

우리나라 신생아의 재태 연령에 따른 출생체중의 정상치 : Finite Mixture Model을 이용하여

울산대학교 의과대학 강릉아산병원 소아과, 시카고대학병원 소아과*

이정주 · 박창기* · 이광선*

Birth Weight Distribution by Gestational Age in Korean Population : Using Finite Mixture Model

Jung-Ju Lee, M.D., Chang Gi Park, Ph.D. and Kwang-Sun Lee, M.D.

*Department of Pediatrics, University of Ulsan College of Medicine,
Gangneung Asan Hospital, Gangneung, Korea,*

Section of Neonatology, Department of Pediatrics, University of Chicago, USA

Purpose : A universal standard of the birth weight for gestational age cannot be made since birth weight distribution varies with race and other sociodemographic factors. This report aims to establish the birth weight distribution curve by gestational age, specific for Korean live births.

Methods : We used the national birth certificate data of all live births in Korea from January 2001 to December 2003; for live births with gestational ages 24 weeks to 44 weeks (n=1,509,763), we obtained mean birth weight, standard deviation and 10th, 25th, 50th, 75th and 90th percentile values for each gestational age group by one week increment. Then, we investigated the birth weight distribution of each gestational age group by the normal Gaussian model. To establish final standard values of Korean birth weight distribution by gestational age, we used the finite mixture model to eliminate erroneous birth weights for respective gestational ages.

Results : For gestational ages 28 weeks to 32 weeks, birth weight distribution showed a biologically implausible skewed tail or bimodal distribution. Following correction of the erroneous distribution by using the finite mixture model, the constructed curve of birth weight distribution was compared to those of other studies. The Korean birth weight percentile values were generally lower than those for Norwegians and North Americans, particularly after 37 weeks of gestation. The Korean curve was similar to that of Lubchenco both 50th and 90th percentiles, but generally the Korean curve had higher 10th percentile values.

Conclusion : This birth weight distribution curve by gestational age is based on the most recent and the national population data compared to previous studies in Korea. We hope that for Korean infants, this curve will help clinicians in defining and managing the large for gestational age infants and also for infants with intrauterine growth retardation. (*Korean J Pediatr* 2005;48:1179-1186)

Key Words : Birth weight, Gestational age, Finite mixture model

서 론

재태 연령에 따른 신생아의 출생체중에 대한 정상치를 아는 것은 고위험 신생아인 자궁내 발육부진과 과출생 체중아를 조기에

진단하여 이들의 유병률과 사망률을 줄일 수 있으며, 의료정책 입안자들이 이들에 대한 적절한 의뢰서비스의 개발과 건강관리 프로그램을 개발하고 시행하는데 도움을 줄 수 있다.

이로 인해 1960년대부터 많은 연구자들은 재태 연령에 따른 신생아의 출생체중을 평가하기 위한 정확한 통계를 얻기 위하여 노력해 왔지만 신생아의 출생체중은 성, 인종 같은 유전적 인자와 임신부의 분만횟수, 연령, 영양상태, 질병 및 사회경제적 상태등과 같은 환경 인자에 영향을 받기 때문에 하나의 완벽한 기준을 만들기는 어렵고 각각의 인종이나 국가에 맞는 기준이 필

접수 : 2005년 6월 1일, 승인 : 2005년 8월 9일
책임저자 : 이정주, 울산의대 강릉아산병원 소아과
Correspondence : Jung-Ju Lee, M.D.
Tel : 033)610-3168 Fax : 033)610-8148
E-mail : neoljj@gnah.co.kr

요하다^{1,2)}. 우리나라에서는 제태 연령에 따른 출생체중의 정상치의 기준을 Lubchenco 등³⁾이 1963년에 발표한 제태 연령에 따른 출생체중 곡선을 가장 많이 사용하고 있으나 이는 백인과 고산지대 거주민을 대상으로 하고 있고, 또한 40년이나 지난 기준이므로 그대로 우리나라에 적용하기에는 문제가 있다. 이러한 문제는 우리나라 뿐 아니라 세계 여러 나라에서도 끊임없이 제기되었고 자국의 현실에 맞는 기준을 선정하려는 연구가 활발히 진행되고 있다⁴⁻¹⁰⁾.

우리나라에서도 많은 연구자들이 제태 연령에 의한 출생체중의 정상치(이하 출생체중의 정상치)를 만들고자 노력하였으나 이는 대부분 종합병원의 통계자료를 이용¹¹⁻²²⁾하였기 때문에 우리나라의 기준으로 설정하는 데는 문제점이 있다. 이러한 이유로 최근 통계청의 인구동태 자료를 이용한 연구가 이루어지고 있다²³⁻²⁵⁾. 인구동태 자료는 한 나라의 전체 자료이기 때문에 출생체중의 정상치를 연구하기 위해서는 이상적인 자료라 할 수 있으나 대규모의 자료를 모으는데 있어서 기록의 오류를 가지고 있을 가능성이 높기 때문에 그 정확성에 의문을 가질 수 있다. 특히 출생체중의 정상치를 구하는데 제태 연령의 오류가 가장 큰 문제가 되는데 이는 마지막 월경 첫날을 산모가 잘 기억하지 못하거나, 월경이 불규칙하여 그 날짜를 정확히 모르거나, 고의로 임신 주수를 잘못 보고하기 때문이며 이로 인해 ±4주에서 ±7주 정도까지 오차가 생길 수 있다^{4, 9, 26-28)}.

이러한 오류를 극복하기 위해 많은 방법들이 제안되었으나^{4-6, 9, 10, 26, 27, 30-33)} 대부분 단순히 산술적으로 오류를 제거하거나 주관적으로 오류를 제거하는 단점을 가지고 있어서 오류의 원인을 제대로 반영하지 못하고 있다³⁴⁾.

그러므로 오류의 특성을 밝히고 제거하기 위해 Kramer 등⁶⁾은 유한 혼합 모델(Finite mixture model)을 이용하는 것을 제안하였는데 유한 혼합 모델은 제태 연령별 출생체중의 분포를 그려보고 이중 정상적인 정규분포를 따르는 값과 오차의 분포를 따르는 값을 추정하여 분석하는 방법이다^{35, 36)}.

본 저자들은 유한 혼합 모델을 이용하여 인구동태 자료를 분석하여 우리나라 신생아의 정확한 출생체중의 정상치를 구하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

본 연구는 우리나라 통계청 인구동태 자료 중 출생 기록의 원시자료(raw data)를 이용하였다. 원시자료 중 2000년 이전의 자료는 출생체중이 100 g 단위로 기록되어 그 정확성이 떨어지기 때문에 출생체중 입력이 10 g 단위로 바뀐 2001년도부터 2003년도까지 3년간을 그 대상으로 하였다. 이 기간 동안 출생하였던 신생아는 2001년에 561,443명, 2002년에 497,461명, 2003년에 493,471명으로 모두 1,552,375명이었다. 이 중 제태 연령이나 출생체중이 미상인 12,736명(0.8%)을 제외한 제태 연령 24주에서 44주 사이의 1,509,763명을 대상으로 제태 연령에 따

른 평균값과 표준편차, 그리고 10, 25, 50, 75, 90 백분위수를 구하였다.

또한 통계오류의 분석을 위하여 각 제태 연령별 분포곡선이 정규분포를 따르는지 확인하기 위하여 Kernel density estimation method를 적용하였다. 이중 정규분포를 따르지 않고 한쪽으로 치우치거나 쌍봉형을 나타내는 제태 연령 군에 한해서 유한 혼합 모델로 분석하고 오류의 값을 제거 후 다시 평균과 표준편차, 그리고 10, 25, 50, 75, 90 백분위수를 구하였고 이에 따른 제태 연령에 따른 출생체중곡선(이하 출생체중곡선)을 그렸다. 통계는 분석과 유한 혼합 모델 추정을 위해서 STATA 8.0E³⁷⁾를 이용하였다.

결 과

대상 신생아 1,509,763명의 원시자료의 제태 연령에 따른 신생아 수와 평균값과 표준편차 그리고 10, 25, 50, 75, 90 백분위수의 값을 구하면 일반적으로 낮은 제태 연령에서 표준편차가 큰 경향이 있으며 특히 제태 연령 28주에서 30주에서 10 백분위수의 값이 과도하게 낮거나 90 백분위수의 값이 과도하게 높은 결과를 나타낸다(Table 1).

이렇게 오류를 수정하지 않은 원시자료를 이용하여 출생체중곡선을 그리면 낮은 제태 연령에서 10 백분위수와 90 백분위수 사이에 출생체중곡선의 분포가 넓게 분포되어 있음을 볼 수 있

Table 1. Birth Weight Distribution by Gestational Age(Raw Data)

Gestational age (weeks)	Number	Mean (g)	Standard deviation	Percentile				
				10th	25th	50th	75th	90th
24	47	948	563	226	568	948	1328	1670
25	116	891	396	383	624	891	1159	1399
26	258	1029	449	453	726	1029	1333	1605
27	478	1172	453	591	866	1172	1477	1752
28	1,073	1782	948	567	1142	1782	2421	2996
29	1,091	1721	806	688	1177	1721	2265	2754
30	4,521	2714	871	1598	2126	2714	3301	3830
31	1,715	1793	555	1081	1418	1793	2167	2504
32	2,776	2007	557	1294	1632	2007	2383	2721
33	3,467	2116	460	1526	1805	2116	2426	2706
34	6,184	2341	464	1747	2029	2341	2654	2936
35	10,138	2544	432	1990	2253	2544	2836	3098
36	24,199	2800	451	2222	2496	2800	3104	3378
37	72,536	3037	423	2495	2752	3037	3323	3579
38	266,354	3206	387	2709	2945	3206	3467	3702
39	354,459	3287	380	2799	3030	3287	3543	3774
40	604,985	3364	393	2861	3099	3364	3629	3868
41	136,564	3460	386	2964	3199	3460	3720	3955
42	16,764	3463	408	2940	3188	3463	3739	3986
43	1,577	3390	420	2852	3107	3390	3674	3929
44	462	3378	391	2878	3115	3378	3641	3879

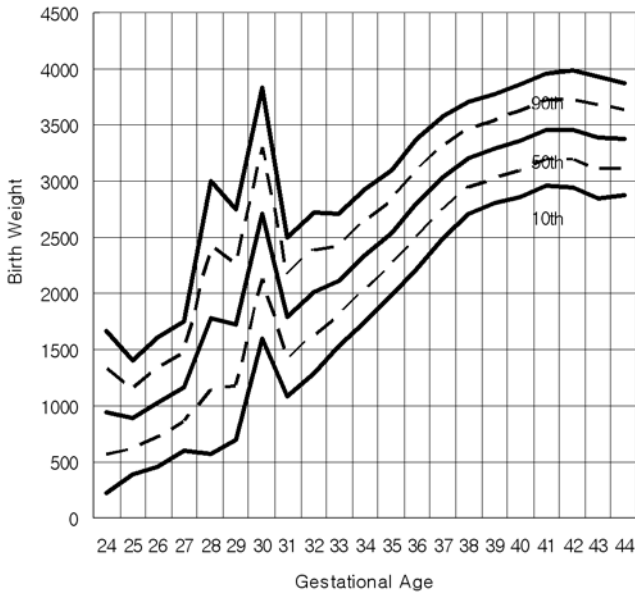


Fig. 1. Percentile curves of birth weight distribution by gestational age based on the raw data.

으며 또한 27주에서 32주 사이에 심한 혹(bump)이 나타나는 것을 알 수 있다(Fig. 1). 이는 통계청의 출생기록의 재태 연령이나 출생체중에 오류가 있음을 시사하며 이는 다른 선행 연구자들도 언급한 바이다^{7, 23)}.

이에 대하여 오류의 원인을 알아보기로 재태 연령별 출생체중의 분포를 Kernel density estimation method를 이용하여 얻었을 때 24주에서 27주까지는 우측으로 긴 꼬리를 가지는 치우친 곡선을 보였고 28주에서 32주까지는 쌍봉형의 곡선을 보였으며 그 이후에는 거의 정규분포에 따르는 곡선을 보였다(Fig. 2).

오류를 교정하기 위해서 저자들은 각 재태 연령별 출생체중 분포가 한쪽으로 심하게 치우치거나 쌍봉형을 나타내는 재태 연령 33주 미만에서 유한 혼합 모델을 이용하여 그 특성을 분석한 후 오류부분을 수정하였다.

그 후 다시 재태 연령 오류가 수정된 출생체중의 평균값과 표준편차, 그리고 10, 25, 50, 75, 90 백분위수를 구하고 이에 따른 출생체중곡선을 완성하였다(Table 2, Fig. 3).

완성된 출생체중곡선은 원시자료를 이용한 그래프에서 보이던 혹이 없어진 것을 볼 수 있다. 이렇게 완성된 재태 연령에 따른

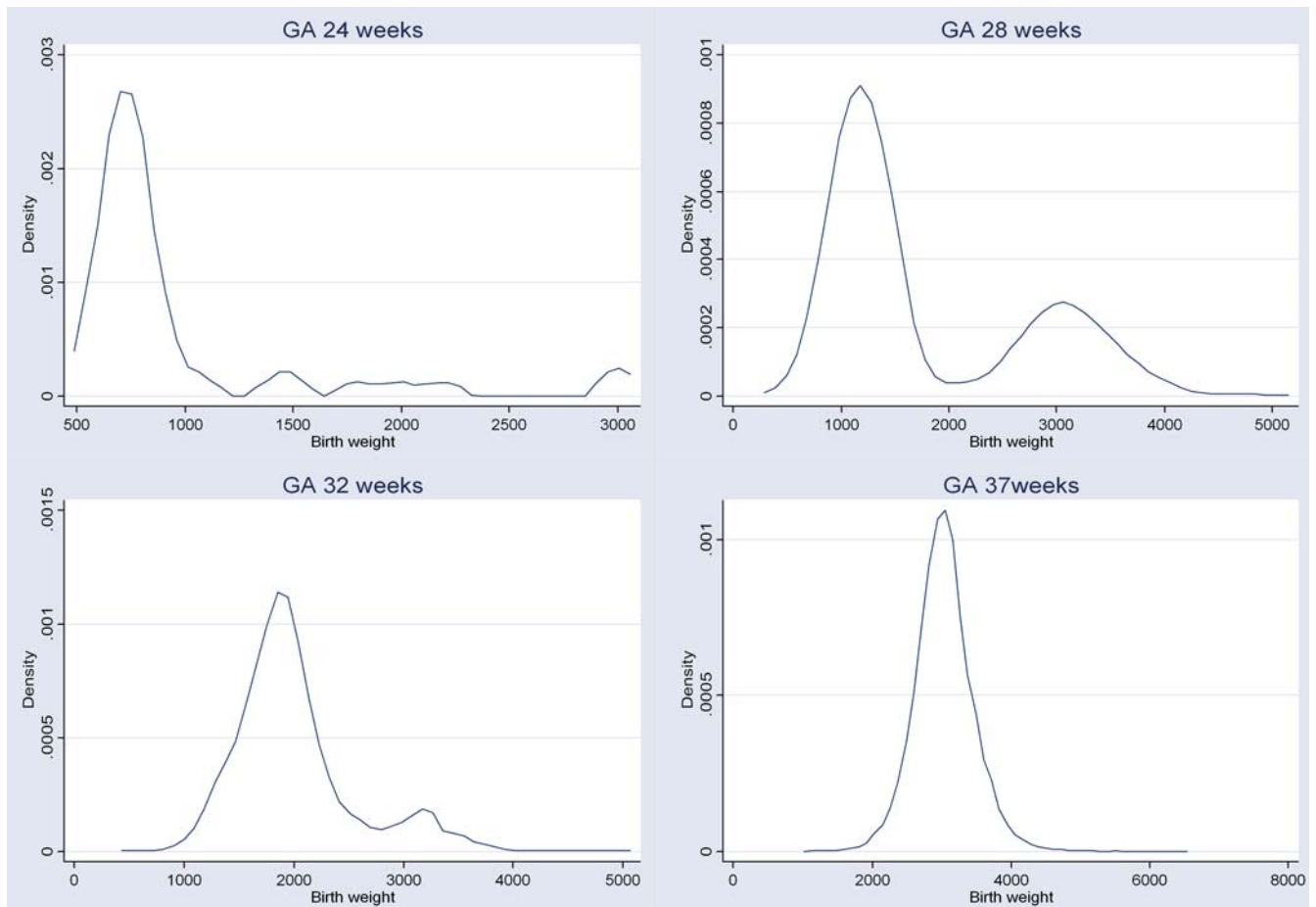


Fig. 2. Birth weight distribution at respective gestational age.

Table 2. Birth Weight Distribution by Gestational Age(Trimmed Data)

Gestational age(weeks)	Mean (g)	Standard deviation	Percentile				
			10th	25th	50th	75th	90th
24	731	101	601	662	731	799	860
25	824	122	667	742	824	906	981
26	930	150	737	828	930	1031	1122
27	1069	167	856	957	1069	1182	1283
28	1171	194	922	1040	1171	1302	1420
29	1319	233	1020	1161	1319	1476	1618
30	1469	268	1125	1288	1469	1650	1813
31	1643	302	1256	1439	1643	1847	2031
32	1827	320	1417	1611	1827	2043	2238
33	2116	460	1526	1805	2116	2426	2706
34	2341	464	1747	2029	2341	2654	2936
35	2544	432	1990	2253	2544	2836	3098
36	2800	451	2222	2496	2800	3104	3378
37	3037	423	2495	2752	3037	3323	3579
38	3206	387	2709	2945	3206	3467	3702
39	3287	380	2799	3030	3287	3543	3774
40	3364	393	2861	3099	3364	3629	3868
41	3460	386	2964	3199	3460	3720	3955
42	3463	408	2940	3188	3463	3739	3986
43	3390	420	2852	3107	3390	3674	3929
44	3378	391	2878	3115	3378	3641	3879

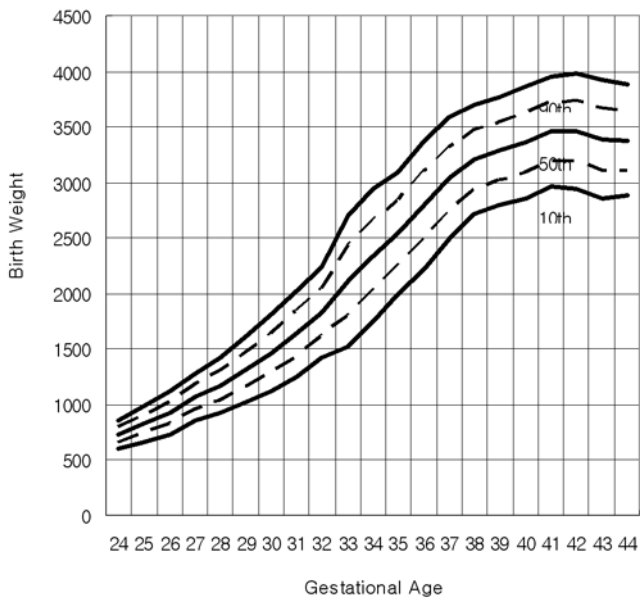


Fig. 3. Percentile curves of birth weight distribution by gestational age after correction.

출생체중의 기준을 선행 연구결과와 비교하여 보았다.

본 연구 결과와 우리나라에서 가장 많이 사용되는 Lubchenco 등³⁾의 기준 및 미국⁴⁾, 캐나다⁶⁾, 노르웨이⁸⁾의 인구동태 자료를 이용한 연구들과 비교해 보면, 10, 50, 90 백분위수에서 Lubchenco 등의 기준은 본 연구에 비해 전반적으로 낮았으나,

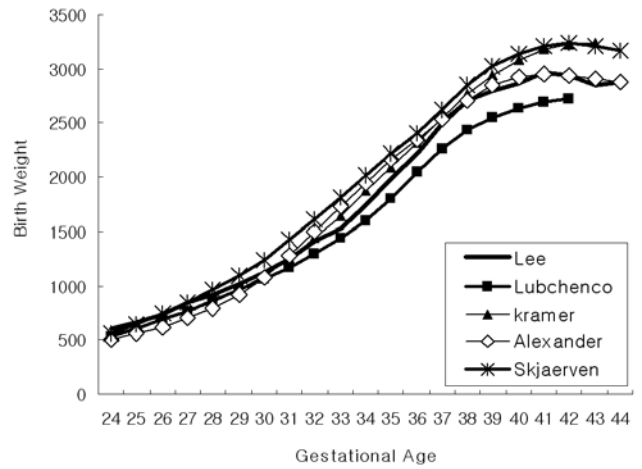


Fig. 4. Comparison of the 10th percentile curve among different countries.

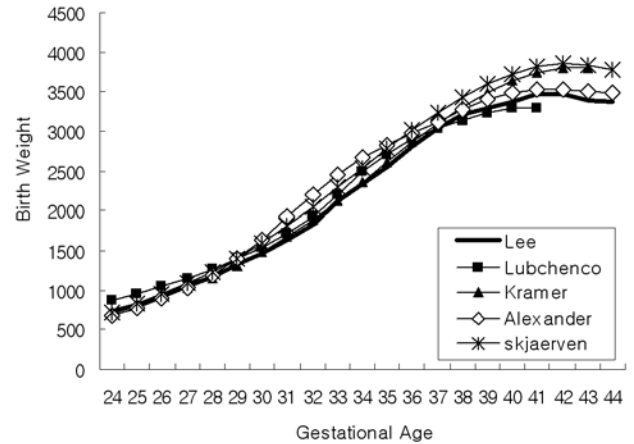


Fig. 5. Comparison of the 50th percentile curve among different countries.

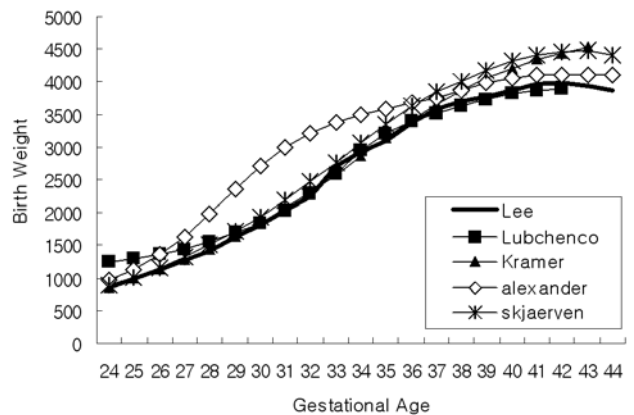


Fig. 6. Comparison of the 90th percentile curve among different countries.

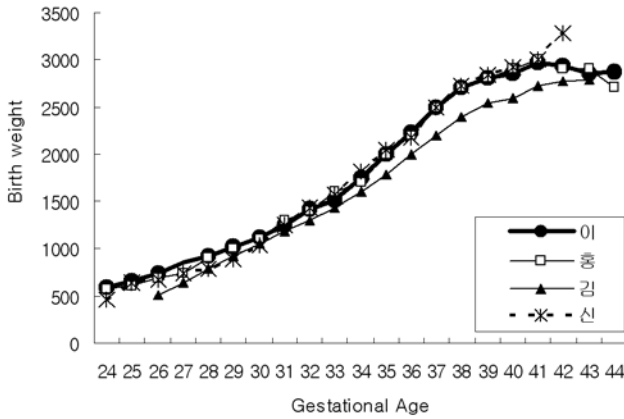


Fig. 7. Comparison of the 10th percentile curve among different studies on Korean population.

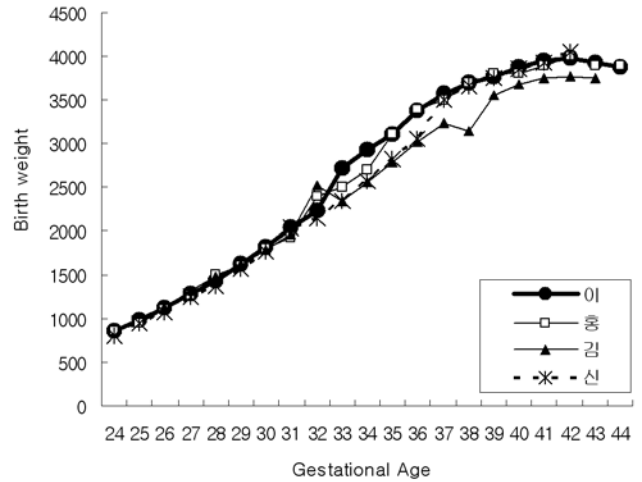


Fig. 9. Comparison of the 90th percentile curve among different studies on Korean population.

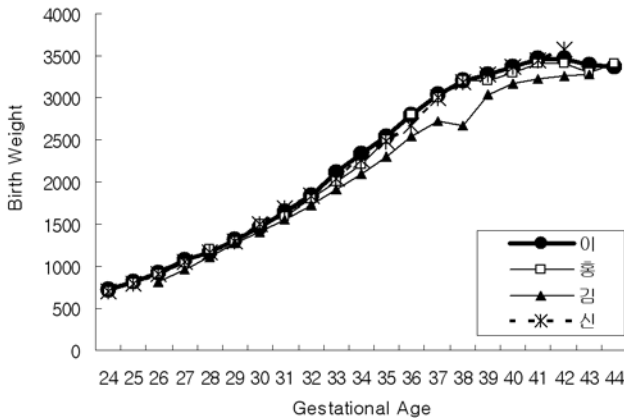


Fig. 8. Comparison of the 50th percentile curve among different studies on Korean population.

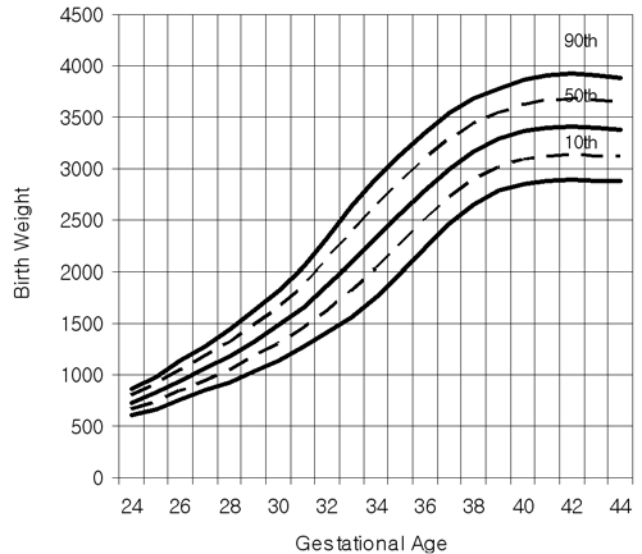


Fig. 10. Percentile curves of birth weight distribution by gestational age after smoothing.

그 외 미국, 캐나다, 노르웨이의 기준은 전반적으로 높은 것으로 나타났다(Fig. 4-6). 또한, 우리나라의 선행연구의 기준과 비교해 보면, 본 연구의 기준이 전반적으로 단일 병원을 기준으로 한 Kim 등²⁰⁾의 연구 결과보다는 높았고, 2000년에 우리나라 75개 병원의 출생 자료를 이용한 Shin 등¹¹⁾의 연구결과와 1999년 인구동태조사를 이용한 Hong²³⁾의 연구결과와는 비슷하였다(Fig. 7-9).

본 연구에서 완성된 출생체중곡선을 임상적으로 쉽게 사용하기 위해 STATA 통계프로그램을 이용하여 smoothing 하였다(Fig. 10).

고 찰

본 연구의 원시자료를 이용한 재태 연령별 출생체중 분포를 보면 33주 미만에서 정규분포를 따르지 않는 것을 볼 수 있다. 이중 24주에서 27주까지는 오른쪽으로 긴 꼬리를 남기며 몇 개

의 작은 봉우리를 보이는 양상을 보이는데 이는 마지막 월경일을 부정확하게 기록함으로 생기는 오류로 보인다. 또 28주에서 32주까지 쌍봉형 곡선을 보이는데 이중 오류에 의해 생기는 곡선의 정점이 만삭아의 체중인 3.0-3.5 kg 사이에서 형성되며 이는 부정확한 마지막 월경일 뿐 아니라 다른 원인에 의해서도 만삭아가 미숙아군으로 포함되었을 가능성을 시사한다.

이러한 양상은 유럽이나 북미의 여러 나라의 인구 동태 자료에서도 나타나므로 이들 나라에서도 최근 출생체중의 정상치를 구하는데 유한 혼합 모델을 이용하고 있다^{6, 8, 9)}. 특히 우리나라의 경우 유럽이나 북미의 국가들과 달리 신생아의 출생신고를 태어난 병원에서 하지 않고 보호자가 직접 하기 때문에 이들 나

라에 비해 인구동태 자료의 오류가 많은 가능성이 있다. 그러므로 우리나라의 경우 인구동태 자료의 출생 자료를 이용 시 유한 혼합 모델을 이용하여 오류를 찾아 낸 후 분석하는 것이 반드시 필요할 것이다.

본 연구의 결과와 현재 우리나라에서 많이 쓰이고 있는 Lubchenco 등³⁾의 기준을 비교하여 보면 본 연구에 비해서 50 백분위수와 90 백분위수의 기준치는 약간 낮지만 10 백분위수에서 심하게 차이가 나는 것을 볼 수 있다. Lubchenco 등³⁾의 기준에 본 연구 대상의 신생아를 적용하여 보면 전체 신생아의 2.3%만이 자궁내 발육부전으로 진단되었다. 만약 Lubchenco 등³⁾의 기준을 그대로 우리나라의 신생아에 이용한다면 자궁내 발육부전이 과소평가 될 수 있으므로 이 기준은 더 이상 우리나라 신생아 출생체중의 기준으로 사용할 수 없다.

캐나다, 노르웨이의 기준^{6, 8)}은 본 연구에 비해서 출생체중의 정상치가 전반적으로 높았고 특히 37주부터는 그 차이가 더욱 커지는 것을 볼 수 있다. 이는 캐나다와 노르웨이의 경우 대부분 백인이 대상이고 백인이 아시아에 비해 출생체중이 무겁다는 선행연구 결과^{38, 39)}와 일치한다.

본 연구와 우리나라의 선행연구를 비교하였을 때 단일 병원을 기준으로 한 Kim 등²⁰⁾의 결과에 비해 전반적으로 높은 출생체중을 보이는데 이는 병원의 특성 때문이거나 혹은 이 기준이 20년 이상된 기준임으로 인해 생긴 결과라 생각된다.

또한 우리나라 75개 병원의 출생 자료를 이용한 Shin 등¹¹⁾의 결과나 1999년의 통계청 출생 자료를 이용한 Hong²³⁾의 결과와는 비슷하였다. 하지만 Shin 등¹¹⁾의 연구에서는 연구대상 중 70% 이상이 종합병원 이상의 자료이며 2000년도에 출생한 전체 출생아의 17%만을 대상으로 하였고 임의적으로 오류의 가능성을 제거하였기 때문에 우리나라의 재태 연령에 의한 출생체중의 기준치로 정하기에는 무리가 있다. 또한 Hong²³⁾의 연구는 1999년의 우리나라 전체 출생아를 대상으로 하였으나 오류를 제거하기 위해 사용한 통계적 방법의 선택이 객관적인 방법이 아니고 임의적으로 출생체중곡선에 나타난 혹을 제거하는데 그 기준을 삼았기 때문에 오류에 대한 충분한 분석이 되지 않았다.

위의 우리나라의 선행연구에서도 모두 자료의 오류에 대한 언급이 있었으나 그 오류를 제거하는 방법에서 대부분 연구자들의 주관적인 판단에 의존하였다. 이렇게 주관적인 판단에 의해 오류를 제거하면 향후 다른 연구자들이 그 연구 결과를 다시 검토하려 하여도 객관성이 부족하기 때문에 같은 기준으로 비교할 수 없다. 본 연구는 오류의 제거를 객관화 시켜 향후 출생체중에 대한 연구를 할 때 같은 방법을 사용할 수 있도록 하였다.

우리나라 인구동태 자료 중 출생 자료를 이용하는데 있어서 또 하나의 문제는 출생신고 이전에 사망하는 경우 출생신고에서 누락될 수 있다는 것이다⁴⁰⁾. 이렇게 누락된 신생아 사망은 저출생 체중이나 조기산아와 관련성이 높아 그 비율이 상대적으로 과소평가 될 수 있으며, 이로 인해 많은 연구자들은 인구동태 자료의 출생 자료를 신뢰하지 않는 경향이 있다. 하지만 본 연

구는 3년간 인구동태 자료에 기록된 모든 출생 자료를 이용하였기 때문에 각 재태 연령별 신생아 수가 출생체중의 정상치를 구하는데 크게 문제가 없을 것으로 생각된다.

신생아의 출생체중에 영향을 미치는 인자로는 인종, 성별, 산모의 신체적 특성 등의 유전적 인자와 태수, 산모의 연령, 출생 순위, 출산 혹은 임신간격, 사회경제적 수준 및 산전관리 등 환경적 요인들이 있다. 본 연구에서는 단태아만을 기준으로 하였고 성별이나 출생 순위, 사회 경제적 수준 등의 인자를 구별하지 않았으므로 향후 이러한 인자들을 포함한 출생체중의 기준치를 정하는 연구가 이루어져야 하겠다. 하지만 본 연구의 결과는 현재까지 우리나라의 신생아의 재태 연령에 의한 출생체중의 기준을 정하기 위한 연구 중 가장 최근의 자료를 이용하였고, 3년간 우리나라 전체 신생아를 대상으로 한 연구이며, 오류를 객관적인 기준에 의해 제거하였기 때문에 본 연구의 기준으로 우리나라의 재태 연령에 의한 출생체중의 기준치로 사용할 뿐 아니라 자궁내 발육부전이나 과출생 체중아의 진단의 기준으로 사용할 수 있으리라 생각된다.

요 약

목적 : 재태 연령에 따른 신생아 출생체중의 정상치를 아는 것은 자궁내 발육부전과 과출생 체중아를 진단하여 의사들은 고위험 신생아를 조기에 진단하고 치료하여 이들의 유병률과 사망률을 줄일 수 있고, 의료정책 입안자들은 이들에 대한 적절한 의료서비스의 개발과 건강관리 프로그램을 개발하고 시행하는데 도움을 줄 수 있다. 이에 저자들은 우리나라의 재태 연령에 따른 출생체중의 기준치를 구하고자 본 연구를 시행하였다.

방법 : 2001년 1월 1일부터 2003년 12월 31일까지 3년간 통계청의 인구동태자료 중 출생 자료에 기록되어 있는 1,552,375명 중 재태 연령이 24주에서 44주 사이의 단태아 1,509,763명을 대상으로 재태 연령에 따른 평균값과 표준편차를 구하고 10, 25, 50, 75, 90 백분위수를 구하였다. 또한 각 재태 연령별 분포곡선이 정규분포를 따르는지 알아보았다. 이중 정규분포를 따르지 않거나 쌍봉형을 나타내는 재태 연령에서 유한 혼합 모델을 이용하여 오류의 값을 제거하고 다시 평균과 표준편차 그리고 10, 25, 50, 75, 90 백분위수를 구하고 이에 따른 곡선을 그렸다.

결과 : 원시자료를 통해 얻은 재태 연령에 따른 출생체중 곡선은 27주에서 32주 사이에 심한 혹이 나타난다. 이에 따라 재태 연령별 출생체중의 분포를 그렸을 때 24주에서 27주까지는 우측으로 긴 꼬리를 가지는 치우친 곡선을 보였고 28주에서 32주까지는 상봉형의 곡선을 보였다. 그리고 그 이후에는 거의 정규 분포를 따르는 곡선을 보였다. 이는 33주 미만에서 재태 연령의 기록에 오류가 있음을 나타내는 것으로 저자들은 유한 혼합 모델을 이용해서 재태 연령별 출생체중 분포를 분석한 후 오류의 부분을 제거 후 재태 연령에 따른 출생체중 곡선을 완성하였다. 이렇게 완성된 출생체중 곡선은 Lubchenco 등의 결과에

비해 10 백분위수에서 높은 값을 보였고 노르웨이나 북미의 연구 결과에 비해서는 전반적으로 낮은 값을 보였다.

결론: 본 연구에서 얻은 제태 연령에 의한 출생체중의 기준치와 곡선은 3년간 우리나라의 출생아 전수를 대상으로 오류를 객관적인 기준에 의해 제거하여 만든 것이다. 그러므로 우리나라를 대표하던 신생아의 제태 연령에 의한 출생체중의 기준 및 자궁내 발육부진이나 과출생 체중아의 진단의 기준으로 사용 할 수 있으리라 생각된다.

References

- Eisner V, Brazie JV, Patt MW, Hexter AC. The risk of low birth weight. *Am J Public Health* 1979;69:887-93.
- Goldenberg RL, Cutter GR, Hoffmann HJ, Foster JM, Melson KG, Hauth JC. Intrauterine growth retardation: Standard for diagnosis. *Am J Obstet Gynecol* 1998;161:271-7.
- Lubchenco LO, Hansman C, Dressler M, Boyd E. Intrauterine growth as estimated from liveborn birth-weight data at 24 to 42 weeks of gestation. *Pediatrics* 1963;32:793-800.
- Alexander GR, Himes JH, Kaufman RB, Mor J, Kogan M. A United States national reference for fetal growth. *Obstet Gynecol* 1996;87:163-8.
- Zhang J, Bowes WA Jr. Birth-weight-for-gestational-age patterns by race, sex, and parity in the United States population. *Obstet Gynecol* 1995;86:200-8.
- Kramer MS, Platt RW, Wen SW, Joseph KS, Allen A, Abahamowicz M, et al. A new and improved population-based canadian reference for birth Weight for gestational age. *Pediatrics* 2001;108:e35.
- Gruenwald P. Growth of the human fetus. 1. Normal growth and its variation. *Am J Obstet Gynecol* 1966;94:1112-9.
- Skjaerven R, Gjessing HK, Bakketig LS. Birth weight by gestational age in Norway. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2000;440-9.
- Tentoni S, Astolfi P, Pasquale AD, Zonta LA. Birth weight by gestational age in preterm babies according to a Gaussian mixture model. *BJOG* 2004;111:31-7.
- Fok TF, So HK, Wong E, Ng PC, Chang A, Lau J, et al. Updated gestational age specific birth weight, crown-heel length, and head circumference of Chinese newborns. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2003;88:F229-36.
- Shin SM, Chang YP, Lee ES, Lee YA, Son DW, Kim MH, et al. Low birth weight, very low birth weight rates and gestational age-specific birth weight distribution of Korean newborn infants. *J Korean Med Sci* 2005;20:182-7.
- Lee GH, Kim YW, Lee KB, Seo EJ, Son MS, Ahn HG, et al. Change of birth weight-gestational age table. *Korean J Obstet Gynecol* 2001;44:1851-6.
- Baek MK, Ahn HI, Hwang YH, Seo SS. Consideration of birth weight by gestational age. *Korean J Obstet Gynecol* 1998;41:1882-8.
- Kim SK, Chung TH, Lee K, Cho DJ, Lee YH. Fetal growth in weight as estimated from normal single live-births between 27 to 43 weeks gestation. *Korean J Obstet Gynecol* 1993;36:1127-32.
- Kim KY, Seo JS, Lee EG, Cho YK, Choi H, Kim BR, et al. A study on birth weight of newborn infants for gestational age. *Inje Medical J* 1993;14:393-9.
- Park NH, Yoon BH, Shin HC, Kim SW. Growth pattern of the newborn infants by gestational age. *Korean J Obstet Gynecol* 1991;34:322-30.
- Kim HS, Park JH, Cho YK, Kim YB, Park SK. A Study on fetal growth for gestational age. *Korean J Obstet Gynecol* 1991;34:192-7.
- Jung GY, Lee K. Intrauterine growth of Korean infants from 25 weeks to 44 weeks gestation. *J Korean Pediatr Soc* 1990;33:887-99.
- Seo K, Park YW, Park TK. Birthweight distribution by gestational age and construction cut-off value for fetal growth retardation(FGR): their statistical consideration. *Korean J Obstet Gynecol* 1989;32:530-40.
- Kim YH, Han DG. A study on intrauterine growth standard. *J Korean Pediatr Soc* 1984;27:531-42.
- Shin YW, Key YS, Kim SW, Moon H, Kim DS. Nomogram of the anthropometric measurement in Korean newborn infants. *Korean J Obstet Gynecol* 1983;25:667-78.
- Park JY, Kim JG, Lee K. Estimation of fetal growth by measurement of birth weight for gestational age in newborn. *J Korean Pediatr Soc* 1982;25:649-55.
- Hong JS. A Study on mortality level of newborns and birthwight by gestational age: Based on intrauterine growth percentile curve in Korean 1999 birth cohort(thesis). Seoul: Univ. of Yonsei, 2003
- Nam CH, Park SH. A study on the birth weight using vital statistics in Korea. *J Kyeung San Univ* 1990;13:77-85.
- Lee SB, Yoon BJ. Effects of demographic variables on birthweight. *J Institute Hlth Environ Sci* 1997;7:26-35.
- Usher R, McLean F. Intrauterine growth of live-born Caucasian infants at sea level: standards obtained from measurements in 7 dimensions of infants born between 25-44 weeks of gestation. *Pediatrics* 1969;74:901-10.
- David RJ. Population-based intrauterine growth curves from computerized birth certificates. *South Med J* 1983;76:1401-6.
- Platt RW, Abrahamowicz M, Kramer MS, Joseph KS, Mery L, Blondel B, et al. Detecting and eliminating erroneous gestational ages: a normal mixture model. *Statist Med* 2001;20:3491-503.
- Oja H, Koiranen M, Rantaallio P. Fitting mixture models to birth weight data: A case study. *Biometrics* 1991;47:883-97.
- Alexander GR, Kogan M, Bader D, Carlo W, Allen M, Mor J. US birth weight/gestational age-specific neonatal mortality: 1995-1997 rate for Whites, Hispanics, and Blacks. *Pediatrics* 2003;111:e61-6.
- Arbuckle TE, Wilkins R, Sherman GJ. Birth weight percentiles by gestational age in Canada. *Obstet Gynecol* 1993; 81:39-48.
- Seeds JW, Peng T. Impaired growth and risk of fetal death: is the tenth percentile the appropriate standard? *Am J Obstet Gynecol* 1998;178:658-69.
- Williams RL, Creasy RK, Cunningham GC, Hawes WE, Norris FD, Tashiro M. Fetal growth and perinatal viability

- in California. *Obstet Gynecol* 1982;59:624-32.
- 34) Joseph KS, Kramer MS, Allen AC, Mery LS, Platt RW, Wen SW. Implausible birth weight for gestational age. *Am J Epidemiol* 2001;153:110-3.
- 35) McLachlan GJ. Peel. *Finite mixture models*. New York, NY : Wiley, 2000.
- 36) Fryer JG, Hunt RG, Simon AM. Biostatistical considerations : The case on using models. *Child Health* 1984;3:9-30.
- 37) STAT/SE 8.0 for Windows(April 2003) Stata corporation college station, Texas.
- 38) Yip R, Li Z, Chong WH. Race and birth weight : The Chinese example. *Pediatrics* 1991;87:688-93.
- 39) Singh GK, Yu SM. Birth weight differential among Asian Americans. *Am J Public Health* 1994;84:1444-9.
- 40) *Methodology for Estimating Infant Mortality KIHASA* 1995.
-