

3차원초음파에서 임신주수 예측을 위한 선형회귀방정식의 구현

Implementation of the Linear Regression Equation for Gestational Age Prediction in the 3D Ultrasonography

양성희*, 이진수**, 김정훈**, 김창수**

일신기독병원 산부인과*, 인제대학교 해운대백병원 영상의학과**, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과***

SungHee Yang(sonoyang@hanmail.net)*, Jin-Soo Lee(sonojinsoo@naver.com)**

Jung-Hoon Kim(donald@cup.ac.kr)***, Changsoo Kim(cszzim@cup.ac.kr)**

요약

태아의 소뇌는 임신주수에 따라 성장하며 소뇌횡직경 길이의 측정은 임상에서 태아성장 예측의 중요한 지표로 활용하고 있다. 본 연구에서는 임신 20~37주 사이의 산모를 임신 주수별 각 20명씩 총 340명을 대상으로 3차원초음파 탐측자를 이용하여 태아의 태령 및 태아의 소뇌 양쪽 외단을 측정해 기초자료를 획득하였다. 결과적으로 임신 주수에 따른 태아 소뇌횡직경의 성장을 회귀곡선으로 표시하였고 선형회귀방정식에서 결정계수를 얻었다. 3차원초음파를 이용한 임신주수에 따른 소뇌횡직경 측정방법은 통계적으로 유의($p<0.001$)하였으며, 태령을 예측함에 있어 유용하다는 것을 알 수 있었다. 그러므로 임신주수에 따라 증가하는 소뇌횡직경의 측정은 정확한 임신주수의 산정이 가능 할 것이며 임상에서 현재 이용되고 있는 태령 측정 방법의 대체 또는 개선방법이라 사료된다. 태아의 성장에 따라 측정하는 소뇌형직경은 임신주수에 따른 태아 성장의 평가가 가능하며, 태아의 머리 모양에 관계없이 성장장애가 있는 경우에도 임신주수의 예측이 가능하다. 따라서 본 연구를 기초자료로 하여 지속적인 연구가 시행된다면 3차원초음파를 이용한 소뇌형직경의 측정은 정확한 임신주수 예측에 유용할 것으로 사료된다.

■ 중심어 : | 3차원초음파 | 소뇌횡직경 | 임신주수 |

Abstract

Fetal cerebellum is grow depending on the gestational age, measurement of transverse cerebellar diameter(TCD) is being used import indicator of fetal growth prediction in clinical. In this study, the subjects were normal pregnant women 20~37 week of gestation, and the volume scan was conducted on the 340 subjects. The research reports was indicated by regression curve the growth of fetal TCD in accordance with the gestational age. It got to the value of the results from a linear regression equation. Measurement fetal TCD using 3D US was statistically significant($p<0.001$) and useful in the prediction of gestational age. TCD increases with gestational age can also distinguish between the normal fetal and prediction of accurate gestational age of fetal growth retardation. If the basic data of the present study, ongoing research is performed, the TCD using by 3D US are expected to be usefully applied in the correct prediction gestational age.

■ keyword : | 3D ultrasonography | Transverse Cerebellar Diameter | Gestational Age |

I. 서론

초음파 검사는 비 침습적인 방법으로 태어나 산모에 위험한 영향이 없고 실시간 영상획득이 가능하며 산부인과 영역에서 태아를 관찰하는 유용한 검사이다[1]. 태아와 태반 및 산모의 골반내 구조 이상을 진단하는 산과 영역에서 임신주수 예측의 자료로 이용되고 있다. 산과 영역에서의 초음파 영상은 2차원초음파 영상에 기초하고 있지만, 최근 기술적인 발달에 의해 3차원초음파(three-dimensional ultrasound: 3D)가 개발되면서 2차원초음파로 관찰되던 기존 평면적인 영상을 입체적인 영상으로 관찰 가능하게 되었다[2]. 그러한 이유로 3차원 초음파는 2차원초음파보다 정확하고 세밀한 진단을 할 수 있으며, 또한 태아의 외부 골격을 확인할 수 있어 기형 유무의 진단에 아주 용이하다는 장점이 있어 실효성이 높다. 처음 도입당시의 3차원 초음파 영상은 대개 태아 얼굴이나 사지의 표면렌더링에 의존하였으며 임상적 적용이 그리 활발하지는 못하였다. 하지만 최근 3차원 초음파 기기로 자기공명영상이나 컴퓨터단층촬영에서 볼 수 있는 다분할면 영상(multi slice view)기능으로 시상면, 횡단면에 대한 다양한 영상을 획득할 수 있으며, 태아 심장판막의 모양까지 그려낼 수 있는 기능이 추가되어 초음파 영역의 새로운 장을 열어 가는데 3차원 초음파 영상이 중요한 역할을 하고 있다[3]. 특히, 임신초기의 태반, 임신 낭, 배아를 비롯하여 태아의 머리, 간, 폐, 소뇌 등 부피측정에 사용되어 정상태아의 성장이나 태아의 기형유무를 발견할 수 있어 임신부와 태아의 위험을 예측하는데 중요한 지표로 사용함과 더불어 산과 영역에서 빼놓을 수 없는 중요한 진단적 방법으로 자리 잡았다[4]. 2차원초음파에서 태아두부, 체부, 장골의 측정 등이 이용되고 있으며 이것으로 정상적인 태아성장과 병적인 상태를 구별할 수 있다. 특히 임신 2,3분기의 산전관리에서 초음파를 통한 태아 신체 각 부위의 측정은 정확한 임신주수를 산정하고 태아 발육상태를 평가하기 위한 매우 중요한 분야이며, 정확한 측정과 평가를 위해서는 각 신체 부위의 임신주수별 표준치를 적절하게 선택하는 것 또한 중요하다. 최근 초음파로 태아 소뇌횡직경을 측정하여 임신주수에 따른 태아성장과 발달을 평가할 수 있다고 보고된

바 있으며, 소뇌형직경의 측정은 태아 머리모양에 관계 없이 태아 성장장애가 있는 경우에도 임신주수 산정의 믿을만한 지표가 된다고 하였다[5][6]. 따라서 본 논문에서는 기존의 2차원초음파의 소뇌횡직경 측정 시 태아의 움직임이나 위치상 측정하기 어려운 점을 3차원 초음파로 보완하여 측정하였으며, 정상태아의 성장뿐 아니라 태아 성장장애를 가진 경우에도 임신주수의 예측이 용이하였다. 3차원초음파를 이용한 소뇌횡직경의 측정으로 정확한 임신주수의 산정이 가능할 것으로 사료되며, 임상적인 유용성과 응용가치를 고찰하고자 한다.

II. 관련연구

1. 3차원초음파

3차원으로 실행된 정보를 컴퓨터에 저장한 후 원하는 부위의 단면상과 입체적으로 재구성한 3차원 영상 및 단축상을 얻을 수 있으며, 3차원 영상을 만드는 방법은 표면, 체적 표현방식으로 구성된다. 관상면과 같은 숨겨진 단면을 얻을 수 있고 2차원 영상보다 정확한 해부학적 정보를 제공한다. 3차원 초음파 영상 진단장치는 기술적으로 초음파 탐촉자를 이용하여 3차원으로 스캔하는 부분과 스캔한 3차원 데이터를 획득(acquisition)하는 부분, 그리고 받은 3차원 데이터 세트에 대해 3차원으로 재구성하여 렌더링 하는 부분, 마지막으로 렌더링한 영상을 화면에 표현하는 부분으로 구성되어 있다[7]. 획득한 3차원 초음파 데이터로부터 임의의 단면을 얻을 수 있으며 3차원 공간에서 임의의 거리측정이 가능하다. 또한, 단면 영상에서 영역을 설정하여 면적을 계산할 수 있을 뿐만 아니라 면적을 각 단면 영상마다 구하여 적분함으로써 체적까지 측정가능하다(Virtual Organ Computer-Aided Analysis: VOCAL)[8][Fig. 1].

2. 태령 및 소뇌형성

소뇌는 후뇌(metencephalon)의 날개판(alar plane)에서 형성된 능형뇌입술(phombic lip)에서 발생하며, 처음에 양쪽의 능형뇌입술은 서로 분리되어 있으나 점차 성장함에 따라 양쪽의 능형뇌입술이 융합되고, 점차 뒤쪽으로 자라나 넷째뇌실의 등쪽 표면을 덮게 된다. 일

부 외투층(mantle layer)의 세포들은 능형뇌입술의 등쪽 표면으로 이동하여 소뇌피질(cerebellar cortex)의 원기(primordium)를 형성한다. 등쪽에서 본 이 소뇌피질의 원기의 내측부분은 소뇌벌레(vermis)로 분화하고 외측부분은 소뇌반구(cerebellar hemisphere)로 분화한다. 소뇌는 직접 자발적으로 운동을 일으키지는 않으나 운동을 도와 보다 세밀하게 만들고 여러 근육의 움직임을 돕는다. 소뇌의 기능에 장애가 생기면 운동조절 장애가 생김과 동시에 여러 근육운동의 조화가 어려워져 정밀한 일을 할 수 없게 된다[9]. 임신주수별 태령의 측정에는 제1삼분기 정상임신 5~6주 사이에는 질식초음파(transvaginal)로 임신낭의 최장 길이를 측정하며 난황주머니(yolk sac)가 포함되지 않도록 하여 3번 측정된 평균값을 이용한다. 6~12주 가량에는 머리영덩이길이(CRL)의 측정이 이용되고 머리끝부터 엉덩이까지 최장 길이를 재며 배아의 심박동을 관찰할 수 있다. 제2,3분기 13~40주에는 양쪽마루뼈직경(BPD), 머리둘레(HC), 배둘레(AC), 넓다리뼈길이(FL)를 이용하여 태령을 측정하고 있으며, 태아의 대략적인 체중 예측도 가능하다[10].

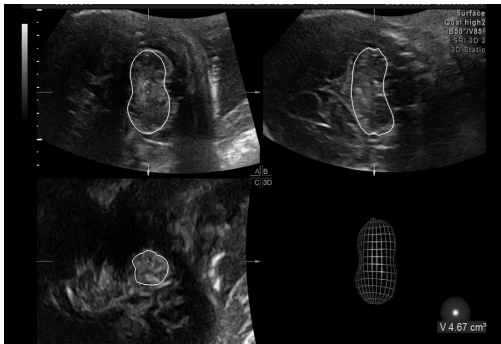


Fig. 1. Fetal Cbll volume by VOCAL

III. 재료 및 방법

1. 실험재료

2014년 4~10월의 I병원 산부인과에서 산전관리를 받는 임신 20~37주 사이의 산모를 대상으로 하였으며, 대상 산모는 규칙적인 생리주기를 가졌고 마지막 생리

시작일(last menstrual period: LMP)이 정확하였으며, 산모와 태아 모두 건강한 상태로 특별한 질병을 동반하지 않았다. 임신주수는 임신초기에 머리영덩이길이(CRL)를 기준으로 임신주수와 분만에정일을 확인하였다. 임신주수별로 20명씩 20~37주 태아를 대상으로 3차원초음파를 시행한 후 비교하였으며, 총 340명의 산모를 대상으로 각각 태아 소뇌(cerebellum: Cbll) 횡직경의 기초자료를 획득하였다.

2. 실험방법

임신 20~37주 사이의 산모를 대상으로 GE사의 장비 Voluson E8 3D 탐촉자를 이용하여 태아 소뇌횡직경길이(transverse cerebellar diameter: TCD)를 측정하였다. 길이의 측정은 Multi-planar view A plane에서 free frame, caliper를 사용하였다[Fig. 2].

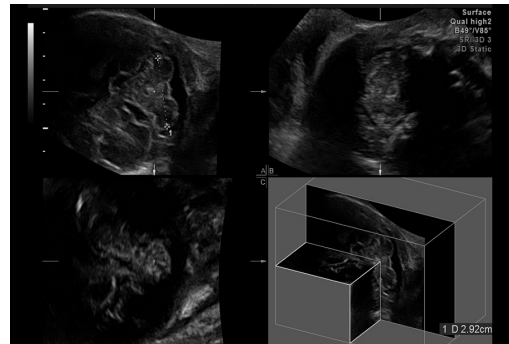


Fig. 2. Measurement of TCD

각 산모 당 1회의 초음파를 시행하였으며, 임신주수는 임신초기의 머리영덩이 길이(CRL)로부터 산정하였다. 각 임신주수별로 태아 BPD, AC, FL을 측정하였고, 이것에 따른 임신주수를 예측하여 태아성장률을 평가하였다. 소뇌의 측정은 각 산모마다 태아의 소뇌 횡단면 영상을 기준으로 소뇌횡직경을 시상, 투명중격강(CSP)과 제 3뇌실의 경계를 확인한 후 시상 평면아래에서 3차원 탐촉자를 이용해 회전시켜 영상을 얻는다. 후두개외에서 소뇌의 특징적인 영상으로 중앙선의 양측에 있는 두 개의 배엽, 즉 나비모양(butterfly-like appearance)이 나타나면 Multi-planar view의 A plane에서 Caliper로 소뇌의 양쪽 외단을 측정하였다.

IV. 결과

1. 태령 측정

임신주수 예측지표로서 태아의 임신주수에 따른 양쪽마루뼈직경(BPD), 배둘레(AC), 넓다리뼈길이(FL)를 측정하여 평균치를 구하였으며 식 (1), (2), (3)에서 각 신체 측정치의 회귀방정식과 결정계수(R²)를 나타내었다[Fig. 3-5].

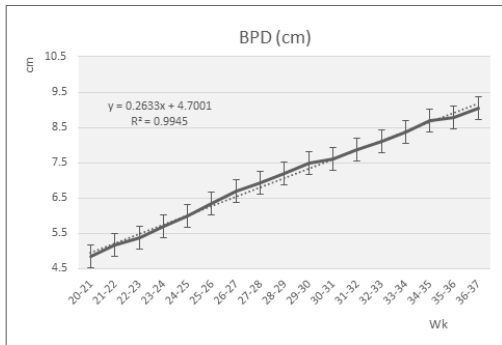


Fig. 3. Regression equation of BPD

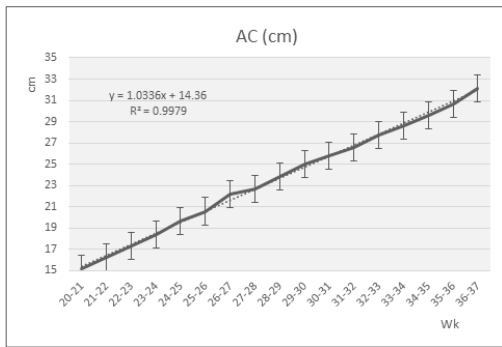


Fig. 4. Regression equation of AC

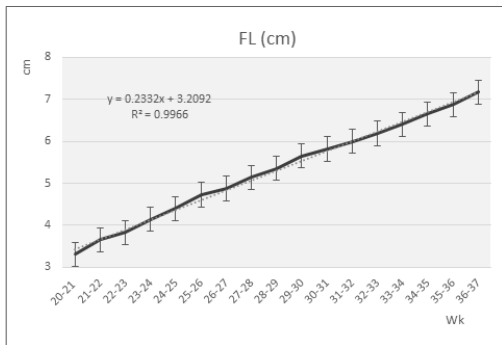


Fig. 5. Regression equation of FL

$$\text{BPD} : y = 0.2633x + 4.7001 \quad (R^2 = 0.9945) \quad (1)$$

$$\text{AC} : y = 1.0336x + 14.36 \quad (R^2 = 0.9979) \quad (2)$$

$$\text{FL} : y = 0.2332x + 3.2092 \quad (R^2 = 0.9966) \quad (3)$$

y : 양쪽마루뼈직경, 배둘레, 넓다리뼈길이

x : 임신주수

2. 소뇌횡직경 측정

임신초기에 머리 영덩이 길이를 기준으로 임신주수를 예측하고, 소뇌의 양쪽 외단을 측정할 결과 BPD, AC, FL을 이용한 태령기준표와 임신20~37주 사이의 산모를 대상으로 임신주수별로 20명씩 소뇌횡직경을 측정할 결과 모두 유의한 상관관계를 나타내었다. 임신주수별로 소뇌횡직경(transverse diameter of Cbll)의 평균치와 표준편차를 구하였다[Table 1].

Table 1. Result of measurement Cbll

Gestation week	Average value of Cbll (cm)	S.D
20~21	2.01	0.08
21~22	2.18	0.10
22~23	2.32	0.11
23~24	2.51	0.06
24~25	2.60	0.05
25~26	2.70	0.09
26~27	2.83	0.08
27~28	2.97	0.09
28~29	3.15	0.16
29~30	3.23	0.10
30~31	3.33	0.97
31~32	3.51	0.09
32~33	3.65	0.09
33~34	3.73	0.10
34~35	3.84	0.06
35~36	3.90	0.07
36~37	4.21	0.14

3. 소뇌횡직경의 선형회귀방정식

임신주수에 따른 태아 소뇌횡직경을 식(4)에서 다음과 같은 회귀 방정식과 결정계수(R²)를 그래프로 나타내었다[Fig. 6].

임신주수에 따른 기존의 태령 측정방법과 소뇌횡직경의 측정방법이 통계적으로 유의(p<0.001) 하였다. 이것으로 태아 소뇌횡직경에 따른 임신주수의 예측을 할 수 있었고, 3차원초음파를 이용한 소뇌횡직경 측정 또한 태령을 예측함에 있어 유용하다는 것을 알 수 있었다. 또한 기존의 태령측정방법을 이용한 태아의 체중에

측치와의 비교분석결과 태아의 체중이 임신 2분기에 비해 임신 3분기에 성장속도가 커졌으며, 태아의 소뇌 횡직경 측정치 또한 3분기에 커진다는 것을 볼 때 일치한다고 볼 수 있다.

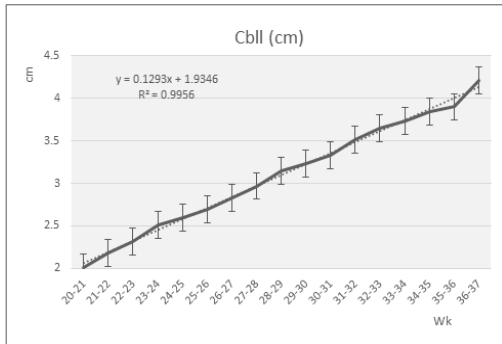


Fig. 6. Regression equation of Cbll

$$y = 0.1293x + 1.9346 \quad (R^2 = 0.9956) \quad (4)$$

y : 소뇌횡직경

x : 임신주수

V. 고찰 및 결론

현재 임상에서 이용되는 태령 측정방법에는 BPD, AC, FL을 주로 이용하고 있으며 3개의 데이터를 이용해 태아의 체중을 예측하여 성장과정 및 임신주수를 평가하고 있다[11]. 이 방법들은 정상적인 성장을 나타내는 태아의 경우에는 평가함에 있어서 문제가 되지 않으나, 자궁내성장지연(Intrauterine growth retardation: IUGR)이나 기타 문제로 인해 장애가 있을 때에는 정확한 임신주수를 예측할 수 없다. 그리고 임상에서는 산전관리를 1회도 받지 않은 산모의 태령 예측에도 소뇌 횡직경을 더 신뢰하고 측정함으로써 임신주수를 예측하고 있다. 또한 태아머리의 모양에 관계없이 장두(dolichocephaly) 또는 단두(brachycephaly)의 경우에서 태령을 측정하는 정확한 방법이 되고, 태아성장과 발달에 관해 보다 중요한 지표가 된다[5].

본 연구에서는 2014년 4월~10월까지 부산에 소재한 I병원 산부인과에 내원하여 산전관리를 받는 임신20~37주 사이의 정상산모를 대상으로 3차원초음파를 시행한 후 340명의 태아 소뇌횡직경의 기초자료를 얻었으

며, 다음과 같은 결과를 얻었다. 첫째는 임신 20~37주 까지 임신 주수별 태아 소뇌횡직경의 평균치와, 표준편차를 규명할 수 있었다. 둘째는 임신 20~37주까지 태아 소뇌횡직경의 성장률은 임신 말기로 갈수록 점차 증가함을 알 수 있었다. 셋째는 임신주수에 따라 증가하는 소뇌횡직경은 성장장애를 가진 태아의 임신주수 예측도 가능하다. 넷째는 태아의 머리모양에 관계없이 정확한 태령측정이 가능하다. 또한 임신주수에 따른 기존의 태령측정방법과 3차원초음파를 이용한 소뇌횡직경 측정은 유의수준 0.001수준에서 통계적으로 유의하였으며, 이것으로 3차원초음파를 이용한 소뇌횡직경 측정값 또한 태령을 예측함에 있어서 유용하다는 것을 알 수 있었다.

본 연구결과에서 임신 20~37주까지 임신주수별 태아 소뇌횡직경의 평균치 결과값을 도출하였으며 정상 태아뿐만 아니라 성장장애 태아의 경우에도 임신 주수별로 소뇌횡직경이 증가하는 양상을 보이므로 임신 주수예측방법으로 매우 유용하다. 또한 기존의 태아체중을 예측하는 방법들은 양수과소, 좋지 못한 태아의 위치, 산모의 복부비대 등으로 인해 정확히 측정할 수 없다는 단점이 있어 이를 보완할 방법이나 다른 지표가 필요한 실정이다[12]. 태아 소뇌횡직경의 성장률은 임신말기에 가까울수록 점차 증가함을 알 수 있었으며, 태아 체중이 임신 말기에 가까울수록 급속히 증가하는 결과를 나타내고 있다.

임신주수별 태아 소뇌횡직경의 측정치는 임신주수와 비교해볼 때 기존의 연구에서는 임신 15~32주까지는 거의 같았으며, 33~35주 사이에는 2~6mm정도의 차이를 보였고 이러한 차이는 임신 후반기에는 소뇌횡직경의 측정이 어려웠다고 보고하고 있다[5][6]. 하지만 3차원초음파를 이용한 태아 소뇌횡직경의 측정은 한번의 부피측정으로 여러 단면을 획득할 수 있어 2차원 초음파에 비해 정확한 소뇌횡직경의 측정이 가능하므로 이런 단점을 보완할 수 있었다.

대부분 임상에서 태아 신체부위의 성장을 평가 할 때는 초음파 장비에 구비되어 있는 미국이나, 영국에서 설정된 즉 서양인의 표준치 데이터를 이용하고 있다. 그러나 이러한 태아 신체측정치는 인종적인 차이가 존

제하기 때문에 각 나라, 각 인종의 표준데이터를 이용하는 것이 태아의 성장평가와 태아기형의 선별검사의 정확성을 높일 수 있다. 실제로 소뇌횡직경의 데이터로 미국의 자료를 이용하고 있으며, 우리나라의 태아와는 차이를 보이므로, 한국인 태아의 표준치를 확립하는 것이 매우 중요하다. 따라서 향후 본 연구를 기초자료로 하여 지속적인 관련 태령측정 연구가 시행된다면 3차원초음파를 이용한 소뇌횡직경의 측정은 정확한 임신주수예측에 유용하게 적용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 권지영, 신소영, 김미정, 이영, 김사진, 신종철, 박인양, “한국인 태아의 임신중기에 임신 주수별 신체 각 부위의 표준치에 관한 연구”, 대한산부인과 초음파학회지, 제14권, 제2호, pp.103-109, 2012.

[2] 박종수, 김성래, 남윤수, “3차원 의료기기용 초음파진단기 프로브 개발”, 산업기술연구학회지, 제25권, 제1호, pp.87-93, 2005.

[3] 고지경, 원혜성, “3D 초음파 검사의 최신 산과적 적용”, 대한산부인과 초음파학회지, 제12권, 제10호, pp.4-11, 2010.

[4] 권혜영, 3D 초음파를 이용한 정둔장 측정에 관한 연구, 한서대학교 건강증진대학원, 석사학위논문, 2009,

[5] 임옥경, 초음파 검사에 의한 태아의 임신 주수별 소뇌횡직경 측정에 관한 연구, 이화여자대학교 대학원, 석사학위논문, 1994.

[6] P. Goil, M Singla, and R. Ghai, “Transverse cerebellar diameter-A marker for estimation of gestational age,” Journal of Anatomical Society of India, Vol.59, No.2, pp.158-161, 2010.

[7] 권의철, “진단용 3차원 초음파 영상 장치 및 임상적 유용성”, 정보과학회지, 제23권, 제10호, 2005.

[8] MD. Herbene Jose, MD. Edward Araugo Junior, “Reliability and Validity of In Vitro Volume Calculations by 3-Dimensional Ultrasonography

Using the Multiplanar, VOCAL and Extended Imaging VOCAL Methods,” The american institute of ultrasound in medicine, Vol.29, No.5, pp.767-774, 2010.

[9] 이원택, 박경아, 의학신경해부학, 고려의학, 2008.

[10] Peter M. Doubilet and Carol B. Benson, *Atlas of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, Lippincott Williams & Wilkins, pp.3-28, 2005.

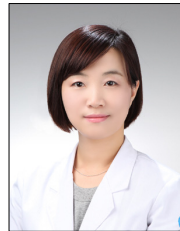
[11] Peter W. callen, *Ultrasonography in Obstetrics and Gynecology*, 5th Edition, Saunders company, 2008.

[12] 박찬호, 김수영, 황태영, 제구화, “복부초음파로 측정된 태아간 길이에 의한 태아체중의 예측”, 대한산부인과 학회지, 제14권, 제5호, pp.1074-1075, 1999.

저 자 소 개

양 성 희(Sung-Hee Yang)

정희원



- 2011년 2월 : 부산가톨릭대학교 대학원 방사선학과(이학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 대학원 방사선학과 박사과정
- 2000년 6월 ~ 현재 : 일신기독병원 산부인과

<관심분야> : 초음파 진료영상, 3차원초음파

이 진 수(Jin-Soo Lee)

정희원



- 2011년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학석사)
- 2014년 2월 : 부산가톨릭대학교 방사선학과(이학박사)
- 1998년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 해운대백병원 영상학과 과장

<관심분야> : 초음파영상학, 영상평가, CAD

김 정 훈(Jung-Hoon Kim)

정회원



- 2003년 2월 : 경희대학교 원자력 공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 경희대학교 원자력 공학과(공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 부교수

<관심분야> : 방사선량 평가, 문항개발 및 분석

김 창 수(Changsoo Kim)

정회원



- 2003년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 부교수

<관심분야> : 영상 평가, U-Healthcare, Computer Aided Detection(CAD)