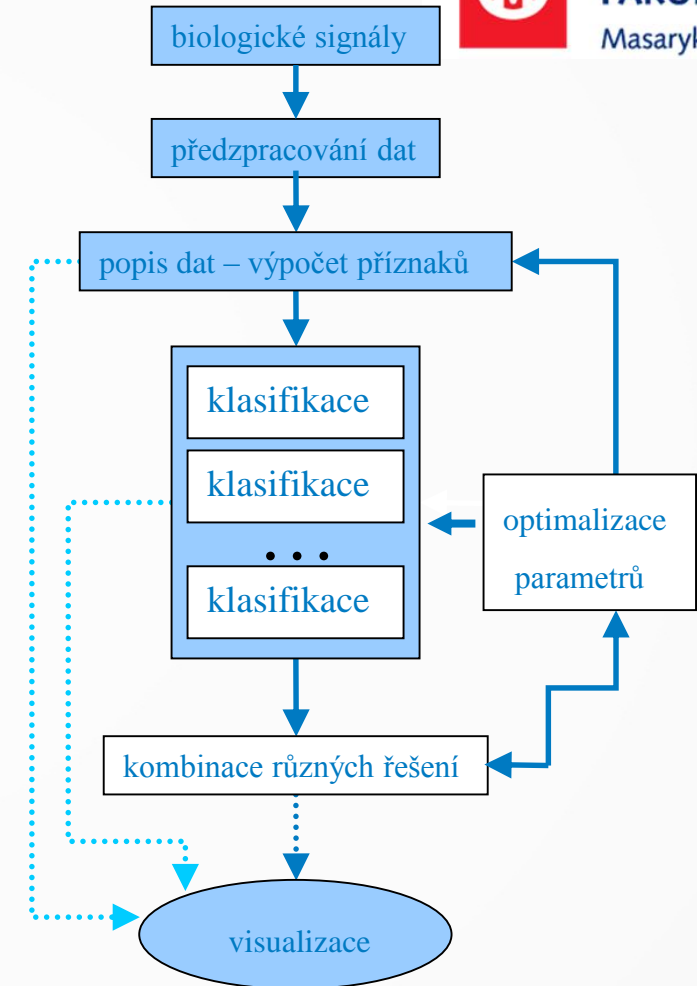
*Hruban et al.: J eval clin pract, 2015*



# Rozhodování



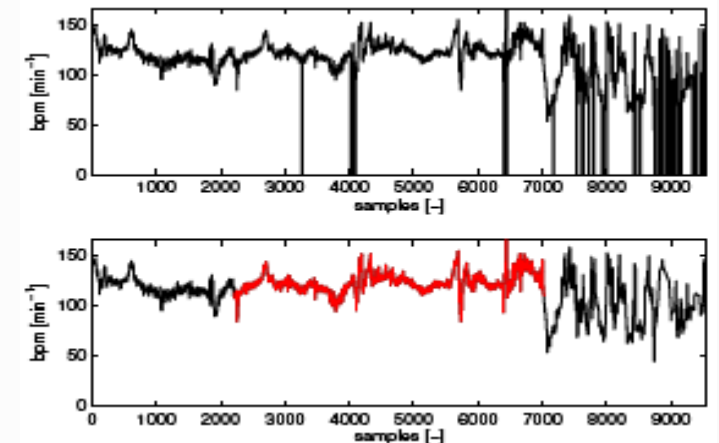
- Předzpracování vstupních dat
- Reprezentace dat (příznaky)
- Klasifikace
- Kombinace řešení z různých zdrojů
- Vizualizace, vysvětlovací modul
  
- Výsledky a jejich praktická hodnota



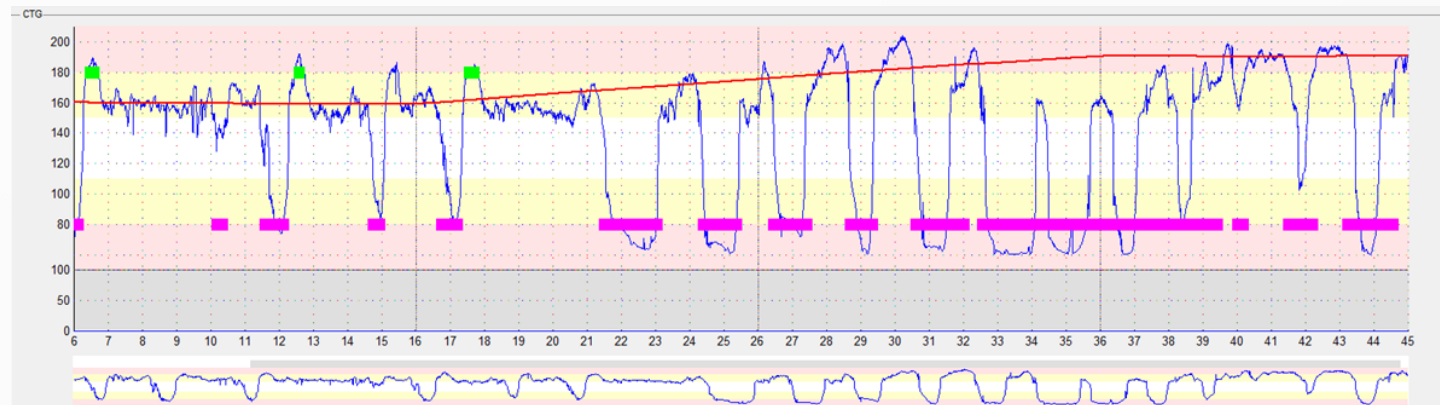


# Předzpracování signálu

- Odstranění mezer a detekce artefaktů
  - Gap removal (< 15s)
  - Artefact rejection
  - Bernardes inspired thresholds
  - Adapted to 4Hz from beat to beat



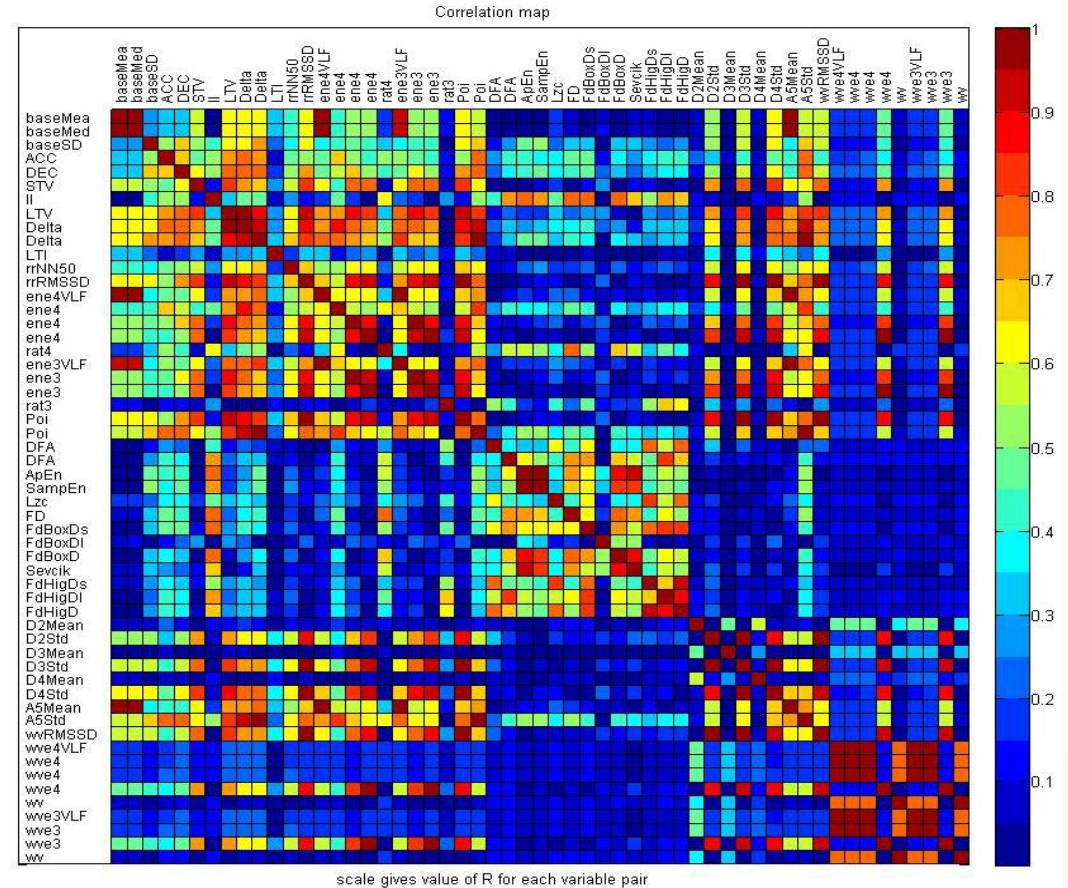
- Příznaky podle FIGO
- Kruhové definice





# Příznaky

- Morfologické příznaky (FIGO)
- Časová doména
- Frekvenční doména
- HRV
- Příznaky vlnkové transformace
- Nelineární příznaky
- Celkově 55 příznaků



Chudáček et al., Phys Meas, 2011, Spilka, Biomed Sig Proc Cont, 2011

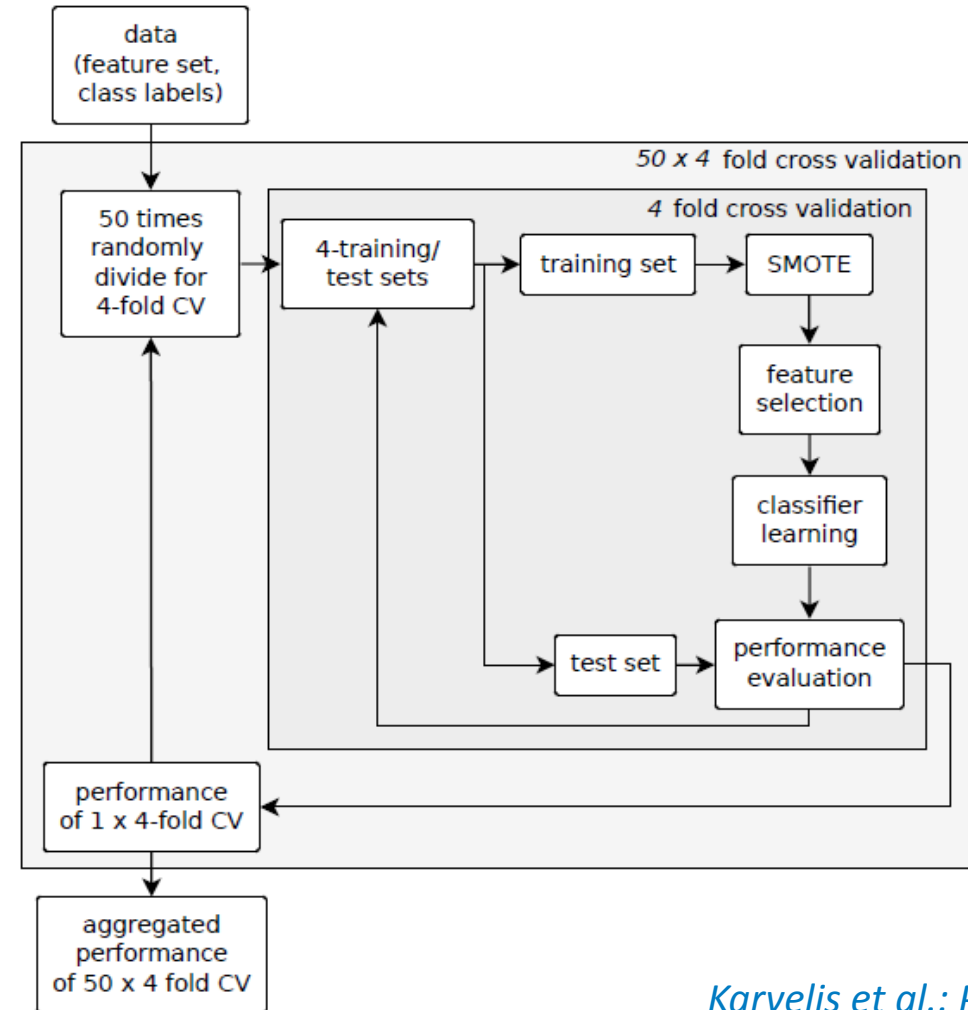




# Klasifikace



- Trénink klasifikátoru
  - Dvě smyčky
  - Křížová validace
- Problémy
  - Nevyvážená data
  - Málo patologických případů
  - Variabilita v datech



Karvelis et al.: Phys Meas, 2015

# Porovnání výsledků

- Vůči čemu měřit výsledky?
  - Oficiální výsledky perinatologie
  - Hodnocení lékařů
  - Objektivní parametry
  - Užitečnost v klinické praxi
- Jak porovnávat?
  - Různé týmy, různá data, metodologie atd.
  - Motivace týmů různá (publish or perish)
  - Technický a klinický přístup



Spilka, PhD thesis, 2013





# Závěry



# Závěr 1 - z pohledu nelékaře

- Vysoká specializace vs. zkušenosti za hranicemi oblasti zájmu
  - Vhodná oblast pro systémy pro podporu rozhodování
- Nemocnice - „továrna“ s vysokou mírou autonomie akčních členů
  - Optimalizace procesů
    - Více než 50% doporučení není evidence-based
  - Využití/Zlepšení existujícího rozhodování
    - Případové usuzování
- Je třeba vnějšího tlaku na systém zdravotnictví
  - Zdravotní pojišťovny/stát
  - Pacienti/kom. pojišťovny



# Závěr 2 – z pohledu klinika

- **system výuky CTG**
  - výuka s podporou počítače (CTG trenér)
  - scénáře
  - pravidelné testování
- **hodnocení CTG počítačem (cCTG)**
  - určení základních charakteristik CTG záznamu
  - rozšíření spektra hodnocených jevů (pouhým okem neviditelné)
  - podpora rozhodování
- **nová klasifikace** hodnocení CTG – FIGO 2015



# Děkujeme za pozornost!

<http://ctg.ciirc.cvut.cz>

[lhruban@fnbrno.cz](mailto:lhruban@fnbrno.cz)

[vaclav.chudacek@ciirc.cvut.cz](mailto:vaclav.chudacek@ciirc.cvut.cz)

