

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Jitka Baslová

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav porodní asistence

Jitka Baslová

**Fetální pulzní oxymetrie – monitorování plodu v průběhu
porodu**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Martin Janáč

Olomouc 2013

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název práce:

Fetální pulzní oxymetrie – monitorování plodu v průběhu porodu

Název práce v AJ:

Fetal pulse oximetry – fetal monitoring during labor

Datum zadání: 2013-01-24

Datum odevzdání: 2013-05-03

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav porodní asistence

Autor práce: Baslová Jitka

Vedoucí práce: MUDr. Martin Janáč

Oponent práce:

Abstrakt v českém jazyce:

Bakalářská práce se věnuje tématu hypoxie plodu. Jedná se o závažný stav, který ovlivňuje morbiditu a mortalitu novorozence. V této práci je kladen důraz především na diagnostiku hypoxie plodu.

Jedním z cílů práce je předložit dostupné informace popisující historii odhalování hypoxie plodu a vývoj vyšetřovacích metod závislých na technickém rozvoji se zaměřením na fetální pulzní oxymetrii.

Druhý cíl se zabývá současnou metodikou sledování hypoxie plodu a omezenými možnostmi při její léčbě. Převážně se zaměřuje na elektronické metody monitorování plodu v průběhu porodu s podáním dohledaných informací hodnotících úspěšnost fetální pulzní oxymetrie.

V rámci třetího cíle jsou prezentovány údaje posuzující možné budoucí směřování fetální pulzní oxymetrie při intrauterinním monitorování plodu.

Dohledané informace byly získány z dosud publikovaných odborných článků v českém jazyce, anglickém jazyce i francouzském jazyce.

Abstrakt v anglickém jazyce:

This bachelor thesis deals with the topic of the fetal hypoxia. This is a serious condition that affects morbidity and mortality of a newborn baby. In this work, the focus is especially on the diagnosis of the fetal hypoxia.

One of the aims of this work is to present the available information describing the history of detection of the fetal hypoxia and the development of investigative methods which are dependent on technological development with a focus on the fetal pulse oximetry.

The second objective deals with the current methodology of monitoring fetal hypoxia and limited possibilities in it's treatment. It's mainly focused on the electronic methods of fetal monitoring during the labor with the filing of identified information evaluating success of the fetal pulse oximetry.

The third objective of the presented data evaluating the possible future direction of the fetal pulse oximetry with intrauterine fetal monitoring.

Finding information has been obtained from the published research articles in Czech, English and French language.

Klíčová slova v českém jazyce:

fetální pulzní oxymetrie, hypoxie plodu, monitorování plodu, historie monitorování plodu

Klíčová slova v anglickém jazyce:

Fetal pulse oximetry, fetal hypoxia, fetal monitoring, history of fetal monitoring

Rozsah: 48 s., 5 příl.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 3. května 2013

podpis

Děkuji MUDr. Martinovi Janáčovi za odborné vedení bakalářské práce.

Obsah

ÚVOD.....	8
1 DIAGNOSTIKA HYPOXIE PLODU – HISTORIE A VÝVOJ	11
1.1 Historie hodnocení stavu plodu v děloze	11
1.1.1 Srdeční akce plodu.....	11
1.1.2 Plodová voda.....	13
1.1.3 Pohyby plodu	13
1.2 Technický rozvoj a diagnostika hypoxie plodu	14
1.2.1 Vývoj elektronického monitorování plodu.....	14
1.2.2 Vývoj fetální pulzní oxymetrie	16
2 MOŽNOSTI MONITORACE PLODU V SOUČASNOSTI – FETÁLNÍ PULZNÍ OXYMETRIE.....	21
2.1 Současná diagnostika hypoxie plodu	21
2.2 Fetální pulzní oxymetrie v současnosti	29
2.2.1 Přístroje používané při intrapartální fetální pulzní oxymetrii.....	31
2.2.2 Studie hodnotící fetální pulzní oxymetrii	31
2.2.3 Shrnutí výsledků studií věnovaných fetální pulzní oxymetrii	34
2.3 Doporučený postup při diagnostice hypoxie plodu.....	36
3 BUDOUCNOST FETÁLNÍ PULZNÍ OXYMETRIE	38
3.1 Studie naznačující možné směřování fetální pulzní oxymetrie.....	38
3.2 Možné oblasti budoucího vývoje fetální pulzní oxymetrie.....	39
ZÁVĚR	41
SEZNAM ELEKTRONICKÝCH, BIBLIOGRAFICKÝCH ZDROJŮ	44
SEZNAM PŘÍLOH.....	48

ÚVOD

Hypoxie plodu znamená kyslíkový nedostatek v tkáních, který může být způsoben různými příčinami (Calda, Víšková, 2005, s. 383). Příčiny mohou být mateřské (hypertenze, preeklampsie, anémie, kardiopulmonální onemocnění matky), placentární (abrupce placenty, insuficience placenty), či pupečnickové (strangulace, torze, patologický úpon). Pozastavení dodávky kyslíku tkáním je provázeno hyperkapnií, metabolickou acidózou a hypoperfuzí tkání. Snížené saturaci kyslíku se plod může dočasně přizpůsobit využitím adaptačních nebo kompenzačních mechanismů, které se projevují snížením spotřeby kyslíku, poklesem pohybů plodu, bradykardií, anaerobní glykolýzou provázenou hromaděním laktátu a vznikem metabolické acidózy (Měchurová, 2007, s. 24 – 25). Mění se aerobní metabolismus v anaerobní metabolismus. V případě, že nedojde k adekvátnímu přísunu kyslíku, nastává smrt plodu (Calda, Víšková, 2005, s. 383). Následky hypoxie plodu představují i ve 21. století výrazný medicínský, společenský, ale i ekonomický problém (Biringer, Danko, 2011, s. 482). Snahou porodníků snížit postižení jedince hypoxií vzniklou v průběhu těhotenství, či při porodu vede ke hledání vhodné diagnostické metody a postupů s co nejvyšší efektivitou (Biringer et al. 2011). Kardiotokografie patří k běžnému standardu při hodnocení stavu plodu. Do praxe se v posledních letech zavádí i další metody intrapartálního monitorování plodu. Jsou to fetální pulzní oxymetrie (IFPO) a ST analýza fetálního EKG (STAN). Tyto metody pomáhají eliminovat těžké hypoxické stavy během porodu, ale mohou mít také vliv na snížení počtu císařských řezů pro suspektní či patologický kardiotokografický záznam (Hájek et al., 2006, s. 264). Možnosti léčby hypoxie plodu jsou poněkud omezené. Syndrom dolní duté žíly lze řešit změnou polohy na bok. Při abnormální děložní činnosti (hyperonu) je možným řešením parciální tokolýza betamimetiky, nesmí se však jednat o abrupci placenty (Měchurová, 2007, s. 31). Dalším možným řešením rizika hypoxie plodu je kontrola základních fyziologických funkcí, přerušování případné aplikace infuze s oxytocinem, oxygenoterapie rodičky pro zlepšení oxygenace plodu, vaginální vyšetření k odhalení patologií (prolaps pupečnicku, rychlá progresse nálezu, vaginální krvácení při předčasném odlučování lůžka), infuzní terapie k doplnění tekutin, zhodnocení pH plodu, podání amnioinfuze při opakujících se závažných variabilních

deceleracích, uvážení ukončení těhotenství vaginálním operačním řešením nebo císařským řezem (Bailey, 2010, s. 34).

Předkládaná bakalářská práce se věnuje problematice hypoxie plodu, především její diagnostice v průběhu porodu, elektronickému intrapartálnímu monitorování a hlavně fetální pulzní oxymetrii. Snahou personálu porodního sálu je zdravá matka a zdravý novorozenec bez jakéhokoliv zatížení při vstupu do života.

Při zpracovávání přehledové bakalářské práce byly stanoveny tyto cíle:

1. Předložit dostupné publikované informace týkající se historie monitorování hypoxie plodu a další vývoj elektronické monitorace v závislosti na technickém rozvoji se zaměřením na fetální pulzní oxymetrii.
2. Předložit dohledané poznatky zabývající se současnou metodikou sledování plodu, především intrapartální elektronickou monitorací, kdy je kladen důraz na hodnocení fetální pulzní oxymetrie.
3. Předložit doposud publikované údaje o budoucnosti, očekávání a možném směřování fetální pulzní oxymetrie.

V rámci daného tématu k usnadnění stanovení cílů byla prostudována a analyzována následující vstupní literatura:

- (1) AUGUSTYNEK, Martin, Ondřej ADAMEC. 2010. *Přístrojová zdravotnická technika I*. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010. 152 s. ISBN 978–80–248–2364–5.
- (2) DANKO, Ján a kol. 2008. *Aktuálny stav diagnostiky hypoxie plodu*. 1. vydání. Bratislava: Vydavateľstvo UK, 2008. 170 s. ISBN 978–80–223–2374–1.
- (3) DUŠOVÁ, Bohdana, Jana MAREČKOVÁ. 2009. *Úvod k péči porodní asistentky o těhotnou ženu při nepravidelném porodu*. 1. vydání. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. 162 s. ISBN 978–80–7368–663–5.
- (4) ČECH, Evžen a kol. 2006. *Porodnictví*. 2. přepracované vydání. Praha: Grada, 2006. 544 s. ISBN 80–247–1303–9.
- (5) FENDRYCHOVÁ, Jaroslava, Ivo BOREK a kol. 2012. *Intenzivní péče o novorozence*. 2. vydání, přepracované. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2012. 447 s. ISBN 978–80–7013–547–1.

- (6) HOZMAN, Jiří a kol. 2008. *Praktika z biomedicínské a klinické techniky*. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické, 2008. 154 s. ISBN 978–80–01–03956–4.
- (7) ROZTOČIL, Aleš a kol. 2008. *Moderní porodnictví*. 1. vydání. Praha: Grada, 2008. 405 s. ISBN 978–80–247–1941–2.

Vyhledávací strategie:

Při dohledání dostupných poznatků byla použita tato klíčová slova:

„fetální pulzní oxymetrie, hypoxie plodu, monitorování plodu, historie monitorování plodu.“

Dohledání dostupných informací proběhlo v databázích Bibiographica medica čechoslovaca (BMČ), Pubmed, Medline, Academic Search Complete (EBSCO) a ve vyhledávači Google scholar. Zároveň byla požádána o spolupráci Vědecká knihovna v Olomouci.

Rešerše probíhala v období od listopadu 2012 do března 2013 dohledáním přehledových článků, odborných textů a randomizovaných studií limitujících datem vydání v rozmezí od ledna 2002 do března 2013.

Celkem bylo nalezeno 91 článků v českém jazyce, z toho pro bakalářskou přehledovou práci bylo použito 25 odborných článků. Z 52 vyhledaných cizojazyčných článků se uplatnilo 11 odborných článků publikovaných v anglickém jazyce a 1 odborný článek ve francouzském jazyce.

1 DIAGNOSTIKA HYPOXIE PLODU – HISTORIE A VÝVOJ

1.1 Historie hodnocení stavu plodu v děloze

1.1.1 Srdeční akce plodu

V zahraničí již v roce 1650 se Legoust zabývá popisem ozev plodu a přirovnává je ke klapotu mlýna (Štembera 2005, s. 328). Další autor sděluje stejnou informaci. Poslech ozev byl poprvé popsán Legoustem v již zmíněném roce (Peschout, 2007b, s. 143). Biringer připisuje první diagnostickou metodu auskultace ozev plodu René Theophile Laennecovi, který žil v letech 1781 – 1826, i když první poslech ozev plodu uchem zaznamenal Francois Mayor v roce 1818 (Biringer et al., 2011, s. 223). Štembera pokračuje v podobném duchu. První spolehlivé informace o poslechu ozev plodu jsou zveřejněny právě ženevským lékařem F. Mayorem na schůzi v Ženevě konané 1. 10. 1818. Uchem přiloženým na tělo těhotné ženy uslyšel tlukot srdce plodu (Štembera, 2005, s. 328). O tři roky později v roce 1821 Le Jumeau označuje ve svém spisku bradykardii za příznak ohrožení plodu (Peschout, 2007b, s. 143); (Štembera, 2005, s. 328). Biringer dodává, že Jean Alexander Le Jumeau, Vicomte de Kergaradec byl pařížský šlechtic a lékař. Byl prvním, kdo provedl veřejný poslech ozev plodu v již zmiňovaném roce (Biringer a kol., 2011, s. 223). Le Jumeau de Kergaradec nebyl porodník, ale internista a jeho snahou bylo slyšet přelévání plodové vody v děloze těhotné ženy. Poslech ozev plodu stetoskopem jej v té době udivil. Autor zkonstruování a zavedení stetoskopu do klinické praxe připisuje Pinardovi. Díky tomuto objevu se přistupuje k porodu aktivně se snahou o zdravý nitroděložní vývoj plodu a jeho dobrý stav v průběhu porodu. Do té doby byly zohledňovány jen zájmy matky. Nyní se pozornost porodníka zaměřuje i na plod. Priority plodu mohou být v rozporu se zájmy matky. V následujících letech byl popsán vztah mezi pohyby plodu a zrychlením srdeční akce. Prokázala se souvislost mezi tachykardií febrilní matky a tachykardií plodu. Byl popsán vztah mezi hypotenzí matky a bradykardií plodu. Pozorováním byla zjištěna souvislost mezi poklesem ozev plodu v průběhu porodu a rodícím se hypoxickým novorozencem (Roztočil, 2010, s. 36); (Roztočil, 2002, s. 14).

Dle Štembery následuje po Le Jumeauovu objevu velký zájem o studium srdeční akce plodu a v roce 1847 De Paul porovnává 56 publikovaných prací o poslechu srdečních ozev plodu. Nepravidelnosti srdeční akce označil za patologické (Štembera, 2005, s. 328). Roztočil vyzdvihuje statečnost De Paula zaměřenou na prosazování zájmů plodu proti riziku matky při porodu císařským řezem, který byl v té době spojen s vysokou mateřskou morbiditou i mortalitou. Snaží se prosazovat použití poslechu ozev plodu u všech porodů a také popisuje rozdíl mezi srdeční akcí plodu a matky. Dospělý organismus reaguje na nedostatek kyslíku tachykardií, kdežto u plodu asfyxie způsobuje bradykardii (Roztočil, 2010, s. 36).

V roce 1893 von Wickel určuje hranici fyziologických hodnot srdeční frekvence plodu v rozmezí od 120/min do 160/min. V roce 1909 Rubeška popisuje některé příznaky hrozící asfyxie plodu: poruchy frekvence ozev plodu (bradykardie, tachykardie, arytmie), mekoniem zkalená plodová voda, pohyby plodu, porodní nádor. V roce 1941 se Stander brání přeceňování významu změn frekvence ozev plodu v souvislosti s ohrožením plodu. Dle něj se těhotenství často ukončuje císařským řezem, aniž by byl život dítěte opravdu ohrožen. Popisuje změny srdečního rytmu plodu za kontrakce a mimo kontrakci, při kompresi mozku, při sníženém průtoku placentou a návrat frekvence ozev plodu zpět k normálním hodnotám. Za závažnější považuje puls pomalejší než 100/min bez úpravy frekvence. Tento stav považuje za indikaci k urychlenému ukončení porodu. Už Stander uvádí, že první známkou asfyxie plodu je tachykardie plodu až 200 za minutu. Tachykardie je přechodná a poté frekvence plodu přechází v bradykardii, která je předzvěstí blížícího konce. Frekvence plodu by měla být sporadicky hodnocena v I. době porodní a častěji v II. době porodní. V roce 1966 byla ukončena americká prospektivní studie trvající 7 let, jejímž výsledkem je konstatování, že pouhý poslech ozev plodu je nedostačující. Hlavní příčinu vidí v intermitentním sledování plodu, které nemusí zachytit všechny změny (Štembera, 2005, s. 329).

Peschout se zabývá snahou porodníků v dřívějších dobách zjišťovat stav plodu v těle matky. Používali k tomu nejrůznější metody, které souvisely s technickým pokrokem. Jejich možnosti se postupně zvyšovaly. V roce 1891 Pestalozzi jako první dokázal pořídít záznam ozev plodu (fetální fonokardiografie), (Peschout, 2007b, s. 143). Štembera ve shodě s Peschoutem přisuzuje první mechanický záznam zvuku srdečních

ozev plodu Pestalozzovi, ale za tvůrce prvního elektrokardiografu v roce 1906 považuje Cremera (Štembera, 2005, s. 332). Roztočil uvádí, že Cremer natočil první fetální elektrokardiogram již v roce 1905. Metoda byla občas využívána až do roku 1953, pomáhala hodnotit stav plodu, odhalit vícečetnou graviditu (Roztočil, 2010, s. 36).

Štembera se zabývá ve svém článku také historií sledování ozev plodu na území nynější České republiky. V roce 1876 Čížek spojuje ve své knize asfyxii (polomrtvost) s nepravidelnostmi srdečních ozev plodu, kdy se frekvence zpomaluje či zrychluje. Zaznamenal i souvislost zkalení plodové vody se stavem plodu. České porodnictví v první polovině 20. století přebírá stanovení fyziologických hodnot srdeční frekvence plodu popsané von Wickelem (Štembera, 2005, s. 329 – 331).

1.1.2 Plodová voda

Už nejstarší učebnice uvádějí jako druhou nejčastější známku intrauterinní tísně plodu plodovou vodu zkalenou mekoniem. Studie v polovině 20. století hledaly souvislost s hypoxií plodu. Porovnály se výsledky novorozenecké úmrtnosti, z kterých vyplývalo, že novorozenecká úmrtnost je vyšší u novorozenců s mekoniem v plodové vodě, než u novorozenců bez mekonie v plodové vodě. Kvalitu plodové vody však bylo možno posuzovat až po jejím odtoku. V roce 1962 Sahling navrhl novou metodu zvanou amnioskopii, která umožnila diagnostikovat přítomnost mekonie v plodové vodě při zachovaném vaku blan. Poté se plodová voda stala objektem dalšího zkoumání. U hypoxických plodů byly v plodové vodě zjištěny průměrné vyšší hodnoty produktů anaerobního metabolismu, ještě než nastoupily klinické příznaky hypoxie plodu (Štembera, 2005, s. 330 – 331).

1.1.3 Pohyby plodu

Dalším parametrem pro hodnocení stavu plodu patří prudké či naopak zpomalené pohyby, o kterých se zmiňují už staré porodnické knihy. Větší význam se tomuto příznaku věnuje až v 80. letech minulého století, což především umožnil vývoj ultrazvukové techniky. S vývinem aktografu (sondy umístěné na břichu) v Japonsku začátkem 90. let 20. století došlo k objektivnímu hodnocení stavu plodu na aktivní,

klidový a zvýšeně aktivní (Štembera, 2005, s. 332). Pohyby plodu, jak uvádí Peschout, Roztočil, jsou jednou z nejjednodušších subjektivních metod vhodných pro matku, jak sledovat stav plodu v děloze z hlediska počtu a intenzity pohybů. Změny je vhodné konzultovat s lékařem (Peschout, Roztočil, 2005, s. 400).

1.2 Technický rozvoj a diagnostika hypoxie plodu

1.2.1 Vývoj elektronického monitorování plodu

Dle Peschouta od padesátých let minulého století začíná postupně docházet k rozvoji kardiokografie (Peschout, 2007b, s. 143). Roztočil spojuje moderní období nitroděložního sledování plodu s rozvojem elektroniky společně s novou myšlenkou, která popírá nedotknutelnost dutiny děložní v těhotenství, což je podstatné pro rozvoj dalších metod sledování stavu plodu v děloze. Mezi tyto metody patří amnioskopie, Astrupovo vyšetření z hlavičky plodu, amniocentéza, fetoskopie a kordocentéza (Roztočil, 2010, s. 37). Štembera uvádí, že ke zvratu ve vývoji elektrokardiografie (EKG) dochází začátkem padesátých let na základě Honových a Caldeyro Barciových studií (Štembera, 2005, s. 332). V této době se elektroda musela umístit přímo na tělo, většinou na hlavičku plodu. Podmínkou musel být přístup k naléhající části plodu, dostatečně dilatované hrdlo a odtok plodové vody. První úplné záznamy elektrokardiografické křivky včetně vlny P a T byly zveřejněny v letech 1955 – 1956 (Roztočil, 2010, s. 37).

Hon jako první v roce 1958 představil princip elektronického kontinuálního monitorování plodu (Biringer a kol., 2011, s. 223). Koncem 50. let minulého století zavedli Hon a Caldeyro Barcia elektrodu na hlavičku plodu a zároveň speciálním katetrem snímali intrauterinní tlak (Roztočil, 2010, s. 37). O Honovi a Caldeyro Barciovi se ve svém článku zmiňuje i Štembera, který popisuje jejich úspěšnou snahu vyvinout speciální elektrodu pro snímání EKG plodu a souběžně zaznamenávat činnost dělohy (Štembera, 2005, s. 332). Roztočil dále uvádí, že poté hodnotili vztah mezi srdeční akcí plodu a nitroděložním tlakem. Změny na křivce byly Honem označeny za časně, pozdní a variabilní decelerace. Caldeyro Barcia tyto změny nazývá DIP (deceleratio intra partum) I či II. Odpovídají dle něj časným a pozdním

deceleracím. Později se tato klasifikace rozšířila o DIP0 (variabilní decelerace). Zpočátku oba, Hon i Caldeyro Barcia stanovují, že pozdní decelerace nemají závažnou prognostickou hodnotu. V té době ještě nerozlišovali rozdíl mezi pozdními a variabilními deceleracemi, a proto byly hodnocení zpočátku chaotické. Časně decelerace se jevily jako bezvýznamné s žádným rizikem pro plod. Vzhledem k tomu, že většina kontrakcí není provázena deceleracemi, současné porodnictví považuje i časně decelerace za rizikové (Roztočil, 2010, s. 37).

Šedesátá léta minulého století znamenala začátek kardiokografie. V roce 1967 definoval Hon s Quilliganem tři typy decelerací frekvence srdeční akce plodu (Biringer a kol., 2011, s. 223). Tato diagnostika měla pomoci rozlišit rizika vedoucí k hypoxické ischemické encefalopatii, mozkové obrně, smrti plodu. Nepřetržité elektronické sledování stavu plodu v děloze s použitím interní či externí elektrody se začalo běžně využívat v 70. letech minulého století. Kontinuální elektronické monitorování plodu přineslo svůj podíl na zvýšení frekvence porodů císařským řezem (Bailey, 2010, s. 30).

Rozvoj elektroniky spolu se zavedením ultrazvukové diagnostiky, umožnily vznik méně invazivní metody intrauterinního monitorování plodu (Roztočil, 2010, s. 37). Díky ultrazvukové technice se koncem šedesátých let minulého století začíná využívat pro snímání signálu srdeční činnosti plodu dopplerovský princip (Štembera, 2005, s. 333); (Peschout, 2007b, s. 143).

V této době se do porodnické praxe zavádí i vyšetření acidobázy a krevních plynů v krvi z hlavičky plodu. Dalším mezníkem hodnocení stavu plodu bylo zavedení měření oxygenace fetální krve při porodu. Tato metoda byla zpočátku omezená na kontinuální sledování transkutánního tkáňového parciálního tlaku kyslíku (pO_2). Nástupcem této metody se stala fetální pulzní oxymetrie, která je založena na spektrofotometrii a pletyzmografii. Metoda je schopna detekovat rozdílné charakteristiky absorpce světla oxyhemoglobinu a deoxyhemoglobinu. Nejmladší metodou sledování plodu je analýza ST segmentu fetálního EKG plodu. Vývoj této metody začíná až v druhé polovině 20. století (Biringer a kol., 2011, s. 223). Podobně jako Biringer popisuje vývoj sledování hypoxie plodu Peschout. Uvádí, že vedle kardiokografie se postupně začínají rozšiřovat mikroodběry z hlavičky plodu, fetální pulzní oxymetrie až po nejnovější metodu analýzy ST úseku fetálního EKG. Rozlišuje

přímé a nepřímé metody sledování plodu v děloze. Mezi přímé metody patří monitorování plodu, kdy je sonda naložena přímo na hlavičku plodu, dále mikroodběry z hlavičky plodu, intrapartální pulzní oxymetrie a analýza ST úseku. Jako nepřímé metody jsou označovány ty, které se týkají sledování plodu přes plodové obaly a břišní stěnu. Do této skupiny můžeme začlenit poslech ozev stetoskopem nebo kapesním dopplerem a kardiokografii s břišní sondou (Peschout, 2007b, s. 143).

1.2.2 Vývoj fetální pulzní oxymetrie

Pulzní oxymetrie

Zásady pulzní oxymetrie byly známy již od počátku roku 1970 (Stubán, Niwayama., 2009, p. 054301). Metoda pulzní oxymetrie byla zavedena do klinické praxe v polovině roku 1980. Vyvinula se v období druhé světové války během leteckého medicínského výzkumu týkajícího se tkáňové oxymetrie (Salamalekis et al., 2006, p. 135).

Roztočil tuto informaci doplňuje a podotýká, že během druhé světové války byly pro potřebu letectví vyvinuty první pulzní oxymetry. Tyto přístroje vycházely z odlišné absorpce světla oxyhemoglobinem a deoxyhemoglobinem. Postupně vědci vyvinuli transmisní sondu a pulzní oxymetrie se stala součástí přístrojového vybavení v intenzivní péči (Roztočil, 2002, s. 15).

Od začátku osmdesátých let je pulzní oxymetrie používána ke sledování saturace krve kyslíkem u dospělých i u dětí. Je to metoda využívaná především v intenzivní a resuscitační péči (Garite, Porreco, 2002, s. 7).

Při vývoji této metody bylo nutné si uvědomit, že kyslík je v krvi přítomen ve vázané a volné formě. 1 % z celkového množství kyslíku se nachází v plazmě rozpuštěné a nevázané. Toto množství je měřitelné a uvádí se jako parciální tlak kyslíku (pO_2), veškerá difuze kyslíku souvisí právě s tímto parciálním tlakem. Zbývajících 99 % kyslíku se v krvi váže na hemoglobin. Toto množství po změření udává tzv. saturaci kyslíku v procentech. Tato procentuální hodnota znamená procento hemoglobinových vazebných míst obsazených molekulami kyslíku (saturovaný

hemoglobin) dělený celkovým počtem vazebných míst (saturovaný + nesaturovaný hemoglobin), (Garite, Porreco, 2002, s. 7).

Pulzní oxymetrie měří opticky saturaci arteriálního hemoglobinu. Informace o procentu kyslíku, který se váže na hemoglobin, je založena na zásadách optické pletysmografie a spektrofotometrie. Prostřednictvím červeného a infračerveného světla zářiče a průvodního lehkého detektoru je rozdíl absorbovaného světla okysličeného a neokysličeného hemoglobinu převeden na procentuální nasycení kyslíkem (Tekin et al., 2008, p. 825).

Podrobněji i Garite, Porreco uvádějí, že pulzní oxymetrie střídavě vysílá do tkáně červené a infračervené světlo, následuje měření absorpce přenášeného či vysílaného světla. Deoxyhemoglobin absorbuje lépe červené světlo, oxyhemoglobin lépe absorbuje infračervené světlo. Pulzní oxymetr dokáže vyhodnotit absorbované světlo o určité vlnové délce a vypočítat množství saturovaného a nesaturovaného hemoglobinu a tím procento kyslíkové saturace (Garite, Porreco, 2002, s. 7). Měchurová upřesňuje, že pulzní oxymetrie měří složky světla dvou různých vlnových délek procházejících skrz tkáň. Oxyhemoglobin absorbuje více infračervené světlo s vlnovou délkou 920 nm a deoxyhemoglobin více červené světlo o vlnové délce 660 nm (Měchurová, 2007, s. 28).

Abychom mohli odlišit množství absorbovaného světla v arteriální krvi a venózní krvi, musíme změřit saturaci kyslíku v momentě vrcholu pulzní vlny (světlo absorbované arteriální i venózní krví a okolními tkáněmi) a v momentě nejhlubšího poklesu pulzní vlny (světlo absorbované jenom venózní krví a tkáněmi). Rozdíl mezi hodnotou v momentě vrcholu pulzní vlny a hodnotou při nejhlubším poklesu pulzní vlny udává množství světla absorbovaného arteriální krví (Garite, Porreco, 2002, s. 7).

Vývoj metody fetální pulzní oxymetrie

Fetální pulzní oxymetrie byla poprvé zkoumána koncem osmdesátých let 20. století. Byla navržena jako vysoce perspektivní metoda mající zlepšit monitorování plodu za porodu (Tekin et al., 2008, p. 825). V porodnické praxi byla pulzní oxymetrie představena v osmdesátých letech minulého století. Technika spočívá v měření saturace kyslíku plodu arteriálního hemoglobinu. Na rozdíl od kardiokografického monitorování plodu a měření pH, má fetální pulzní oxymetrie za cíl zlepšit povědomí

o stavu plodu tím, že poskytuje přímé, kontinuální měření okysličení plodu (Puertas et al., 2004, p. 12). Stubán, Niwayama uvádějí, že tato metoda se začala používat v průběhu roku 1990. Stala se užitečným nástrojem lékařské praxe. Může pomoci určit, zda se jedná o hypoxický či acidotický stav. Dovede odhalit nízkou krevní perfuzi, nízkou intenzitu pulzu (Stubán, Niwayama, 2009, p. 054302).

I přes osvědčené využití pulzní oxymetrie u dospělých a dětí, pro technické problémy byl vývoj fetální pulzní oxymetrie poněkud zdlouhavý. Plod je pro měření méně dostupný a fyziologicky se odlišuje od dospělého jedince (Garite, Porreco, 2002, s. 8). Parciální napětí kyslíku ve fetální krvi je menší než v krvi matky a na dostatečném zásobování tkání plodu se podílí zvýšená afinita fetálního hemoglobinu. Disociační křivka oxyhemoglobinu plodu je vzhledem k mateřské křivce posunuta doleva. Při poklesu pH se disociační křivka posouvá doprava, což zapříčiní snížení afinity a umožní snazší uvolňování kyslíku v tkáni (Bohrův efekt), (viz příl. 1, s. 50). V umbilikální žíle je saturace kyslíku přibližně 75 %. Krev s nejvyšší saturací kyslíku je přednostně odváděna do mozku a srdečního svalu (Hájek, 2005, s. 393). V průběhu porodu se stává jedinou dostupnou částí plodu pro zavedení pulzního oxymetru naléhající část, většinou se jedná o hlavičku plodu.

Další komplikací týkající se naložení oxymetru může být nedostatečně dilatované děložní hrdlo a zachovalý vak blan (Garite, Porreco, 2002, s. 8). Fetální pulzní oxymetrii lze použít po amniotomii spontánní nebo umělé a na hrdle dilatovaném alespoň 2 cm (Stubán, Niwayama, 2009, p. 054302).

Další překážkou využití pulzní oxymetrie v porodnictví může být hlavička plodu pokrytá vlasy, často i hlenem, krví, mázkem, mekoniem a vaginálními sekrety, které všechny mohou činit problémy při přenosu světla a fotodetekci (Garite, Porreco, 2002, s. 8). Podobné informace můžeme najít v článku, kde Stubán, Niwayama popisují, že vlasy plodu, mázek, smolka mohou působit překážku ve snímání signálu a samotném měření saturace kyslíku (Stubán, Niwayama, 2009, p. 054302). Podobné informace jsou prezentovány v dalším článku. Dříve používané senzory představovaly zhoršenou kvalitu přijímaného signálu v důsledku kožního edému, vlasů či špatného kontaktu čidla s kůží. Zdá se, že nově navržené systémy s ohledem na tkáňovou perfuzi, distribuci infračerveného světla přes tkáň a úhly nové sondy, řeší tyto problémy (Tekin et al., 2008, p. 825).

Další komplikující faktor při aplikaci fetální pulzní oxymetrie je pulz plodu, který je mělký a tedy i amplituda pulzní vlny je nízká, což znemožňuje přesný výpočet arteriální saturace. Hladina saturace kyslíkem u plodu je zhruba 55 %. Vyráběné oxymetry byly kalibrovány na největší přesnost v rozmezí 90 až 100 % saturace. Musíme připomenout i odlišnost fetálního hemoglobinu od hemoglobinu dospělého člověka s rozdílným vlivem na absorpci světla. Všechny tyto faktory hrály roli při vývoji fetální pulzní oxymetrie a brzdily její vývoj. Inženýři firmy Nellcor (Pleasanton California) díky svému úsilí a technické zdatnosti vyvinuli zařízení zavádějící se transcervikálně a přikládající se na tvář plodu (viz příl. 2, s. 51). Na senzoru se nacházely tři zlatem potažené elektrody zajišťující kontakt, fotoemitor, fotodetektor. Katetr byl propojen s N – 400 fetálním pulzním oxymetrem, který zpracovával signál a na displeji ukazoval saturaci. Zároveň byl pulzní oxymetr napojen na CTG monitor, který signál zapisoval na kardiokardiografické křivce. To umožnilo kontinuální záznam o stavu saturace plodu kyslíkem, který může být ovlivňován fetální srdeční frekvencí a děložními kontrakcemi. Záznam saturace kyslíku byl hlučný a špatně interpretovatelný, a proto byla saturace vyhodnocována každých 45 sekund. Displej tedy ukazoval změny v nasycení kyslíkem se zpožděním o tento interval (Garite, Porreco, 2002, s. 8). Podobně jsou fetální pulzní oxymetry popsány v následujícím textu. Skládají se z katetru se senzorem na měření saturace kyslíku na jednom konci a zobrazovací jednotky připojené k druhému konci. Katetr se senzorem se zavádí přes pochvu, částečně dilatovaným děložním hrdlem a přikládá se na hlavičku plodu nebo na jeho tvář (Stubán, Niwayama, 2009, p. 054302).

Při stanovení kritických hodnot saturace kyslíku je nutno si uvědomit, že dlouhodobá fetální hypoxie způsobuje zvýšení anaerobního metabolismu se zvýšenou produkcí organických kyselin, které vedou ke tkáňovému i orgánovému poškození až k úmrtí plodu. Cílem monitorování plodu během porodu je zabránit těmto komplikacím a předcházet vzniku metabolické acidózy. Většina studií stanovuje jako kritickou hodnotu 30% saturaci plodu. Normální saturace plodu kyslíkem se pohybuje v rozmezí od 30 do 70 %. Studie porovnávaly skalpové a pupečnickové hodnoty pH s naměřenými hodnotami saturace u plodů se suspektním kardiokardiografickým záznamem. V závěru bylo řečeno, že riziko metabolické acidózy u plodů s naměřenými hodnotami neklesajícími pod 30 % po delší dobu než 10 minut je velmi nízké. Kritické hodnoty

byly stanoveny na základě mnoha studií. Výsledkem byla i vysoká specifická a senzitivita fetální pulzní oxymetrie (Garite, Porreco, 2002, s. 9).

Začátky fetální pulzní oxymetrie v České republice

S fetální pulzní oxymetrií se naši porodníci poprvé seznámili na 14. evropském kongresu perinatální medicíny v Helsinkách v roce 1994. První fetální pulzní oxymetr N-400 byl zakoupen na porodní sál ve Fakultní porodnici v Brně v roce 1998. První příznivé zkušenosti přispěly ke konstatování, že intrapartální fetální pulzní oxymetrie (IFPO), má své místo vedle kardiokografie jako doplňující metoda, která snižuje počet císařských řezů z akutní indikace ohrožení plodu hypoxií. Metoda se brzy rozšířila. Hlavní indikací ke stanovení saturace kyslíkem pomocí fetálního pulzního oxymetru byla kardiokografem stanovená hypoxie plodu. Druhým nejčastějším důvodem pro použití fetálního pulzního oxymetru byla zkalená plodová voda. Indikaci k použití pulzního oxymetru stanovil lékař s druhou atestací, senzor zavedl i sekundární lékař. Zavedení senzoru nebylo rodičkami vnímáno bolestivě, ale určité negativní pocity byly popisovány. Senzor byl průměrně zaveden po dobu 37,5 minut, za diagnostické kritérium byla považována saturace nižší než 30 % po dobu delší než 10 minut. Provedení císařských řezů pro akutní hypoxii plodu stanovenou na podkladě patologického kardiokografického záznamu se snížilo na 50,3 %. Metoda IFPO byla personálem porodního sálu hodnocena spíše kladně a považována za přínosnou pro porodnictví (Roztočil, 2002, s. 15).

2 MOŽNOSTI MONITORACE PLODU V SOUČASNOSTI – FETÁLNÍ PULZNÍ OXYMETRIE

2.1 Současná diagnostika hypoxie plodu

V úvodu této kapitoly je zmíněno i prepartální monitorování plodu v děloze. Peschout, Roztočil ke stanovení chronické hypoxie plodu v graviditě uvádějí tyto možnosti diagnostiky:

- počítání pohybů plodu,
- měření vzdálenosti mezi symfýzou a děložním fundem,
- kardiokografický záznam (CTG), funkční testy,
- ultrazvuková diagnostika (UZ),
- amnioskopie,
- amniocentéza, kordocentéza,
- dnes již moc nevyužívaná metoda určující estriol v moči rodičky (Peschout, Roztočil, 2005, s. 400).

Při intrapartálním sledování plodu se v současné době využívá především elektronických metod. Biochemické metody jako je určení pH fetální krve z kůže hlavičky plodu nemají v dnešním porodnictví uplatnění (Měchurová, 2007, s. 25). V jiném textu jsou jmenovány i mikroodběry z hlavičky plodu, v ostatních metodách panuje shoda (Peschout, Roztočil, 2005, s. 403).

Elektronické metody intrapartálního sledování plodu:

- kardiokografie (CTG),
- intrapartální fetální pulzní oxymetrie (IFPO),
- fetální elektrokardiografie (FEKG) hodnotící ST úsek EKG křivky (Měchurová, 2007, s. 25).

V následujícím textu budou stručně popsány všechny uvedené metody včetně prepartálního sledování stavu plodu v děloze.

Počítání pohybů je jedna z nejjednodušších metod jak sledovat stav plodu i pro těhotnou. Změny v četnosti i charakteru pohybů by budoucí matka měla hlásit svému gynekologovi (Peschout, Roztočil, 2005, s. 400).

Hypoxický plod omezuje pohybovou aktivitu ve snaze šetřit energii pro funkci životně důležitých orgánů. Změna v množství a kvalitě pohybů může být známkou hypoxie plodu. Provedou se další vyšetření jako je CTG, ultrazvukové vyšetření a dopplerovská velocimetrie. Většinou se diagnóza hypoxie plodu nepotvrdí a subjektivně pociťovaná změna pohybů plodu matkou je výsledkem fyziologické variability plodu (Hájek, 2005b, s. 396).

Vzdálenost symfýzy – fundus je nenáročnou metodou, může pomoci odhalit intrauterinní růstovou retardaci (Peschout, Roztočil, 2005, s. 401). Retardace růstu může často souviset s nedostatečnou funkcí placenty (Hájek, 2005b, s. 396). Naměřená hodnota se srovnává s gravidogramem a pokud neodpovídá gestačnímu stáří, je většinou nutné další vyšetření, většinou ultrazvuková biometrie plodu (Peschout Roztočil, 2005, s. 401). Měříme vzdálenost mezi horním okrajem symfýzy a nejvyšším místem děložního fundu (Měchurová, 2003, s. 259).

Ultrazvuková diagnostika se zaměřuje na klinické projevy chronické hypoxie. Hodnotí se biometrické údaje, dopplerovské parametry, posuzuje množství plodové vody, vyhledává placentární patologie, hodnotí morfologii plodu.

Hodnocení růstu plodu je závislé na správně stanovené délce gravidity. Délku těhotenství upřesňuje sonografické vyšetření v 11. – 14. týdnu gestace, kdy se posuzuje temenokostrční délka plodu (CRL). Při provádění biometrie ve II. a III. trimestru měříme několik standardních rozměrů jako je biparietální průměr (BPD), obvod hlavičky (HC), obvod břicha v úrovni žaludeční bubliny (AC) a délka stehenní kosti (FL). Na základě naměřených hodnot určuje program v ultrazvukovém přístroji váhový odhad plodu (Caldá, Víšková, 2005, s. 384).

Biofyzikální profil hodnotí dýchací pohyby, pohyby plodu, tonus plodu a index plodové vody (Peschout, Roztočil, 2005, s. 401). Mezi akutní ukazatele ohrožení stavu plodu patří fetální pohyby těla, fetální dýchací pohyby a fetální tonus. Za chronické ukazatele považujeme stupeň zralosti placenty a měření množství plodové vody (Měchurová, 2003, s. 259).

Dopplerovská flowmetrie v pupečnickových cévách plodu užívá k měření indexů PI (pulzatilní index), RI (index resistance) a S/D (poměr systoly a diastoly). Měří se průtoková rychlost v arteria cerebri media plodu, která je v porovnání s měřením průtokové rychlosti v arteria umbilicalis vhodnější pro určení známek hypoxie plodu. Hodnotí se i průtoková rychlost v ductus venosus, kde vyšší pulzatilita znamená vyšší riziko acidémie (Peschout, Roztočil, 2005, s. 401). Tato metoda pomáhá odhalit časně známky hrozící hypoxie plodu. Snahou porodníka je určit vhodný okamžik porodu, kdy dopplerovský nález je patologický, ale kardiokografický záznam (CTG) nevykazuje známky hypoxie. Změněný průtok krve v umbilikálních cévách předchází o několik dní změnám zjistitelným na CTG záznamu (Měchurová, 2003, s. 259). Při přetrvávající hypoxii dochází k redistribuci krve, kdy prioritou je zásobit životně důležité orgány (mozek, srdce, nadledviny). Tento stav se v dopplerovské sonografii projeví chybějícím end – diastolickým průtokem v aortě plodu, arteria renalis, arteria umbilicalis, arteria cerebri media. Následuje pokles indexu pulzatility, poté změny ve venózním systému – ductus venosus (negativní tok nebo zvýšená pulzatilita). (Szunyogh et al., 2006, s. 180).

Amnioskopie je metoda hodnotící kvalitu plodové vody. Při chronické hypoxii se v plodové vodě vyskytuje mekonium (Peschout, Roztočil, 2005, s. 402).

Metoda se provádí endoskopem zavedeným do cervikálního kanálu při intaktních plodových obalech. Nevýhodou metody je riziko ruptury vaku blan, nemožnost vyšetření při uzavřeném hrdle, riziko krvácení. Čirá nebo mléčně zkalená plodová voda znamená fyziologický nález. Zelená, šedá nebo šedohnědá plodová voda je známkou hypoxie plodu, žlutě zbarvená plodová voda ukazuje na morbus hemolyticus a masové zbarvení může znamenat intrauterinní smrt plodu (Měchurová, 2003, s. 259).

Amniocentéza, kordocentéza patří mezi nejinvasivnější metody. Pod ultrazvukovou kontrolou můžeme získat informace o hladině erythropoetinu, která je u hypoxických plodů zvýšená. Zvýšená hladina interleukinu může odhalit intrauterinní infekci. Z genetického hlediska jsou důležité samozřejmě údaje o karyotypu plodu. Při kordocentéze se můžeme přesvědčit o stavu krevních plynů a erythropoetinu, karyotypizace, přímá detekce případné infekce. Velkou nevýhodou je invazivita a přímé ohrožení plodu (Peschout, Roztočil, 2005, s. 402).

Estriol v moči rodičky můžeme zařadit mezi historické metody. Fetální organismus metabolizoval produkty, které se v placentě přeměňují na estriol, který byl dále detekován v moči matky (Peschout, Roztočil, 2005, s. 402).

Funkční testy kardiokografie můžeme využít, pokud kardiokografický záznam nelze jasně zhodnotit a pokud jsme v diagnostice na rozpacích (Peschout, Roztočil, 2005, s. 401). Mezi funkční testy řadíme nestresový test, který je jednoduchým screeningovým neinvazivním vyšetřením hodnotícím stav plodu v posledních týdnech těhotenství posuzováním zaznamenaných pohybů plodu v souvislosti se srdeční akcí plodu. Záznam je dvacetiminutový. Druhým způsobem je stresový test, obvykle oxytocinový, kdy v závěru gravidity aplikujeme těhotné ženě nařazený oxytocin infuzní pumpou a sledujeme reakci plodu a reaktivitu dělohy na uměle vyvolanou děložní činnost. Tento test nám pomůže odhalit rezervy plodu (Měchurová, 2003, s. 258). Zátěžový test má své místo při odhalování suspektní hypoxie plodu (Peschout a Roztočil, 2005, s. 401).

Kardiokografie (CTG) je nazývána zlatým standardem při sledování stavu plodu v děloze. Je využívána v prepartálním období i během porodu (Peschout, Roztočil, 2005, s. 401). Antepartální suspektní či patologický záznam je doplněn ultrazvukovým vyšetřením s posouzením množství plodové vody – AFI (amniotic fluid index), biometrií plodu a především dopplerovskou velocimetrií. Intrapartální suspektní či patologický CTG záznam je indikací k použití fetální pulzní oxymetrie a fetální elektrokardiografie (Větr, 2002, s. 245). Zavedení kardiokografie umožnilo snížit morbiditu a mortalitu novorozence z důvodu asfyxie (Sobotková a kol., 2004, s. 114). Zároveň došlo k výraznému zvýšení počtu císařských řezů (Holub, Urbánek, 2002, 101). Metoda se zakládá na zaznamenávání délek RR intervalů fetálního EKG (elektrokardiogramu), odhaluje projevy patofyziologie cirkulačního systému plodu v souvislosti s děložní aktivitou. Jedná se o screeningovou metodu časně diagnostiky hypoxie plodu. Pokud posuzujeme CTG záznam, musíme zohlednit gestační stáří, polohu matky, fázi porodu a podané léky (Měchurová, 2007, 25 – 26). Je třeba zohlednit i aktivitu plodu. Záznam je hodnocen dle doporučení FIGO (International Federation of Gynecology and Obstetrics) z roku 1986 jako fyziologický, suspektní či patologický (Peschout, Roztočil, 2005, s. 144).

Zjednodušeně můžeme hodnotit na kardiokogramu tři jevy: dlouhodobé, střednědobé a krátkodobé.

Dlouhodobým frekvenčním jevem můžeme označit bazální srdeční frekvenci (střední úroveň ozev plodu) trvající 5 – 10 minut (Peschout, 2007b, s. 144). Tyto jevy jsou charakterizovány bazální frekvencí nacházející se v pásmu normokardie, tachykardie nebo bradykardie.

Střednědobé frekvenční jevy znamenají frekvenční zrychlení nebo zpomalení ozev plodu (akcelerace, decelerace). Akcelerací nazýváme přechodné zvýšení ozev plodu nad 15 tepů za minutu po dobu trvající déle než 15 sekund. (Měchurová, 2005, s. 361). Decelerace je naopak přechodné zpomalení ozev plodu o 15 tepů za minutu trvající více než 10 sekund. Při posuzování decelerací musíme současně hodnotit kontrakční činnost dělohy. Sporadické decelerace jsou nezávislé na kontrakcích a jsou charakteristické strmým poklesem a strmým návratem. Tyto decelerace označujeme jako DIP 0. Periodické decelerace doprovázejí každou děložní kontrakci. Rozlišujeme dvě formy. První formou jsou rané decelerace, kdy vrchol kontrakce odpovídá vrcholu poklesu ozev plodu. Tyto periodické rané decelerace nazýváme také DIP I. Druhou formou periodických decelerací jsou pozdní decelerace (DIP II), kdy vrchol poklesu ozev plodu nastává až po vrcholu kontrakční vlny. V případech střídání raných a pozdních decelerací hovoříme o variabilních deceleracích (Peschout, 2007b, s. 144).

Mezi krátkodobé frekvenční jevy řadíme oscilace kolem bazální linie. Rozlišujeme undulatořní, zúženě undulatořní, silentní, saltatořní záznam a zvláštřní typ patologického záznamu CTG – sinusoidní křivka. CTG je vysoce senzitivní metoda, která není úplně specifická pro diagnózu fetální hypoxie svými falešně pozitivními záznamy se zvýšeným počtem záznamů u skupiny fyziologické (Měchurová, 2007, s. 26).

V roce 2008 se uskutečnila revize standardizované definice používané při interpretaci záznamů srdeční frekvence plodu. Proběhla na společném workshopu National Institute of Child Health and Human Development (NICHD), American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) a Society for Maternal – Fetal Medicine. Vyvinuli mnemotechnickou pomůcku „*DR C BRAVADO*“.

Cílem této pomůcky je *určit riziko (Determine Risk – DR)*. Klinické riziko (nízké, střední, vysoké) je vyhodnoceno společně s hodnocením záznamu srdeční frekvence plodu. Plod s nízkým rizikem by měl mít větší životní rezervy než plod, který vykazuje růstovou retardací nebo je vystaven uteroplacentární insuficienci z důvodu preeklampsie matky.

Dalším krokem mnemotechnické pomůcky je hodnocení *kontrakce (Contractions – C)*. Pro přesné vyhodnocení decelerace je nutno posoudit kontrakční činnost dělohy. Měříme ji buď externím snímačem či intrauterinním katetrem.

Následuje hodnocení *bazální srdeční frekvence (Baseline Rate – BRA)*. Normální hodnota bazální frekvence je podle NICHD stanovena na 110 – 160 tepů za minutu trvající aspoň 10 minut. Puls nižší než 110/min je hodnocen jako bradykardie, kdy jako mírná bradykardie je nazývána frekvence pulsu 110 – 100 tepů za minutu. Mírná bradykardie může souviset s přenášením a s okcipitoposteriorní polohou plodu. Hodnoty nižší než 100/min se mohou vyskytovat u plodů s vrozenou srdeční vadou nebo s vadou převodního srdečního systému. Bazální srdeční frekvence vyšší než 160/min je nazývána tachykardií. Může souviset s chorioamnionitidou, zvýšenou teplotou matky, dehydratací a tachyarytmiemi.

Variabilita (V) je další součástí mnemotechnické pomůcky. Normální variabilita srdeční akce plodu se nachází v rozmezí 5 – 25 tepů za minutu. Koreluje s normální funkcí nervového systému plodu. NICHD rozlišuje záznam, kdy variabilita je nepřítomná, minimální, mírná a zřetelná. Variabilitu může snížit spánkový cyklus o délce 20 – 40 minut, některá léčiva (analgetika, anestetika, barbituráty, magnezium sulfát).

Akcelerace (A) je náhlé zvýšení pulsu plodu, spojuje se s pohybem plodu. Jsou indikátorem dobrého stavu plodu.

Decelerace (D) je pokles srdeční frekvence plodu, který se počítá od počátku k nejnižšímu bodu decelerace zvanému nadir. Rozlišujeme postupný pokles trvající 30 sekund od nástupu decelerace k nadiru a náhlý pokles trvající méně než 30 sekund. Periodické změny pulsu plodu jsou spojeny s kontrakcemi dělohy. Rekurentní jsou označovány decelerace, které se opakují více než u 50 % kontrakcí během

20 minut. Intermittentní decelerace jsou nazývány poklesy, které se opakují méně než u 50 % kontrakcí.

Rané decelerace jsou přechodné postupné poklesy ozev plodu, které tvoří zrcadlový obraz k děložní kontrakci. Jsou téměř vždy benigní a označují kompresi hlavičky plodu.

Variabilní decelerace se liší ve svém tvaru, hloubce i načasování vzhledem k děložní kontrakci. Srdeční frekvence plodu klesá nejméně o 15 tepů/min po dobu 15 sekund až 2 minuty. Příznačný je prudký pokles a návrat, dobrá variabilita bazální srdeční frekvence, akcelerace na počátku a konci kontrakce. Jedná se obvykle o benigní stav způsobený kompresí pupečnicku a s ní související změny periferní vaskulární rezistence a oxygenace. Jsou typické pro druhou dobu porodní. Atypické variabilní decelerace mohou být příznakem hypoxémie plodu.

Počátek pozdní decelerace je posunutý vzhledem k počátku kontrakce, nadir decelerace se objevuje později než vrchol kontrakce. Mohou být projevem uteroplacentární insuficience. Přechodné pozdní decelerace se mohou vyskytovat u těhotných s hypotenzí či uterinní hyperstimulací.

Prolongované decelerace trvající déle než dvě minuty, ale méně než 10 minut mohou být způsobeny kompresí hlavičky (při rychlé progresi), kompresí pupečnicku nebo uteroplacentární insuficiencí.

Celkové hodnocení (O): Normální záznam (kategorie I), nedeterminovaný záznam (kategorie II), abnormální záznam (kategorie III), kdy kategorie III vyžaduje okamžitou intervenci nebo urychlit porod (Bailey, 2010, s. 31).

Intrapartální fetální pulzní oxymetrie (IFPO)

Princip metody byl podrobně popsán v předchozí kapitole.

Analýza fetálního EKG – ST analýza (STAN) je nejnovější metodou k detekci intrapartální hypoxie plodu. Kontinuálně je monitorována srdeční frekvence a elektrokardiogram (EKG) plodu během porodu pomocí skalpové elektrody a děložní činnost pomocí externího děložního senzoru nebo interního katetru (Měchurová, 2007, s. 29).

Principem metody je počítačová analýza fetálního EKG zaměřená na analýzu úseku ST a vlny T. Je založena na specifické vlastnosti ST úseku, na kterém se odráží funkce fetálního myokardu při hypoxické zátěži (Velebil, 2005, s. 378).

Informace o stavu plodu jsou vyhodnocovány na podkladě počítačového programu, sledují se změny ST úseku – bifázicita, tvar vlny T a poměr T ke QRS amplitudě. Myokard plodu má podobné požadavky na kyslík jako mozek. Proto informace o oxygenaci myokardu mohou nepřímo informovat o stavu mozku během porodu. Ke změnám ST úseku dochází především v počáteční fázi hypoxie. Při hypoxii se spouštějí beta–adrenergní receptory a anaerobní glykolýza. To zapříčiní uvolňování kyseliny mléčné a draslíku. V konečném důsledku se mění možnosti buněčné membrány buněk myokardu, což je příčinou elevace úseku ST. Nedostatek kyslíku v krvi působí na sekreci adrenalinu, který zvyšuje kontraktilitu srdečního svalu a podněcuje glykogenolýzu, důsledkem je zvýšení vlny T (Měchurová, 2007, s. 30). Další autor popisuje zvýšení T vlny podobně. Je odpovědí organismu na hypoxii, kdy dojde k vyplavení adrenalinu a myokard získává energii anaerobním metabolismem. Při přechodu hypoxémie do fáze hypoxie dochází k depresi úseku ST. Bifázicita úseku ST je známkou abnormálního jevu, kdy srdce plodu není schopno reagovat na nedostatek kyslíku a může selhávat (Hájek et al., 2002, s. 17). Následující autorka hodnotí bifázicitu ST úseku podobně. Tento stav poukazuje na ischemii srdečního svalu, těžkou hypoxii plodu a rozvoj metabolické acidózy. V této fázi je porodník nucen ukončit těhotenství co nejrychleji (Měchurová, 2007, s. 30).

Indikací k užití ST analýzy je suspektní CTG záznam nebo stav, kdy je plod ohrožen zvýšeným rizikem intrauterinní hypoxie plodu (Měchurová, 2007, s. 30).

Preterminální CTG záznam je důvodem okamžitého ukončení těhotenství (Velebil, 2005, s. 378). Metodu ST analýzy nepoužijeme v případě bradykardie plodu a chronické hypoxie plodu (Měchurová, 2007, s. 30).

Pro použití ST analýzy musí být splněny některé podmínky. Patří mezi ně gravidita starší než 35 týdnů (Měchurová, 2007, s. 30). Hranicí ve smyslu stáří gravidity je u jiného autora 36 týdnů a více. Další podmínkou je tekoucí plodová voda, naléhající velká část plodu, dostatečně kvalitní signál (Velebil, 2005, s. 380). V jiném textu jsou kromě uvedených podmínek předloženy ještě jiné, kterými jsou pravidelná

děložní činnost, progrese porodního nálezu, kdy branka je dilatována alespoň 2 cm, jednočetná gravidita a absence intraamniální infekce (Měchurová, 2007, s. 30).

Metoda ST analýzy přináší vedle jednoznačného přínosu i některé problémy. Handicapem je invazivní zavedení skalpové elektrody na naléhající část plodu a nutnost odtoku plodové vody před provedením vyšetření (Peschout, Roztočil, 2005, s. 403). V jiném článku stejný autor si poněkud protiřečí, umístění sondy považuje spíše za výhodu, protože nebrání vstupování hlavičky do porodních cest (Peschout, 2007b, s. 145).

Nevýhodou je, že přístroj po zapojení vyžaduje časový prostor na stabilizaci systému a správné vyhodnocení získaných dat. Teprve dvacetiminutový záznam udává fakta o aktuálním stavu plodu. Potíže mohou nastat v případě, že plod vyčerpá všechny kompenzační mechanismy (Měchurová, 2007, s. 30). Peschout, Roztočil také popisují problém s kalibrací přístroje, kdy údaje o stavu plodu jsou použitelné až po 20 minutách záznamu. Dle nich se nejnovější přístroje snaží s touto nevýhodou vypořádat (Peschout, Roztočil, 2005, s. 403). ST analýza pro délku kalibrace není schopna řešit akutní hypoxii plodu. Je určena pro kontinuální monitorování rizikových gravidit. Metoda má vysokou specifitu, vyznačuje se ovšem i svou technickou a finanční náročností (Peschout, 2007b, s. 145).

Pomáhá zlepšit diagnostiku plodu ohroženého hypoxií a podílí se také na snížení počtu operativních porodů (Měchurová, 2007, s. 30). Účinnost této metody je dosud spíše ve fázi hodnocení a diskusí (Roztočil, 2010, s. 38).

2.2 Fetální pulzní oxymetrie v současnosti

Jedná se o metodu intrapartálního monitorování plodu, která poskytuje uspokojivé informace o stavu plodu při porodu v reálném čase. Několik studií potvrdilo navrhované korelace mezi abnormální srdeční akcí plodu a sníženou průměrnou hodnotou nasycení kyslíkem u plodu. Značné množství výzkumu je založeno na bezpečnosti, přesnosti a spolehlivosti fetální pulzní oxymetrie v předpovídání neonatálního výsledku kontinuálním a objektivním způsobem. Jeví se jako méně

invazivní, netraumatizuje a je snadněji použitelné, i když vyžaduje amniotomii (Tekin et al., 2008, p. 825).

Snímání funkční saturace kyslíkem arteriální krve plodu (FSPO₂) během porodu se stalo důležitým zdrojem informací o stavu plodu, zejména v případě patologického kardiokografického záznamu (CTG). V posledních letech byla vyvinuta snaha o co nejpřesnější, vysoce automatizovanou diagnostiku intrapartálního stavu plodu. Bylo prokázáno, že pro analýzu signálů v různých měřících je Wavelet analýza (analýza vln) jednou z nejúspěšnějších technik. V posledních pěti letech se kombinují porodní a technické prvky, nové CTG a fetální saturace kyslíku (FSPO₂). Metoda je založena na současné analýze obou parametrů (Salamalekis et al., 2006, p. 135).

Za fyziologickou saturaci kyslíku plodu jsou považovány hodnoty mezi 40 – 70 %. Klinicky významnou hranicí je saturace pod 30 %. Tato saturace se může vyskytovat během porodu až u poloviny plodů. Proto se závažnou stává teprve desaturace trvající deset minut, kdy může docházet k acidóze (Eszto et al., 2007, p. 577).

Indikací k použití fetální pulzní oxymetrie je prolongovaná pozdní decelerace, rozličné typy decelerací (závažné hluboké decelerace trvající déle než 60 vteřin, prodloužený návrat k bazální frekvenci doprovázený tachykardií a ztrátou oscilací na záznamu), neznámá ztráta variability po dobu delší než 30 minut, neznámá tachykardie s možnou ztrátou oscilací, počáteční bradykardie, záznam bez akcelerací po více než 60 minut neznámé příčiny, sinusoidní záznam, suspektní CTG záznam. Zřejmý patologický záznam je indikací k akutnímu ukončení těhotenství (Garite, Porreco, 2002, s. 12). Důvodem k použití fetální pulzní oxymetrie je nehodnotitelný záznam při fetálních arytmiích nebo suspektní či patologický záznam CTG kromě závažné bradykardie plodu (Velebil, 2005, s. 377). Arytmie plodu jsou pro kardiokografii limitující. Fetální pulzní oxymetrie je ovšem schopna odhalit hypoxii i při těchto stavech (Měchurová, 2007, s. 28).

Kontraindikací provedení intrapartální pulzní oxymetrie je placenta praevia, bradykardie plodu pod 70/min, sinusoidní záznam, indikace k akutnímu ukončení těhotenství (Peschout, 2007b, s. 144). Velebil stručně definuje stavy, které jsou důvodem proč nepoužít fetální pulzní oxymetrii. Mezi tyto stavy, kromě již uvedených, patří krvácení z neznámé příčiny a intraamniální infekce (Velebil,

2005, s. 377). Tuto metodu nepoužijeme ani v případě, pokud je intaktní vak blan, abrupce placenty, bradykardie vyžadující rychlou intervenci (Měchurová, 2007, s. 28).

2.2.1 Přístroje používané při intrapartální fetální pulzní oxymetrii

Nellcoru N-400 se podrobněji věnuje předchozí kapitola věnovaná vývoji fetální pulzní oxymetrie (viz příl. 4). Stal se nejčastěji používaným fetálním pulzním oxymetrem (Roztočil, 2002, s. 15). Studie poukazují na 70% úspěšnost zachycení signálu při využití tohoto typu přístroje (Garite, Porreco, 2002, s. 13). Senzory fetálního pulzního oxymetru se umísťují na tvář nebo temeno plodu (viz příl. 2). Musíme myslet na celou řadu faktorů, které mohou ovlivňovat výsledné hodnoty a spolehlivost pulzní oxymetrie. Svou roli hraje přítomnost mekonia, vliv může mít nadměrný tlak na elektrodu nebo tkáň plodu a anémie plodu. Problémy se zachycením signálu mohou nastat i v případě přítomnosti mázku mezi snímačem a kůží (Eszto et al., 2007, p. 577).

Problém s příjmem signálu a nestabilní fixací senzoru na naléhající část plodu vedl vědce k vývoji nového pulzního oxymetru (OBS-500, OB Scientific, Germantown, WI, USA) a oxysenzoru (OBS-900, OB Scientific, Germantown, WI, USA) (viz příl. 5). Nový oxysenzor se umísťuje poté, co ultrazvukovým vyšetřením zkontrolujeme polohu placenty, na trup plodu nejlépe mezi lopatky (viz příl. 3). Po vložení zůstává oxysenzor mezi zády plodu a děložní stěnou pod tlakem při děložní kontrakci. Na oxymetru se zobrazí srdeční frekvence a saturace plodu. Pulzní oxymetr OBS-500 je mobilní s nízkou hmotností (400 g). Zařízení pracuje na baterie, ale je jej možno připojit i do elektrické sítě. To umožňuje nepřetržitý dohled nad stavem plodu i v nouzové situaci, během přepravy pacientky na operační sál. Oxysenzor netraumatizuje plod a je možno jej opakovaně použít (Luttikus et al., 2003, s. 444).

2.2.2 Studie hodnotící fetální pulzní oxymetrii

V Carbonově francouzské multicentrické studii byla sledována diagnostická hodnota pulzní oxymetrie v predikci špatných neonatálních výsledků. Tento stav byl definován hodnotou pH menší než 7,15 a Apgar skóre nižší než 7 v páté minutě. Studie potvrdila,

že saturace menší než 30 % po dobu 10 minut je indikací k urychlenému ukončení těhotenství (Eszto et al., 2007, s. 578).

V roce 2000 Garite a kolektiv uskutečnili první multicentrickou randomizovanou studii vyhodnocující fetální pulzní oxymetrii (Eszto et al., 2007, p. 578). Na studii spolupracovalo devět pracovišť a uskutečněno 1010 měření kyslíkové saturace plodu pulzní oxymetrií (Roztočil, 2002, s. 16). Do studie byly zahrnuty těhotné 36. týden a více, u kterých během porodu byl natočen suspektní CTG záznam. Ženy byly rozděleny do dvou skupin, první skupina byla monitorována kombinovaně CTG a pulzní oxymetrií, druhá skupina byla sledovaná pouze CTG. První skupina prokázala 50% snížení počtu císařských řezů z důvodu distresu plodu. Celkové snížení operačních porodů se nepotvrdilo, protože došlo ve skupině sledované pulzní oxymetrií ke zvýšení počtu císařských řezů pro dystokii. Zároveň byla hodnocena přesnost fetální pulzní oxymetrie v indikaci akutního ukončení gravidity (Garite et al., 2002, s. 10).

V české studii bylo hodnoceno 100 gravidit s patologickým CTG záznamem indikujícím akutní ukončení těhotenství. Při použití fetální pulzní oxymetrie bylo vaginálně porozeno 73 plodů s dobrými neonatálními výsledky, kdy Apgar skóre v první minutě byl 7 až 9 bodů. Císařským řezem bylo ukončeno 27 porodů, kdy byla pulzním oxymetrem diagnostikována hypoxie plodu s nejnižším Apgar skóre v první minutě 4 a nejvyšším 9 bodů (Roztočil, 2002, s. 16).

V roce 2004 Kunhert a Schmidt publikovali studii, která je charakteristická širokým použitím vyšetření pH z hlavičky plodu společně s CTG nebo v kombinaci CTG a pulzní oxymetrie. Použití pulzní oxymetrie je provázeno poklesem počtu operativních porodů, ale i snížením počtu vyšetření pH z hlavičky plodu. Studie však neprokázala žádný významný rozdíl z hlediska stavu novorozence (Eszto et al., 2007, p. 579).

V roce 2005 probíhala randomizovaná studie Klausera, která neprokázala snížení počtu císařských řezů pro akutní hypoxii plodu při použití pulzní oxymetrie. Na vysokém počtu císařských řezů v obou skupinách může mít vliv, že do studie byly zahrnuty gravidity nižší než 36 týdnů. Hranicí pro akutní ukončení těhotenství byla saturace nižší než 30 % po dobu více než tři minuty (Eszto et al., 2007, p. 579).

V roce 2006 East publikoval novou randomizovanou multicentrickou studii, jejíž závěry jsou podobné závěrům Garitovy studie. Novorozenecký stav se v obou skupinách neliší. Počet operativních porodů pro akutní hypoxii se výrazně snižuje, ale ne celkově. Indikací pro ukončení těhotenství byla hodnota saturace nižší než 30 % po dobu delší než deset minut. Vyšetření pH z hlavičky plodu se použilo jen zřídka a méně často ve skupině monitorované pulzní oxymetrií. Studie se zabývala oxymetrií i z hlediska nákladů i z hlediska spokojenosti pacientů. Náklady na počet císařských řezů z důvodů akutní hypoxie plodu se snížily, ale ne celkově. Standardizované dotazníky spokojenosti v obou skupinách neprokázaly rozdíl (Eszto et al., 2007, p. 579).

V roce 2006 Bloom publikoval výsledky randomizované studie, do které bylo zahrnuto asi 5300 nullipar v termínu porodu s jednočetným těhotenstvím, kdy plod je v poloze podélné hlavičkou (Lockwood, 2007, s. 11). Na počátku studie byla myšlenka, že znalost kyslíkové saturace plodu jako doplněk k elektronickému monitorování plodu může vést k výraznému snížení počtu císařských řezů a zlepšení neonatálních výsledků. Do studie bylo zařazeno 5341 rodících žen v termínu porodu. Vyloženy byly rodičky s přidruženým onemocněním a febrilní stavy. Byly rozděleny na skupinu maskovanou a otevřenou, kdy všechny byly monitorovány fetální pulzní oxymetrií. V otevřené skupině byly hodnoty saturace kyslíkem zobrazeny lékaři, v maskované skupině byly hodnoty zaznamenány do počítače a údaje byly skryty (Bloom et al., 2006, p. 2195). Indikací k provedení císařského řezu byla v Bloomově studii hodnota saturace kyslíku u plodu menší než 30 % po dobu více než dvě minuty (Eszto et al., 2007, p. 579). Studie byla komplikována suspektním kardiokogramem u části rodiček již před zahájením studie, zbývající rodičky měly před započítáním studie fyziologický kardiokografický záznam. Ze studie vyplývá, že nebyl žádný rozdíl v obou skupinách v celkovém počtu císařských řezů, v počtu císařských řezů z důvodu hrozící hypoxie plodu, ani v případě operativních porodů pro dystokii. Podobné nálezy byly pozorovány v podskupině 2168 žen, u nichž byl suspektní kardiokografický záznam detekovaný před randomizací. Neonatální výsledky v obou skupinách se významně nelišily. Závěrem můžeme uvést, že znalost kyslíkové saturace plodu není spojena se snížením počtu císařských řezů nebo zlepšení stavu novorozence (Bloom et al. 2006, s. 2195).

Tato studie byla zveřejněna v roce 2008. Cílem bylo začlenit intermitentní fetální pulzní oxymetrii do posouzení stavu plodu v průběhu porodu a snížení počtu císařských řezů. Jedná se o randomizovanou studii provedenou na 230 ženách, u kterých byl vyvolán porod misoprostolem. Ve sledované skupině bylo 114 rodiček, které byly současně sledovány přerušovanou fetální pulzní oxymetrií a kardiokografem. Kontrolní skupina byla v průběhu porodu monitorována pouze kardiokografem. Primárním sledovaným parametrem byl počet císařských řezů. Sekundární výstupy zahrnovaly období do porodu, počet urgentních císařských řezů pro hrozící hypoxii plodu a neonatální výsledky. V této studii došlo ke snížení jak celkového počtu císařských řezů, tak císařských řezů pro distres plodu. Závěrem můžeme zdůraznit, že při indukovaném porodu přerušovaná fetální pulzní oxymetrie pomáhá snížit počet celkových císařských řezů i císařských řezů při abnormálním záznamu fetální srdeční frekvence (Caliskan et al., 2008, s. 445).

Další studie chtěla porovnat naměřené hodnoty fetální pulzní oxymetrie a různých kardiokografických záznamů ve vztahu s novorozeneckými výsledky. Do studie byly zařazeny těhotné ženy v aktivní fázi porodu s jednočetnou graviditou v období od 32 do 42 týdne. 156 těhotných bylo rozděleno do třech skupin: s fyziologickým kardiokografickým záznamem, s pozdními deceleracemi a variabilními deceleracemi. Studie prokázala, že snížení hodnoty fetální pulzní oxymetrie zejména dlouhotrvající a opakující snížení saturace pod 30 % koreluje s abnormálním kardiokografickým záznamem a naznačují vztah s ohrožením plodu a metabolickou acidózou. Pokud je v průběhu aktivní fáze u plodu nižší počáteční hodnota saturace kyslíku, následují nežádoucí neonatologické výsledky (Tekin et al., 2008, p. 824).

2.2.3 Shrnutí výsledků studií věnovaných fetální pulzní oxymetrii

Intrapartální fetální pulzní oxymetrie (IFPO) se stala uživatelsky příjemnou metodou, snadno ovladatelnou i jasně hodnotící. Jako výhodu můžeme uvést i možnost sledování plodu u předčasného porodu. Metoda má vysokou senzitivitu i specificitu. Za problém můžeme považovat možnost monitorovat plod až po odtoku plodové vody a při dilataci děložního hrdla, kdy je možno zavést sondu pulzního oxymetru. Pulzní oxymetrii nemůžeme využít v případě vícečetného těhotenství. Dalším problémem může být nedostupnost sond ke staršímu typu Nellcor, kdy byla zastavena výroba

a distribuce sond (Peschout, 2007a, s. 13). Podobným problémem s dostupností sondy pro snímání fetální pulzní oxymetrie nejběžněji užívané ve Francii se zabývá (Eszto et al., 2007, p. 576). Za nedostatek můžeme považovat i cenu sondy vzhledem k tomu, že sondy pro oxymetr Nellcor jsou určeny k jednorázovému použití. Dystokie při zavedené sondě fetálního pulzního oxymetru se při fyziologických hodnotách saturace řešila vytažením sondy s následným porodem plodu bez známek hypoxie (Peschout, 2007a, 13). V jiném textu stejný autor podotýká, že toto vytažení sondy v závěru porodu nebylo v provedených studiích zohledněno. Metoda sice nesnižuje počet císařských řezů. Jako pozitivum musíme uvést, že metoda ihned po zavedení sondy hodnotí stav plodu (Peschout, 2007 b, 145). Roztočil shrnuje, že intrapartální fetální pulzní oxymetrie (IFPO) svými naměřenými hodnotami podává přesné informace o stavu plodu. IFPO není pouze metodou, která upřesňuje diagnostiku hypoxie plodu při falešně pozitivním CTG záznamu, ale může hodnotit reakci plodu na změnu polohy matky a inhalaci O₂ matkou (Roztočil, 2002, s. 16).

Výsledky studií naznačují, že fetální pulzní oxymetrie není příliš užitečným pomocníkem ve smyslu snížení počtu císařských řezů a totálního snížení hypoxicko – ischemické encefalopatie (Lockwood, 2007, s. 10). Dle studií fetální pulzní oxymetrie nezvyšuje riziko infekčních komplikací matky. Může být nápomocná při hodnocení suspektního CTG záznamu. Pomáhá v rozhodnutí, zda provést operační vaginální porod nebo císařský řez. Pulzní oxymetrie by mohla snížit neoprávněný počet soudních procesů spojených s hypoxií plodu. Je třeba překonat nedostatky metody a vylepšovat kvalitu přístrojů (Garite, Porreco, 2002, s. 11).

Mnoho studií vytýká pulzní oxymetrii špatný kontakt oxysenzoru s kůží plodu. Snížená kvalita signálu může ovlivňovat přesnost metody. Nový oxysenzor OBS–900 je při vložení v rané fázi úspěšnější a výstupní signál až 95%. Fyziologická rotace hlavičky plodu neovlivňuje výstupní signál. Časová prodleva mezi vložení oxysenzoru a zpracováním signálu na displeji je 10 sekund, v neposlední řadě je nutno zdůraznit, že oxysenzor OBS–900 je určen k opakovanému použití (Luttkus et al., 2003, p. 446).

Je třeba poznamenat, že většina studií byla provedena v anglosaských zemích a jejich výsledky nejsou aplikovatelné například ve francouzské praxi. Pouze studie, kde byla široce používána hodnota pH, byla spojena s poklesem počtu císařských řezů. V této

studii zůstal porodník s pacientkou během sledování plodu v průběhu porodu a při ztrátě signálu upravil čidlo. Tento detail podtrhuje skutečnost, že výsledky jsou závislé na praxi týkající se používání hodnocené techniky. Můžeme také zmínit Bloomovu studii, kde dochází ke značnému zkreslení při začlenění rodiček s abnormálním kardiokografickým záznamem nebo rozhodnutí o císařském řezu po dvou minutách poklesu saturace pod 30 %. Závěrem nutno podotknout, že fetální pulzní oxymetrie se ukázala jako spolehlivá metoda pro monitorování plodu v průběhu porodu. Kromě dohledu nad srdeční frekvencí plodu má tu výhodu, že je neinvazivní, snižuje počet vyšetření pH z hlavičky plodu v průběhu porodu a také počet císařských řezů pro abnormální kardiokografický záznam. Metoda má rezervy co se týká růstu počtu dystokií popisovaných v různých randomizovaných anglosaských studiích. Problém by mohl být řešen vyvinutím nového oxysenzoru (Eszto et al., 2007, p. 580).

Caliskan et al. proti předchozím studiím hodnotí fetální pulzní oxymetrii pozitivně. Důvodem proč se výsledky jejich studie liší, je hraniční saturace plodu s hodnotou méně než 30 % po dobu delší než deset minut. Neonatální výsledky se v obou skupinách výrazně nelišily. Možným vysvětlením proč se ve sledované skupině ve srovnání s ostatními předcházejícími studiemi nevyskytlo zvýšení počtu císařských řezů z důvodu dystokie je použití intermitentní fetální pulzní oxymetrie (Caliskan et al., 2008, p. 451).

2.3 Doporučený postup při diagnostice hypoxie plodu

Kardiokografické vyšetření (CTG) s fyziologickým záznamem značí, že plod není ohrožen. Jestliže máme suspektní záznam, znamená to indikaci k použití intrapartální pulzní oxymetrie (IFPO). Při patologickém záznamu využijeme měření IFPO, pokud je srdeční akce plodu menší než 70 tepů/min po dobu více než 7 minut je nutno přikročit k akutní tokolýze, přistoupit k inhalaci O₂ a provést císařský řez (Roztočil, 2002, s. 17). Měchurová popisuje postupový algoritmus podobně. Při suspektním CTG záznamu doporučuje kromě IFPO využít i ST analýzu. Patologický záznam s bradykardií plodu by řešila akutní tokolýzou, oxygenoterapií s následným ukončením porodu dle okolností buď císařským řezem nebo forcepsem (Měchurová, 2007, s. 31).

Při hodnocení intrapartální fetální pulzní oxymetrie se saturací kyslíku u plodu větší než 30 % můžeme konstatovat, že plod není ohrožen hypoxií. Pokud je saturace menší než 30 % po dobu delší než 10 minut následuje akutní tokolýza, inhalace O₂ matkou a ukončení těhotenství císařským řezem (Roztočil, 2002, s. 17). Trvale snížená či intermitentní saturace pod 30 % by měla vést k akutní tokolýze, oxygenoterapii a ukončení porodu císařským řezem nebo klešťovým porodem s ohledem na podmínky (Měchurová, 2007, s. 31).

ST analýza fetálního elektrokardiogramu (STAN) je doplňujícím vyšetřením ke CTG a IFPO. Toto vyšetření je vhodné pro kontinuální monitorování rizikových gravidit (Roztočil, 2002, s. 17). ST analýza je doporučena pro sledování rizika u suspektního CTG. U patologického kardiokografického záznamu je vhodné kontinuální monitorování v případě, že je saturace kyslíkem ověřená IFPO vyšší než 30 % (Měchurová, 2007, s. 31).

Při analýze současných metod diagnostiky intrapartální hypoxie plodu měla významnější specifitu IFPO a STAN při srovnání s kardiokografií. V porovnání hodnocení hypoxie mezi IFPO a ST analýzou se výsledky přikláněly na stranu STAN. Nebyl však zjištěn významný rozdíl v indikaci k akutnímu ukončení porodu (Hájek et al., 2005a, s. 26).

3 BUDOUCNOST FETÁLNÍ PULZNÍ OXYMETRIE

3.1 Studie naznačující možné směřování fetální pulzní oxymetrie

Tato studie byla uveřejněna již v roce 2003. Zaměřila se na vyhodnocení proveditelnosti současného použití intrapartální fetální pulzní oxymetrie (IFPO) a ST analýzy (STAN) v zájmu rychleji diagnostikovat ohrožení plodu. Studie se zaměřila na výstup signálu a shodu naměřené nižší hodnoty saturace kyslíku a ST události. Výstupní signál při současném použití obou metod nebyl významně snížen. Při probíhající ST události naznačující hypoxii plodu zároveň pulzní oxymetrie vykazovala více epizod desaturace. Studie prokazuje možnost kombinovat obě metody, což může podporovat vývoj nové technologie, která kombinuje fetální pulzní oxymetrii i fetální elektrokardiografii (Luttkus et al., 2003, p. 443).

V roce 2011 byla zveřejněna studie, která probíhala na Slovensku pod vedením Biringera. Cílem této studie bylo posoudit platnost biofyzikálních diagnostických metod hypoxie plodu. Rodičky byly retrospektivně rozděleny na základě pH v umbilikální arterii na dvě skupiny. Kontrolní a sledovanou skupinu, kdy u každé rodičky v průběhu porodu probíhalo současně kontinuální sledování stavu plodu pomocí kardiokografie (CTG), IFPO a STAN. Z hlediska prevence intrapartální hypoxie plodu je nejlepší formou souběžný kombinovaný monitoring pomocí CTG, IFPO a STAN. Tyto výsledky podporují snahu o vytvoření integrovaného snímače pro CTG, IFPO, STAN (Biringer et al., 2011, s. 222).

Eszto et al. uvádějí podobné závěry jako předchozí studie. Metoda fetální pulzní oxymetrie by neměla být opuštěna. Budoucnost může být také v kombinaci s dalšími metodami sledování stavu plodu, jako je ST analýza fetálního elektrokardiografu či měření pH z hlavičky plodu (Eszto et al., 2007, p. 580).

Můžeme odhadovat, že IFPO a STAN si nebudou konkurovat, budou mít vlastní indikace. IFPO je metoda vhodná spíše pro rychlou diagnostiku a STAN má uplatnění při dlouhodobém monitorování stavu plodu u rizikových či patologických gravidit (Roztočil, 2002, s. 17). ST analýza vyžaduje více času při vyhodnocování údajů. IFPO získala svou oblibu pro údajně snadnější posuzování. Cílem metod je vyrovnávat

nedokonalost kardiokografie s falešnou pozitivitou. Obě metody pomáhají směřovat k dokonalejšímu monitorování plodu (Velebil, 2005, s. 381).

3.2 Možné oblasti budoucího vývoje fetální pulzní oxymetrie

Transabdominální intrapartální fetální pulzní oxymetrie

Nyní je zkoumána varianta hodnocení kyslíkové saturace plodu s použitím abdominálního senzoru. Tato metoda využívá near infrared spektroskopie (NIRS), světla o delší vlnové délce (750 – 850 nm) pro snadnější průnik tkáněmi. Bylo použito světlo vyzařující diody ve třech vlnových délkách a fotomultiplikátor jako detektor. Velkým přínosem by mohl být transabdominální detektor i antepartální použití (Velebil, 2005, s. 378).

Studie se věnuje možnosti neinvazivní transabdominální fetální pulzní oxymetrii s využitím near infrared spektroskopie. Přístroj pracuje se třemi vlnovými délkami světla vyzařujícího z diod (735, 805 a 850 nm). Zdrojem světla jsou fotonásobiče ve formě detektoru. Přístroj byl použit u 6 těhotných po 36 týdnu gravidity. Nejprve byla monitorována srdeční frekvence plodu, poté byla ultrazvukovým vyšetřením změřena hloubka fetální tkáně hlavičky přes břišní stěnu rodičky. Následovalo změření vzdálenosti mezi světelným zdrojem a detektorem, která odpovídá přibližně dvojnásobné hloubce plodu (7 – 11 cm). Závěrem byla provedena analýza dat, kdy saturace byla vyjádřena jako procento nasycení rovnající se 100. Spektroskopie dat a srdeční frekvence plodu byla zaznamenávána přibližně 3 až 10 minut u každé rodičky. Hodnoty saturace kyslíku u každého z 6 plodů se pohybovaly v rozmezí od 50 % do 74 %. Předběžná data ukazují, že transabdominální fetální pulzní oxymetrie je možná k využití v lidské populaci. Budoucí studie by měly porovnat data získaná při měření transabdominální fetální pulzní oxymetrií a transvaginální fetální pulzní oxymetrií (Vintzileos et al., s. 129).

Další studie zkoumá platnost transabdominální pulzní oxymetrie pomocí výzkumu na ovcích. Byly sledovány čtyři březí ovce, tlumeny anestetiky a kanylovány přes brachiální tepny pro měření přímé arteriální saturace kyslíku. Zároveň byl použit

transabdominální pulzní oxymetr pro nepřímé měření arteriální saturace kyslíku plodu přes břišní stěnu. Hypoxie byla indukována balónkem umístěným v mateřské aortě. Potvrdila se lineární závislost mezi arteriální saturací mateřského organismu a saturací plodu. Tyto informace mohou být použity pro kalibraci transabdominálního pulzního oxymetru pro měření saturace kyslíku plodu. Tento výzkum může přispět k přesnější diagnostice onemocnění plodu, včetně hypoxické ischemické encefalopatie. Neinvazivní transabdominální fetální pulzní oxymetrie je založena na technologii, která používá tradiční kontinuální vlny NIRS. Spektrometr využívá světlo o větší intenzitě a větší vzdálenost mezi světelným zdrojem a detektorem (Nioka et al., 2005, s. 393).

Bezdrátový fetální pulzní oxymetr

Současný senzor pulzního oxymetru musí být připojen k hlavičce plodu nebo na jeho záda mezi lopatky uvnitř dělohy matky v průběhu porodu. Testování a vývoj fetálního pulzního oxymetru přineslo mnoho problémů. Pomocí umělé figuríny byla zkoumána citlivost na zakázku navrženého bezdrátového pulzního oxymetru na různé intenzitě pulzací a průměru tepen. Výsledky ukázaly, že oxymetr byl schopen identifikovat 4% a 2% změny ve vzdálenosti mezi diastolou a systolou v arteriích o průměru 0,2 až 0,4 mm. Dle toho navrhovaný bezdrátový pulzní oxymetr má dostatečnou citlivost detekovat pulzní vlny (Stubán, Niwayama, 2009, 054301).

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo předložit ucelené dosud publikované poznatky o historii a vývoji monitorování plodu s důrazem kladeným na vývoj fetální pulzní oxymetrie, o současné metodice sledování stavu plodu se zaměřením na fetální pulzní oxymetrii a o budoucnosti fetální pulzní oxymetrie v diagnostice hypoxie plodu a možnostech jejího dalšího směřování. Tyto informace by měly sloužit především zdravotnickému personálu porodního sálu v rozšíření informací o daném problému a jako edukační materiál pro studenty zdravotnických oborů.

Cíl č. 1

Byly předloženy dostupné informace týkající se historie a vývoje monitorování hypoxie plodu a vývoje elektronických metod monitorace v závislosti na technickém rozvoji a především všechny dostupné informace týkající se vývoje fetální pulzní oxymetrie.

Historický vývoj všech medicínských oborů souvisel se společenskou situací a náboženskými předsudky. Teprve novověk uvolnil mantinely. Historické poznatky se ve své podstatě shodují u všech autorů: Štembera; Peschout; Biringer a kol.; Roztočil. Technický rozvoj v souvislosti s vývojem kardiokografie prezentují podobně Peschout; Roztočil; Štembera. Metoda měla pomoci rozlišit rizika vedoucí k hypoxické ischemické encefalopatii, mozkové obrně a smrti plodu (Biringer a kol., 2011, s. 223); (Bailey, 2010, s. 30). Zavedení ultrazvukové diagnostiky umožnilo neinvazivní monitorování plodu abdominální sondou s využitím dopplerovského principu (Roztočil, 2010, s. 37); (Štembera, 2005, s. 333); (Peschout, 2007b, s. 143). O následujícím vývoji dalších metod, jako je amnioskopie, Astrupovo vyšetření z hlavičky plodu, amniocentéza, fetoskopie a kordocentéza, posléze rozvoj fetální pulzní oxymetrie a ST analýza fetální elektrokardiografie (EKG), se zmiňují Peschout; Biringer a kol.; Roztočil. Vývojem metody pulzní oxymetrie, jež je založena na odlišné absorpci světla oxyhemoglobinu a deoxyhemoglobinu a vychází ze zásad pletysmografie a spektrofotometrie, se zabývají Stubán, Niwayama; Salamalekis et al.; Roztočil; Garite, Porreco; Tekin et al. O problémech spojených s vývojem fetální

pulzní oxymetrie hovoří následující autoři: Garite, Porreco; Tekin et al.; Stubán, Niwayama. Zdůrazňují horší dostupnost plodu, nedostatečně dilatované hrdlo, zachovalý vak blan, hlen, krev, mekonium a vaginální sekrety kryjící naléhající část plodu, které mohou ztěžovat přenos světla. Dalším problémem je mělký pulz plodu zhoršující přesný výpočet arteriální saturace a odlišnost fetálního hemoglobinu od hemoglobinu matky.

Cíl č. 2

Byly předloženy všechny vyhledané poznatky o současné metodice monitorování plodu, především o intrapartálním sledování plodu s důrazem kladeným na fetální pulzní oxymetrii.

Zlatým standardem při monitorování plodu je kardiokografie. Tato metoda vedla ke snížení morbidity a mortality novorozence, zároveň však zapříčinila nárůst počtu operativních porodů. Na tomto názoru se shodují Peschout, Roztočil; Měchurová; Sobotková; Bailey. Právě snížení frekvence císařských řezů a zároveň zlepšení perinatálních výsledků bylo očekáváno od fetální pulzní oxymetrie (IFPO) a ST analýzy fetálního EKG. ST analýza má také určité nevýhody. Patří mezi ně invazivita naložení skalpové elektrody a problém s kalibrací vyžadující časový prostor. Tuto myšlenku zdůrazňují Peschout; Měchurová; Roztočil. Kladem je vysoká specifita, záporom finanční náročnost (Peschout, 2007b, s. 145); (Měchurová, 2007, s. 30). V případě indikací IFPO se někteří autoři liší. Garite, Porreco do těchto indikací zahrnují sinusoidní křivku. Jiný autor toto popírá a sinusoidní křivku řadí mezi kontraindikace IFPO (Peschout, 2007b, s. 144). Především anglosaské studie potvrdily, že fetální pulzní oxymetrie nemá vliv na snížení počtu císařských řezů. Fetální pulzní oxymetrii je vytýkána snížená kvalita signálu a zvýšení počtu dystokií s žádným výrazným zlepšením neonatálních výsledků. Takto popisují výsledky svých studií Garite, Porreco; East; Bloom et al. Naopak autoři, kteří vidí přínos v pulzní oxymetrii ve smyslu snížení císařských řezů při stejných neonatálních výsledcích, prezentují své studie jinými kritérii, jako například hranice saturace pod 30 % po dobu delší než 10 minut. Mezi autory těchto studií patří v roce 2004 Kunhert, Schmidt; v roce 2007 Eszto et al. Problém s dystokií je v další studii řešen intermitentním zavedením pulzního oxymetru (Caliskan et al., 2008, p. 451). Zhoršenou kvalitu signálu by mohl vyřešit nový oxysenzor OBS-900 (Luttkus et al., 2003, p. 446). Autoři zmiňují

i problém s dostupností sond staršího typu Nellcor (Peschout, 2007a, s. 13); (Eszto et al., 2007, p. 576).

Cíl č. 3

Byly předloženy všechny dohledané údaje o budoucnosti, očekávání a možném směřování fetální pulzní oxymetrie.

Bude mít fetální pulzní oxymetrie místo v diagnostice plodu i do budoucna? Studie poukazují na možnost kombinace fetální pulzní oxymetrie a analýzy ST úseku fetálního EKG. Možná je i kombinace CTG, IFPO a ST analýzy. Těmito úvahami se zabývají někteří autoři (Biringer a kol., 2011, s. 222); (Luttkus et al., 2003, p. 443); (Eszto et al., 2007, p. 580). Myšlenku transtabdominálního intrapartálního fetálního pulzního oxymetru prezentují Velebil; Vintzileos et al.; Nioka et al. Snahu vytvořit bezdrátový fetální pulzní oxymetr popisují ve svém článku Stubán, Niwayama.

Všechny vytyčené cíle byly splněny. Při dohledávání a prezentaci výsledků bylo očekáváno více studií s použitím nového pulzního oxymetru OBS-500, což může být označeno určitým zklamáním. Diagnostika hypoxie plodu zůstává i nadále provázena spoustou nejasností.

SEZNAM ELEKTRONICKÝCH, BIBLIOGRAFICKÝCH ZDROJŮ

1. BAILEY, R. Eugene. 2010. Intrapartální monitorace plodu. *Gynekologie po promoci*. 2010, roč. 10, č. 2, s. 30–34. ISSN 1213–2578.
2. BIRINGER, Kamil et al. 2011. Biofyzikálne metódy diagnostiky intrapartálnej fetálnej hypoxie. *Česká gynekologie*. 2011, roč. 76, č. 3, s. 222 – 229. ISSN 1210–7832.
3. BIRINGER, Kamil, DANKO, Ján. 2011. Kvalita a efektivita elektronického monitorovania plodu. *Česká gynekologie*. 2011, roč. 76, č. 6, s. 481 – 484. ISSN 1210–7832.
4. BLOOM, Steven L. et al. 2006. Fetal Pulse Oximetry and Cesarean Delivery. *New England Journal of Medicine*. 2006, Vol. 355, Issue 21, p. 2195 – 2195. ISSN 00284793. DOI: 10.1056/NEJMoa061170.
5. CALDA, Pavel, VÍŠKOVÁ, H. 2005. Ultrazvuk v diagnostice hypoxie plodu. *Moderní gynekologie a porodnictví*. 2005, roč. 14, č. 3, s. 383 – 392. ISSN 1211–1058.
6. CALISKAN, Eray et al. 2009. Reduction in caesarean delivery with fetal heart rate monitoring and intermittent pulse oximetry after induction of labour with misoprostol. *Journal of Maternal – Fetal & Neonatal Medicine*. 2009, Vol. 22, Issue 5, p. 445 – 451. ISSN 14767058. DOI: 10.1080/14767050802613207.
7. EAST, Christine E. et al. 2006. Women's Evaluations of Their Experience in a Multicenter Randomized Controlled Trial of Intrapartum Fetal Pulse Oximetry (The FOREMOST Trial). *Birth: Issues in Perinatal Care*. 2006, Vol. 33, Issue 2, p. 101 – 109. ISSN 07307659. DOI: 10.1111/j.0730–7659.2006.00086.x.
8. ESZTO, M. – L. et al. 2007. Oxymétrie de pouls fœtal. *Gynecologie Obstetrique & Fertilité*. 2007, Vol. 35, Issue. 6, p. 576 – 581. ISSN 12979589. DOI: 10.1016/j.gyobfe.2007.04.021.
9. GARITE, Thomas J., Richard P. PORRECO . 2002. Hodnocení hypoxie plodu pulsním oxymetrem. *Gynekologie po promoci*. 2002, roč. 2, č. 2, s. 6 – 13. ISSN 1213–2578.

10. HÁJEK, Zdeněk et al. 2002. Fetální EKG – ST analýza v diagnostice hypoxie plodu. *Česká gynekologie*. 2002, roč. 67, č. 1, s. 16 – 19. ISSN 1210–7832.
11. HÁJEK, Zdeněk et al. 2005a. Analýza současných diagnostických metod intrapartální hypoxie plodu. *Česká gynekologie*. 2005a, roč. 70, č. 1, s. 22 – 26. ISSN 1210–7832.
12. HÁJEK, Zdeněk et al. 2006. Intrapartální fetální monitoring, senzitivita a specificita metod. *Česká gynekologie*. 2006, roč. 71, č. 4, s. 263 – 267. ISSN 1210–7832.
13. HÁJEK, Zdeněk. 2005b. Akutní hypoxie plodu. *Moderní gynekologie a porodnictví*. 2005b, roč. 14, č. 3, s. 393 – 397. ISSN 1211–1058.
14. LOCKWOOD, Charles J. 2007. Jak můžeme lépe identifikovat rizikový plod? *Gynekologie po promoci*. 2007, roč. 7, č. 3, s. 10 – 12. ISSN 1213–2578.
15. LUTTKUS, Andreas K. et al. 2003. Feasibility of simultaneous application of fetal electrocardiography and fetal pulse oximetry. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. 2003, Vol. 82, Issue 5, p. 443 – 448. ISSN 00016349. DOI: 10.1034/j.1600–0412.2003.00134.x.
16. MALÝ, Zdeněk et al. 2002, Srovnání rizika hypoxie plodu u aktivního a expektativního přístupu po termínu porodu. *Česká gynekologie*. 2002, roč. 67, suppl. 1, s. 13 – 15. ISSN 1210–7832.
17. MĚCHUROVÁ, Alena. 2003. Hypoxie plodu – diagnostika a léčba. *Moderní gynekologie a porodnictví*. 2003, roč. 12, č. 2, s. 255 – 268. ISSN 1211–1058.
18. MĚCHUROVÁ, Alena. 2005. Kardiotokografie. *Moderní gynekologie a porodnictví*. 2005, roč. 14, č. 3, s. 354 – 375. ISSN 1211–1058.
19. MĚCHUROVÁ, Alena. 2007. Hypoxie plodu intra partum. *Moderní gynekologie a porodnictví*. 2007, roč. 16, č. 1, s. 24 – 33. ISSN 1211–1058.
20. NIOKA, Shoko et al. 2005. Fetal tranabdominal pulse oximeter studies using a hypoxic sheep model. *Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. 2005, Vol. 17, Issue 6, p. 393 – 399. ISSN 14767058. DOI: 10.1080/14767050500123657.
21. PESCHOUT, Roman, Aleš ROZTOČIL. 2005. Chronická hypoxie plodu. *Moderní gynekologie a porodnictví*. 2005, roč. 14, č. 3, s. 398 – 406. ISSN 1211–1058.

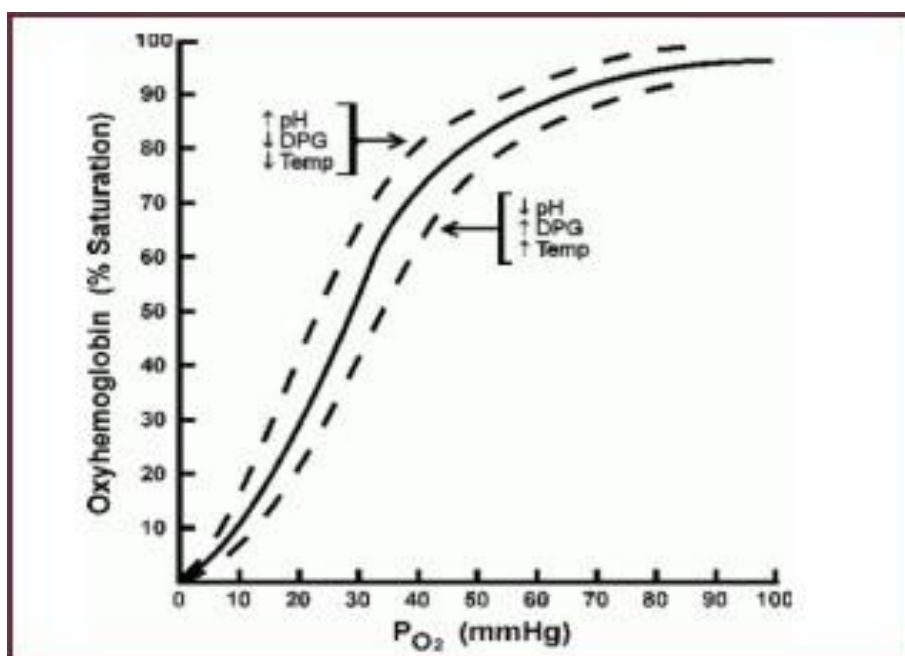
22. PESCHOUT, Roman. 2007a. Jak můžeme lépe identifikovat rizikový plod? – komentář. *Gynekologie po promoci*. 2007, roč. 7, č. 3, s. 12 – 14. ISSN 1213–2578.
23. PESCHOUT, Roman. 2007b. Diagnostika intrapartální hypoxie plodu. *Gynekolog*. 2007, roč. 16, č. 4, s. 142 – 145. ISSN 1210-1133.
24. PUERTAS, A. et al. 2004. Intrapartum fetal pulse oximetry and fetal heart rate decelerations. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 2004, Vol. 85, Issue 1, p. 12 – 17. ISSN 00207292. DOI: 10.1016/j.ijgo.2003.09.003.
25. ROZTOČIL, Aleš. 2002. Hodnocení hypoxie plodu pulsním oxymetrem – komentář. *Gynekologie po promoci*. 2002, roč. 2, č. 2, s. 14 – 17. ISSN 1213–2578.
26. ROZTOČIL, Aleš. 2010. Intrapartální monitorace plodu – komentář. *Gynekologie po promoci*. 2010, roč. 10, č. 2, s. 35 – 38. ISSN 1213–2578.
27. SALAMALEKIS, Emmanuel et al. 2006. Fetal pulse oximetry and wavelet analysis of the fetal heart rate in the evaluation of abnormal cardiotocography tracings. *Journal of Obstetrics & Gynaecology Research*. 2006, Vol. 32, Issue 2, p. 135 – 139. ISSN 13418076. DOI: 10.1111/j.1447–0756.2006.00377.x.
28. SOBOTKOVÁ, Daniela et al. 2004. Psychomotorický vývoj dětí ohrožených intrapartální hypoxií a monitorovaných intrapartálním fetálním pulzním oxymetrem. *Česká gynekologie*. 2004, roč. 69, č. S 1, s. 114 – 120. ISSN 1210–7832.
29. STUBÁN, Norbert, Masatsugu NIWAYAMA. 2009. Adjustable fetal phantom for pulse oximetry. *Review of Scientific Instruments*. 2009, Vol. 80, Issue 5, p. 054301–54304. ISSN 00346748. DOI: 10.1063/1.3131632.
30. SZUNYOGH, Norbert et al. 2006. Cirkulácia v ductus versus počas prvej doby pôrodnej. *Česká gynekologie*. 2006, roč. 71, č. 3, s. 179 – 183. ISSN 1210–7832.
31. ŠTEMBERA, Zdeněk. 2005. Historický vývoj diagnostiky hypoxie plodu. *Moderní gynekologie a porodnictví*. 2005, roč. 14, č. 3, s. 328 – 347. ISSN 1211-1058.
32. TEKIN, Arzu et al. 2008. Fetal pulse oximetry: Correlation with intrapartum fetal heart rate patterns and neonatal outcome. *Journal of Obstetrics*

- & Gynaecology Research*. 2008, Vol. 34, Issue 5, p. 824 – 831. ISSN 13418076. DOI: 10.1111/j.1447–0756.2008.00850.x.
33. VALVERDE, Mercedes et al. 2011. Effectiveness of pulse oximetry versus fetal electrocardiography for the intrapartum evaluation of nonreassuring fetal heart rate. *European Journal of Obstetrics & Gynecology & Reproductive Biology*. 2011, Vol. 159, Issue 2, p. 333 – 337. ISSN 03012115. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2011.09.021.
34. VELEBIL, Petr. 2005. Pulzní oxymetrie a ST analýza (STAN). *Moderní gynekologie a porodnictví*. 2005, roč. 14, č. 3, s. 376 – 382. ISSN 1211-1058.
35. VINTZILEOS, Anthony M. et al. 2005. Transabdominal fetal pulse dimetry with near – infrared spectroscopy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2005, 192, 129 – 133. Doi:10.1016/j.ajog.2004.07.022
36. HOLUB, Zdeněk, URBÁNEK, Štěpán. 2002. Monitorování plodu v průběhu porodu pomocí kardiokografie a ST analýzy fetálního elektrokardiogramu – předběžná zpráva. *Česká gynekologie*. 2002, roč. 67, č. 2, s. 101 – 105. ISSN 1210–7832.
37. VĚTR, Miroslav et al., 2002, Antepartální kardiokografie a dopplerovská flowmetrie v diagnostice hypoxie plodu. *Česká gynekologie*. 2002, roč. 67, č. 5, s. 244 – 251. ISSN 1210–7832.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Disociační křivka fetálního hemoglobinu	49
Příloha 2: Umístění senzoru fetálního pulzního oxymetru Nellcor.....	50
Příloha 3: Umístění senzoru nového fetálního pulzního oxymetru OBS–500....	51
Příloha 4: Fetální pulzní oxymetr Nellcor.....	52
Příloha 5: Fetální pulzní oxymetr OBS–500.....	53

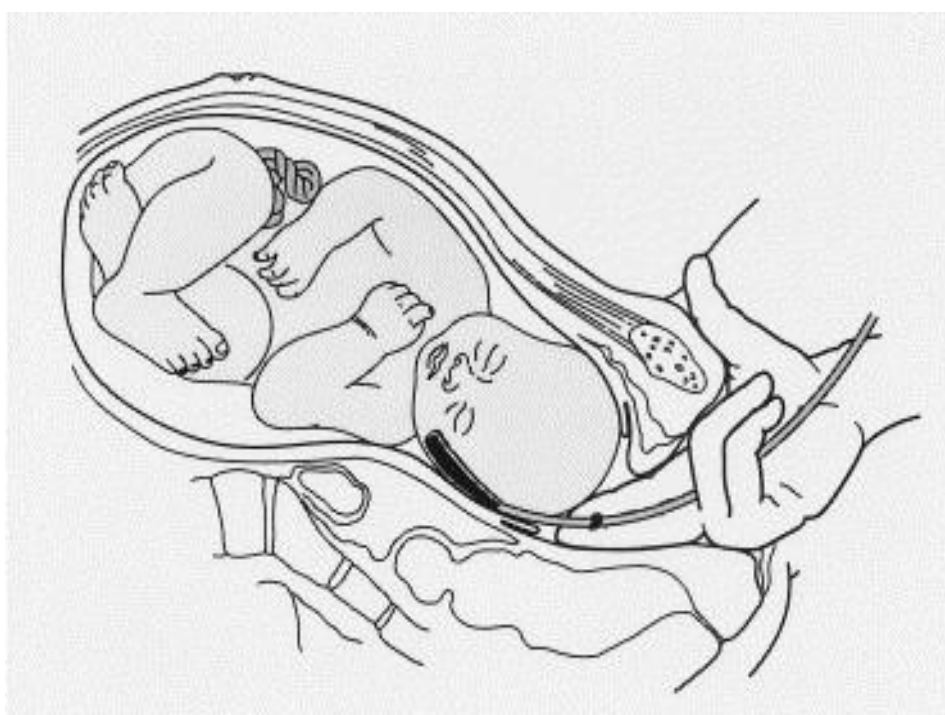
Disociační křivka fetálního hemoglobinu



(Zdroj: <http://www.surgicalnotes.co.uk/node/38>, cit. 2013-04-10)

Příloha 2

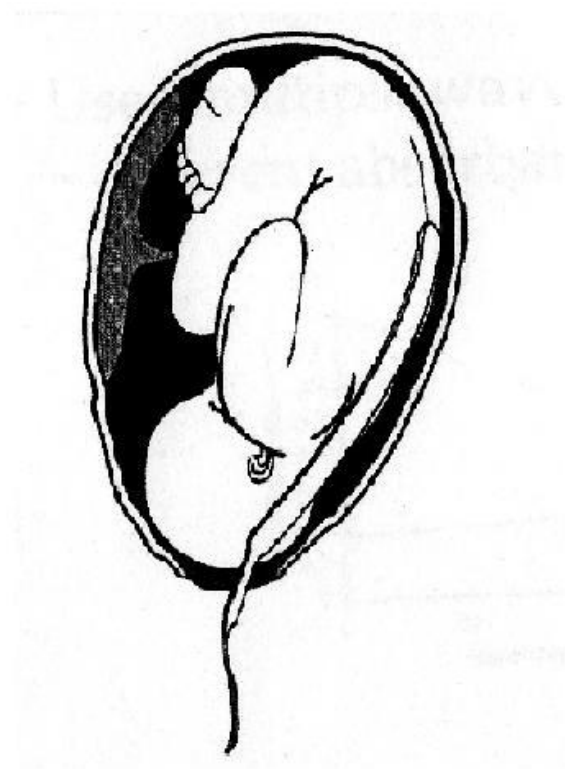
Umístění senzoru fetálního pulzního oxymetru Nellcor



(Zdroj: [http://dx.doi.org/10.1016/S0029-7844\(98\)00565-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0029-7844(98)00565-1), cit. 2013–02–20)

Příloha 3

Umístění senzoru nového fetálního pulzního oxymetru OBS-500



(Zdroj: OB Scientific, illustration 2001, cit. 2013-04-20)

Příloha 4

Fetální pulzní oxymetr Nellcor



(Autor: Baslová, Jitka, foto. 2013-04-05)

Příloha 5

Fetální pulzní oxymetr OBS-500



(Autor: Baslová, Jitka, foto. 2013-04-10)