

요통 환자의 요추 주변 근육 단면적과 신체안정성(Stability), 체중심(Center of Pressure)과의 관련성 : 동적평형검사(Tetrax)를 중심으로

성익현¹, 이갑수¹, 정재훈¹, 김원우¹, 조창영¹, 최철우², 하인혁¹

¹강남자생한방병원 한방재활의학과
²대전자생한방병원 한방재활의학과

Received : 2013. 11. 15 Reviewed : 2013. 11. 18 Accepted : 2013. 12. 5

The Association between Cross-section of Lumbar Regional Muscle analyzed by MRI and Stability, Center of Pressure assessed by Tetrax

Ik-Hyun Seong, K.M.D.¹, Kap-Soo Lee, K.M.D.¹, Jung-Jae Hoon, K.M.D.¹, Won-Woo Kim, K.M.D.¹,
Chang-Young Cho, K.M.D.¹, Chul-Woo Choi, K.M.D.², In-Hyuk Ha, K.M.D.¹

¹Department of Rehabilitation Medicine of Korean Medicine, Gangnam Jaseng Korean Medicine Hospital
²Department of Rehabilitation Medicine of Korean Medicine, Daejeon Jaseng Korean Medicine Hospital

Objectives : To identify the association between cross-sectional area of lumbar regional muscle and stability(ST), center of pressure(COP) assessed by tetrax.

Methods : Patients(n=55) who had taken L-SPINE MRI and Tetrax(Sunlight, Israel) were analyzed retrospectively. To evaluate the cross-sectional area of lumbar regional muscle, L-SPINE MRI was used. Data of ST, COP were accumulated by using dynamic equilibrium analysis by Tetrax. Of the lumbar regional muscles, the Psoas muscles and the Paraspinalis muscles were examined. Using Pearson correlation, we analyzed COP, ST and the difference between the cross-sectional area of lumbar regional muscles.

Results : The variance of cross-sectional area of both sides of Psoas muscle and COP had moderate positive correlation($r=0.621$). Between variance of cross-sectional area of both sides of Paraspinalis and lumbar regional muscle and COP there was low positive correlation($r=0.287$, $r=0.329$) ST also had low correlation with variance of cross-sectional area of both sides of Psoas muscle.

Conclusion : The variance of cross-sectional area between both sides of Psoas muscle had moderate correlation with COP.

Key words : Psoas muscle, Paraspinalis muscle, Center of Pressure, Stability, Tetrax, Lumbar regional muscle

I. 서 론

요통은 다양한 형태로 발생되며 현대사회에서 가장 일반적인 근골격계 질환의 하나로 널리 알려져 있

다¹⁾. 실제로 요통은 80~90%의 성인들이 평생 동안 한번 또는 그이상 경험하게 되는 질환이다²⁾.

이러한 요통의 원인에 대해 서양의학에서는 추간판성 원인(요추 불안정, 추간판 탈출증, 퇴행성 추간

■ 교신저자 : 하인혁, 서울특별시 강남구 신사동 635번지 강남자생한방병원 4동 2층 R&D Center
Tel : (02) 3218-2188 Fax : (02) 3445-6644 E-mail : hanihata@gmail.com

판 질환, 척추관 협착증), 척추골성 원인(척추분리증, 척추전방전위증, 염증, 종양 등), 복부 내 장기에 의한 원인, 신경조직에 의한 원인, 맥관성 원인, 심인성 원인 등으로 분류하고 있다³⁾.

만성적인 요통질환은 일상생활의 제한과 함께 불안, 무력감, 우울 등과 같은 정신적인 스트레스를 유발하게 된다. 또한 요통으로 인하여 신체활동이 감소하게 되는데 이에 따라 근 위축 및 근력의 감소로 척추 주변 근육의 불균형 현상을 초래함으로써 통증을 심화시키게 된다⁴⁾. 척추 주변 근육의 불균형은 다시 한번 척추가 받는 부하의 불균형을 유도하게 되고 이로 인하여 근골격계의 손상과 함께 요통을 심화시키게 된다⁵⁾.

따라서 척추 주변 근육 또한 요통의 한 원인이라고 할 수가 있는데 이와 관련하여 척추 주변 근육과 요통과의 관련성에 대한 연구가 수차례 진행된 바가 있다. 공 등⁶⁾은 2010년의 연구에서 척추주위근의 단면적과 요통의 관련성에 대한 연구를 진행하였다.

또한 임 등⁷⁾은 2012년의 연구에서 요통의 치료에 따른 척추 주변 근육 단면적의 변화에 대한 연구를 진행하기도 하였다. 추가적으로 요추 주변 근육의 단면적, 지방량과 요통과의 상관성에 대하여 연구한 연구가 진행되기도 하였다^{8,9)}.

척추 주변의 근육 및 주변 조직들은 척추의 안정에 기여를 하게 되는 인자이다. 주변 조직의 이상으로 인하여 척추가 불안정해지면 자세 이상을 유발시키기도 한다. 이러한 자세 이상은 근골격계에 점진적인 변화를 가져와 척추 측만증, 척추 만곡의 이상 등의 문제를 불러 일으켜 요통을 발생시키는 경우도 있다¹⁰⁾.

따라서 척추 주변의 근육의 불균형과 자세 이상은 요통의 유발인자임을 알 수 있지만 이 두 가지 인자의 상관관계에 관한 연구는 없는 상태이다.

저자들은 이에 착안하여 2013년 9월부터 10월 16일까지 강남 자생한방병원에 내원하여 L-SPINE MRI를 촬영하고 동적평형검사를 통한 자세검사를 받은 환자를 대상으로, 척추 주변 근육의 불균형과 자세 이상의 상관관계에 대한 연구를 진행한 바, 약

간의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 대상 및 연구 방법

1. 연구대상

2013년 9월 1일부터 2013년 10월 15일까지 요통으로 자생한방병원에 내원하여 L-SPINE MRI를 촬영한 환자들 중 동적평형검사를 통해 자세이상을 판별할 수 있는 환자 55명을 대상으로 연구를 시행하였다.

2. 연구방법

1) 동적 평형 검사 시행

자세이상 여부를 판별하기 위하여 동적 평형 검사를 시행하였다. 동적 평형 검사는 Tetrax(Sunlight Medical Ltd, Israel)를 이용하여 시행하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Tetrax.

L-SPINE MRI를 촬영할 때와 같이 움직임이 없는 상태에서의 자세 이상을 측정하기 위해 중립 자세(Normal position, eyes open, solid surface:NO)에서 검사를 시행하였다. Tetrax를 이용하여 환자 각각의 Tetrax A%(좌측 후족부에 실리는 부하), Tetrax B%(좌측 전족부에 실리는 부하), Tetrax C%(우측 후족부에 실리는 부하), Tetrax D%(우측 전족부에 실리는 부하), 를 구하여 체중심(Center of Pressure, COP)를 구하여 신체의 중심이 어긋나 있는 정도를 측정하고 이어서 신체안정성(Stability; ST)를 측정하였다(Fig. 2). 신체안정성의 측정은 Tetrax의 힘 측정판의 센서에 의해 바로 선 자세의 유지 시 전혀 힘들림이 없을 경우가 0점을 기준으로 하여 산출되어진 값을 바탕으로 신체안정성을 측정하였다.

2) 척추 주변 근육의 단면적(CSA, cross-sectional area) 측정

자기공명영상기기(1.5T SignalHDe, General Electric Company, Fairfield, United States)를 사용하여 앙와위 상태에서 요추부를 촬영하였으며, 이를 통하여 제 4-5추체 사이의 추간판 높이를 횡단하는 axial section의 영상을 얻었다(Fig. 3).

기존 연구⁶⁾와 같이 근육의 대조도가 좋은 T2영상을 채택하였으며 Pacs(Infinitt, Seoul, Korea)프로그램의 measure area freehand tool을 이용(Fig. 4)하여 척추 주변 근육 및 척추체의 단면적을 구하고 좌우의 단면적의 차이를 측정하였다. 척추 주변 근육은 척추주위근(Paraspinalis; Para)과 요근(Psoas; Ps)으로 나누어 단면적의 크기를 측정하였다.

Name	Value	Mean	St. dev.	10%	90%	SS
F1	26.73	17.39	8.25	9.09	31.5	1.13
F2	15.89	9.127	3.177	5.67	14.92	2.13
F3	12.4	6.648	2.227	4.08	8.83	2.58
F4	12.3	4.179	1.231	2.48	5.66	6.6
F5	5.75	2.558	0.7547	1.56	3.51	4.23
F6	3.08	1.831	0.9111	0.89	2.83	1.37
F7	1.29	0.7147	0.2492	0.48	1	2.31
F8	.13	0.1712	0.06225	0.12	0.26	-66
A%	31.25	24.43	5.966	15.75	32.24	1.14
B%	17.52	25.86	6.577	18.1	35.13	-1.27
C%	24.67	24.18	6.224	15	0	.08
D%	26.57	25.06	4.951	17.71	31.13	.3
LEFT	48.76	50.28	4.492	45.64	59.34	-.34
HEEL	55.91	48.6	9.714	33.72	61.79	.75
WDI	4.94	5.091	2.859	2.32	8.92	-.05
ST	23.22	11.68	4.696	6.81	16.35	2.46
AB	-935.	-785.8	187.9	-960	-464	-.79
CD	-914.	-775.9	198.6	-937	-466	-.7
AC	759.	549.3	294.2	21	897	-.71
BD	851.	745.5	208.8	369	944	-.51
AD	-898.	-812.6	177.1	-962	-593	-.48
BC	-857.	-820.7	170.3	-968	-669	-.21

Fig. 2. Values of Tetrax A%, B%, C%, D% and ST.

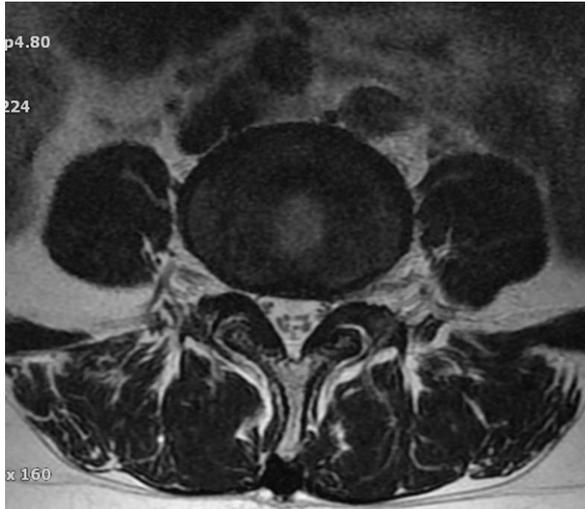


Fig. 3. T2-weighted image obtained in an axial plane of the center height of L4-L5.

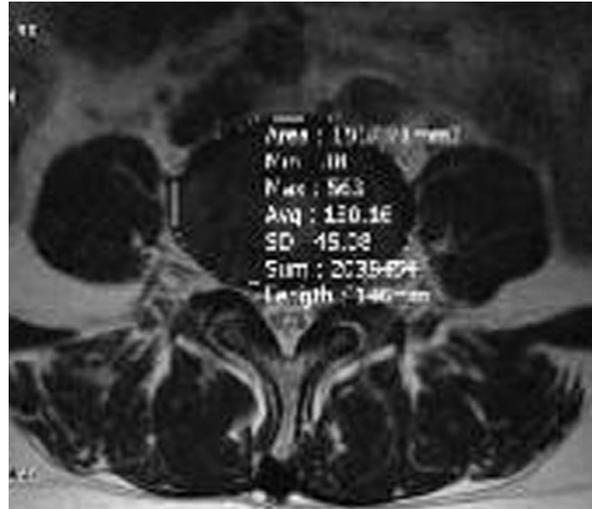


Fig. 4. Using measure area freehand tool for calculating the paraspinalis, psoas muscle, and vertebral body cross-sectional areas.

3. 통계처리 방법

통계분석은 SPSS(statistical program for social science) 18.0 for Windows 프로그램을 사용하였으며, 환자의 성별, 나이 및 척추주위근, 요근 및 척추체의 단면적을 기술통계(Descriptive statistics)를 이용하여 분석하였다.

COP와 ST, 좌, 우 척추주위근 단면적의 차이, 좌, 우 요근 단면적의 차이, 좌, 우 척추 주변 근육 단면적의 차이와의 상관관계를 분석하였다. 상관관계의 분석은 단순상관분석을 시행하였으며 Pearson 상관계수를 이용하였다. 본 연구의 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

4. 윤리적 검토

본 연구는 자생한방병원 임상시험 심사위원회 (Institutional Review Board)의 시행 승인(승인번호 : SIRB2013-27)을 받고 심사 기준에 의거하여 진행되었다.

III. 결 과

1. 나이, 성별

본 연구에 참여한 환자 수는 총 55명으로 남자 23명, 여자 32명이었으며 평균 나이는 43.80세 이었고 남성의 평균 나이는 40.70세, 여성의 평균 나이는 46.03세 였다(Table I).

2. 척추 주변 근육의 단면적의 차이, 체중심, 신체안정성 측정

총 55명의 환자의 요근과 척추주위근의 단면적을 측정하였으며 좌측과 우측을 나누어 측정하여 그 차이값을 구하였다. 또한 Tetrax를 통하여 환자의 체중심과 신체안정성을 측정하였다(Table II). 남성에서 좌우 요근 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $81.59 \pm 72.30(\text{mm}^2)$, 좌우 척추주위근 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $132.43 \pm 92.58(\text{mm}^2)$, 요근과 척추주위근을 합한 척추 주변 근육 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $179.24 \pm 142.57(\text{mm}^2)$ 정도를 보

였다. 여성에서 좌우 요근 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $59.19 \pm 59.86(\text{mm}^2)$, 좌우 척추주위근 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $104.00 \pm 74.42(\text{mm}^2)$, 요근과 척추주위근을 합한 척추 주변 근육 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $132.76 \pm 110.04(\text{mm}^2)$ 정도를 보였다. 체중심은 남성에서 평균적으로 7.72 ± 8.76 , 여성에서 6.23 ± 5.41 을 보였고 전체적인 평균은 6.86 ± 6.97 이었다. 큰 차이는 없었으나 남성의 체중심 수치가 여성보다 약간 더 큼을 확인할 수가 있었다. 신체안정성 평가에선 남성이 평균적으로 17.55 ± 4.97 , 여성이 평균적으로 16.27 ± 4.88 이었고 전체적으로는 평균 16.81 ± 4.91 이었다. 역시 큰 차이는 없었으나 여성이 남성보다 신체안정성 점수에서 약간의 우위를 보였다.

3. 척추 주변 근육의 단면적의 차이, 체중심, 신체안정성의 상관관계 측정

요근, 척추주위근 양측, 그리고 요근과 척추주위근을 합친 척추 주변 근육 양측의 단면적의 차이와 체중심, 신체안정성 사이의 상관관계를 통계적으로 분석한 결과 체중심이 좌우 요근의 단면적의 차이, 척추주위근 단면적의 차이, 척추 주변 근육 단면적의 차이와 양적인 상관관계가 있음을 확인할 수가 있었다($p < 0.05$)(Table III).

체중심과 좌우 척추주위근의 차이($r=0.287$), 좌우 척추 주변 근육의 차이($r=0.329$)는 비교적 약한 양의 상관관계를 가지고 있었다. 또한 체중심과 좌우 요근 크기의 차이는 비교적 중등도의 양의 상관관계

Table I. Sex and Age of Patients

	Mean	N	%
Male	40.70	23	48.2
Female	46.03	32	51.8
Total	43.80	55	100

Table II. COP, ST and the Differences between Both Sides of Ps, Para, Ps+Para

		COP	Ps(mm ²)*	Para(mm ²)†	Ps+Para(mm ²)	ST
Male(23)	Mean±S.D.§	7.72 ± 8.76	81.59 ± 72.30	132.43 ± 92.58	179.24 ± 142.57	17.55 ± 4.97
Female(32)	Mean±S.D.	6.23 ± 5.41	59.19 ± 59.86	104.00 ± 74.42	132.76 ± 110.04	16.27 ± 4.88
Total(55)	Mean±S.D.	6.86 ± 6.97	68.56 ± 65.66	115.89 ± 82.89	152.20 ± 125.57	16.81 ± 4.91

* The difference of Cross-sectional area of both sides of Psoas muscle,

† The difference of Cross-sectional area of both sides of Paraspinalis muscle, § Standard Deviation

Table III. Correlations of COP, ST and CSA Differences of Both Sides of Ps, Para, Ps+Para

		COP	Ps	Para	Ps+Para	ST
COP	Pearson correlation		0.621*	0.287*	0.329*	.259
	Sig.(2-tailed)		.000	.033	.014	.056
ST	Pearson correlation	.259	0.295*	.127	.074	
	Sig.(2-tailed)	.056	.029	.354	.593	

*correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed)

를 가지고 있었다.($r=0.621$) 또한 신체안정성과 좌우 요근 크기의 차이는 약한 양의 상관관계를 가지고 있었다($r=0.295$).

IV. 고 찰

근골격계 질환은 현대 사회에 가장 만연한 질환이며 근골격계 질환의 예방은 미래에 점점 더 증가되는 중요한 이슈로 자리잡고 있다. 요통의 경우와 같이 일상적인 문제들에 대한 사회적 비용은 심각한 수준에 이르고 있으며 이에 대한 올바른 이해가 꼭 필요하다. 요통의 가장 흔한 원인 중 하나로 근인대적인 구조의 이상이 있다¹⁾. 이와 관련되어 많은 경우 요통은 잘못된 자세와 관련되어 발생되며, 올바른 상태로 복원시킴으로써 치유되거나 감소된다²⁾. 자세 이상으로 인한 균형의 저하는 물리적, 심리학적으로 또한 심각한 손상을 불러일으킬 수도 있다³⁾. 또한 바르지 못한 자세는 전신에 구조적인 정렬의 문제를 불러 일으켜 근육의 위축과 함께 통증을 일으킨다고 한다⁴⁾. 따라서 잘못된 자세로 인한 근육 문제와 통증 상태에 대한 철저한 이해는 필수적이라고 할 수가 있다.

이러한 자세를 객관적으로 평가하기 위한 도구 중의 하나로 동적평형 검사가 있으며, 본 연구에서 시행한 동적평형검사는 Israel Sunlight사의 Tetrax를 통하여 이루어진다. Tetrax를 통하여 각 발에 걸리는 부하를 구해 체중심과 신체안정도를 구할 수가 있는데 기존에 Tetrax를 이용하여 요통의 호전도를 박 등이 평가¹⁵⁾하였다. 이 연구에서는 요통의 평가를 위해 체중심, 요부 근력 등을 사용하였으나 체중심과 요부 근력 간의 상관관계에 대한 직접적인 연구는 시행하지 않았다. 또한 김 등은 Tetrax를 통하여 요추 추간판 탈출증 환자의 중증도를 평가하는 연구⁶⁾를 진행한 적이 있다.

또한 자세이상은 척추 주변의 근육조직에 이상을 일으키게 되는데 이러한 척추 주변의 근육을 평가하기 위한 연구도 수 차례^{6,7,9)} 진행된 바가 있다.

하지만 Tetrax를 통해 구할 수 있는 체중심, 신체안정성은 요통과 관련이 있다는 연구가 이루어진 적이 있고, 척추 주변 근육과 요통의 관계에 대한 연구도 이루어진 적이 있지만 각각의 주요한 요소인 체중심, 신체안정성과 척추 주변 근육의 상관관계에 대하여 이루어진 기존 연구가 없는 것에 착안하여 저자들은 본 연구를 진행하게 된 것이다.

척추 주변의 근육을 평가하는 지표로는 근육의 단면적, 근육 내 지방 함량, 근력 등이 있으나 Gibson 등의 연구에서 요통과 척추주위근의 단면적간의 밀접한 관련성에 대한 연구를 진행한 적이 있는 바¹⁷⁾, 이에 착안하여 저자들도 척추 주변의 근육기능을 단면적을 통하여 평가하게 되었다.

저자들은 본 연구를 위해 L-SPINE MRI와 동적평형검사 자료가 동시에 있는 환자군을 수집한 바, 2013년 9월 1일부터 10월 16일까지 내원하여 L-SPINE MRI를 촬영하고 동적평형검사를 통해 체중심과 신체안정성을 측정환자 55명을 수집할 수가 있었다. 환자 55명은 남성 23명 여성 32명으로 구성되어 있었다. 우선 환자들의 Tetrax를 이용한 동적평형검사 자료를 이용하여 체중심과 신체안정성을 평가하였으며, 체중심은 남성에서 평균적으로 7.72 ± 8.76 , 여성에서 6.23 ± 5.41 을 보였고 전체적인 평균은 6.86 ± 6.97 이었다. 큰 차이는 없었으나 남성의 체중심 수치가 여성보다 약간 더 큼을 확인할 수가 있었다. 신체안정성 평가에선 남성이 평균적으로 17.55 ± 4.97 , 여성이 평균적으로 16.27 ± 4.88 이었고 전체적으로는 평균 16.81 ± 4.91 이었다. 역시 큰 차이는 없었으나 여성이 남성보다 신체안정성 점수에서 약간의 우위를 보였다. 또한 척추 주변 근육의 단면적 크기에서 남성의 경우는 좌우 요근 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $81.59 \pm 72.30(\text{mm}^2)$, 좌우 척추주위근 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $132.43 \pm 92.58(\text{mm}^2)$, 요근과 척추주위근을 합한 척추 주변 근육 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $179.24 \pm 142.57(\text{mm}^2)$ 정도를 보였다. 여성에서 좌우 요근 단면적 크기의 차이는 평균적으로 $59.19 \pm$

59.86(mm²), 좌우 척추주위근 단면적 크기의 차이는 평균적으로 104.00±74.42(mm²), 요근과 척추주위근을 합한 척추 주변 근육 단면적 크기의 차이는 평균적으로 132.76±110.04(mm²) 정도를 보였다.

저자들이 본 연구에서 중점적으로 다루고자 했던 것은 척추 주변 근육 단면적의 좌우의 차이와 신체안정성, 체중심과의 관련성이었다. 척추 주변 근육은 요근과 척추주위근으로 나누어 측정하여서 좌우 요근 단면적의 차이, 좌우 척추주위근 단면적의 차이, 요근과 척추주위근을 더한 척추 주변 근육의 단면적의 차이를 구하였고 구한 값을 체중심과 신체안정성과의 상관관계를 구하는 데 사용하였다. 각각의 Pearson 상관계수를 구한 결과 좌우 요근 단면적의 차이가 체중심과 중등도의 양의 상관관계를 가지고 있음을 확인할 수 있었으며, 좌우 척추주위근 단면적의 차이, 좌우 척추 주변 근육 단면적의 차이와 체중심은 약한 양의 상관관계를 가지는 것을 밝혀내었다. 또한 신체안정성은 좌우 요근 단면적의 차이와 약한 양의 상관관계를 가지고 있었으며 나머지는 통계적으로 유의한 값이 나오지 않았다.(p>0.05).

따라서 저자들은 본 연구를 통하여 척추 주변 근육 중 척추주위근에 비하여 요근이 상대적으로 체중심, 신체안정성과의 양의 상관관계가 있음을 확인할 수가 있었다. 이는 앞으로의 임상에서 자세 이상을 동반한 요통 환자에게 좌우 요근의 균형을 맞추어 주는 것이 치료법 중의 하나가 될 수 있음을 지지해주는 근거가 될 수가 있겠다.

본 연구는 몇 가지의 한계를 지니고 있다. 첫째로, 전체 환자수가 55명으로 소규모의 연구를 진행할 수 밖에 없었다. 환자수를 더욱 늘려 대규모의 같은 연구를 진행한다면 더욱 유의성 있는 결과를 얻을 수도 있기 때문에 추가적인 연구가 더 필요하다. 두 번째로, 대사성 질환 등 척추 주변 근육의 단면적에 영향을 미칠 수 있는 다른 인자들을 간과한 측면이 있다. 또한 기존에 척추 주변 근육의 불균형에 관한 연구가 진행된 것이 없어서 조금 더 심도 있는 연구를 진행하는데 어려움이 있었다. 앞으로 위와 같은 문제들을

해결한 추가적이고 심도 있는 연구가 필요할 것으로 보인다. 하지만 본 연구는 요통 환자에 있어서 동적평형검사를 통해 척추 주변 근육의 불균형을 대략적으로 유추할 수 있는 근거의 한 기틀을 마련하였다는 점에서 임상적인 의의가 있다고 할 수 있겠다.

V. 결 론

본 연구는 척추 주변 근육의 좌우 단면적의 차이와 체중심, 신체안정성과의 상관관계를 알아보고자 2013년 9월 1일부터 10월 16일까지 강남 자생한방 병원에 내원하여 L-SPINE MRI와 동적평형검사를 시행한 환자를 대상으로 통계 분석한 결과 다음과 같은 결론을 내렸다.

1. 좌우 요근 단면적의 차이가 체중심과 중등도의 양의 상관관계를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.
2. 좌우 척추주위근 단면적의 차이, 좌우 척추 주변 근육 단면적의 차이와 체중심은 약한 양의 상관관계를 가지는 것을 밝혀내었고 신체안정성 또한 좌우 요근 단면적의 차이와 약한 양의 상관관계를 가지고 있었다.
3. 본 연구는 대상자 수가 적고 단순상관분석을 이용하여 척추 주변 근육의 단면적에 영향을 미칠 수 있는 다른 인자들을 간과한 측면이 있다는 한계가 있으나 동적평형검사를 통한 자세이상 분석이 척추 주변 근육의 불균형의 임상적인 평가에 도움이 될 수 있음을 밝혀내었다는 점에서 임상적인 의의가 있다.

VI. 참고문헌

1. Chung, S.H., Her, J.G., Ko, T., Ko, J., Kim, H., Lee, J.S. and Woo, J.H. Work-related musculoskeletal disorders among Korean physical therapists. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(10):55-9.
2. Frymoyer JW, Pope MH, Clements JH, et al. Risk factors in lowback pain. An epidemiological survey. *J Bone Joint Surg Am*. 1983;65:213-8.
3. David AW, Ensor T. 맥납의 요통. 제 4판. 서울:가본의학. 2008:19-22.
4. Sinaki, M. Effect of Physical activity on bone mass. *Soc Sci Med*. 1996;42(11):1457-1464.
5. Grabiner, M. D., Koh, T. J., Ghazawi, A. Decoupling of bilateral para-spinal excitation in subjects with low back pain. *Spine*. 1992;17(10):1219-23.
6. 공덕현, 배광호, 고호연, 강명진, 김준수, 양기영, 이재훈, 은영준. 연령대별 요추 추간판 탈출증 환자의 요근과 척추주위근 단면적에 대한 분석. *한방재활의학과학회지*. 2010;20(4):159-69.
7. 임동춘, 오재근, 전경규. 만성 요통환자의 추나 요법과 척추안정화운동에 따른 요추부 근육면적과 신체안정성 변화. *한국체육과학회지*. 2012;21(4):1215-25.
8. 김하늘, 김경훈, 김주원, 진은석, 하인혁, 고동현, 홍순성, 권혁준. 편측 요통을 호소하는 환자에 있어서 척추 주위 근육의 지방량과 통증과의 관계. *한방재활의학과학회지*. 2009;19(10):135-43.
9. 남지환, 이종환, 이슬지, 김기원, 이민정, 전재윤, 임수진, 홍남중, 송주현. 급성 및 만성 요통 환자의 요부주위근 횡단면적과 요통 예후의 상관관계 연구. *대한침구의학회지*. 2013;30(4):45-53.
10. 허수영, 박원경, 김은하. 척추의 측만변형과 요추전만각의 상관관계에 관한 고찰. *동서의학회지*. 2000;3:48-55.
11. Molly T. Vogt, C. Kent Kwok, Doris K. Cope, Thaddeus A. Osial, Michael Culyba, Terence W. Starz. *Spine*. 2005;30(9):1075-81.
12. Kendall, McCreary, Provance, Rodgers, Romami. 자세와 통증치료에 있어서 근육의 기능과 검사. 제 5판. *한미의학*. 2006:3-5.
13. Kim, H.S, Yun, D.H, Yoo, S.D, Kim, D.H, Jeong, Y.S, Yun, J.S, Hwang, D.G, Jung, P.G, Choi, S.H. Balance Control and Knee Osteoarthritis Severity. *Ann Rehabil Med*. 2011;35:701-9.
14. 박정식, 임형호, 송윤경, 고연석, 이정환, 정원석, 신병철, 고호연, 선승호, 전찬용, 장보형, 고성규. 자세이상과 관련된 국내 연구동향 분석 -시상면상의 척추 정렬 이상을 중심으로-. *한방재활의학과학회지*. 2013;23(4):117-28.
15. 박재용, 임동춘, 이광규. 웨이트 운동과 코어운동의 복합처치가 30대 만성요통여성의 체중심, 요부 근력 및 통증완화에 미치는 영향. *한국체육과학회지*. 2010;19(4):1159-71.
16. 김섭관. 균형운동에 따른 요추간판탈출증 환자의 요추추부 정렬 및 체중심 변화. *인천대학교 교육대학원 학위논문*. 2012:1-42.
17. Gibbons LE, Videman T, Battie MC. Isokinetic and psychophysical lifting strength, static back muscle endurance and magnetir resonance imaging of the paraspinal muscles as predictors of low back pain in men, *Scand J Rehabil Med*. 1997;29:187-91.