

단순 방사선 사진을 이용한 요추 수준 결정에 대한 나이와 성별의 영향

고려대학교 의과대학 재활의학교실

김인종 · 김동휘 · 강윤규 · 황미령 · 변혜령

– Abstract –

Influence of Age and Sex in Determining the Level of Lumbar Spine through Simple Radiograph

In Jong Kim, M.D., Dong Hwee Kim, M.D., Yoon Kyoo Kang, M.D.,
Mi Riam Hwang, M.D. and Hye Ryoung Bun, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, College of Medicine, Korea University

Objectives: To evaluate the influence of age and sex in determining the level of lumbar spine for the needle electromyography of lumbar paraspinal muscles.

Methods: Two hundred forty adult patients' plain X-rays of lumbar spine and pelvic bone were evaluated. Subjects with scoliosis, kyphosis, severe degenerative change, compression fracture, lumbarization, sacralization, and history of back surgery were excluded. They were divided into 6 groups according to age (20-39 years, 40-59 years, and ≥ 60 years) and sex. The level of Tuffier's line (Lv_T) of each subject relative to the lumbosacral vertebral body (VB) and spinous process (SP) was determined by plain X-rays of anteroposterior and lateral projections, respectively. The Lv_T relative to VB was divided into 5 types: L4U (upper L4 VB), L4L (lower L4 VB), L4-5, L5U, and L5L and the Lv_T relative to SP was divided into 3 types: L4SP, L4-5SP, and L5SP.

Results: The most common Lv_T relative to VB and SP were at L4-5 intervertebral space (43.8%, 47.1%, respectively) but were significantly influenced by age and sex($p < 0.01$).

Conclusion: The Lv_T should be determined individually considering patient's age and sex.

Key Words: Tuffier's line, Paraspinal muscle, Radiculopathy, Age, Sex

서 론

요추 척추주위근은 척추 신경의 전방 일차가지(anterior primary rami)의 지배를 받는 둔부와 하지의 근육들과는 달리 후방 일차가지(posterior primary rami)의 지배를 받기 때문에 요추 척추주위근의 침근 전도 검사는 진단에 중요한 단서를 제공해준다. 특히 요추 척추주위근 중 다열근(multifidus)의 경우 단일

분절지배(unisegmental innervation)를 받으므로 정확한 신경근 병변의 위치를 파악하는데 도움이 된다.¹

이때 척추주위근의 분절(segment)과 실제로 침근전도가 실시된 척추주위근 분절의 동일 여부가 중요하며, 이를 위해 방사선학적 방법을 사용하여 검사하는 것이 정확하지만 현실적으로 제약이 따른다. 따라서 일반적으로 양측 장골능의 가장 높은 부분을 연결한 가상의 선인 Tuffier's line을 해부학적인 지표로 사용하게 된

Address reprint requests to **Dong Hwee Kim, M.D.**
Department of Rehabilitation Medicine, College of Medicine, Korea University
126-1, 5ka, Anam-dong Sungbuk-Gu, Seoul 136-705, Korea
Tel : 82-31-412-5330, Fax : 82-31-412-5344, E-mail : rmkdh@chol.com

다. 그러나 요추와 교차하는 높이가 일부 관련 문헌에 제3-4 요추 극돌기 사이로 기술되어 있는 경우가 있으며,^{2,6,11,14} Tuffier's line을 이용하여 도수로 측정하는 방법을 사용할 때 환자의 피하 지방층 두께나 연령, 성별 등과 같은 같은 환자측 요인과 도수 측지 과정에서 숙련도등의 차이에 의한 검사자측 요인에 따라 오차가 발생하는 경우가 드물지 않아 검사자의 주의를 요한다.^{2,3} 이에 저자들은 요추 단순 방사선 검사를 통해 환자의 연령과 성별에 따라 Tuffier's line과 요추가 교차하는 높이의 분포를 구하고, 그 특징을 연구하여 척추주위근 침근전도 검사에서의 정확성을 높이고자 본 연구를 시행하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

2003년 10월부터 2005년 5월까지 재활의학과를 내원한 환자들 중 전후면과 측면 요추 단순 방사선 검사를 모두 실시한 환자들의 요추 방사선 사진을 대상으로 연구를 진행하였다. 전후면 요추 단순 방사선 검사는 양와위 상태에서 시행하였으며, 측면 요추 단순 방사선 검사는 측와위 상태에서 시행하였다. 이중 단순 방사선 사진에서 척추 측만증, 척추 전만증, 척추의 심한 퇴행성 변화, 압박골절, 요추화 혹은 천추화, 요추부 수술의 기왕력이 있는 환자의 방사선 사진과, 두명의 재활의학과 의사에 의한 Tuffier's line과 요추체, 요추 극돌기와의 관계 판정이 일치하지 않는 방사선 사진은 대상에서 제외하였다. 이러한 방법으로 총 240명의 환자를 대상으로 하였으며, 남자와 여자가 각각 120명이었고 평균 연령은 47.6 ± 15.9 세였다.

2. 연구방법

대상자들을 연령에 따라 20~39세, 40~59세, 그리고 60세 이상의 세군으로 나누었고, 각 군을 다시 성별에 따라 나누어 전체 6개군으로 분류하였다. 각각의 군마다 40명의 환자를 포함하게 하였다.

요추 단순 방사선 사진의 전후면 사진을 이용하여 사진상에서 양측 장골능의 가장 윗부분을 지나는 수평선(Tuffier's line)을 그어 요추 전후면 사진에서 요추체와의 관계를 판정하였다. 그리고 요추 측면 사진에서 양측 장골능이 겹쳐진 경우는 겹쳐진 장골능의 가장 윗부분을 지나는 평행선을, 양측 장골능이 겹쳐지지 않은 경우는 양측 장골능의 가장 윗부분을 연결한 선의 이등분점을 지나는 평행선을 그어 Tuffier's line과 극돌기와의 관계를 두명의 재활의학과 의사가 함께 판정하였다.

1) Tuffier's line과 요추체와의 관계

전후면 요추 단순방사선 사진 상에서 위에서 기술한 바와 같이 Tuffier's line을 긋고 이 선과 요추체와의 위치 관계에 따라 다음과 같이 5가지 유형으로 분류하였다(Fig. 1).

- a. L4U(upper part of L4 vertebral body): Tuffier's line이 제4 요추체의 높이를 이등분하는 선의 윗부분을 지나는 경우
- b. L4L(lower part of L4 vertebral body): Tuffier's line이 제4 요추체의 높이를 이등분하는 선의 아랫부분을 지나는 경우
- c. L4-5(L4-5 intervertebral space): Tuffier's line이 제4 요추체와 제5 요추체의 사이를 지나는 경우
- d. L5U(upper part of L5 vertebral body):

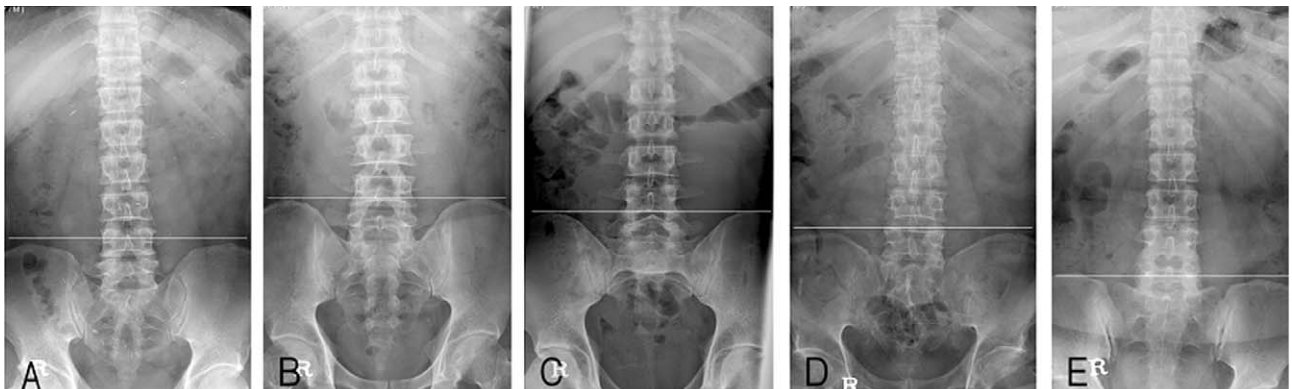


Fig. 1. Relationship between Tuffier's line and vertebral body: **A**, L4U (L4U: upper part of L4 vertebral body); **B**, L4L (lower part of L4 vertebral body); **C**, L4-5 (L4-5 intervertebral space); **D**, L5U (upper part of L5 vertebral body); **E**, L5L (lower part of L5 vertebral body)

Tuffier's line이 제5 요추체의 높이를 이등분하는 선의 윗부분을 지나는 경우

- e. L5L(lower part of L5 vertebral body): Tuffier's line이 제5 요추체의 높이를 이등분하는 선의 아랫부분을 지나는 경우

2) Tuffier's line과 요추 극돌기(spinous process)와의 관계

환자들의 측면 요추 단순 방사선 사진상에서 위에서 기술한 바와 같이 Tuffier's line을 결정하였으며 이 선과 요추 극돌기와의 위치 관계에 따라 다음과 같이 3가지 유형으로 분류하였다(Fig. 2).

- a. L4SP(spinous process of L4): Tuffier's line이 제4 요추 극돌기를 지나는 경우
- b. L4-5SP(interspinous space of L4-5): Tuffier's line이 제4-5 요추 극돌기 사이를 지나는 경우
- c. L5SP(spinous process of L5): Tuffier's line이 제5 요추 극돌기를 지나는 경우

3. 통계

통계처리는 윈도우용 SPSS10.0 통계 프로그램을 사용하였다. Tuffier's line과 요추체 그리고 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계가 성별 간, 연령 간 차이가 있는가는 Fisher's exact test를 이용하여 검증하였다.

Tuffier's line과 요추체의 관계가 같은 연령에서 성별간, 같은 성별에서 연령간 차이가 있는가는 마찬가지로

로 Fisher's exact test를 이용하여 검증하였다. Tuffier's line과 요추 극돌기의 관계에서는 같은 내용의 검증을 Pearson χ^2 (카이제곱)검정을 이용하여 검증하였다. 통계학적 유의수준은 p value가 0.05 이하인 경우로 하였다.

결 과

1. Tuffier's line과 요추체와의 관계 (Table 1)

전체 240명의 환자 중 L4-5 유형이 105명(43.8%)으로 가장 많았으며, L5U 유형이 66명(27.5%), L4L 유형이 60명(25.0%), L5L 유형이 5명(2.1%), 그리고 L4U 유형이 4명(1.6%) 순이었다. 연령군에 따른 Tuffier's line과 요추체와의 관계를 측정된 결과 20~39세 군에서는 L5U 유형이 35명(43.8%), 40~59세 군과 60세 이상 군에서는 L4-5 유형이 각각 39명(48.8%), 37명(46.3%)으로 가장 많았고, 연령에 따라 분류한 세 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.00). 성별에 따른 Tuffier's line과 요추체와의 관계는 남자에서는 L4-5 유형이 60명(50.0%), 여자에서는 L5U 유형이 50명(41.7%)으로 가장 많았고, 성별에 따라 분류한 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.00).

같은 연령군에서 성별의 영향을 살펴본 결과 세 연령군 중 20~39세 군에서만 Tuffier's line과 요추체와의 관계가 성별에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.00). 같은 성별내에서 연령의 영향을 살펴본 결

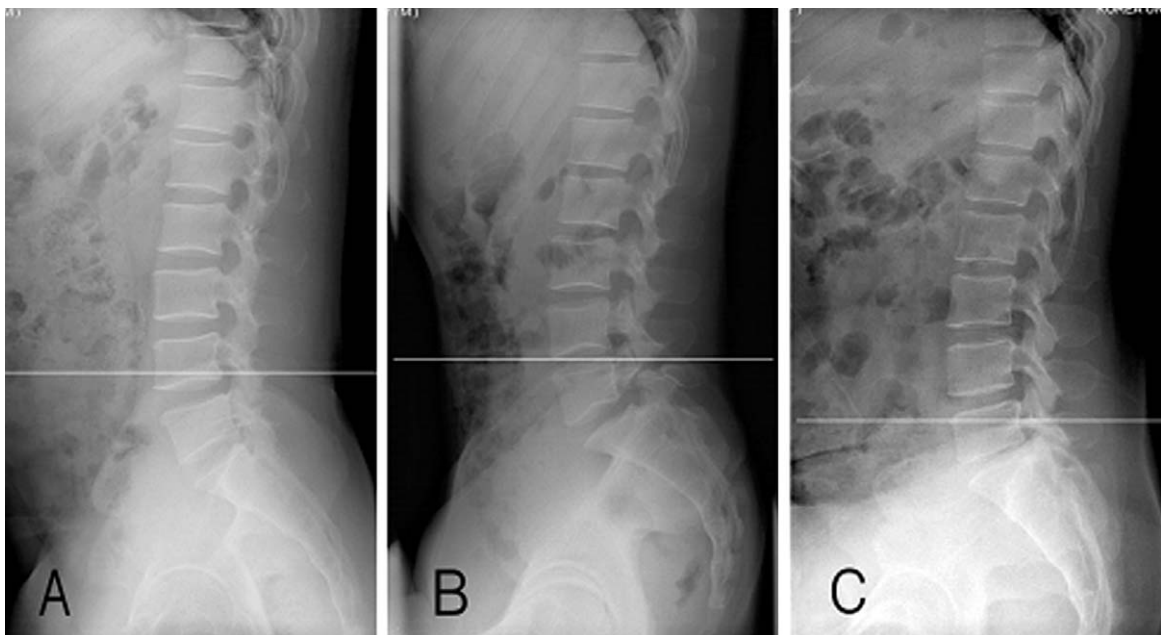


Fig. 2. Relationship between Tuffier's line and spinous process: A, L4SP (spinous process of L4); B, L4-5SP (interspinous space of L4-5); C, L5SP (spinous process of L5)

과 여자에서만 Tuffier's line과 요추체의 관계가 연령에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.00).

2. Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계 (Table 2)

전체 240명의 환자 중 L4-5SP 유형이 113명(47.1%)으로 가장 많았으며, L4SP 유형이 79명(32.9%), L5SP 유형이 48명(20%) 순이었다. 연령군에 따른 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계를 측정 한 결과 20~39세 군과 40~59세 군에서는 L4-5SP 유형이 각각 40명(50.0%), 45명(56.3%), 60세 이상 군에서는 L4SP 유형이 45명(56.3%)으로 가장 많았고, 연령에 따라 분류한 세 군간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.00). 성별에 따른 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계를 측정한 결과 남자와 여자에서 모두 L4-5SP 유형이 각각 54명(47.8%), 59명(52.2%)으로 가장 많았고, 성별에 따라 분류한 두 군간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.004).

같은 연령군에서 성별의 영향을 살펴본 결과 세 연령군중 20~39세 군에서만 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계가 성별에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.048). 같은 성별내에서 연령의 영향을 살펴본 결과 p값이 각각 0.000, 0.004로 남자와 여자의 경우 모두 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계가 연령에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

고 찰

요추 척추주위근중 다열근은 척추 신경의 후방 일차가지의 지배를 받고, 다열근이 기시하는 극돌기의 아랫쪽

으로 나오는 신경에 의해 단일분절지배를 받는 특징⁴이 있어 척추주위근 침 근전도 검사에서의 가장 중요한 목표 근육(target muscle)이 된다.⁵ 특히 요천수 신경근 병변 진단에서 둔부와 하지의 침근전도 소견이 애매하거나, 탈신경화(denervation)가 원위부까지 진행되지 않은 경우 척추주위근의 침근전도 소견은 매우 중요한 진단방법으로 paraspinal mapping 등을 통해 척추주위근 침근전도 검사만으로 요추부 신경근 병변의 분절을 정하려는 시도도 있었다.⁶ 그러나 척추주위근 침근전도 검사의 이러한 중요성에도 불구하고 검사자가 의도한 분절과 다른 분절의 다열근이 검사된다면 근전도 검사의 결과 자체가 전혀 달라질 수 있으며, 향후 치료 방침의 수립이나 예후에도 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 따라서 척추주위근의 분절을 정확히 정하는 것이 중요하며, 방사선 소견으로 분절을 정하는 것이 가장 정확하지만 실제 임상에 있어서 현실적인 제약이 많기 때문에, 일반적으로 검사 시 쉽게 접근할 수 있는 여러 해부학적인 구조물을 이용하여 분절을 정하게 된다.

해부학적 구조물을 이용하여 척추의 분절을 정하는 예들은 경추의 경우 극돌기가 가장 돌출된 경추를 제 7번 경추로, 흉추에서는 견갑골의 하각(inferior angle)을 제 7번 흉추로 생각하여 그 기준으로 삼는 방법이 있으며, 요추의 경우 양측 장골릉의 가장 윗부분을 서로 연결한 선(Tuffier's line)을 기준으로 정하는 방법이 널리 사용되고 있다. 그러나 Tuffier's line은 임상에서의 실제적인 경험과는 달리 일부 관련문헌의 기술이나 그림에 요추와의 교차 높이가 제3-4 요추 사이로 명시되어 있고,^{2,7,8,9} 환자 개개인의 피하지방의 양, 연령, 성별 등에 따라 그 높이가 달라질 수 있어 혼란을 야기하는 경우가 많다.

이에 저자들은 전후면 그리고 측면 방사선을 이용하여

Table 1. Relationship between Tuffier's Line and Vertebral Body according to Age

Age(year)	Male				Female				total
	20~39	40~59	≥60	total	20~39	40~59	≥60	total	
L4U ¹⁾	0	0	3	3	0	0	1	1	4
L4L ²⁾	12	12	15	39	1	8	12	21	60
L4-5 ³⁾	18	22	20	60	11	17	17	45	105
L5U ⁴⁾	8	6	2	16	27	14	9	50	66
L5L ⁵⁾	2	0	0	2	1	1	1	3	5
total	40	40	40	120	40	40	40	120	240

Values are number of subjects.

There are statistically significant differences in the relationship of Tuffier's line to vertebral body in 20-39 year old group according to sex and in female groups according to age (p<0.05).

1. L4U: upper part of L4 vertebral body, 2. L4L: lower part of L4 vertebral body, 3. L4-5: L4-5 intervertebral space, 4. L5U: upper part of L5 vertebral body, 5. L5L: lower part of L5 vertebral body

Tuffier's line이 실제로 어느 높이에서 요추와 교차하는지 여부와 연령과 성별에 따라 어떠한 차이가 있는가를 연구하였다. 연구결과 Tuffier's line이 제4-5 요추체 사이 혹은 제4-5 요추 극돌기 사이에서 가장 많이 교차하였다. 이러한 연구 결과는 선행되었던 몇몇 연구들의 내용과 비슷한 결과를 보였다.^{10,11} 그러나 Tuffier's line이 제4-5 요추체 사이 혹은 제4-5 요추 극돌기 사이에서 요추와 가장 많이 교차하기는 하지만, 이는 본 연구에 의하면 각각 105명(43.8%), 113명(47.1%)으로 전체의 절반에도 미치지 못하였으므로 개개인간의 편차가 있을 수 있음을 나타내었다.

또한 Tuffier's line과 요추체 그리고 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계를 측정된 결과가 환자의 연령과 성별에 따라 의미있는 차이를 보였다. 그러나 같은 성별내에서 Tuffier's line과 요추체와의 관계가 여성에서만 연령에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으므로, 남녀 전체에서 의미있는 차이가 있는지는 알 수 없었다. 같은 연령군간 성별의 영향을 살펴보면 세 연령군중 20~39세인 연령군에서의 성별에 따른 Tuffier's line과 요추체와의 관계만이 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.00). 요추 주위근 침검사시 검사자들이 직접 측정하는 구조물이 척추체가 아닌 극돌기 임을 고려하여, 3개의 연령군중 유일하게 같은 연령군내에서 성별간의 통계적 차이를 보인 20-39세 연령군에서 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계를 좀 더 살펴보면, 20~39세 연령군의 경우 Tuffier's line이 지나가는 극돌기의 높이가 남자의 경우 전체 40명의 환자중 L4가 13명(32.5%), L4-5가 17명(42.5%), 그리고 L5가 10명(25%)이었고, 여자의 경우는 전체 40명의 환자중 L4가 4명(10%), L4-5가 23명(57.5%), L5가 13명(32.5%)으로 나타났다. 즉 실제의 침근전도 검사시 Tuffier's line이 제4-5 요추 극돌기간 공간(interspinous space)에 위치하는 경우가 가장 많았으나 정확히 극돌기간 공간을 지나지 않고 극돌기 상에 위치하였을 경우 검사자는 그 극돌기의 위 혹은

아래 위치한 극돌기간 공간중 하나를 제4-5 요추 극돌기간 공간으로 결정해야만 하는데, 만약에 환자가 20~39세 사이의 남자였을 경우 Tuffier's line이 지나가는 극돌기가 제4 요추 극돌기일 확률과 제5 요추 극돌기일 확률간의 큰 차이가 없지만, 환자가 20~39세 사이의 여자일 경우는 Tuffier's line이 지나가는 극돌기가 제4 요추 극돌기일 확률보다 제5 요추 극돌기일 확률이 3배 정도 크다는 것을 의미하므로 Tuffier's line의 한 분절 아래쪽에 아닌 위쪽에 위치한 극돌기간 공간을 제4-5 요추 극돌기간 공간으로 생각하여 검사를 시행하는 것이 검사의 오차를 줄일 수 있는 방법이라고 생각한다. 이것은 남녀간 골반뼈의 해부학적인 차이 즉, 여성의 골반뼈가 남성의 골반뼈보다 좌우직경은 크지만 경사도가 보다 커 골반뼈 전체의 높이가 높지 않기 때문인 것으로 생각된다.

같은 성별간 연령의 영향을 마찬가지로 이유로 요추 극돌기를 중심으로 살펴보면, Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계가 남자의 경우 연령군간 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p=0.00), 20~39세 연령군에서는 Tuffier's line과의 교차점이 제4 요추 극돌기, 제4-5 요추 극돌기간 공간, 제5 요추 극돌기 모두에 걸쳐 고르게 분포되어 있으나, 60세 이상의 연령군에서는 Tuffier's line이 제4 요추 극돌기와 교차하는 경우가 전체 40명의 환자중 27명(67.5%)으로 20-39세 연령군의 13명(32.5%)에 비해 2배가량 증가 되었으며, 상대적으로 제5 요추 극돌기와 교차하는 경우는 10(25%)명에서 1명(2.5%)으로 감소하였음을 알 수 있다. 이러한 변화는 여자의 경우도 마찬가지로 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 관계가 연령군간 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p=0.004), 20~39세 연령군에서 Tuffier's line과 요추 극돌기와의 교차점이 제4 요추 극돌기, 제5 요추 극돌기인 경우가 각각 4명(10%), 13명(32.5%)이었으나 60세 이상의 연령군에서는 각각 18명(45%), 6명(15%)으로 의미있게 증가, 감소 하였음을 알 수 있다. 즉 60

Table 2. Relationship between Tuffier's Line and Spinous Process according to Age

Age(year)	Male				Female				total
	20~39	40~59	≥60	total	20~39	40~59	≥60	total	
L4SP ¹⁾	13	10	27	50	4	7	18	29	79
L4-5SP ²⁾	17	25	12	54	23	20	16	59	113
L5SP ³⁾	10	5	1	16	13	13	6	32	48
total	40	40	40	120	40	40	40	120	240

Values are number of subjects.

There are statistically significant differences in the relationship of Tuffier's line to spinous process in 20-39 year old group according to sex and in male and female groups according to age (p<0.05).

1. L4SP: spinous process of L4, 2. L4-5SP: interspinous space of L4-5, 3. L5SP: spinous process of L5

세 이상의 환자에서 Tuffier's line이 극돌기간 공간이 아닌 극돌기 상에 위치 할 경우 앞서 언급한 20~39세 연령군인 여자환자의 경우와는 달리 Tuffier's line의 한 분절 위쪽이 아닌 아래쪽에 위치한 극돌기간 공간을 제4-5 요추 극돌기간 공간으로 생각하여 검사를 시행하는 것이 검사의 오차를 줄일 수 있는 방법이라고 생각한다. 이것은 고령에 따른 요추의 퇴행성 변화, 골다공증, 요추 추간판의 위축등에 의해 요추의 높이가 낮아지면서¹² 상대적으로 Tuffier's line의 높이가 증가하였기 때문으로 생각된다. 이러한 연구 결과는 고령인 경우와 여자의 경우 측정의 오류가 생길 가능성이 높다는 이전의 연구와³ 일치하는 결과를 보였다.

Tuffier's line을 이용해 정확한 제4-5 요추 극돌기간 공간을 찾는다는 것은 여러 제한점이 있다. 연령과 성별에 따른 오류 이외에도 앞서 언급하였듯이 검사시 피하지방을 통해 장골릉을 촉지하게 되므로 피하지방의 양이 많은 환자의 경우 Tuffier's line이 실제보다 의미있게 높아져 이에 따른 오류가 발생할 수 있다.² 이러한 이유로 Tuffier's line 대신 제 10번 늑골¹³ 혹은 후상장골극 (posterior superior iliac spine)을 이용하는 방법¹⁴이 제시되기도 하였으나 환자의 제4-5 요추 극돌기간 공간을 결정하는 방법 중 가장 이상적인 방법인 방사선학적인 검사를 대신할 만큼의 정확성은 보여주지는 못하고 있으며, 개인간의 편차와 그 특징에 대한 연구도 미미한 실정이다. 이러한 이유로 실제 임상에서는 그 제한점에도 불구하고 Tuffier's line을 이용한 방법을 가장 널리 이용하고 있다. 따라서 본 연구 결과에서 나타난 것과 같이 Tuffier's line과 요추체 혹은 요추 극돌기와의 관계에 있어서 개인의 나이와 성별에 따른 특징을 고려하여 검사한다면 개인 간의 오차를 상당부분 줄일 수 있을 것으로 기대하며 정확한 진단에 보다 도움이 될 것으로 생각한다. 아울러 피하지방의 양이 많은 환자의 경우 Tuffier's line이 실제보다 높게 촉지 된다는 것을 감안하여 제4-5 요추 극돌기간 공간을 정하는 것이 필요하나 이에 대한 정확한 연구가 미흡한 상태이므로 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결 론

척추주위근 침근전도 검사는 신경근 병변 등의 진단에 있어서 중요한 진단적 가치를 지니며 이의 정확성을 위해서는 정확한 척추분절의 결정이 선행되어야만 한다. 이러한 척추분절의 결정에는 요추의 경우 양측 장골릉을 연결한 Tuffier's line이 가장 널리 이용되고 있으며, 연구 결과 제4-5 요추체 사이 혹은 제4-5 요추 극돌기 사이에서 요추와 가장 많이 교차하였으나, Tuffier's line이 개인의 연령과 성별에 따라 편차가 있으므로, 환

자의 연령과 성별에 따른 특징을 파악하여 검사할 때 적용한다면 보다 정확한 진단을 내릴 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Haig AJ, Moffroid M, Henry S, Haugh L, Pope M: A technique for needle localization in paraspinal muscles with cadaveric confirmation. *Muscle Nerve* 1991; 14: 521-526.
2. Hogan QH: Tuffier's line: the normal distribution of anatomic parameters. *Anesth Analg* 1994; 78: 194-195.
3. Kim JT, Bahk JH, Sung JH: Influence of age and sex on the position of the conus medullaris and Tuffier's line in adult. *Anesthesiology* 2003; 99: 1359-1363.
4. Macintosh JE, Valencia F, Bogduk N, Munro RR: The morphology of the human lumbar multifidus. *Clin Biomech* 1986; 1: 196-204.
5. Campbell WW, Vasconcelos O, Fred JL: Focal atrophy of the multifidus muscle in lumbosacral radiculopathy. *Muscle Nerve* 1998; 21: 1350-1353.
6. Haig AJ: Clinical experience with paraspinal mapping I: neurophysiology of the paraspinal muscles in various spinal disorders. *Arch Phys Med Rehab* 1997; 78: 1177-1184.
7. Broadbent CR, Maxwell WB, Ferrie R, Wilson DJ, Gawnecaim M, Russell R: Ability of anesthetists to identify a marked lumbar interspace. *Anesthesia* 2000; 55: 1122-1126.
8. Perotto AO: *Anatomical guide for the electromyographer*, 3rd ed, Springfield: Thomas, 1994, pp278.
9. Stein J, Baker E, Pine ZM: Medial paraspinal muscle electromyography: techniques of examination. *Arch Phys Med Rehab* 1993; 74: 497-500.
10. Ievnis FA: Accuracy of placement of extradural needles in the L3-4 interspace: comparison of two methods of identifying L4. *Br J Anaesth* 1991; 67: 224-225.
11. Render CA: The reproducibility of the iliac crest as a marker of lumbar spine level. *Anaesthesia* 1996; 51: 1070-1071.
12. Sone T, Tomomitsu T, Miyake M, Takeda N, Fukunaga M: Age-related changes in vertebral height ratios and vertebral fracture. *Osteoporosis Int* 1997; 7: 113-118.
13. Jung CW, Bahk JH, Lee JH, Lim YJ: The tenth rib line as a new landmark of the lumbar vertebral level during spinal block. *Anesthesia* 2004; 59: 359-363.
14. 이진아, 이종인, 고영진, 강세윤, 성남석, 임선 등: 장골릉 및 후상장골극을 이용한 척추 높이 추정 비교. *대한 재활의학회지* 2004; 28: 596-60.