

# Ocena przepływu krwi w tętnicy środkowej mózgu w ciąży niepowikłanej

## Doppler blood flow velocimetry in the middle cerebral artery in uncomplicated pregnancy

Ropacka-Lesiak Mariola<sup>1</sup>, Korbelak Tomasz<sup>2</sup>, Bręborowicz Grzegorz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Klinika Perinatologii i Ginekologii, Uniwersytet Medyczny, Poznań, Polska

<sup>2</sup> Oddział Położniczo-Ginekologiczny, Szpital Miejski, Sulechów, Polska

### Streszczenie

**Cel pracy:** ocena indeksu oporu (RI) i pulsacji (PI) w tętnicy środkowej mózgu (MCA) w predykcji wystąpienia nieprawidłowej czynności serca płodu w czasie porodu oraz nieprawidłowego stanu noworodka w ciąży donoszonej.

**Materiał i metodyka:** Badaniami objęto 148 pacjentek w ciąży donoszonej o przebiegu niepowikłanym. Codziennie oceniano przepływ krwi w MCA oraz obliczano PI MCA i RI MCA. Do analizy przyjęto ostatnią wartość przed porodem. Kolejno określano jego wartość predykcyjną w przewidywaniu zaburzeń czynności serca płodu w czasie porodu oraz stanu noworodka. Oceną objęto wykładniki zaburzeń czynności serca płodu występujące w porodowym KTG oraz stanu noworodka w oparciu o skalę wg V. Apgar oraz wyniki badań gazometrycznych z krwi pępowinowej. Następnie porównano wybrane parametry, charakteryzujące przebieg ciąży oraz stan noworodka po urodzeniu, z nieprawidłowymi wynikami badań dopplerowskich. Oceniono również wartość prognostyczną tych parametrów w odniesieniu do wybranych parametrów określających przebieg ciąży oraz nieprawidłową czynność serca płodu.

**Wyniki:** Wykazano niską wartość predykcyjną wskaźników UA PI i RI w przewidywaniu wystąpienia nieprawidłowej czynności serca płodu w czasie porodu oraz nieprawidłowego stanu noworodka. Najwyższą wartością predykcyjną cechował się indeks oporu w tętnicy pępowinowej.

**Wnioski:** Ocena indeksu pulsacji w MCA cechuje się wyższą wartością predykcyjną niż indeks oporu w prognozowaniu nieprawidłowego stanu noworodka oraz predykcji wystąpienia zaburzeń czynności serca w czasie porodu w ciąży o przebiegu niepowikłanym. Jednak ocena indeksów PI, a zwłaszcza RI w tętnicy środkowej mózgu ma małą wartość predykcyjną w odniesieniu do analizowanych parametrów.

Słowa kluczowe: Doppler / tętnica środkowa mózgu / ciąża niepowikłana /

### Adres do korespondencji:

Mariola Ropacka-Lesiak  
Klinika Perinatologii i Ginekologii, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu  
Polska, 60-535 Poznań, ul. Polna 33  
tel./fax. +48 61 84-19-283  
e-mail: mariolaropacka@poczta.onet.pl

Otrzymano: 30.12.2010  
Zaakceptowano do druku: 20.02.2011

## Abstract

**Objective:** To determine the resistance index (RI) and pulsatility (PI) in the middle cerebral artery (MCA) in prediction of abnormal fetal heart rate during labor and poor fetal outcome in term pregnancy.

**Material and Methods:** The study included 148 patients at term in uncomplicated pregnancy. Daily evaluation of blood flow in the MCA was performed and PI and RI were calculated. The last value before delivery was taken for the analysis. The predictive value of Doppler parameters has been determined in turn to predict abnormal FHR during labor and abnormal newborn condition. Evaluation included fetal CTG parameters and newborn status based on the V. Apgar scale and acid-base equilibrium in the umbilical cord blood. Then selected parameters, characterizing pregnancy and the newborn status, were compared with abnormal Doppler results. The prognostic value of Doppler indices was assessed for selected parameters determining the course of pregnancy and abnormal fetal heart rate.

**Results:** Poor predictive value of UA PI and RI in the prediction of abnormal fetal heart rate during labor and poor fetal outcome was found. The RI in the UA presented the highest predictive value.

**Conclusion:** PI in the MCA shows higher predictive value than RI in the detection of abnormal fetal outcome and abnormal fetal heart rate in uncomplicated pregnancy at term. However, PI indices, particularly RI in the middle cerebral artery, have low predictive value for the analyzed parameters.

Key words: **Doppler / middle cerebral artery / uncomplicated pregnancy /**

## Wstęp

Opór naczyniowy w tętnicy środkowej mózgu (MCA) maleje pod koniec ciąży, co może odzwierciedlać fizjologiczne zmiany do jakich dochodzi w tym okresie ciąży wraz ze wzrostem zapotrzebowania metabolicznego mózgowia [1, 2]. Są również opinie sugerujące, że zjawisko *brain sparing* jest formą ochrony mózgowia w czasie porodu [3] lub jest wtórne do starzenia się łożyska. Pojęcie *brain sparing* odnosi się do względnej protekcji mózgu w porównaniu do innych narządów płodu, nie gwarantując jednak prawidłowego rozwoju mózgowia po urodzeniu. W badaniach Roza i wsp. wykazano, że dzieci z wykładnikami *brain sparing* w życiu płodowym są w grupie wyższego ryzyka wystąpienia problemów somatycznych, emocjonalnych oraz problemów z uwagą [4].

Wyniki tych badań dowodzą, że zjawisko to nie chroni całkowicie mózgowia przed konsekwencjami nieprawidłowego rozwoju i wskazuje na prawdopodobieństwo zaburzeń zachowania w przyszłości. Ponadto stwierdzono, że zjawisko centralizacji jest istotnym predyktorem niższej masy urodzeniowej. Wiele innych badań wskazuje na fakt, że zjawisko centralizacji krążenia często koreluje z wieloma powikłaniami położniczymi, takim jak np. wzrost liczby cięć cesarskich z powodu objawów zagrożenia życia płodu, wcześniactwo, oraz długość pobytu w NICU [5, 6, 7]. Również wcześniejsze badania pokazują wyraźny związek pomiędzy zjawiskiem centralizacji a rozwojem zaburzeń wzroku, zaburzeń neuromotorycznych oraz funkcji poznawczych [8, 9].

## Cel pracy

Celem pracy jest ocena zmian oporu naczyniowego w tętnicy środkowej mózgu w predykcji zaburzeń czynności serca płodu w czasie porodu oraz nieprawidłowego stanu noworodka w ciąży niepowikłanej po 40 t.c.

## Materiał i metodyka

Badania przeprowadzono w okresie od 2007 do 2009 roku w grupie 148 pacjentek w ciąży o przebiegu niepowikłanym przyjętych do szpitala między 40 a 42 ukończonym tygodniem ciąży.

Grupę badaną tworzyły 53 płody, u których stwierdzono obniżenie oporu naczyniowego w MCA poniżej 10 percentyla oraz 95 płodów, których stwierdzano prawidłowy opór naczyniowy w MCA.

Badania dopplerowskie przepływu krwi wykonywano przy pomocy aparatu firmy GE Logic 5 pro, zaopatrzonego w głowice o zmiennej częstotliwości 3.5 oraz 5.0 MHz, pracujące w czasie rzeczywistym z opcją fali pulsacyjnej oraz kodowania kolorem. Badania dopplerowskie przepływu krwi wykonano w tętnicy środkowej mózgu. Badania wykonywano codziennie obliczając RI oraz PI. Analizą objęto ostatni wynik przed porodem. Za wartości nieprawidłowe indeksu uznano wartości poniżej 5 percentyla dla danego wieku ciążowego.

Codziennie monitorowano czynność serca płodu przez co najmniej 40 minut. W czasie porodu prowadzono ciągle monitorowanie kardiograficzne płodu.

Oceną objęto następujące wykładniki zaburzeń czynności serca płodu występujące w ostatnim porodowym zapisie KTG:

1. Deceleracje późne i zmienne (co najmniej trzy deceleracje w ciągu 30 minut).
2. Oscylację zawężoną lub milczącą (trwającą 40 minut lub dłużej).
3. Podstawową czynność serca (>150ud/min. lub <110ud/min. trwającą co najmniej 10 minut) wg zaleceń FIGO z 1987 roku [10].

Ocenę noworodka przeprowadzano w oparciu o skalę wg V. Apgar oraz wyniki badań gazometrycznych z krwi pępowinowej. Analizowano następujące parametry: wiek ciężarnej, wywiad położniczy, wiek ciążowy podczas porodu, punktację w skali wg V.Apgar w 1 i 5 minucie życia, wartości pH, BE, pO<sub>2</sub> i pCO<sub>2</sub> z tętnicy pępowinowej, częstość występowania nieprawidłowego stanu noworodka, a także średnią masę urodzeniową oraz występowanie zielonego płynu owodniowego. Oceniano sposób zakończenia ciąży w aspekcie częstości występowania cięcia cesarskiego ze szczególnym uwzględnieniem operacji wykonywanych ze wskazań – objawy zagrożenia życia płodu (OZZP). Krew pobierano z tętnicy pępowinowej. Za nieprawidłowe wyniki uznano pH <7,2, BE poniżej – 12mEq/L, pO<sub>2</sub> poniżej 15mmHg, pCO<sub>2</sub> powyżej 45mmHg.

Ocena przepływu krwi w tętnicy środkowej mózgu w ciąży niepowikłanej.

Stan noworodka określono jako nieprawidłowy na podstawie trzech różnych kryteriów: 1. punktacja w skali wg V.Apgar w 5 minucie życia <7 pkt. lub 2. wartość pH z tętnicy pępowinowej <7,20 lub 3. wartość BE < -12 mEq/l.

Następnie porównano wybrane parametry, charakteryzujące przebieg ciąży oraz stan noworodka po urodzeniu, z nieprawidłowymi wynikami badań dopplerowskich.

Oceniono również wartość prognostyczną nieprawidłowych parametrów, charakteryzujących przepływ krwi w odniesieniu do wybranych parametrów określających przebieg ciąży oraz stan noworodka. Obliczenia wykonano przy pomocy pakietu statystycznego STATISTICA (*data analysis software system*) v. 8.0 (StatSoft, Inc.2007), pakietu InStat firmy GraphPad Software oraz Analyse-it for Microsoft Excel v. 2.2.

## Wyniki

W przeprowadzonym badaniu nieprawidłową wartość indeksu pulsacji w tętnicy środkowej mózgu stwierdzono u 53 pacjentek (35,8%). Wiek pacjentek, tydzień ciąży przy przyjęciu oraz tydzień ciąży podczas porodu nie różniły się znacząco w grupie pacjentek z nieprawidłowym wynikiem indeksu pulsacji w tętnicy środkowej mózgu w porównaniu do grupy kontrolnej. Nie zaobserwowano również istotnych statystycznie różnic w analizie rodności oraz w odniesieniu do sposobu ukończenia porodu pomiędzy grupą pacjentek z nieprawidłowym wynikiem indeksu pulsacji w tętnicy środkowej mózgu przed porodem a grupą kontrolną.

W grupie pacjentek z nieprawidłowym ostatnim wynikiem indeksu pulsacji w tętnicy środkowej mózgu odnotowano znacząco częstszy odsetek nieprawidłowych zapisów KTG (62,3%) w porównaniu do grupy kontrolnej (26,3%).

Szczegółową analizę zaburzeń czynności serca płodu w czasie porodu przedstawiono w tabeli I.

**Tabela I.** Analiza zaburzeń czynności serca płodu w czasie porodu.

	MCA PI Nieprawidłowy n = 53	MCA PI Prawidłowy n = 95	P
nieprawidłowy zapis KTG n (%)	33 (62,3)	25 (26,3)	0,0001
bradykardia płodu n (%)	5 (9,4)	4 (4,2)	NS
tachykardia płodu n (%)	9 (17,0)	6 (6,3)	0,0491
deceleracje późne n (%)	9 (17,0)	8 (8,4)	NS
deceleracje zmienne n (%)	13 (24,5)	16 (16,8)	NS
oscylacja zawężona/milcząca n (%)	13 (24,5)	10 (10,5)	0,0328

test dokładny Fishera 2-stronny

Porównanie punktacji w skali wg V. Apgar w pierwszej i piątej minucie życia noworodka wykazało istotnie niższe wartości w grupie z nieprawidłowymi wartościami indeksu pulsacji w tętnicy środkowej mózgu a także obserwowano występowanie znacząco niższych wartości pH, niedoboru zasad oraz wyższych wartości ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla pobranych z krwi pępowinowej. (Tabela II).

Odsetek noworodków wykazujących nieprawidłowy stan po urodzeniu był znacząco większy w grupie pacjentek z nieprawidłowymi wartościami indeksu pulsacji w tętnicy środkowej mózgu (49,1%) w porównaniu do grupy kontrolnej (14,7%).

**Tabela II.** Ocena stanu noworodka w zależności od wartości MCA PI.

	MCA PI Nieprawidłowy n = 53	MCA PI Prawidłowy n = 95	P
masa płodu (g) średnia ± SD	3538 ± 596	3730 ± 611	NS
Apgar 1' Mediana	7	10	0,0001
Apgar 5' Mediana	10	10	0,0001
pH średnia ± SD	7,21 ± 0,1	7,3 ± 0,1	0,0001
pO <sub>2</sub> (mmHg) średnia ± SD	18,4 ± 8,1	21,4 ± 10,0	NS
pCO <sub>2</sub> (mmHg) średnia ± SD	52,5 ± 17,4	44,9 ± 11,6	0,0082
BE (mEq/L) średnia ± SD	- 7,8 ± 6,0	- 4,2 ± 3,6	0,0002

test t – Studenta dla zmiennych niezależnych, test U Manna-Whitneya

**Tabela III.** Analiza poszczególnych parametrów charakteryzujących stan noworodka.

	MCA PI Nieprawidłowy n = 53	MCA PI Prawidłowy n = 95	P
nieprawidłowy stan noworodka n (%)	26 (49,1)	14 (14,7)	0,0001
masa płodu <10 percentyla n (%)	3 (5,7)	1 (1,1)	NS
Apgar 1 min. <7 pkt n (%)	30 (56,6)	13 (13,7)	0,0001
Apgar 5 min. <7 pkt n (%)	15 (28,3)	5 (5,3)	0,0002
pH <7,2 n (%)	21 (39,6)	8 (8,4)	0,0001
pO <sub>2</sub> <15 mmHg n (%)	20 (37,7)	29 (30,5)	NS
pCO <sub>2</sub> >45 mmHg n (%)	25 (47,2)	19 (20,0)	0,0007
niedobór zasad < -12 mEq/L n (%)	18 (34,0)	10 (10,5)	0,0008
zielony płyn owodniowy n (%)	27 (50,9)	24 (25,3)	0,0021

test dokładny Fishera 2-stronny

**Tabela IV.** Czulość, swoistość, pozytywna i negatywna wartość predykcyjna, iloraz wiarygodności badanych testów w odniesieniu do przewidywania zaburzeń czynności serca płodu w czasie porodu oraz nieprawidłowego stanu noworodka.

Badany parametr	Test	Czulość % 95% PU	Swoistość % 95% PU	PWP % 95% PU	NWP % 95% PU	LR
KTG	MCA RI	12,0 0,05-0,23	91,1 0,83-0,96	46,7 0,21-0,73	61,6 0,53-0,70	1,3
	MCA PI	56,9 0,43-0,70	77,8 0,68-0,86	62,3 0,48-0,75	73,7 0,64-0,82	2,6
stan noworodka	MCA RI	17,5 0,07-0,33	92,6 0,86-0,97	46,7 0,21-0,73	75,2 0,67-0,82	2,3
	MCA PI	65,0 0,48-0,79	75,0 0,66-0,83	49,0 0,35-0,63	85,2 0,76-0,92	2,6

W tej grupie obserwowano również wzrost częstości występowania punktacji w skali wg V. Apgar w pierwszej i piątej minucie życia poniżej 7 pkt., wartości pH <7,2 (39,6%), ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla >45mmHg (47,2%) oraz BE <-12mEq/L (34,0%), a uzyskane różnice były istotne statystycznie. Zielony płyn owodniowy obserwowano znamienne częściej w grupie pacjentek z nieprawidłowym ostatnim wynikiem indeksu pulsacji w tętnicy środkowej mózgu w porównaniu do grupy kontrolnej. Nie stwierdzono natomiast różnic istotnych statystycznie pomiędzy grupami w odniesieniu do liczby noworodków z SGA oraz ciśnienia parcjalnego tlenu we krwi pępowinowej. (Tabela III).

W analizowanej grupie pacjentek stwierdzono nieprawidłowe wartości indeksu oporu w tętnicy środkowej mózgu u 15 pacjentek (10,1%). Wiek pacjentek, tydzień ciąży przy przyjęciu oraz tydzień ciąży podczas porodu, a także rodność oraz płeć noworodków nie różniły się znamienne pomiędzy grupami.

Badanie nie wykazało również istotnych statystycznie różnic pod względem sposobu ukończenia porodu oraz odsetka cięć cesarskich wykonanych w trybie pilnym pomiędzy grupami. W grupie pacjentek z nieprawidłowymi wartościami indeksu oporu w tętnicy środkowej mózgu nie odnotowano znamienych różnic w zakresie analizowanych parametrów dotyczących zaburzeń czynności serca płodu w czasie porodu. Nie stwierdzono również różnic istotnych statystycznie w odniesieniu do masy płodu, punktacji w skali wg V. Apgar w pierwszej minucie życia, wartości pH, ciśnienia parcjalnego tlenu i dwutlenku węgla oraz niedoboru zasad z krwi pępowinowej pomiędzy badanymi grupami. Tylko wartości punktacji w skali wg V. Apgar w piątej minucie życia różniły się istotnie.

W zakresie analizowanych parametrów charakteryzujących nieprawidłowy stan noworodka nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami, oprócz częstości występowania wartości BE poniżej -12 mEq/L, które stwierdzano częściej w grupie z nieprawidłowymi wartościami RI (40,0%) w porównaniu do grupy z prawidłowymi wartościami indeksu RI (16,5%). Częstość występowania nieprawidłowego stanu noworodka po urodzeniu nie różniła się pomiędzy badanymi grupami.

Porównanie stosowanych testów wykazało, że zastosowanie indeksu pulsacji w MCA w przewidywaniu wystąpienia zarówno nieprawidłowej czynności serca płodu w czasie porodu, jak

i nieprawidłowego stanu noworodka oznacza się większą czulością w porównaniu do indeksu oporu. Jednakże uzyskana czulość testu nie przekracza 65%. (Tabela IV).

## Dyskusja

Prezentowana praca przedstawia próbę analizy wartości wskaźników dopplerowskich charakteryzujących przepływ krwi w MCA w predykcji zaburzeń czynności serca płodu w czasie porodu oraz nieprawidłowego stanu noworodka po urodzeniu w ciąży donoszonej, w ciąży tzw. niskiego ryzyka.

Nieco odmiennie wyniki od uzyskanych przez autorów pracy opublikował Cheema i wsp. [11, 12]. Jednak analizowana przez nich grupa różniła się istotnie, ponieważ obejmowała pacjentki w ciąży o przebiegu nieprawidłowym. Cheema i wsp. opublikowali wyniki badań dotyczących zależności pomiędzy zjawiskiem *brain sparing* (BS), a prężnością gazów we krwi pępowinowej po porodzie [11].

Grupa badana obejmowała 57 pacjentek w ciąży powikłanej nadciśnieniem tętniczym i/lub wewnątrzmacicznym ograniczeniem wzrastania, których ciąży zakończyły się drogą elektywnego cięcia cesarskiego w celu uniknięcia wpływu czynników porodowych na analizowane zależności. Zjawisko *brain sparing* definiowano na podstawie wartości MCA PI <średnia – 2 SD. Autorzy nie obserwowali istotnych statystycznie zależności pomiędzy obecnością zjawiska *brain sparing* w MCA, a prężnością gazów we krwi pępowinowej po porodzie. Podobnych zależności nie odnotowali również w odniesieniu do wartości pH, BE oraz oceny noworodka w skali wg V. Apgar w przeciwieństwie do prezentowanej pracy, w której wykazano istotnie częstsze występowanie nieprawidłowych wartości pH i BE, a także nieprawidłowej punktacji w skali wg V. Apgar w grupie płodów z nieprawidłowymi wartościami MCA PI. (Tabela II i III).

Cheema i wsp. stwierdzili jednak, że płody z cechami *brain sparing* statystycznie częściej wymagały przyjęcia do NICU, a ich pobyt w NICU był istotnie dłuższy niż dzieci, które nie wykazywały objawów *brain sparing*. Otrzymane przez nich wyniki można tłumaczyć w różny sposób, również w taki, że niektóre płody z BS, a więc z redystrybucją krążenia, zmniejszają swoje zapotrzebowanie na tlen, w ten sposób utrzymując właściwe utlenowanie tkanek najważniejszych do życia narządów [11].

Zdaniem autorów tej pracy wartości pH oraz punktacja w skali wg V. Apgar nie są reprezentatywne dla oceny stanu utlenowania płodu w stanie przewlekłego niedotlenienia, jak to ma miejsce u płodów z wewnątrzmacicznym ograniczeniem wzrastania płodu.

Podobnie Soothil i wsp. wykazali liniowy spadek przepływu krwi w części zstępującej aorty korelujący z niedotlenieniem, lecz tylko u 2 płodów z 29 stwierdzono wartości pH <7,2 [13]. Wyniki te pozostają w zgodności z wynikami Cheema, który kwestionował wartość wyników badań gazometrycznych, jako reprezentatywnych wykładników niekorzystnego rokowania dla płodu w ciążyach powikłanych przewlekłym niedotlenieniem [11]. Podobnie Dubiel i wsp. nie stwierdzili żadnej korelacji pomiędzy nieprawidłowymi wartościami PI w MCA, a niskimi wartościami pH w tętnicy i żyły pępowinowej [14].

Jednakże, ten sam autor stwierdził istotną statystycznie zależność pomiędzy oporem naczyniowym w tętnicy nadnerzowej, a wartościami pH w tętnicy i żyły pępowinowej. W badaniach Dubiela i wsp. wykazano, że zjawisko BS u płodów, które wykazują cechy podwyższonego oporu w UA nie jest użyteczne w predykcji niedotlenienia okołoporodowego. Stąd też wysunięto wniosek, że zjawisko BS jest prawdopodobnie wczesnym objawem zagrażającego niedotlenienia, a być może niektóre płody nadal posiadają rezerwy, które pozwalają na przetrwanie stresu porodowego oraz innych zmian pojawiających się w ciąży po terminie. Odmienne wyniki uzyskał autor przedstawianej pracy, w której stwierdzał istotnie częściej nieprawidłowe wartości pH, pO<sub>2</sub> i pCO<sub>2</sub>, a także nieprawidłowy stan noworodka po urodzeniu w przypadkach nieprawidłowych wartości MCA PI.

W literaturze brak jest zgodności co do znaczenia badań dopplerowskich w prognozowaniu rokowania dla płodu. Badania przeprowadzone w Japonii, w których analizowano zmiany hemodynamiczne u płodów z wykładnikami wewnątrzmacicznego ograniczenia wzrastania płodu, wykazały zmiany oporu naczyniowego w MCA, które znalazły swoje odzwierciedlenie w wartościach PI, zanim pojawiły się objawy zagrożenia życia płodu [15]. Kassanos i wsp. oceniali wartość indeksów MCA PI i RI w predykcji niedotlenienia w czasie porodu [16]. Wszystkie płody wykazywały nieprawidłowości w zapisie KTG zgodnie z kryteriami ACOG. Dodatkowo stan płodu monitorowany był przy zastosowaniu płodowej pulsoksymetrii.

Oceniając zmiany współczynników PI i RI w MCA oraz UA wraz ze zmniejszaniem się utlenowania płodu w ocenie pulsoksymetrycznej wykazano, że zjawisko redystrybucji krążenia pojawiało się, gdy SpO<sub>2</sub> osiągało wartość 37%. Obserwując kolejność pojawiania się zmian w analizowanych współczynnikach, początkowo stwierdzono obniżenie wartości PI, a następnie RI w MCA, a następnie wzrost wartości PI i RI w UA. Porównując grupę płodów z SpO<sub>2</sub> <30% z grupą z SpO<sub>2</sub> >30% wykazano, że wartości MCA PI i RI w pierwszej grupie były istotnie niższe w porównaniu do grupy drugiej, natomiast wartości PI i RI w UA były odpowiednio wyższe.

Stwierdzono również gorszy stan noworodków po urodzeniu. U 37,5% dzieci z tej grupy obserwowano Ap <7 pkt. w 5 min życia, pH <7,2 oraz BE <-12mmol/l. Autorzy wykazali korelację zmian współczynników opisujących przepływ w MCA, odzwierciedlających zmiany hemodynamiczne w krążeniu mózgowym w stanach zagrażającego, jak i istniejącego niedotlenienia, a także z niekorzystnym rokowaniem dla płodu.

Podobne zmiany obserwowali również inni badacze [7, 17, 18, 19].

Odmienne od prezentowanych przez autora pracy dane dotyczące zależności pomiędzy parametrami dopplerowskimi a pO<sub>2</sub> zaprezentowali Figueras i wsp. analizując grupę 56 ciężarnych po 41 t.c. (Tabela II i III).

Stwierdzono, że wartości MCA PI mierzone w odcinku proksymalnym istotnie korelują z wartościami pO<sub>2</sub> w tętnicy pępowinowej po porodzie [20]. W odniesieniu do wartości pH nie stwierdzono podobnych zależności.

Jak już wcześniej wspomniano, w pracy Kassanos i wsp. sugerowano, że przepływ krwi w MCA odzwierciedla utlenowanie mózgowia, a indeks PI w części proksymalnej MCA koreluje istotnie z niedotlenieniem w czasie porodu [16].

Spadek utlenowania płodu do 30% utrzymujący się przez 2 minuty prowadzi natomiast do wzrostu oporu naczyniowego w części proksymalnej MCA. To zjawisko jest prawdopodobnie następstwem metabolizmu beztlenowego z następowym obniżeniem wartości pH i utratą mechanizmów prawidłowej kontroli autonomicznej, co prowadzi w konsekwencji do wazokonstrykcji naczyń. Ponadto, histologiczne i metaboliczne zmiany w mózgowiu płodu, wtórne do kwasicy mogą być odpowiedzialne za związek pomiędzy obserwowanymi w pracy Figueras zależnościami pomiędzy MCA PI w odcinku dystalnym, a wartościami pH [20].

Palacio i wsp. w 2004 roku zaproponowali nowe krzywe referencyjne dla UA PI, MCA PI oraz C/U ze szczególnym uwzględnieniem okresu pomiędzy 41 a 42+6 t.c. [21]. Stworzone przez nich krzywe dla MCA PI obejmują zdecydowanie szerszy zakres wartości niż te dotychczas prezentowane. Jest to niezwykle istotne z punktu widzenia prawidłowej kwalifikacji wartości indeksu PI jako prawidłowych lub nieprawidłowych. Palacio i wsp. nie stwierdzali wzrostu wartości UA PI w niepowikłanej ciąży po terminie sugerując, że opór naczyniowy nie wzrasta w tym czasie [21]. Stwierdzili natomiast zdecydowanie większe obniżenie oporu naczyniowego w MCA w tym okresie w porównaniu do wartości przedstawianych przez innych autorów [2, 22].

Oceniając opór naczyniowy w krążeniu mózgowym bardzo istotne jest również ustalenie miejsca wstawienia bramki dopplerowskiej w celu oceny przepływu krwi. Wykazano, że ocena sygnału ze środkowej i dystalnej części MCA cechuje się wyższymi wartościami indeksu PI, niż z części proksymalnej. Uważa się, że redystrybucję krążenia najlepiej obrazuje wskaźnik C/U. Może być ona następstwem zarówno wzrostu oporu naczyniowego w UA, który odzwierciedla opór łożyskowy, jak i wynikiem zjawiska *brain sparing* wskutek obniżenia oporu naczyniowego w krążeniu mózgowym [23].

Wyniki prezentowanych w literaturze prac nie są jednoznaczne. Objawy zagrożenia życia płodu w ciąży donoszonej, a zwłaszcza po terminie nie są zazwyczaj związane z niewydolnością łożyska, a są raczej wynikiem małowodzia i powikłań pępowinowych [24].

Czas trwania oraz stopień nasilenia hipoksji jest rzeczą o podstawowym znaczeniu w aspekcie pojawiania się odpowiedzi hemodynamicznych. Krótkotrwały okres zmniejszonej podaży tlenu może być zbyt krótki do pojawienia się zmian oporu naczyniowego [25]. Dlatego też, nie wszystkie zmiany utlenowania płodu znajdują swoje natychmiastowe odzwierciedlenie w zmianach wskaźników dopplerowskich.

## Wnioski

Ocena indeksu pulsacji w MCA cechuje się wyższą wartością predykcyjną niż indeks oporu w prognozowaniu nieprawidłowego stanu noworodka oraz predykcji wystąpienia zaburzeń czynności serca w czasie porodu w ciąży o przebiegu niepowikłanym. Jednak ocena indeksów PI, a zwłaszcza RI w tętnicy środkowej mózgu ma małą wartość predykcyjną w odniesieniu do analizowanych parametrów.

21. Palacio M, Figueras F, Zamora L, [et al.]. Reference ranges for umbilical and middle cerebral artery pulsatility index and cerebroplacental ratio in prolonged pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2004, 24, 647-653.
22. Arduini D, Rizzo G. Normal values of Pulsatility Index from fetal vessels: a cross-sectional study on 1556 healthy fetuses. *J Perinat Med.* 1990, 18, 165-172.
23. Baschat A, Gembruch U. The cerebroplacental Doppler ratio revisited. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2003, 21, 124-127.
24. Leveno K, Quirk J, Cunningham F, [et al.]. Prolonged pregnancy: I. Observations concerning the causes of fetal distress. *Am J Obstet Gynecol.* 1984, 150, 465-473.
25. van Huisseling H, Hasaart T, Muijsers G, de Haan J. Umbilical artery pulsatility index and placental vascular resistance during acute hypoxemia in fetal lambs. *Gynecol Obstet Invest.* 1991, 31, 61-66.

## Piśmiennictwo

1. Hsieh Y, Chang C, Tsai H, Tsai C. Longitudinal survey of blood flow at three different locations in the middle cerebral artery in normal fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2001, 17, 125-128.
2. Mari G, Deter R. Middle cerebral artery flow velocity waveforms in normal and small-for-gestational-age fetuses. *Am J Obstet Gynecol.* 1992, 166, 1262-1270.
3. Yagel S, Anteby E, Lavy Y, [et al.]. Fetal middle cerebral artery blood flow during normal active labour and in labour with variable decelerations. *Br J Obstet Gynaecol.* 1992, 99, 483-485.
4. Roza S, Steegers E, Verburg B, [et al.]. What is spared by fetal brain-sparing? Fetal circulatory redistribution and behavioral problems in the general population. *Am J Epidemiol.* 2008, 168, 1145-1152.
5. Achenbach T, Rescorla L. Manual for the ASEBA Preschool Forms and Profiles. Burlington, VT: University of Vermont Research Center for Children, Youth and Families, 2000.
6. Sterne G, Shields L, Dubinsky T. Abnormal fetal cerebral and umbilical Doppler measurements in fetuses with intrauterine growth restriction predicts the severity of perinatal morbidity. *J Clin Ultrasound.* 2001, 29, 146-151.
7. Tchirikov M, Eisermann K, Rybakowski C, Schröder H. Doppler ultrasound evaluation of ductus venosus blood flow during acute hypoxaemia in fetal lambs. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1998, 11, 426-431.
8. Scherjon S, Briet J, Oosting H, Kok J. The discrepancy between maturation of visual - evoked potentials and cognitive outcome at five years in very preterm infants with and without hemodynamic signs of fetal brain - sparing. *Pediatrics.* 2000, 105, 385391.
9. Scherjon S, Oosting H, Smolders-DeHaas H, [et al.]. Neurodevelopmental outcome at three years of age after fetal 'brain - sparing'. *Early Hum Dev.* 1998, 52, 67-79.
10. Rooth G. Guidelines for the use of fetal monitoring - FIGO News. *Int J Gynecol Obstet.* 1987, 25, 159-167.
11. Cheema R, Dubiel M, Gudmundsson S. Signs of fetal brain sparing are not related to umbilical cord blood gases at birth. *Early Hum Dev.* 2009, 85, 467-470.
12. Cheema R, Dubiel M, Gudmundsson S. Fetal brain sparing is strongly related to the degree of increased placental vascular impedance. *J Perinat Med.* 2006, 34, 318-322.
13. Soothill P, Nicolaidis K, Bilardo C, Campbell S. Relation of fetal hypoxia in growth retardation to mean blood velocity in the fetal aorta. *Lancet.* 1986, 2, 1118-1120.
14. Dubiel M, Bręborowicz GH, Marsal K, Gudmundsson S. Fetal adrenal and middle cerebral artery Doppler velocimetry in high - risk pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2000, 16, 414-418.
15. Mori A, Iwashita M, Takeda Y. Haemodynamic changes in IUGR fetus with chronic hypoxia evaluated by fetal heart - rate monitoring and Doppler measurement of blood flow velocity. *Med Biol Eng Comput.* 1993, 31, 49-58.
16. Kassanos D, Siristatidis C, Vitoratos N, [et al.]. The clinical significance of Doppler findings in fetal middle cerebral artery during labor. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2003, 109, 45-50.
17. Bloom S, Swindle R, McIntire D, Leveno K. Fetal pulse oximetry: duration of desaturation and intrapartum outcome. *Obstet Gynecol.* 1999, 93, 1036-1040.
18. Dildy G, Clark S, Garite T, [et al.]. Current status of the multicenter randomized clinical trial on fetal oxygen saturation monitoring in the United States. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 1997, 72, (Suppl), 43-50.
19. Ropacka M, Markwitz W, Ginda W, Bręborowicz G.H. Doppler blood flow velocimetry in fetal hypoxemia during pregnancy. *Arch Perinat Med.* 2001, 7, 47-50.
20. Figueras F, Lanna M, Palacio M, [et al.]. Middle cerebral artery Doppler indices at different sites: prediction of umbilical cord gases in prolonged pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2004, 24, 529-533.