

# Colombini 방법에 의한 요추부 추간판 크기 추정에 관한 연구

김종순

부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

## A Study of Estimation of Lumbar Intervertebral Disc Size by Colombini's Method

Jong-Soon Kim, PT, PhD

Dept. of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of PUSAN

**Purpose:** As a preliminary study, the purpose of this study was to examine the indirect estimation of the lumbar intervertebral disc size by two anthropometric methods, in order to compare these indirect methods with the direct analysis by radiological imaging. **Methods:** The wrist, elbow, knee, and ankle joint (both right and left) diameters were measured in 52 volunteers, and then intervertebral disc size was calculated using two anthropometric methods (Colombini and modified Colombini). The data were analysed with independent t-test to assess clinical usefulness. **Results:** When using right and left joint diameter, there was no significant difference in the estimation value of the L4-5 and L5-S1 intervertebral disc sizes. However, the study has shown that male subjects have significantly larger L4-5 and L5-S1 intervertebral disc sizes, compared with those of female subjects. In addition, disc sizes calculated by Colombini's formula were significantly larger than modified Colombini's formula. **Conclusion:** The indirect estimation of the intervertebral disc size by anthropometric method can be considered as a clinically useful method. However, further study should be conducted to compare anthropometric values with other radiological imaging. (*J Kor Soc Phys Ther 2007;19(1):23-31*)

**Key Words:** Disc size, Anthropometric method, Colombini's formula

### 1. 서론

인간의 직립보행으로 손의 사용이 가능해지고 이로 인해 인류는 문명의 발달을 이루었지만 인류는 요통이라는 만성적인 근골격계 질환에 시달리게 되었다. 여러 연구들을 통해 요통의 여러 가지 외인적, 내인적 원인이 보고되고 있지만 명확한 사실은 현대인에게 흔한 요통을 일으키는 요인 중의 하나가 추간판(intervertebral disc)의 변

화로써 추간판의 역학적 변화와 변성이 요통과 유의한 상관관계가 있다는 사실이다(Acaroglu 등, 1995).

추간판은 하중을 견디고 이를 분산시키며 과도한 운동을 억제하는 공학적, 기능적 중요성을 가지고 있으며 일상생활에서 복잡한 방법으로 하중을 지탱하고 압박(compression), 굽힘(bending), 꼬임(torsion)의 결합을 견디도록 되어있다. 추간판은 크게 수핵과 섬유륜으로 구성되어 있는데 섬유륜의 콜라겐(collagen) 섬유는 약 30도의 각도로 수직 교차하여 스프링 역할을 하는 긴장에 민감한 구조로 되어 있으며 추간 원판의 핵은 약 90%가 물이며 나머지는 콜라겐과 글라이코사아

논문접수일: 2006년 9월 11일  
수정접수일: 2006년 12월 5일  
게재승인일: 2007년 1월 16일  
교신저자: 김종순, ptjskim@cup.ac.kr

미노글라이칸(glycosaminoglycan) 등으로 되어있다 (Pope 등, 1991).

나이가 들면 글라이코사미노글라이칸의 내용물이 감소하여(Urban과 McMullin, 1985) 추간판에 수분이 감소하게 되고 이는 기저 물질의 물리화학적 상태 변화를 이끈다. 이러한 변화는 20대부터 시작되는데(Ashton-Miller와 Schultz, 1988) 수분 감소의 결과 적고 가늘던 콜라겐 섬유들이 질기고 두껍게 되며 점차 거의 평행 방향으로 무리를 짓는 경향을 보이게 되며 이를 콜라겐 숙성(maturation of collagen)이라 한다. 이러한 콜라겐 숙성은 40세 이후에 현저해지고(Maigne, 1996) 추간판의 수분 흡수 능력 감소로 인해 추간판의 높이는 점차 낮아지고 이로 인해 충격 흡수 능력을 현저하게 감소된다.

그러나 추간판의 높이는 노화와 더불어 감소되기 시작하여 50세 이후에는 상당한 감소를 보이는 반면 디스크의 평균 면적은 노화와 더불어 증가하는 것으로 알려져 있다(Koeller 등, 1986). Amonoo-Kuofi(1991)의 연구를 살펴보면 L4-5의 전후 직경은 남성의 경우 20대, 43.1mm에서 50대, 44.2mm로 증가하였고 여성의 경우도 20대, 39.0mm에서 50대, 41.9mm로 증가하였으며 L5-S1의 경우도 남성의 경우 41.7mm에서 42.6mm로 여성의 경우 37.7mm에서 40.1mm로 증가하였다고 보고하였다. 노화에 따라 추간판의 평균 면적이 증가하는 경향은 아마도 추간판의 높이 감소로 인한 하중 부담을 상쇄하려는 자발적인 변화로 여겨진다.

추간판의 크기를 측정하는데 사용되는 방법들은 크게 단순 방사선 촬영, 전산화 단층 촬영(computer tomography), 자기공명영상촬영(magnetic resonance imaging), 그리고 신체를 계측하는 방법(anthropometric method)이 사용되고 있다. 이러한 방법들 중 신체 계측을 통한 요추 추간판 크기 추정에 관한 연구는 Colombini 등(1989)의 방법이 제시된 이후 Turk와 Celan(2004)의 방법이 보고되어 오고 있다.

현재 임상 환경에서는 의용공학의 발달과 더불어 개발된 장비를 통해 고도로 정밀한 의료 영상

을 얻을 수 있어 정확한 추간판의 측정이 가능해졌으나 이러한 의료 영상 장비들은 사용 비용이 고가라는 점, 인체에 침습적이라는 점 그리고 추간판의 크기를 측정하기 위해서는 이를 구현 할 수 있는 소프트웨어가 필요하다는 점 등의 제한점으로 인해 물리치료학적인 연구 환경에서는 그 사용이 제한적으로 이루어지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 비교적 신뢰도가 높으면서 신체 계측 자료를 이용하여 간단한 추정식에 의해 추간판의 크기를 추정 할 수 있는 Colombini 등(1989)의 방법과 이를 수정하여 보다 발전시킨 Turk와 Celan(2004)의 방법을 임상에 소개하고 이들의 추정식이 한국인에게도 적합한지의 여부와 이들 추정식에 성별 간 그리고 좌·우측의 관절 직경을 이용한 추정치 간 차이가 있는지의 여부를 알아보는데 있으며 본 연구를 통해 얻어진 추정치의 영상 의학적 자료에 의한 실제 측정치와의 관계 및 추간판의 크기가 퇴행의 지표라고 한다면 요통 발생 예견 인자로서의 추간판 크기를 활용 할 수 있는지에 관한 추후 연구를 위한 선행 연구로서 수행되었다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2007년 1월 20일~2007년 2월 12일 까지 부산광역시 소재 C 대학교에 재학중인 학생 중 연구에 영향을 미칠 수 있는 근골격계 질환이 없는 건강한 성인 52명을 대상으로 실시하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 신체 계측

본 연구 수행을 위해 신체 계측은 훈련 받은 측정자 한사람에 의해 수행하도록 하여 측정자에 따른 측정치의 오차가 최소화 될 수 있도록 하여 수행하였다.

신장과 체중은 전자식 신장/체중계(DS-102, GilWoo Trading, Korea)를 이용하여 측정하였고 수근관절, 주관절, 슬관절, 족관절의 직경은 캘리퍼(vernier caliper, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 좌·우측 관절 직경을 모두 측정하였다. 관절 직경의 측정은 수근관절과 족관절은 중립자세에서 측정하였으며 주관절과 슬관절은 굴곡 90°에서 측정하였다.

## 2) 추간판 크기의 추정

추간판의 크기 추정은 측정자에 의해 얻어진 신장과 관절 직경의 자료를 이용 Colombini 등(1989)의 공식과 Turk와 Celan(2004)에 의해 수정된 Colombini 공식을 이용하여 계산하였다.

Colombini 등(1989)에 의한 추간판 크기 추정식은 다음과 같다.

$$AST(\text{average square thickness of bony structure}) = [(a+b+c+d)/4]^2 (\text{cm}^2)$$

$$a = \text{wrist}, b = \text{elbow}, c = \text{knee}, d = \text{ankle joint diameters}(\text{cm})$$

$$SW(\text{bony structure weight}) = AST \times h \times 1.1 (\text{cm}^2)$$

$$h = \text{body height}$$

$$\text{area of L4-5} = 0.0019 \times SW + 2.7 (\text{cm}^2)$$

$$\text{area of L5-S1} = 0.0017 \times SW + 2.57 (\text{cm}^2) \text{이다.}$$

반면 Turk와 Celan(2004)에 의해 수정된 추정식은

$$AST_{\text{TURK}} = [(a+b+c)/3]^2 (\text{cm}^2)$$

$$a = \text{wrist}, b = \text{elbow}, c = \text{knee joint diameters}(\text{cm})$$

$$\text{area of L4-5} = 0.29 \times AST_{\text{TURK}} + 2.11 (\text{cm}^2)$$

$$\text{area of L5-S1} = 0.25 \times AST_{\text{TURK}} + 3.55 (\text{cm}^2)$$

## 3. 자료처리

연구 과정에서 수집된 신체 계측 자료와 Colombini 등(1989)과 Turk와 Celan(2004)의 추정식에 의해 구해진 자료는 부호화한 후 자료 처리는 유의 수준  $\alpha$ 를 0.01로 하여 통계 패키지 SPSS for windows(ver. 12.0K)을 이용하여 분석하였다.

먼저 수집된 신체계측 자료는 평균과 표준 편차를 산출하였으며 남·여 간의 차이와 좌·우측의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다.

추간판의 크기는 Colombini 등(1989)의 추정식과 Turk와 Celan(2004)의 추정식에 의해 통계 패키지를 사용하여 구하였으며 Colombini 등(1989)의 추정식에 의한 값과 Turk와 Celan(2004)의 추정식에 의해 값을 좌·우측 신체 계측 자료별로 구분하여 독립표본 t-검정을 실시하여 비교하였다.

## III. 결 과

### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자는 총 52명으로 남성은 25명으로 48%, 여성은 27명으로 52%이었다. 평균 연령은  $19.12 \pm 2.38$ 세로 남성은  $20.28 \pm 3.00$ , 여성은  $18.04 \pm 0.51$ 세 이었고 평균 신장은  $165.28 \pm 9.09$ cm로 남성은  $172.46 \pm 6.80$ cm, 여성은  $158.64 \pm 4.93$ cm이었으며 평균 체중은  $60.66 \pm 11.32$ kg으로 남성은  $67.85 \pm 11.30$ kg, 여성은  $54.01 \pm 6.16$ kg이었다.

### 2. 연구 대상자의 관절 직경

신체 계측에 의해 수집된 각 관절 직경은 Table 1과 같으며 남성의 관절 직경이 여성의 관절 직경 보다 크게 나타났으나( $p < 0.01$ ) 각 관절의 좌·우 직경 차이는 없었다.

**Table 1.** A comparison of the joints diameter

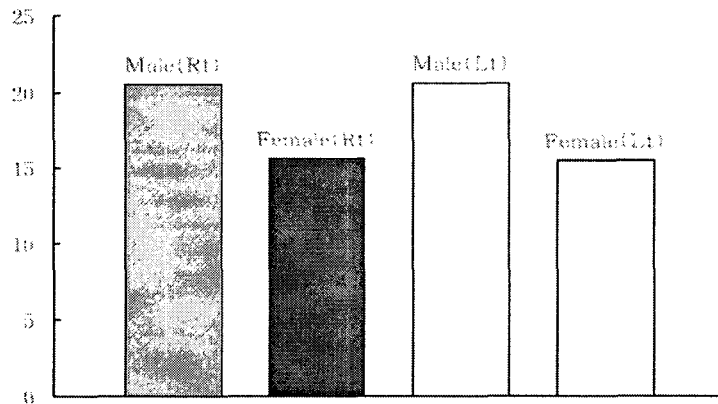
Joint	Gender	Diameters	p-value
Rt. wrist	M	5.28±0.29	0.000
	F	4.59±0.40	
Lt. wrist	M	5.26±0.29	0.000
	F	4.57±0.39	
Rt. elbow	M	6.35±0.33	0.000
	F	5.57±0.36	
Lt. elbow	M	6.34±0.30	0.000
	F	5.46±0.37	
Rt. knee	M	9.62±0.39	0.000
	F	8.89±0.60	
Lt. knee	M	9.60±0.55	0.000
	F	8.87±0.61	
Rt. ankle	M	6.76±0.40	0.000
	F	5.88±0.30	
Lt. ankle	M	6.90±0.39	0.000
	F	5.86±0.28	

Lt.; left    Rt.; right    M; male    F; female

**3. Colombini 추정식에 의한 추간판의 크기**

Colombini 추정식에 의한 L4-5 추간판의 크기는 오른쪽 관절 직경을 이용하여 추정한 경우는 평균 17.95±3.04cm<sup>2</sup>로 남성의 경우는 20.46±2.09cm<sup>2</sup>, 여성의 경우는 15.64±1.57cm<sup>2</sup>로 나타나 남성이 여성에 비해 L4-5의 추간판이 큰 것으로 나타났다(p<0.01).

왼쪽 관절 직경을 이용하여 추정한 경우에도 평균은 17.92±3.18cm<sup>2</sup>로 남성의 경우는 20.56±2.18cm<sup>2</sup>, 여성의 경우는 15.48±1.60cm<sup>2</sup>로 나타나 남성이 여성에 비해 L4-5의 추간판이 큰 것으로 나타났으나(p<0.01) 좌·우 관절 직경에 따른 추정값의 유의한 차이는 없었다(p>0.01)(Figure 1).



**Figure 1.** L4-5 disc diameter by Colombini's formula

L5-S1 추간판의 크기는 오른쪽 관절 직경을 이용하여 추정된 경우는 평균  $16.22 \pm 2.72 \text{cm}^2$ 로 남성의 경우는  $18.46 \pm 1.87 \text{cm}^2$ , 여성의 경우는  $14.14 \pm 1.40 \text{cm}^2$ 로 나타나 남성이 여성에 비해 L5-S1의 추간판이 큰 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ).

왼쪽 관절 직경을 이용하여 추정된 경우는 평균

$16.19 \pm 2.84 \text{cm}^2$ 로 남성의 경우는  $18.55 \pm 1.95 \text{cm}^2$ , 여성의 경우는  $14.00 \pm 1.43 \text{cm}^2$ 로 나타나 남성이 여성에 비해 L5-S1의 추간판이 큰 것으로 나타났으나( $p < 0.01$ ) 좌·우 관절 직경에 따른 추정값의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.01$ )(Figure 2).

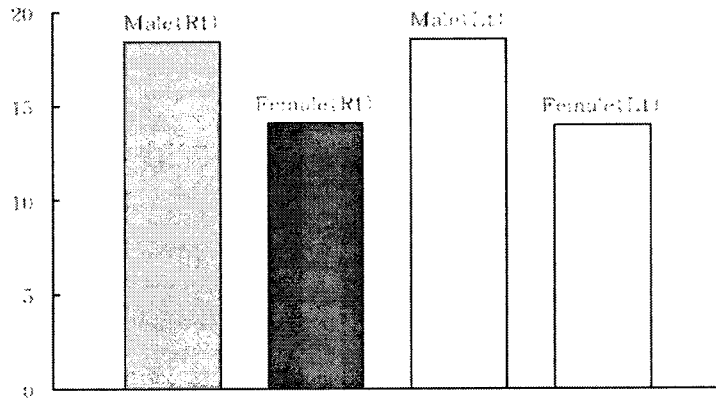


Figure 2. L5-S1 disc diameter by Colombini's formula

#### 4. Turk와 Celan의 추정식에 의한 추간판의 크기

Turk와 Celan의 추정식에 의한 L4-5 추간판의 크기는 오른쪽 관절 직경을 이용하여 추정된 경우는 평균  $15.21 \pm 1.88 \text{cm}^2$ 로 남성의 경우는  $16.69 \pm 1.12 \text{cm}^2$ , 여성의 경우는  $13.84 \pm 1.31 \text{cm}^2$ 로 나타나 남성이 여성에 비해 L4-5의 추간판이 큰 것으로

나타났다( $p < 0.01$ ).

왼쪽 관절 직경을 이용하여 추정된 경우에도 평균은  $15.09 \pm 2.01 \text{cm}^2$ 로 남성의 경우는  $16.62 \pm 1.33 \text{cm}^2$ , 여성의 경우는  $13.68 \pm 1.41 \text{cm}^2$ 로 나타나 남성이 여성에 비해 L4-5의 추간판이 큰 것으로 나타났으나( $p < 0.01$ ) 좌·우 관절 직경에 따른 추정값의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.01$ )(Figure 3).

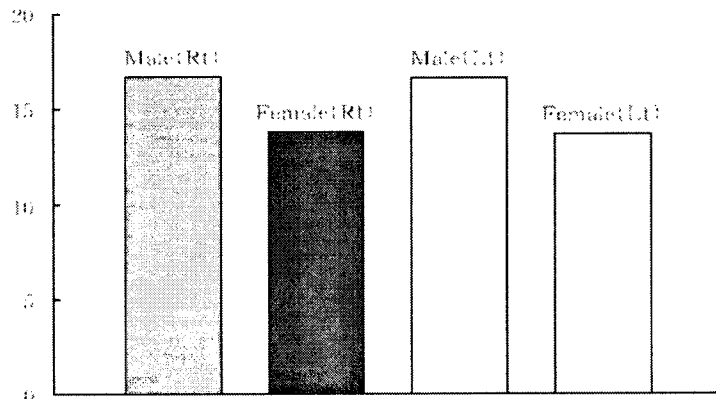


Figure 3. L4-5 disc diameter by Turk & Celan's formula

L5-S1 추간판의 크기는 오른쪽 관절 직경을 이용하여 추정한 경우는 평균  $14.85 \pm 1.62 \text{cm}^2$ 로 남성의 경우는  $16.12 \pm 0.96 \text{cm}^2$ , 여성의 경우는  $13.66 \pm 1.13 \text{cm}^2$ 로 나타나 남성이 여성에 비해 L5-S1의 추간판이 큰 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ).

왼쪽 관절 직경을 이용하여 추정한 경우는 평균

$14.74 \pm 1.73 \text{cm}^2$ 로 남성의 경우는  $16.06 \pm 1.15 \text{cm}^2$ , 여성의 경우는  $13.52 \pm 1.21 \text{cm}^2$ 로 나타나 남성이 여성에 비해 L5-S1의 추간판이 큰 것으로 나타났으나( $p < 0.01$ ) 좌·우 관절 직경에 따른 추정값의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.01$ )(Figure 4).

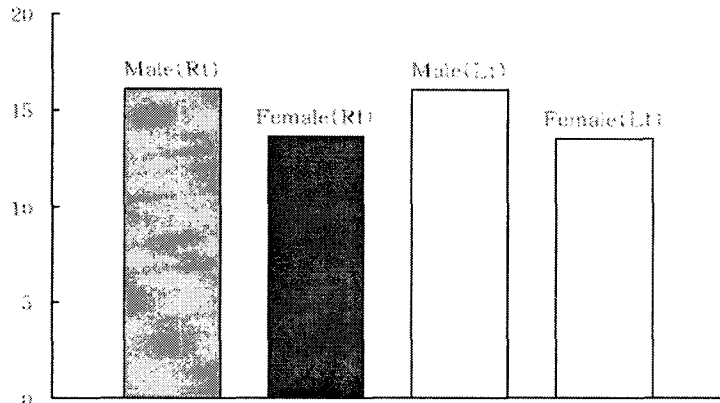


Figure 4. L5-S1 disc diameter by Turk & Celan's formula

### 5. Colombini의 추정값과 Turk와 Celan의 추정값 비교

L4-5와 L5-S1 추간판 크기의 Colombini의 추정값과 Turk와 Celan의 추정값을 비교 검토한 결과

좌·우 관절 직경에 따른 추정값의 경우 Colombini의 추정값이 Turk와 Celan의 추정값 보다 유의하게 큰 것으로 나타났으며( $p < 0.01$ )(Figure 5), 남·여 별로 분류하여 비교한 결과도 Colombini의 추정값이 큰 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ).

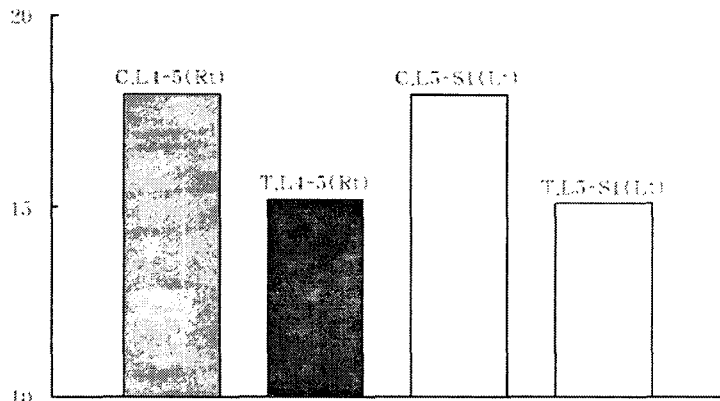


Figure 5. A comparison of the disc diameters by Colombini's and Turk & Celan's formula

## IV. 고찰

요통의 내인적 원인에 관한 연구에서 추간판의 퇴행성 변화와 같은 척추 구조물의 크기가 요통의 원인과 많은 관련이 있을 것으로 제기되고 있는데(Turk와 Celan, 2004) 여러 연구를 살펴보면 정상인의 요추부 척추 조영술, 추간판 조영술, 컴퓨터 단층 촬영에서 높은 빈도의 추간판 이상 소견을 보고하고 있으며(Hitselberger와 Witten, 1968; Holt, 1968; Wiesel 등, 1984) Boden 등(1990)은 요통이나 좌골신경통 그리고 신경학적 파행(claudication)을 경험한 적인 없는 67명의 정상인을 자기공명 영상 촬영한 결과 60세 이상 피검자의 경우 57%가 이상이 있었다고 보고하였으며 Jensen 등(1994)도 요통 증상이 없는 98명을 자기공명 영상 촬영으로 검사한 결과 36%만이 정상 소견을 보였다고 보고하였다.

요통의 주요 원인으로 여겨지는 추간판의 변화 중 많은 주목을 받고 있는 것이 추간판의 높이 변화로서 노화와 더불어 글라이코사미노글라이칸의 감소로 인해 수핵 내의 수분 함량이 감소하여 추간판의 높이가 낮아지는 것으로 여겨지고 있는데 퇴행이 진행 할수록 추간판 수분 함량의 감소로 추간판의 내압은 감소하고(Sato 등, 1999) 결과적으로 이 내압의 감소는 척추에 가해지는 압박 하중이나 굽힘 하중에 대한 추체의 변위나 추간판의 팽윤, 하중의 전달, 척추 운동분절의 운동성과 같은 생체역학적 거동에 변화를 주어(이현옥 등, 2001) 요통을 발생시키게 된다. 또한 추간판의 크기도 노화와 더불어 증가하는 것으로 알려져 있으나(Amonoo-Kuofi, 1991; Koeller 등, 1986) 추간판의 크기 증가가 요통의 예견인자로 활용 가치가 있는지에 관한 연구는 없는 실정이다.

추간판의 이상을 검사하는데는 방사선적인 검사가 주를 이루고 있어 비용적인 문제뿐만 아니라 검사에 따른 유해성의 문제 그리고 임상 환경에서는 연구를 위해 사용이 쉽지 않다는 문제점들이 있다. 이에 본 연구는 이러한 문제들 중 일부 문제들을 해결 수 있는 방법인 신체 계측을 통한 간접적 추간판의 크기 추정법을 통해 요통

에 대한 물리치료적 연구에 활용 할 수 있는 방법을 소개하고 신체 계측에 의한 추정식이 한국인에게도 적합한지의 여부와 이들 추정식에 성별 간 그리고 실측한 좌·우측 관절 직경 간 차이가 있는지의 여부를 알아보는데 있으며 차후 이러한 신체 계측에 의한 추정식과 영상 의학적 자료에 의한 실제 측정치와의 관계 및 요통 발생 예견인자로서의 추간판 크기를 활용 할 수 있는지에 관한 연구를 위한 선행 연구로서 본 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 Colombi 등(1989)과 Turk와 Celan(2004)이 제안한 추정식을 사용하여 요부 추간판의 크기를 추정하였는데 Colombini 등(1989)은 오른쪽의 수근관절, 주관절, 슬관절, 족관절의 직경을 측정하여 L4-5, L5-S1 추간판의 크기를 추정하였으나 본 연구는 좌·우측 4개 관절의 직경을 측정하여 비교한 결과 좌·우측 관절 직경에 따른 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 따라서 인류의 대부분이 우측 우성(right dominant)인 관계로 Colombini 등은 가장 큰 직경을 사용하기 위해 우측 관절 직경을 사용한 것으로 사료되거나 우측이 좌측 관절에 비해 직경이 다소 크기는 하지만 추간판의 크기를 추정하는데는 커다란 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 남·여간의 관절 직경 및 추간판의 크기를 비교한 결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났는데 이는 피검자의 일반적인 해부학적인 차이에 의한 것으로 사료된다.

Colombini 등(1989)의 추정식에 의해 구한 L4-5 추간판의 크기의 경우 본 연구에서는 17.92~17.95cm<sup>2</sup>로 나타나 40대의 피검자 32명을 대상으로 추정한 Colombini 등(1989)의 16.49~26.99cm<sup>2</sup>보다 크기가 작은 것으로 나타났으며 Turk와 Celan(2004)이 평균 44세의 피검자 40명을 대상으로 Colombini 추정식에 의해 보고한 22.02cm<sup>2</sup>보다도 작은 것으로 나타났으나 박병철 등(1999)은 L5 상면의 크기가 15.29~15.63cm<sup>2</sup>이라고 보고하여 추간판의 크기도 이와 유사할 것이라고 가정한다면 본 연구의 결과도 이와 유사한 것으로 추정되며 Turk와 Celan(2004)이 컴퓨터 단층 촬영에

의해 보고한 17.96cm<sup>2</sup>와도 유사한 크기를 나타내었다. L5-S1 추간판 크기의 경우도 본 연구에서는 16.19~16.22cm<sup>2</sup>로 선행 연구들(Colombini 등, 1989; Turk와 Celan, 2004) 보다는 약간 작게 나타났는데 이러한 차이는 연구에 참여한 피검자들의 신장이나 체중의 차이에 의한 것으로 사료된다.

Turk와 Celan(2004)은 Colombini 등(1989)의 추정식과 신장, 체중 그리고 수근관절, 주관절, 슬관절, 족관절 직경의 상관관계를 연구한 결과 족관절 직경의 상관관계가 가장 낮다고 하여 족관절 직경을 배제한 수정된 추정식을 제안하여 본 연구에서도 Colombini 등(1989)의 추정식과 Turk와 Celan(2004)의 추정식에 의한 추가판의 크기를 비교한 결과 L4-5 및 L5-S1 모두 Turk와 Celan(2004)의 추정식에 의한 값이 유의하게 작게 나타났으며 이는 Turk와 Celan(2004)의 연구 결과와 같았다. Turk와 Celan(2004)의 수정된 Colombini 추정식에 의해 구해진 L4-5 추간판의 크기는 15.09~15.21cm<sup>2</sup>, L5-S1은 14.74~14.85cm<sup>2</sup>로 나타나 L4-5, 17.96cm<sup>2</sup> L5-S1, 16.87cm<sup>2</sup>를 보고한 Turk와 Celan(2004)의 연구 결과 보다는 다소 작게 나타났는데 이러한 결과도 연구에 참여한 피검자들의 신장이나 체중의 차이에 의한 것으로 사료된다.

## V. 결론

Colombini 등(1989)과 Turk와 Celan(2004)의 추정식에 의해 L4-5, L5-S1 추간판 크기를 간접적으로 측정된 결과 본 연구의 결과가 상기 연구 결과들의 추정치 보다는 약간 작은 것으로 나타났으나 동서양인의 해부학적인 차이를 감안한다면 유사한 결과로 사료되며 차후 신체 계측을 통한 추간판의 크기와 방사선학적인 직접적 측정에 의한 결과를 비교하는 연구를 통해 한국인에게도 이러한 신체 계측에 의한 간접적 추정 방법이 유용한가에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 박병철, 오창욱, 민우기. 한국성인의 요추 및 추체간 공간의 해부학적 형태계측. 대한척추외과학회지. 1999;6(1):34-40.
- 이현욱, 이성재, 신정욱. 굽힘하중에 대한 퇴행성 추간판의 생역학적 특성 분석. 대한물리치료학회지. 2001;13(1):1-18.
- Acaroglu ER, Iatridis JC, Setton LA et al. Degeneration and aging affects the tensile behavior of human lumbar anulus fibrosus. Spine. 1995;20(24):2690-701.
- Amonoo-Kuofi HS. Morphometric changes in the heights and anteroposterior diameters of the lumbar intervertebral discs with age. J Anat. 1991;175:159-68.
- Ashton-Miller JA, Schultz AB. Biomechanics of the human spine and trunk. Exerc Sport Sci Rev. 1988;16:169-204.
- Boden SD, Davis DO, Dina TS et al. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. J Bone Joint Surg Am. 1990;72(3):403-8.
- Colombini D, Occhipinti E, Grieco A et al. Estimation of lumbar disc areas by means of anthropometric parameters. Spine. 1989;14(1):51-5.
- Hitselberger WE, Witten RM. Abnormal myelograms in asymptomatic patients. J Neurosurg. 1968;28(3):204-6.
- Holt EP Jr. The question of lumbar discography. J Bone Joint Surg Am. 1968;50(4):720-6.
- Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N et al. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. N Engl J Med. 1994;331(2):69-73.
- Koeller W, Muehlhaus S, Meier W et al. Biomechanical properties of human intervertebral discs subjected to axial dynamic compression influence of age and degeneration. J Biomech. 1986;19(10):807-16.



- Maigne R. Diagnosis and treatment of pain of vertebral origin. A manual medicine approach. Baltimore, Williams & Wilkins Co, 1996:72.
- Pope MH, Frymoyer JW, Lehman TR. Structure and function of the lumbar spine. In: Pope MH et al, eds, Occupational low back pain: Assessment, treatment and prevention, St Louis, Mosby, 1991:105-8.
- Sato K, Kikuchi S, Yonezawa T. In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problem. Spine. 1999;24(23):2468-74.
- Turk Z, Celan D. Importance of intervertebral disc size in low back pain. Croat Med J. 2004;45(6):734-9.
- Urban JPG, McMullin JF. Swelling pressure of the intervertebral disc: Influence of proteoglycan and collagen contents. Biorheology. 1985;22(2):145-57.
- Wiesel SW, Tsourmas N, Feffer HL et al. A study of computer-assisted tomography. I. The incidence of positive CAT scans in an asymptomatic group of patients. Spine. 1984;9(6):549-51.