

□ 원 저 □

우리나라 성인여성에서 정상 폐활량 예측을 위한 양팔벌린 손끝길리와 신장과의 관계

국립환경연구원 환경역학조사과, 서울대학교 의과대학 예방의학교실*,
서울대학교 보건대학원 산업보건학교실†, 서울대학교 의과대학 내과학교실‡

고원중, 주영수*, 김태엽, 박재성, 유승도, 최광수, 백도명†, 한성구‡, 심영수‡

= Abstract =

Arm Span-Height Relationship for Prediction of Spirometric Values in Korean Adult Women

Won-Jung Koh, M.D., Young-Su Ju, M.D.,* Tae Yub Kim, M.D.,
Jae-Sung Park, M.P.H., Seung Do Yu, M.P.H., Kwaung Soo Choi, Ph.D.,
Domyung Paek, M.D.,† Sung Koo Han, M.D.,‡ Young-Soo Shim, M.D.‡

Environmental Epidemiology Division, National Institute of Environmental Research, Seoul, Korea

*Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea**

Occupational Health Program, School of Public Health, Seoul National University, Seoul, Korea†

Department of Internal Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea‡

Back ground : Arm span measurements provide a practical substitute for standing height to predict normal spirometric values in subjects unable to stand or those with a skeletal deformity such as kyphoscoliosis. The relationship between arm span and height has previously been reported as either a fixed ratio unaffected by age or as a regression equation in which the ratio varies as a function of age. The fixed ratio or regression equation is known to be specific for sex and race.

Methods : We studied the relationship between standing height, arm span, and age in 381 Korean adult female subjects (ages 20 to 69 yrs) sampled in a general population.

Results : The mean ratio for arm span to height is 1.004. Multiple linear analysis found arm span and age to be predictive of standing height ($p=0.0001$, $r^2=0.76$).

We performed the analysis of the difference between the predicted height using either fixed ratio or regression equation and actual height. At the extremes of arm span and age, the ratio method either underestimated (at smaller arm span or younger age) or overestimated (at larger arm span or older age) as compared with

actual height ($p=0.0001$).

Conclusion : This results indicate that the estimated height using the fixed ratio method provides a less acceptable method of estimating height for the prediction of lung volumes in the Korean adult women when compared with the regression equations, especially at the extremes of stature or age. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 1999, 46 : 786-794)

Key words : Arm span, Height, Spirometry

서 론

폐활량 검사는 임상에서 호흡기질환 환자의 진단 및 치료 등에 널리 이용되고 있는 중요한 검사이다¹⁾. 이러한 폐활량 검사의 적절한 해석을 위해서는 정상 폐활량 예측값과의 비교가 필요하다. 이를 위하여 성별, 연령, 신장 등의 독립변수를 이용한 선형회귀방정식이 예측식으로 가장 많이 이용되고 있다²⁾.

하지만 하지의 절단 또는 척추의 굴곡 등으로 인하여 신장을 정확하게 측정할 수 없는 환자에서는 예측식을 사용하는데 제한점이 있다. 이런 환자들에서는 양팔벌린 손끝길이(arm span)를 대신 측정하여 신장을 계산한다³⁾. 현재까지는 양팔벌린 손끝길이를 측정 후 이 값을 고정된 비 즉, 양팔벌린 손끝길이와 신장의 비(fixed arm span to height ratio, 이하 AS/HT ratio)로 나누어 계산하는 방법을 가장 많이 사용하고 있다. 이러한 고정된 비는 성별과 인종에 따라 다르다고 알려져 있다^{3, 4)}.

한편 고정된 AS/HT ratio 값을 전 연령에 적용하는 것보다 양팔벌린 손끝길이와 연령을 모두 독립변수로 하는 회귀방정식을 이용하여 신장을 계산하는 것이 더 정확하다는 주장도 있다^{4, 5)}. 연령이 증가함에 따라 척추의 퇴행성 변화로 인해 신장은 감소하지만 양팔벌린 손끝길이는 상대적으로 이러한 영향을 받지 않아 AS/HT ratio가 증가하기 때문이다.

국내에서는 심 등이 0-50세까지의 우리나라 아동과 성인남녀 16,977명의 신장과 양팔벌린 손끝길이 측정 자료를 이용하여 이들의 관계에 대한 연구결과를 발표한 바 있다⁶⁾. 이 연구에서는 25세 이상의 성인을 하

나의 군(group)으로 하여 AS/HT ratio와 함께 양팔벌린 손끝길이만을 독립변수로 한 회귀방정식을 구하였으며, 양팔벌린 손끝길이를 이용하여 신장을 예측할 때 연령은 유의한 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

본 연구는 지역사회에서 표본추출된 20-69세의 우리나라 성인여성을 대상으로 정상 폐활량 예측을 위한 양팔벌린 손끝길이와 신장 그리고 연령과의 관계를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1998년 6월 국립환경연구원에서 [울산공단지역 주민건강조사사업]을 실시하였다. 울산광역시청과 각 구, 군청의 협조를 얻어 공단이 위치한 조사지역인 울산광역시 남구 장생포동과 선암동 그리고 대조지역으로 선정된 울산광역시 울주군 범서면과 언양읍에 거주하면서 지역의료보험조합에 가입한 지역주민중 20-69세의 성인여성을 연령군별로 조사지역과 대조지역에서 각 40명씩 총 400명을 표본추출하여 폐활량 검사를 시행하고자 하였고⁷⁾ 이때 본 연구를 위하여 신장과 양팔벌린 손끝길이를 모두 측정하였다. 신장 측정과정에서 양발꿈치와 뒤통수점이 신장제와 접촉하는 지를 살펴 척추만곡증(kyphosis)이 있는 지를 확인하였으며 또한 대상자 모두에서 흉부방사선 후전면 촬영을 시행하여 척추측만증(scoliosis)이 있는 지를 확인하였다.

신장은 신발을 벗고 양발꿈치를 서로 붙이고 바로 선 상태에서 신장계를 이용하여 바닥에서 머미마루점

까지의 수직거리(cm)를 소수점이하 한자리까지 측정하였다.

양팔벌린 손끝길이는 벽을 등지고 바로 선 상태에서 양팔을 수평으로 최대한 옆으로 뻗어 손바닥을 바깥쪽으로 펴도록 한 후 양쪽 가운데 손가락의 손끝점 사이의 직선거리(cm)를 소수점이하 한자리까지 측정하였다⁸⁾.

조사대상자는 총 393명이었으며 이중 (1) 실제 연령이 20세 미만이거나 70세를 초과한 4명, (2) 양팔벌린 손끝길이 측정기록이 누락된 4명, (3) 신장 측정 또는 흉부방사선촬영에서 확인된 척추만곡증 또는 척추측만증 환자 4명 등 12명을 제외한 381명의 성인여성으로부터 얻은 자료를 분석하였다.

각 피검자에서 양팔벌린 손끝길이 측정값을 신장 측정값으로 나누어 AS/HT ratio를 구하였다. 고정된 비를 이용한 신장 예측값은 피검자의 양팔벌린 손끝길이를 AS/HT ratio로 나누어 계산하였다(estimated height=measured height/ratio)⁸⁾. 또한 신장을 종속변수로 하고, 양팔벌린 손끝길이와 연령을 독립변수로 하는 다중선형회귀분석을 시행하여 회귀방정식을 구하였다.

마지막으로 예측값과 측정값의 차이 즉, 잔차(residual)의 분석을 통하여 AS/HT ratio를 이용하는 것과 연령을 독립변수로 포함하는 회귀방정식을 이용하는 것 중 어느 것이 더 실제 신장 측정값을 잘 반영하는 지를 비교하였다.

통계적 분석은 paired t-test와 최소자승법(least

square method)을 이용한 다중선형회귀분석을 시행하였으며, 유의수준 0.05에서 유의성을 결정하였다.(PC-SAS version 6.12)

결 과

1. 양팔벌린 손끝길이와 신장의 비(AS/HT ratio)

조사대상자 381명의 신장과 양팔벌린 손끝길이 그리고 AS/HT ratio는 다음과 같다(Table 1). 즉, 조사대상 성인여성의 연령은 46.6 ± 12.8 세, 신장은 154.3 ± 5.7 cm, AS는 154.9 ± 6.5 cm 그리고 AS/HT ratio는 1.004 ± 0.023 이다. 연령이 증가함에 따라 신장과 AS는 모두 감소하지만 AS/HT ratio는 증가하며 이러한 AS/HT ratio의 변화는 연령과 선형적 관련성이 있다($p=0.0001$, $r=0.24$) (Fig 1).

2. 다중선형회귀분석을 통한 신장 예측식

양팔벌린 손끝길이와 연령을 각각 독립변수로 하여 회귀분석을 시행한 결과는 아래와 같다.

$$\text{Height(cm)} = 0.7389 \text{ Arm Span(cm)} + 39.82 \\ (p=0.0001, r^2=0.72)$$

$$\text{Height(cm)} = -0.1500 \text{ Age (yr)} + 161.25 \\ (p=0.0001, r^2=0.11)$$

Table 1. Physical characteristics and arm span to height ratio according to age group

Age group (yr)	No. of subjects	Age (yr)	Height (cm)	Arm span (cm)	AS/HT ratio
20-29	37	25.3 ± 3.1	159.0 ± 5.4	158.1 ± 6.4	0.995 ± 0.020
30-39	95	34.9 ± 2.7	155.8 ± 5.5	155.8 ± 6.8	1.000 ± 0.020
40-49	83	44.6 ± 3.1	153.5 ± 5.4	154.2 ± 6.1	1.005 ± 0.022
50-59	94	54.8 ± 2.8	153.0 ± 5.2	154.0 ± 6.4	1.006 ± 0.025
60-69	72	64.3 ± 3.4	152.4 ± 5.4	154.2 ± 6.4	1.012 ± 0.023
Total	381	46.6 ± 12.8	154.3 ± 5.7	154.9 ± 6.5	1.004 ± 0.023

Definition of abbreviations : AS/HT ratio= Arm span to height ratio

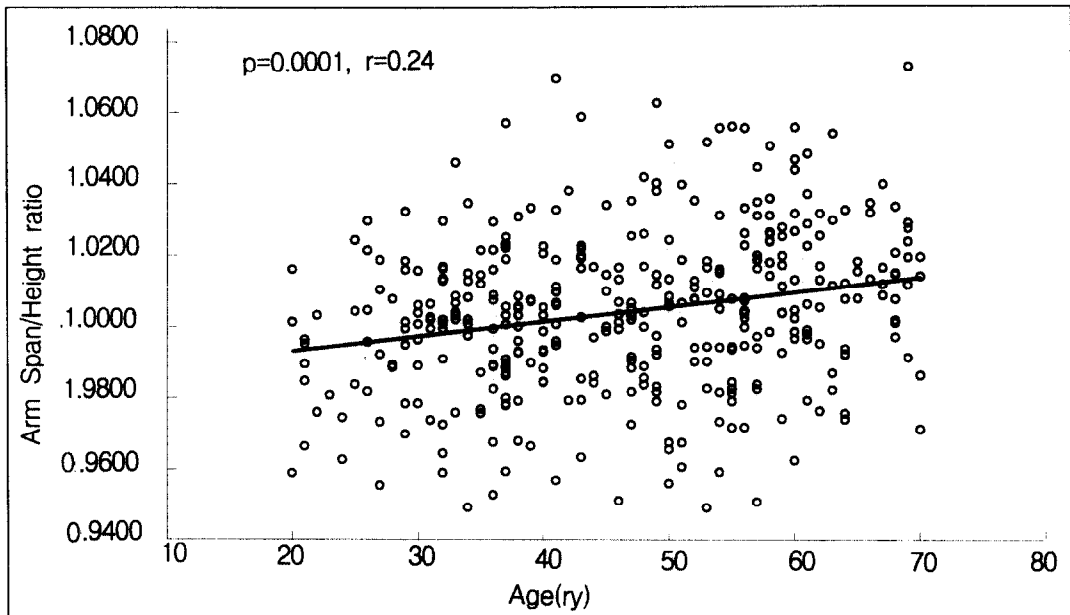


Fig. 1. Arm span to height ratio in relation to age for adult women. The regression coefficient for age is statistically significant ($p = 0.0001$, $r=0.24$).

이상의 단변수 분석에서 의미있는 선형적 관련성을 보인 양팔벌린 손끝길기와 연령을 모두 독립변수로 하여 중회귀모형을 구축하여 다중선형회귀방정식을 구하였다. 아래 식에서와 같이 양팔벌린 손끝길기와 연령이 모두 독립변수로 포함되었을 때 예측식의 설명력이 가장 높아짐을 알 수 있다.

Height(cm)

$$= 0.7094 \text{ Arm Span(cm)} - 0.0891 \text{ Age (yr)} + 48.54 (p=0.0001, r^2=0.76)$$

3. AS/HT ratio를 이용한 방법과 회귀방정식을 이용한 방법의 비교

연령을 고려하지 않은 AS/HT ratio와 연령을 고려한 회귀방정식을 각각 이용하여 신장을 예측하고 이 값과 실제 측정값의 차이 즉, 잔차(residual)를 서로 비교하여 어느 방법이 실제 신장을 보다 정확히 예측

하는가를 알아보았다.

AS/HT ratio를 이용한 신장의 예측값은 양팔벌린 손끝길기의 영향을 받는다(Fig. 2). 약 155cm를 기준으로 양팔벌린 손끝길기가 증가할수록 예측값은 측정값보다 커지고, 양팔벌린 손끝길기가 감소할수록 예측값은 측정값보다 작아진다. 즉, 양팔벌린 손끝길기의 양 극단으로 갈수록 예측값과 측정값의 차이는 커지게 된다($p=0.0001$). 이와 달리 연령을 독립변수로 포함한 회귀방정식을 이용하여 구한 신장의 예측값은 양팔벌린 손끝길기의 영향을 받지 않는다($p>0.05$) (Fig. 2).

또한 AS/HT ratio를 이용한 신장의 예측값은 연령의 영향을 받는다(Table 2). 약 46세를 기준으로 연령이 증가할수록 예측값은 측정값보다 커지고, 연령이 감소할수록 예측값은 측정값보다 작아진다. 연령이 40세 미만이거나 60세 이상일 때는 AS/HT ratio를 이용한 신장 예측값과 실제 측정값은 유의한 차이가 발생한다($p<0.05$). 이와 달리 연령을 독립변수로 포

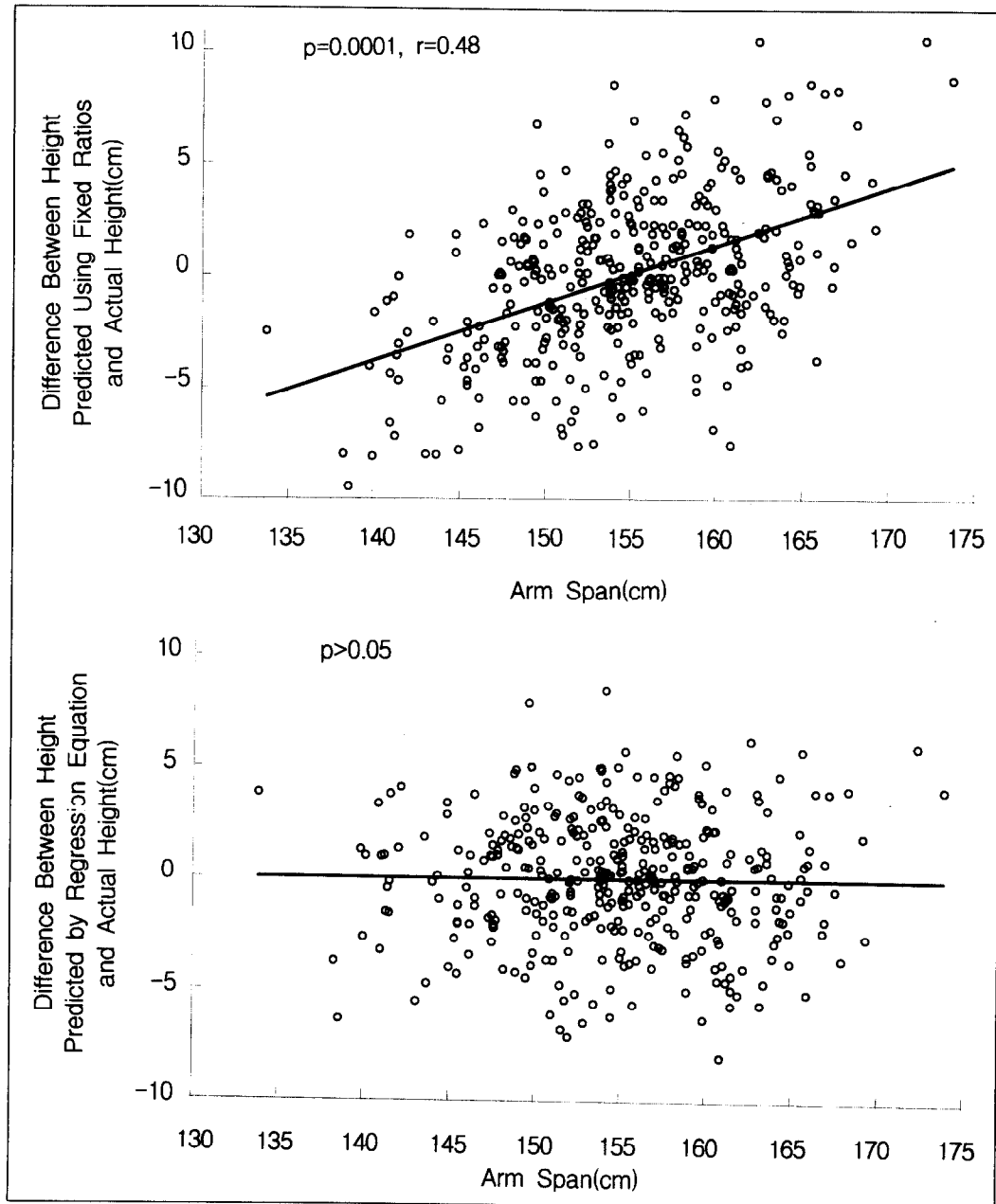


Fig. 2. Residual plots versus the predicted arm span. The upper graph displays the residuals determined by the difference between the estimated height using the fixed ratio and the actual height plotted against arm span. The lower graph displays the residuals as determined by the difference between the predicted height using regression equation and the actual height plotted against arm span.

Table 2. Difference between predicted height and actual height according to age group.

Age group (yr)	No. of subjects	Difference between height predicted by fixed ratio and actual height		Difference between height predicted by regression equation and actual height	
		Mean \pm SD(cm)	p-value	Mean \pm SD(cm)	p-value
20-29	37	-1.5 \pm 3.2	<0.01	-0.5 \pm 2.6	NS
30-39	95	-0.7 \pm 3.1	<0.05	0.1 \pm 2.5	NS
40-49	83	0.1 \pm 3.3	NS	0.5 \pm 3.0	NS
50-59	94	0.3 \pm 3.7	NS	-0.1 \pm 3.0	NS
60-69	72	1.2 \pm 3.5	<0.01	-0.2 \pm 2.9	NS

Definition of abbreviations : SD=standard deviation, NS=not significant

합한 회귀방정식을 이용한 신장의 예측값은 연령의 영향을 받지 않는다($p>0.05$) (Table 2).

고 찰

폐활량 검사의 적절한 해석을 위해서는 측정값을 환자/피검자 자신의 과거 폐활량 측정값과 비교하거나 또는 정상 폐활량 예측값과 비교해야 한다. 하지만 환자/피검자의 과거 폐활량 측정값이 있는 경우는 많지 않기 때문에, 실제 임상에서는 정상 예측값과의 비교를 통해 폐활량 결과를 해석하게 된다. 정상 폐활량 예측값을 구하기 위하여 현재까지는 성별, 신장, 연령 등의 변수를 이용한 선형회귀방정식이 가장 널리 이용되고 있다²⁾.

하지만 하지의 절단 또는 척추의 굴곡 등으로 인하여 신장을 정확하게 측정할 수 없는 환자에서는 신장을 이용하여 정상 폐활량을 예측할 수 없다는 문제점이 있다. 특히 척추측만증 또는 척추만곡증 등의 척추질환 환자들에서 폐기능의 저하와 수술후 폐기능의 호전에 관한 평가는 매우 중요하고 국내에서도 이에 대한 많은 연구가 있어왔다⁹⁻¹¹⁾.

척추질환 환자들에서 신장을 예측하기 위하여 과거에는 척추 방사선 촬영상 나타나는 척추의 굴곡정도를 이용하거나^{12, 13)} 정강이뼈(tibia)의 길이를 이용하기도 하였다¹⁴⁾. 하지만 이들 방법은 적용하기가 복잡하

거나 또는 개인간 변이(interindividual variation)가 커서 신장 예측값이 정확하지 못한 문제점이 있었다.

최근에는 양팔벌린 손끝길이를 측정한 후 이 값을 AS/HT ratio로 나누어 신장을 예측하는 방법을 가장 많이 이용하고 있다²⁾. 소아와 청소년만을 대상으로 한 연구는 제외하고 성인의 AS/HT ratio에 관해 현재까지 발표된 중요한 연구결과는 다음과 같다(Table 3). 표에서와 같이 AS/HT ratio는 성별과 인종에 따라 다르다는 것을 알 수 있다.

만약 AS/HT ratio가 인종에 따라 다르다고 한다면 우리나라 환자들의 폐활량을 좀더 올바르게 해석하기 위해서는 한국인을 대상으로 구한 값을 사용하는 것이 적절할 것이나 아직까지 이에 대한 국내연구는 심 등의 연구⁶⁾를 제외하면 충분치 않은 실정이다.

본 연구에서 구한 우리나라 성인여성의 AS/HT ratio는 평균 1.004 이다. 이는 심 등의 연구결과에 비해서는 높은 값이며, 백인 성인여성을 대상으로 한 외국의 연구결과와 비교하면 0.999-1.012의 중간값이고, 흑인 성인여성을 대상으로 한 연구결과와 비교하면 낮은 값이다(Table 3).

이러한 AS/HT ratio는 연령의 영향을 고려하지 않고 모든 연령에 대해 고정된 값을 사용하는 것이 특징이다. 하지만 몇몇 연구는 연령에 따라 AS/HT ratio가 달라진다는 것을 보여주었다^{4, 5)}. 이론적으로

Table 3. Arm span to height ratio of adults for prediction of spirometric values

	Draper (1924) ¹⁵⁾	Hepper (1965) ¹⁶⁾	Linderholm (1978) ⁵⁾	Parker (1996) ⁴⁾	Parker (1996) ⁴⁾	Shim (1984) ⁶⁾
Race	Unknown	White	White	White	Black	Korean
Age range(yr)	17-80	16-63	5-78	20-88	20-85	25-50
AS/HT ratio						
Male	1.027	1.033	1.029	1.019	1.044	0.996
Female	1.000	1.011	1.012	0.999	1.035	0.992

Definition of abbreviations : AS/HT ratio=Arm span to height ratio

는 연령을 고려하는 방법이 고정된 AS/HT ratio를 사용하는 것보다 더 타당하다. 왜냐하면 성인은 연령이 증가함에 따라서 척추의 퇴행성 변화 즉, 추간판 등 연골조직의 변화 또는 척추체의 압박골절 등으로 인하여 신장이 감소하지만, 양팔벌린 손끝길이는 이러한 영향을 받지 않기 때문이다. 따라서 연령이 증가함에 따라 AS/HT ratio는 증가하게 된다. 따라서 AS/HT ratio를 이용하여 신장을 예측하게 되면 고령에서는 실제 신장보다 높게 예측하게 되고, 이것은 결국 비교대상이 되는 정상 폐활량을 높게 추정하게 될 것이다.

물론 AS/HT ratio와 연령과는 관계가 없거나 또는 있다고 하더라도 임상적으로 무시할 정도라는 연구 결과도 있다^{17, 18)}. 하지만 이들 연구는 연령이 6-30세 또는 8-18세인 소아와 젊은 성인을 대상으로 한 것으로 고령의 성인이 포함되지 않았다는 점을 유의해야 한다.

Parker 등은 백인과 흑인 남성에서 신장을 예측하는 회귀방정식에 양팔벌린 손끝길이를 함께 연령을 독립변수로 추가하였을 때 설명력(r^2)이 4-6%가 증가한다고 하였다⁴⁾. 본 연구에서도 양팔벌린 손끝길이만을 독립변수로 한 회귀방정식에 비해 연령을 독립변수로 추가하였을 때 설명력이 4%가 증가하였다.

연령의 영향을 고려하지 않는 AS/HT ratio는 40-59세의 중간연령에서는 신장의 실제 측정값과 유의한 차이가 없지만, 39세 이하 그리고 60세 이상에서는 측정값과 유의한 차이를 보여, 연령의 양 극단으로

갈수록 AS/HT ratio를 이용하여 신장을 예측하는 방법이 부정확해진다는 것을 확인하였다(Table 2). 예를 들어 AS/HT ratio=1.004를 이용하는 경우에 연령이 65세인 여성에서는 신장 예측값이 실제 측정값보다 1.2cm 크고 이는 Morris 예측식¹⁹⁾을 사용하는 경우 노력성 폐활량(forced vital capacity ; 이하 FVC)은 54 mL, 1초간 노력성 폐활량(forced expiratory volume in one second ; 이하 FEV₁)은 42 mL를 높게 예측하게 된다. 반대로 연령이 25세인 여성에서는 신장 예측값이 실제 측정값보다 1.4cm 작아서 Morris 예측식을 사용하는 경우 FVC는 63 mL, FEV₁은 49 mL를 낮게 예측하게 된다.

연령의 차이보다 정확도에 더욱 큰 영향을 미치는 것은 체격의 차이이다. AS/HT ratio를 이용하여 신장을 예측하는 방법은 연령을 고려한 회귀방정식을 사용하는 것보다 체격의 차이에 따라 부정확해지며, 그 정도가 연령의 차이에 의한 것보다 크다(Fig 2).

예를 들어 양팔벌린 손끝길이가 170cm로 체격이 큰 여성에서는 신장 예측값이 실제 측정값보다 3.9cm 크고 이는 Morris 예측식을 사용하는 경우 FVC는 177 mL, FEV₁은 137 mL를 높게 예측하게 된다. 반대로 양팔벌린 손끝길이가 140 cm로 체격이 작은 여성에서는 FVC와 FEV₁을 같은 정도로 낮게 예측하게 된다.

이렇게 AS/HT ratio를 이용하여 신장을 예측하는 방법은 연령의 변화에 따라 그리고 더욱 크게는 체격의 변화에 따라 실제 신장 측정값과 차이가 발생하며,

이는 결국 정상 폐활량 예측값에 영향을 미치게 되는 것이다. 이와 달리 연령을 고려한 회귀방정식을 사용하는 경우에는 이러한 연령과 체격의 영향을 받지 않는다. 따라서 신장을 정확하게 측정할 수 없는 환자에서 양팔벌린 손끝길이를 이용하여 신장을 예측하고자 할 때, AS/HT ratio를 이용하는 것보다 연령을 고려한 회귀방정식을 이용하는 것이 더 정확하게 실제 신장을 예측할 수 있다.

본 연구는 심 등의 연구⁶⁾가 50세까지의 성인만을 대상으로 한 것에 비해서 20-70세까지의 성인을 대상으로 하였기 때문에 추후의 퇴행성 변화가 좀더 심한 고령의 환자에서의 변화를 좀 더 정확히 반영할 것으로 생각된다. 하지만 본 연구는 성인남성을 제외한 성인여성만을 대상으로 한 것으로 향후 우리나라 성인남성에 대한 연구가 필요하다고 할 것이다.

요 약

연구배경 :

추후의 이상골곡 등으로 신장을 정확히 측정할 수 없는 환자에서 정상폐활량을 추정하기 위해서는 양팔벌린 손끝길이를 측정하여 신장을 예측한다. 연령을 고려하지 않고 고정된 비(AS/Ht ratio)를 이용하는 방법과 연령을 고려한 회귀방정식을 이용하는 두가지 방법이 있으며 이는 인종에 따라 다르다고 알려져있다.

대상 및 방법 :

우리나라 성인여성에서 양팔벌린 손끝길리와 신장 그리고 연령과의 관계를 알아보고자 울산광역시에 거주하는 20-69세의 성인여성중 연령별로 표본추출된 381명(평균연령 46.6 ± 12.8 세, 평균신장 154.3 ± 5.7 cm)의 자료를 분석하였다.

결 과 :

우리나라 성인여성의 AS/Ht ratio는 1.004 ± 0.023 이다. 다중선형회귀분석상 양팔벌린 손끝길리와 연령이 모두 신장과 유의한 선형적 관련성을 보였다. $\text{Height(cm)} = 0.7094 \text{ Arm span(cm)} - 0.0891 \text{ Age (yr)} + 48.54$ ($p=0.0001$, $r^2=0.76$)

AS/Ht ratio를 통한 신장 예측값과 실측값의 차이 즉, 잔차(residual)는 양팔벌린 손끝길리와 연령에 의해서 유의한 영향을 받는다 ($p=0.0001$). 양팔벌린 손끝길리 또는 연령이 감소할수록 AS/Ht ratio에 의한 신장 예측값은 실측값보다 낮아지며, 양팔벌린 손끝길리 또는 연령이 증가할수록 AS/Ht ratio에 의한 신장 예측값은 실측값보다 높아진다. 회귀방정식을 통한 신장 예측값과 실측값의 차이는 양팔벌린 손끝길리와 연령에 의한 영향을 받지 않는다($p>0.05$).

결 론 :

우리나라 성인여성에서 정상폐활량 추정을 위한 신장 예측치를 구하고자 할 때 양팔벌린 손끝길리와 연령의 두 변수를 이용한 회귀방정식을 이용하는 것이 고정된 AS/Ht ratio를 이용하는 것보다 더 정확하다. AS/Ht ratio는 양팔벌린 손끝길리와 연령의 양 극단에서 신장을 정확하게 예측하지 못한다.

감사의 글(Acknowledgment)

본 조사를 위해 협조해주신 울산광역시청 환경보건과, 울산광역시 남구와 울주군 보건소 직원분들과 지역주민 여러분들께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 김원동 : 폐기능 검사, 한용철, 임상호흡기학, p69, 서울, 일조각, 1990
2. American Thoracic Society : Lung function testing : Selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 144 : 1202, 1991
3. Reeves SL, Carakamin C, Henry CJK : The relationship between arm-span measurement and height with special reference to gender and ethnicity. Eur J Clin Nutr 50 : 398, 1996
4. Parker JM, Dillard TA, Phillips YY : Arm span-height relationships in patients referred for spi-

- rometry. *Am J Respir Crit Care Med* 154 : 533, 1996
5. Linderholm H, Lindgren U : Prediction of spirometric values in patients with scoliosis. *Acta Orthop Scand* 49 : 469, 1978
6. 심영수, 조수현 : 척추후측만곡환자의 폐기능에 관한 연구 : I. 지극간장을 사용한 정상신장 예측법. *최신의학* 27 : 641, 1984
7. 국립환경연구원 : 울산공단지역 주민건강조사 보고서. 국립환경연구원, 서울, 1999
8. Morris AH, Kanner RE, Crapo RO, Gardner RM (eds.) : *Clinical Pulmonary Function Testing : A Manual of Uniform Laboratory Procedures*. 2nd Ed. p11, Salt Lake City, Intermountain Thoracic Society, 1984
9. 이한구, 김명호 : 척추 변형에 있어서 폐기능치의 변화. *대한정형외과학회지* 13 : 343, 1978
10. 함병문 : 척추만곡증 환자의 폐기능에 관한 임상적 연구. *서울의대학술지* 22 : 267, 1981
11. 석세일, 이훈성, 윤강섭, 심영수 : 척추측만증 환자에서 수술전후 폐기능의 변화. *대한정형외과학회지* 19 : 1067, 1984
12. Bjure J, Grimly G, Nachemson A : Correlation of body height in predicting spirometric values in scoliotic patients. *Scand J Lab Invest* 21 : 190, 1968
13. Vallbona C, Harrington PH, Harrison GM, Freire RM, Reese WO : Pitfalls in the interpretation of pulmonary function studies in scoliotic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 50 : 68, 1969
14. Zorab PA, Prime FJ : Estimation of height from tibial length. *Lancet* 1 : 195, 1963
15. Draper G : *Human constitution : A consideration of its relationship to disease*. W. B. Saunders, Philadelphia, 1924
16. Hepper NGG, Black LF, Fowler WS : Relationships of lung volume to height and arm span in normal subjects and in patients with spinal deformity. *Am Rev Respir Dis* 91 : 356, 1965
17. Johnson BE, Westgate HD : Methods of predicting vital capacity in patients with thoracic scoliosis. *J Bone Joint Surgery* 52A : 1433, 1970
18. Hibbert ME, Lanigan A, Raven J, Phelan RD : Relation of armspan to height and the prediction of lung function. *Thorax* 43 : 657, 1988
19. Morris JF, Koski A, Johnson LC : Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am Rev Respir Dis* 103 : 57, 1971