

임신주수별 태아 대뇌동맥
도플러 파형에 관한 연구

연세대학교 대학원

의 학 과

최 성 진

임신주수별 태아 대뇌동맥
도플러 파형에 관한 연구

지도 정 인 배 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2004년 12월 일

연세대학교 대학원

의 학 과

최 성 진

최성진의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 정 인 배 인

심사위원 임 백 근 인

심사위원 차 동 수 인

연세대학교 대학원

2004년 12월 일

감사의 글

이 논문이 완성되기 까지 인도해주신 하나님께 감사드립니다.

부족한 저를 지도해 주시고 늘 챙겨주시는 정인배 교수님과 바쁘신 가운데도 이 논문을 심사해 주시고 늘 많은 조언을 주시는 임백근 교수님, 차동수 교수님께 감사드립니다.

의사로서 제 역할을 할 수 있도록 가르쳐 주셨고 항상 옆에서 지원을 아끼지 않으시는 한혁동 교수님, 이영진 교수님께 감사드립니다. 한경희 선생님을 비롯한 모든 교직원들과 이 기쁨을 함께 하고 싶습니다. 의대 입학 때부터 지금까지 늘 관심과 사랑으로 지도해 주신 차봉석 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

자식을 위해서 헌신과 사랑과 기도로 길러주신 아버지, 어머니께 머리 숙여 감사드립니다. 언제나 기도해 주시고 사랑해 주시는 장인, 장모님께 깊은 감사의 마음을 드립니다.

끝으로 어려운 가운데서도 묵묵히 내조해 주고 항상 힘이 되어 준 사랑하는 아내와 유경, 유준과 함께 이 기쁨을 나누고자 합니다.

차 례

그림 및 표 차례 -----	ii
국문요약 -----	iii
제1장 서론 -----	1
제2장 재료 및 방법 -----	3
2.1. 연구 대상 -----	3
2.2. 태아 대뇌동맥 혈류의 측정위치 선정 -----	3
2.3. 태아 대뇌동맥 혈류의 도플러 측정 -----	3
2.4. 자료의 분석 -----	4
2.5. 통계학적 검정 -----	4
제3장 결과 -----	5
3.1. 대상 임신부의 특성 -----	5
3.2. 임신주수별 태아 대뇌동맥 파동계수의 정상치 -----	6
3.3. 성별에 따른 태아 대뇌동맥 파동계수의 변화 양상 -----	8
제4장 고찰 -----	9
제5장 결론 -----	11
참고문헌 -----	12
영문요약 -----	16

그림 및 표 차례

그림 1. 임신주수별 태아 대뇌동맥 파동계수의 분포도 -----	6
그림 2. 임신주수별 태아대뇌동맥 파동계수의 정상범위 -----	7
표 1. 대상 임신부의 특성 -----	5
표 2. 임신주수별 태아 대뇌동맥의 정상치 -----	7
표 3. 태아의 성별에 따른 임신주수별 파동계수의 변화 양상 -----	8

국 문 요 약

임신주수별 태아 대뇌동맥 도플러 파형에 관한 연구

자궁 내 태아의 건강 상태를 평가하기 위한 방법의 하나로써 태아의 각 장기에 대한 혈류의 도플러 측정을 들 수 있다. 비정상적인 혈류의 변화를 인지하려면 임신 주수에 따른 정상적인 태아 도플러 파형의 변화양상을 알아야 할 것이다. 또한 조산된 신생아의 생존률 및 이환률은 성별에 따른 차이를 보이는데 재태기간 중 성별에 따른 뇌혈관 발달의 차이 여부를 밝히는 것도 중요하다.

이에 본 연구자는 정상 임신부의 단태아 에서 전뇌동맥, 중뇌동맥의 도플러 검사를 시행하여 파동계수 (Pulsatility index)를 측정하였다. 태아의 염색체 검사가 시행 되었거나 분만이 이루어 진 경우에 한해 태아를 성별에 따라 분류하여 남녀 각각의 파동계수의 변화 양상을 관찰하였다. 연구대상 중 모체나 태아에 합병증이 발생한 경우는 대상에서 제외 하였다. 총 71명의 정상 한국인 임신부에서 태아 도플러를 시행 했으며, 이중 44명에서 정확한 태아의 성별을 확인할 수 있었다.

임신주수에 따라 4주간격으로 나뉘서 임신 28주에서 31주 사이를 I군, 32주에서 35주 사이를 II군, 36주에서 39주 사이를 III군으로 구분하였다. 각 세 군에서 남아 태아의 전뇌 동맥 파동계수는 1.7917 ± 0.3497 , 1.5710 ± 0.6672 , 1.3053 ± 0.3450 로 통계적으로 의미 있게 감소했다 ($P < 0.05$). 여아 태아의 전뇌 동맥 파동계수도 각 세 군에서 1.9714 ± 0.5869 , 1.6846 ± 0.4123 , 1.3338 ± 0.2088 로 의미 있게 감소했다 ($P < 0.05$). 중뇌 동맥 파동계수는 남아에서는 각 3 군에서 2.0204 ± 0.5821 , 1.8822 ± 0.4282 , 1.5347 ± 0.4668 로 의미 있는 감소를 보인 반면 ($P < 0.05$), 여아에서는 각 세 군에서 2.1397 ± 0.5966 , 1.8705 ± 0.5607 , 1.8810 ± 0.4016 으로 통계적으로 의미 있는 차이가 없었다 ($P = 0.827$).

결론적으로 본 연구에서는 임신 기간에 따른 정상 단태아의 전뇌, 중뇌 동맥 도플러 파동계수의 정상치를 제시 했으며, 여아 태아의 중뇌동맥 도플러 파형은

남아의 도플러 파형 및 다른 혈관 도플러 파형과 달리 임신기간에 관계없이 일정한 양상을 나타냄을 관찰 하였다.

핵심되는 말 : 태아전뇌동맥, 태아중뇌동맥, 도플러

임신주수별 태아 대뇌동맥 도플러 파형에 관한 연구

< 지도 정 인 배 교수 >

연세대학교 대학원 의학과

최 성 진

제 1 장 서 론

산과학 분야에 도플러를 비롯한 초음파 기술이 도입됨으로써 모체 및 태아의 혈류 변화를 비 침습 적으로 측정 할 수 있게 되었다. 자궁 동맥의 혈류 속도 파형을 분석 하여 자궁과 태반의 상태를 평가할 수 있고, 제대 동맥의 혈류 속도를 측정하여 태아와 태반에서의 이상 상태를 알아낼 수 있다.¹⁻⁴ 자궁과 태반의 기능에 관한 평가 뿐 아니라 태아 자체의 기능을 평가하기 위해 태아의 다양한 부위에서 혈류를 측정하는 도플러에 관한 연구가 진행되고 있다.^{5,6}

태아가 저산소증이나 산증에 처하게 되면 우선적으로 중요한 장기에 혈액을 보내려고 하는 혈류의 재배치 현상이 일어나게 되어 뇌, 부신, 심장 등의 혈류가 증가하는 것을 관찰할 수 있게 된다.⁷⁻⁹ 저산소증이 더 심화되면 태아의 전신 저항이 증가하여 심기능의 감소가 와서 정맥 혈류의 파동력이 증가하며 이러한 현상은 태아의 대정맥, 제대정맥 등에서 관찰할 수 있다.^{10,11} 이렇게 관찰된 태아의 혈액학적 변화를 임상에 적용하기 위해서는 각 측정부위에서의 혈액학 지수에 대한 정상치가 확립되어야만 한다. Wijngaard 등은 55명의 정상 임신부를 대상으로 임신주수별 태아 대뇌동맥 파동계수의 정상치를 제시함과 동시에 14명의 자궁내 성장 지연이 있는 태아의 대뇌동맥 파동계수를 측정하여 정상군과 비교하였으며, Harrington 등은 167명의 정상 임신부를 대상으로 태아 대뇌동맥 파동계수의 정상

치를 구하고, 이를 105명의 임신중독증 혹은 자궁내 태아 발육 지연이 있는 임신부 군에서의 측정치와 비교하였다.^{6,12} 이와 같이 지금까지 발표된 것은 정상군과 태아발육지연 등의 비정상군과의 비교에 관한 연구가 대부분이며 정상군 내에서 태아 성별에 따른 각 대뇌동맥 파동계수의 임신주수별 변화 양상의 차이에 관한 연구는 보고된 바가 전혀 없다.

조산된 신생아의 경우 남아보다 여아의 예후가 더 좋음을 알 수 있는데, 조산된 남, 여 신생아의 차이에 관한 연구 중 뇌혈류량의 차이가 있음을 밝힌 보고가 있어 임신 기간에 따른 남, 여 태아 사이에 대뇌 혈류량 변화 양상의 차이가 있는지를 밝힐 필요성이 제기된다.

이에 본 연구자는 정상 임신부에서 임신주수별로 태아의 대뇌동맥 도플러 파형이 어떻게 변화 하는지와 태아의 성별에 따른 임신주수별 변화 양상의 차이가 있는지를 관찰하고자 하였다.

제 2 장 재료 및 방법

2.1. 연구 대상

합병증이 동반되지 않은 단태 임신부 71명을 대상으로 태아의 초음파를 시행하였다. 연구가 진행되는 도중 임신성 당뇨, 자궁내 태아 발육 지연이 발생한 4예를 제외하여 총 67예의 태아를 대상으로 임신주수별 태아 대뇌동맥 파동계수를 측정하였다. 분만할 때까지 추적이 가능했던 경우 및 임신중기에 양수검사 등으로 태아의 성별을 정확히 확인할 수 있는 경우는 44예이었으며 이들을 대상으로 태아 성별에 따른 대뇌동맥 파동계수 변화 양상의 차이를 관찰하였다.

2.2. 태아 대뇌동맥 혈류의 측정위치 선정

도플러 측정은 색 도플러 사양이 탑재된 초음파 (Aloka 5000; Tokyo, Japan)를 이용하였으며 탐촉자는 3~5 MHz의 볼록형 탐촉자를 사용하였다. 전 연구대상자에 대해 모든 도플러 측정은 연구자 한 사람에게 의해 이루어 졌다. 먼저 태아 대뇌 다리 위치에서 측 단면의 영상을 구현하였고, 색 도플러 창을 가동시켜서 윌리스 환(the circle of Willis) 을 찾아내었다. 나비뼈의 큰 날개에 인접하여 대뇌 다리의 전측방으로 주행하는 중뇌동맥을 확인하였고, 대뇌 다리의 앞쪽으로 지나가는 횡선에 직각으로 주행하는 전뇌동맥을 확인 하였다.

2.3. 태아 대뇌동맥 혈류의 도플러 측정

혈관들의 주행을 색 도플러 창을 이용해 확인하고 있는 상태에서 D 모드 도플러를 가동시켰다. 탐촉자의 방향과 위치를 조절하여 도플러의 입사각은 혈관의 주행에 대해 항상 30도 미만이 되게 하였다. 각 혈관의 도플러 표본은 윌리스 환에서 약 1 cm 떨어진 지점에서 측정하였다.

2.4. 자료의 분석

파형의 파동력은 파동계수로 정량화 하였으며 파동계수(PI)는 다음과 같이 계산하였다.

$$PI = V_1 - V_0 / V_{\text{mean}}$$

V_0 는 이완기말 속도를 나타내고 V_1 은 수축기 속도의 최고점을 말하며 V_{mean} 은 파형의 평균속도를 의미한다. 세 번의 연속된 혈류 파형을 측정하여 초음파에 내장된 프로그램으로 파동계수를 구하였다.

2.5. 통계학적 검정

통계분석 프로그램 (SPSS 12.0 version)을 사용하였으며 임신주수별 태아 전뇌동맥 및 중뇌동맥 파동계수의 변화 곡선을 구하기 위해 곡선추정 회귀분석을 시행 하였다. 임신주수에 따른 세 구간별 임신부 산과력의 비교에는 Pearson's 카이제곱 검정을 사용하였고, 임신주수에 따른 세 구간별 임신부 연령의 비교 및 태아 대뇌동맥 파동계수의 차이의 비교에는 Kruskal-Wallis 검정을 사용하였다. 유의수준은 p값이 0.05미만인 경우로 하였다.

제 3 장 결 과

3.1. 대상 임신부의 특성

정확한 태아의 성별을 확인할 수 있었던 44예에서 얻어진 파동계수들을 임신 주수에 따라 세 군으로 나누어 I 군은 28주에서 31주, II 군은 32주에서 35주, III 군은 36주에서 39주로 구분 하였다. 세 군에 속한 임신부들의 연령 및 산과력에는 유의한 통계적 차이가 없었다 (표 1).

표 1. 대상 임신부의 특성

	I 군 [*] (n=20)	II 군 ^{**} (n=31)	III 군 ^{***} (n=31)	P value
나이(세) [*]	31±4	31±4	31±4	0.880
산과력				0.500
초산	9	18	19	
경산	11	13	12	

* : 임신 28주 ~ 임신 31주

** : 임신 32주 ~ 임신 35주

*** : 임신 36주 ~ 임신 39주

* :평균 ± 표준편차

3.2. 임신주수별 태아 대뇌동맥 파동계수의 정상치

각 임신주수별 태아 중뇌 및 전뇌동맥의 파동계수의 분포도 및 회귀 곡선을 도해 하였다 (그림 1). 중뇌동맥과 전뇌동맥 모두 어느 시점까지는 증가하다가 다시 감소하는 이차 방정식의 형태를 나타내었다.

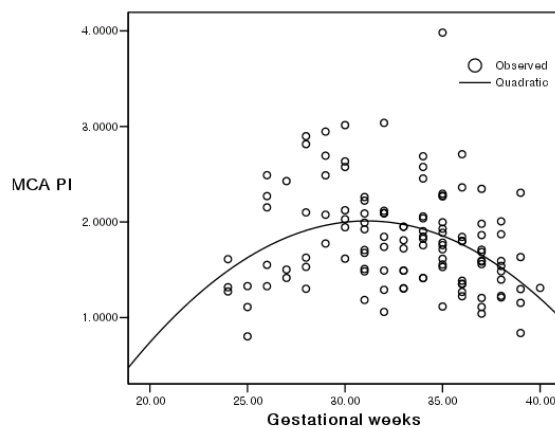
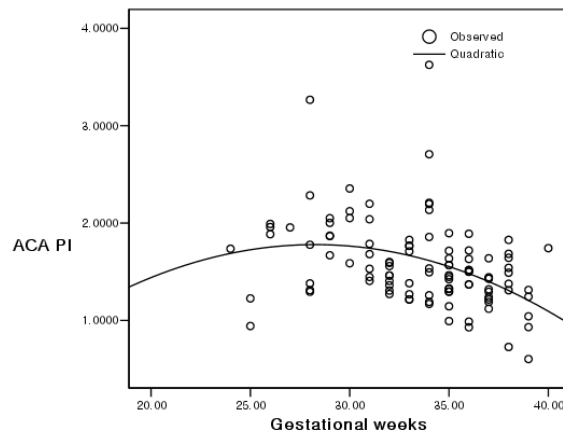
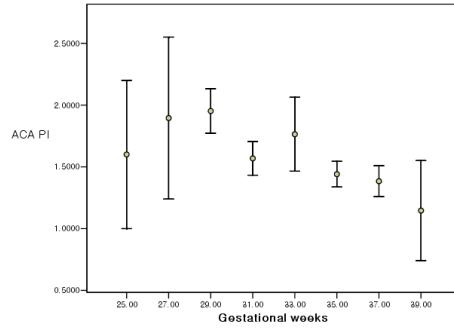
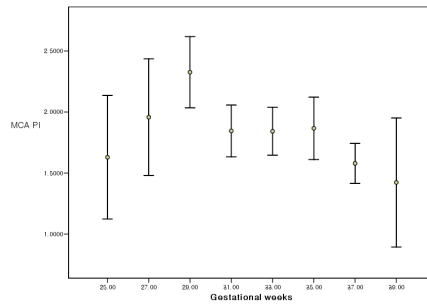


그림 1. 임신주수별 태아 전뇌동맥 및 중뇌동맥 파동계수의 분포도. 곡선은 파동계수와 임신주수와의 상관 관계를 나타낸다. (A). 태아 전뇌동맥, $Y=-0.067X^2-0.3936X-3.9676$, $r^2=0.169$, $P=0.000$ (B). 태아 중뇌동맥, $Y=-0.01X^2+0.6174X-7.5438$, $r^2=0.112$, $P=0.001$

또한 각 임신주수별 파동계수의 정상 범위를 나타내었다 (그림 2), (표 2).



(A)



(B)

그림 2. 정상 임신부에서의 임신주수별 태아전뇌동맥(A) 및 중뇌동맥(B) 파동계수의 정상범위. 각 임신 시기별 평균과 95% 신뢰구간으로 표시하였다.

표 2. 임신주수별 태아 대뇌동맥의 정상치 (95% 신뢰구간)

임신주수 (weeks)	전뇌동맥			중뇌동맥				
	표본수	평균	하한값	상한값	표본수	평균	하한값	상한값
24 ~ 25	5	1.6000	1.0000	2.2012	8	1.6294	1.1232	2.1356
26 ~ 27	7	1.8953	1.2396	2.5510	9	1.9573	1.4799	2.4348
28 ~ 29	9	1.9524	1.7720	2.1328	12	2.3263	2.0344	2.6182
30 ~ 31	16	1.5687	1.4330	1.7044	20	1.8454	1.6341	2.0567
32 ~ 33	19	1.7643	1.4648	2.0638	19	1.8421	1.6467	2.0374
34 ~ 35	25	1.4410	1.3371	1.5450	24	1.8667	1.6117	2.1217
36 ~ 37	18	1.3841	1.2594	1.5088	19	1.5795	1.4155	1.7435
38 ~ 39	6	1.1458	0.7409	1.5508	6	1.4232	0.8949	1.9514

3.3. 성별에 따른 태아 대뇌동맥 파동계수의 변화 양상

남, 여 태아의 임신주수에 따른 파동계수의 변화 양상이 각각 다른지를 표로 나타내었다 (표 2). 전뇌동맥에서는 남, 여 태아 모두에서 임신 구간별 의미 있는 감소가 있었고, 남아의 중뇌동맥에서도 의미 있는 감소가 있었지만, 여아의 중뇌동맥에서는 세 군 간의 의미 있는 차이가 없었다.

표 3. 태아의 성별에 따른 임신주수별 파동계수의 변화 양상

임신주수	I 군* (n=20)	II 군** (n=31)	III 군*** (n=31)	p value
전뇌동맥 파동계수 [†]				
남아	1.7917 ± 0.3497	1.5710 ± 0.6672	1.3053 ± 0.3450	0.027
T ^{††}	a	a,b	b	
여아	1.9714 ± 0.5869	1.6846 ± 0.4123	1.3338 ± 0.2088	0.001
T ^{††}	a	a,b	b	
중뇌동맥 파동계수 [†]				
남아	2.0204 ± 0.5821	1.8822 ± 0.4282	1.5347 ± 0.4668	0.014
T ^{††}	a	a,b	b	
여아	2.1397 ± 0.5966	1.8705 ± 0.5607	1.8810 ± 0.4016	0.827

* : 임신 28주 ~ 임신 31주

** : 임신 32주 ~ 임신 35주

*** : 임신 36주 ~ 임신 39주

† : 평균 ± 표준편차

†† : 같은 문자가 있는 군 간에는 Tuckey's multiple comparison test에 의한 의미 있는 차이가 없음을 나타낸다.

제 4 장 고 찰

태아의 두개 내에 있는 동맥들은 비교적 직경이 크고 순방향의 흐름을 유지해서 두뇌에 별다른 저항 없이 안정적으로 혈액을 공급할 수 있는 것으로 여겨진다. 임신 후반으로 갈수록 대뇌동맥 혈류의 저항도 작아지는데 이는 파동계수의 감소를 관찰함으로써 알 수 있다. 임신주수별 태아의 대뇌동맥 혈류의 변화에 대한 몇몇 연구가 외국에서 보고 되었는데 초음파 검사에 색 도플러 기술이 널리 보급되기 이전에 나온 것들이 대부분이다.⁶ 당시에는 혈관을 직접 확인하고 도플러를 측정하는 것이 아니라 해부학적 구조물을 참고하여 혈관의 위치를 짐작하여 측정했기 때문에 특히 전뇌동맥 같이 신호가 약한 혈관에 대한 연구에 어려움이 많았다. 근래에는 색 도플러 창을 가동시키면 혈류의 모습이 혈관의 주행모양 그대로 나타나기 때문에 미세한 혈류가 있는 혈관에서도 비교적 정확하게 도플러 측정을 할 수 있게 되었다.

중뇌동맥은 뇌간 등 생명유지에 중요한 장기에 혈액을 공급하며 도플러 측정도 용이해서 많은 연구의 대상이 되었다.^{13,14} 태아가 저산소증에 노출되면 중요한 장기에 혈류를 우선적으로 공급하기 위해 혈류의 재배치 현상이 일어나며 그 일환으로 뇌 혈류도 증가함이 밝혀졌다.^{7-9,15,16} 뇌 혈류의 양은 도플러 파동계수를 관찰하여 간접적으로 알 수 있다. Wijngaard 등은 정상 태아에서 보다 자궁내 성장 지연 태아에서 대뇌동맥 파동계수가 높음을 관찰하여 태아가 만성적으로 저산소증에 노출되게 되면 혈류 재배치 현상이 일어나서 대뇌 혈류가 증가한다고 하였다.⁶ Harrington 등도 분만 직전 각 임신주수의 정상 태아군의 중뇌동맥 파동계수에 비하여 임신 중독증 임신부의 태아나 자궁내 성장 지연 태아에서의 중뇌동맥 파동계수 표준편차가 낮음을 보여서(-0.88, -1.33), 태아 혈류 재배치 현상 발생 여부를 관찰하는 것이 자궁내 성장 지연 태아의 관리에 있어서 중요하다고 주장하였다.¹² 전뇌동맥도 인지기능 등을 수행하는 전뇌에 혈액을 공급하는 만큼 중요한 역할을 하는 혈관인데 이에 대한 연구결과 중뇌동맥보다 태아의 주산기 예후와 더 밀접한 관계가 있음을 밝힌 연구가 있다.¹⁷ 이들 연구에 따르면 저산소증에 의

한 중뇌동맥의 혈류 재배치 현상도 태아의 저산소증이 심화되면 사라져 버리게 되어 결과 해석에 혼란을 줄 수 있는데 반해 전뇌동맥에서는 더 오래 동안 혈류 재배치 현상이 존재하기 때문에 보다 신뢰성 있는 결과를 제공할 수 있다고 한다.^{18,19} 이러한 유용성이 있는 변수들을 실제 임상에 적용하려면 정확한 정상치가 확립되어야 하는데, 이들 태아 대뇌동맥의 파동계수들은 임신주수에 따라 변화하므로 주수별 정상치가 필요하다. 지금까지의 보고들은 주로 정상 임신 군과 비정상 임신 군 간의 차이를 비교한 것들이 대부분이었는데 본 연구에서는 정상 임신 군 안에서도 좀더 구체적으로 태아의 성별에 따른 변화 양상의 차이를 관찰 하였다. 남, 여 태아의 전뇌동맥 및 남아 태아의 중뇌동맥에서는 임신 28주에서 31주 사이의 군에 비해 임신 36주에서 39주 사이의 군에서 감소함을 보여 임신이 진행되면서 파동계수가 감소하는 양상을 나타낸 반면 여아 태아의 중뇌동맥에서는 임신 중반기부터 이미 후반기의 파동계수 양상을 나타내었다. 이에 대한 정확한 인과관계를 밝힐 수는 없으나 조산아에서의 성별에 따른 주산기 예후의 차이와 연관될 가능성이 있다. 같은 주수에 조산이 되었다 하더라도 남아보다 여아에서 생존률이 높고 이환률은 낮은 것으로 알려져 있다.^{20,21} 이에 대한 원인을 밝히려는 연구가 있었지만 명확히 밝혀지지는 않은 상태이다. 남, 여 조산아에 대한 차이 중 하나가 뇌 혈류량의 차이인데, 성인에서는 대체로 여자의 뇌 혈류량이 많은 반면 조산아의 연구에서는 반대로 남아의 뇌 혈류량이 많았다.²² 하지만 조산된 직후의 시기는 뇌 혈류 재배치 현상 및 인공 호흡기의 부착 등 여러 가지 영향을 많이 받는 시기이므로 정상적인 상태를 나타낼 수는 없을 것이다. 앞으로 남아, 여아간의 뇌혈류 차이의 원인 및 의미에 대한 연구가 필요한 실정이다.

제 5 장 결 론

정상 단계 임신부에서 임신주수별 태아의 전뇌동맥 및 중뇌동맥 파동계수의 정상역을 제시 하였다. 또한 태아의 성별에 따라 전뇌동맥 및 중뇌동맥 파동계수의 변화 양상을 제시 하였다. 남아의 경우 전뇌동맥 및 중뇌동맥 모두에서 임신이 지속되면서 파동계수가 감소하며, 여아의 경우 전뇌동맥에서는 남아와 마찬가지로 임신주수가 증가함에 따라 파동계수가 감소하는 반면 중뇌동맥에서는 임신 구간의 파동계수의 차이가 없는 것으로 미루어, 임신주수별 중뇌동맥 파동계수의 변화 양상은 남, 여 태아 간에 차이가 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) FitzGerald DE, Drumm JE. Non-invasive measurement of human fetal circulation using ultrasound; a new method. *Br Med J* 1977; 2: 1450-1.
- 2) Campbell S, Diaz-Recasense J, Griffin DR, Cohen-Overbeek TE, Pearce JM, Willson K, Teague MJ. New Doppler technique for assessing uteroplacental blood flow. *Lancet* 1983; 1: 675-7.
- 3) Cohen-Overbeek T, Pearce JM, Campbell S. The antenatal assessment of utero-placental and feto-placental blood flow using Doppler ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1985; 11: 329-39.
- 4) Trudinger BJ, Giles MB, Cook CM. Flow velocimetry wave forms in the maternal uteroplacental and fetal umbilical placental circulations. *Am J Obstet Gynecol* 1985; 152: 155-63.
- 5) Jouppila P, Kirkinen P. Increased vascular resistance in the descending aorta of the human fetus in hypoxia. *Br J Obstet Gynaecol* 1984; 91: 853-6.
- 6) van den Wijngaard JA, Groenenberg IA, Wladimiroff JW, Hop WC. Cerebral Doppler ultrasound of the human fetus. *Br J Obstet Gynaecol* 1989; 96: 845-9.
- 7) Mari G, Uerpaiojkit B, Abuhamad AZ, Copel JA. Adrenal artery velocity waveforms in the appropriate and small-for-gestational-age fetus. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; 8: 82-6.

- 8) Mari G, Moise KJ Jr, Deter RL, Kirshon B, Carpenter RJ Jr, Huhta JC. Doppler assessment of the pulsatility index in the cerebral circulation of the human fetus. *Am J Obstet Gynecol* 1989; 160: 698-703.
- 9) Gembruch U, Baschat AA. Demonstration of fetal coronary blood flow by color-coded and pulsed wave Doppler sonography: a possible indicator of severe compromise and impending demise in intrauterine growth retardation. *Ultrasound Obstet gynecol* 1996; 7: 10-6.
- 10) Gudmundsson S, Huhta JC, Wood DC, Tulzer G, Cohen AW, Weiner S. Venous Doppler ultrasonography in the fetus with nonimmune hydrops. *Am J Obstet Gynecol* 1991; 164: 33-7.
- 11) Hofstaetter C, Gudmundsson S, Hansmann M. Venous Doppler velocimetry in the surveillance of severely compromised fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; 20: 233-9.
- 12) Harrington K, Carpenter RG, Nguyen M, Campbell S. Changes observed in Doppler studies of the fetal circulation in pregnancies complicated by pre-eclampsia or the delivery of a small-for-gestational-age baby. I. Cross-sectional analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995; 6: 19-28.
- 13) Kassanos D, Siristatidis C, Vitoratos N, Salamalekis E, Creatsas G. The clinical significance of Doppler findings in fetal middle cerebral artery during labor. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2003; 109: 45-50.
- 14) Nishie EN, Brizot ML, Liao AW, Carvalho MH, Toma O, Zugaib M. A comparison between middle cerebral artery peak systolic velocity and amniotic

fluid optical density at 450 nm in the prediction of fetal anemia. *Am J Obstet Gynecol* 2003; 188: 214-9.

15) Woo JS, Liang ST, Lo RL, chan FY. Middle cerebral artery Doppler flow velocity waveforms. *Obstet Gynecol* 1987; 70: 613-6.

16) Vyas S, Nicolaides KH, Bower S, Campbell S. Middle cerebral artery flow velocity waveforms in fetal hypoxaemia. *Br J Obstet Gynaecol* 1990; 97: 797-803.

17) Dubiel M, Gunnarsson GO, Gudmundsson S. Blood redistribution in the fetal brain during chronic hypoxia. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; 20: 117-121.

18) Weiner Z, Farmakides G, Schulman H, Penny B. Central and peripheral hemodynamic changes in fetuses with absent end-diastolic velocity in umbilical artery: correlation with computerized fetal heart rate pattern. *Am J Obstet Gynecol* 1994; 170: 509-15.

19) Mari G, Deter RL. Middle cerebral artery flow velocity waveforms in normal and small-for-gestational-age fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 1992; 166: 1262-70.

20) Vohr BR, Wright LL, Dusick AM, Mele L, Verter J, Steichen JJ, et al. Neurodevelopmental and functional outcomes of extremely low birth weight infants in the National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research Network, 1993-1994. *Pediatrics* 2000; 105: 1216-26.

21) Elsmen E, Hansen Pupp I, Hellstrom-Westas L. Preterm male infants need more initial respiratory and circulatory support than female infants. *Acta Paediatr* 2004; 93: 529-33.

22) Baenziger O, Jaggi J, Mueller A, Morales C, Lipp H, Lipp A. et al. Cerebral blood flow in preterm infants affected by sex, mechanical ventilation, and intrauterine growth. *Pediatr Neurol* 1994; 11: 319-24.

ABSTRACT

Patterns of Normal Change in Fetal Cerebral Artery Doppler During Pregnancy

Choi, Seong Jin
Dept. of Medicine
The Graduate School
Yonsei University

A Doppler study of the fetal arteries is one of the most useful tools for evaluating the fetal well-being. Recent studies have attempted to document the relationship between the Doppler variables of the fetal cerebral artery and fetal hypoxia. For clinical applications, the normal range at each gestational week needs to be known. The aim of this study was to establish the normal range of the fetal cerebral artery pulsatility index (PI) throughout pregnancy and to determine if there are any gender differences.

Doppler ultrasonographic examination was performed to measure the fetal middle cerebral artery (MCA) and anterior cerebral artery (ACA) PI in 71 normal pregnancies between 25 and 39 weeks gestation. Gender determination was possible in 44 fetuses by either a postnatal examination or genetic amniocentesis.

The gestational weeks were grouped into 4-week sections. Group I ranged from 28 to 31 gestational weeks. Group II and III ranged from 32 to 35 and from 36 to 39 weeks, respectively. The ACA PI of the male fetuses decreased with increasing gestational time (group I: 1.7917 ± 0.3497 , group II: $1.5710 \pm$

0.6672, group III: 1.3053 ± 0.3450 ; $P < 0.05$). The ACA PI of the female fetuses also decreased significantly (group I: 1.9714 ± 0.5869 , group II: 1.6846 ± 0.4123 , group III: 1.3338 ± 0.2088 ; $P < 0.05$). The MCA PI of the male fetuses decreased (group I: 2.0204 ± 0.5821 , group II: 1.8822 ± 0.4282 , group III: 1.5347 ± 0.4668 ; $P < 0.05$). However, there was no significant decrease in the MCA PI of female fetuses (group I: 2.1397 ± 0.5966 , group II: 1.8705 ± 0.5607 , group III: 1.8810 ± 0.4016 ; $P = 0.827$).

The normal range of the fetal cerebral artery PI was established throughout pregnancy. These results demonstrate that the male and female fetal anterior cerebral artery and the male fetal middle cerebral artery PI decreases with increasing gestational time. However, female fetuses show a relatively constant middle cerebral artery PI regardless of the gestational time.