

Factor Analysis of the Somatosensory for Foot according to the Instability Level of Snatch Lifting

역도 인상동작 불안정성 수준에 따른 발바닥 체성감각요인 분석

Young Jin Moon

Department of Sport Science, Chungnam National University, Daejeon, South Korea

Received : 20 March 2020

Revised : 24 March 2020

Accepted : 31 March 2020

Objective: It is to find factors related to stability through analysis of plantar pressure factors according to the level of instability when performing Snatch.

Method: Foot pressure analysis was performed while 10 weightlifters performed 80% of the highest level of Snatch, and motion was classified and analyzed in 3 grades according to the level of instability.

Results: First, in Bad Motion, the movement distance of the pressure center in the direction of ML and AP was larger significantly in Phase 2. Second, in Phase 2, the number of zero-crossing in the AP direction was larger statistically significantly in Good Motion. Third, in the bad motion in Phase 3, the number of zero-crossing in the ML direction showed a significantly larger value. Fourth, in Phase 4, it was found that the more stable the lock out motion, the greater the activity of foot controlling in the left and right directions. Fifth, Phase 3, the greater the Maximum/Mean foot pressure value, the more stable the pulling action. Sixth, in Phase 2, the foot pressure was concentrated with a wide distribution in the midfoot and rearfoot. Seventh, the triggering number of the forefoot region was small in the last pull phase. Eighth, the number of triggers in the toe area was significantly higher during Good Motion in Phase 4.

Conclusion: Summarizing the factors of instability in Snatch, there was no significant difference in Phase 1 for each condition. In order to enhance the stability in Phase 2, the sensory control ability in the AP direction is required, and focusing the foot pressing motion with a wide distribution in the middle and rear parts increases the instability. In Phase 3, it was found that the more unstable, the more sensory control activity was performed in the ML direction, the stronger the forefoot pressing action should be performed for a stable Snatch. In Phase 4, It is important that the feet sensory control activity in ML directions and the control ability of the toes in order to have stable Lock out motion.

Keywords: Snatch, Stability, Foot pressure

Corresponding Author

Young Jin Moon

Department of Sport Science,
Chungnam National University,
99 Daehak-ro(st), Yuseong-gu,
Daejeon, 34134, South Korea
Tel : +82-10-6249-0174
Fax : +82-42-823-0387
Email : moonyj@cnu.ac.kr

INTRODUCTION

역도는 바벨을 머리위로 드는 비교적 단순한 동작을 수행하는 종목이지만 무거운 바벨을 드는 운동이기 때문에 고도의 균형성을 통한 안정성을 도모하는 운동이다. 무거운 중량을 들기 때문에 조금의 불안정성은 좋은 동작을 만들어 낼 수 없을 뿐만 아니라 부상과도 관계가 깊다. 이에 Moon (2016)은

역도는 부상이 많이 발생하는 종목 중의 하나로 무거운 바벨을 머리위로 들어 올리는 종목이기 때문에 다소 잘못된 동작 수행은 관절 및 인대 부상과 밀접하게 연계된다고 하였다. 이러한 운동성 때문에 수 없는 반복 운동을 통해 근력보강 및 안정된 동작으로의 자동화를 만들어 내는 훈련을 지속하고 있다. 그러나 역도는 기록 향상에 목적을 두고 수행하는 운동이기 때문에 더 무거운 무게를 들기 위해선 무게가 가중된 새로

운 환경을 극복해야 하기 때문에 항상 부상이 발생할 가능성이 높은 상황에 놓여 있다. 따라서 좀 더 안정성 확보를 위한 세부적인 접근방향을 찾아내는 것은 무엇보다도 중요하다.

한편, 자신의 몸에 대한 관심과 건강증진이라는 시대적 흐름에 맞추어 역도선수뿐만 아니라 많은 동호인들이 역도종목에 참여하는 인구가 증가하고 있는 추세이다. 역도 관련 동호회, 웨이트 트레이닝 관련 동호인들, 크로스핏(CrossFit)을 하는 동호인들 모두 트레이닝의 기본이 되는 역도 인상 및 용상 동작에 대한 많은 흥미와 더불어 동작을 배우고 있는 실정이다.

발은 역도와 같은 운동을 수행할 때 가장 먼저 부하를 흡수하고 균형을 만들어내기 위한 1차적 감각장치이다. 발은 7개의 발목뼈, 5개의 발허리뼈, 14개의 발가락뼈로 구성되고, 발등 굽힘, 발바닥굽힘, 안쪽번짐, 가쪽번짐, 벌림, 모음, 각 발가락 관절에서의 굽힘과 폼 등 수없이 많은 자유도를 가지고 움직이면서 지면으로 부터의 충격을 흡수하는 동시에 몸의 균형을 잡기 위해 민감하게 활동하는 부위이다. 이곳에서의 균형에 대한 통제가 잘못되면 전체적으로 불안정한 자세를 만들게 되고 부상발생 가능성을 높게 된다. 이에 발바닥 체성감각 기관에서의 균형 및 안정성에 대한 명확한 전략이 있어야 된다.

한편, 역도 동작에 대한 족저압력분석에 대한 연구로는 Jeon & Moon (2005)의 "역도 인상 스타트 시 전경각의 각도변화가 발의 압력분포에 미치는 영향"을 통해 전경각의 변화에 따라 스타트 시 전경각이 작고 낮은 자세일수록 좌우 압력분포의 차이가 적고, 앉아받기에서도 압력이 고르게 분포한다고 하였고, Liu & Chen (2001)의 "Foot pressure study during pulling phase of snatch lifting"는 1구간에서는 압력중심이 위부분으로 이동하고, 2구간에서는 전쪽으로 압력이 이동되어야 "double knee bend" 동작을 원활하게 수행할 수 있음을 제시하는 등 역도기술과 압력중심의 이동에 관한 연구를 수행하였으나 이러한 연구 등을 제외하고는 발의 체성감각 활동과 역도기술에 대한 연구가 중요함에도 불구하고 거의 되지 않고 있는 실정이다.

연구의 목적은 인상동작 수행 시에 불안정성 수준에 따라서 발바닥 체성감각 기관에서의 안정성 통제능력이 어떻게 발현되는 지에 대한 요인을 분석해서 역도 인상동작 시 안정한 동작을 취하기 위해서는 발바닥에서 어떻게 감각활동을 취해야 하는지에 대한 정보를 추출해 내고 안정성 강화방안을 만들어 내는 것이다. 이러한 연구결과는 역도 관련 스포츠 활동에서 많은 동호인들이 확대되고 있는 상황에서 부상예방의 방향을 제시해 주고, 더 나아가서는 정확한 동작수행 정보를 통한 경기력 향상을 효과적으로 도모하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

METHOD

본 연구는 역도 인상동작 시 불안정성 수준에 따른 발바닥 체성감각 요인들 간의 관계분석을 실시하기 위해 다음과 같은 세부적인 연구내용 및 방법을 수행하였다.

1. 연구내용

본 연구는 역도선수경력 5년 이상의 실업 및 국가대표 선수 생활을 수행하고 있는 10명을 대상으로 하였고, 발에서의 안정성 체성감각요인 분석은 선행연구에서 제시되었던 중요 안정성 요인들을 토대로 진행하였다. 세부적인 요인들은 다음과 같다.

- AP (Anterior-Posterior) 이동폭: 압력중심의 전후 폭(Lemaire, Biswas & Kofman, 2006)
- ML (Medial-Lateral) 이동폭: 압력중심의 좌우폭(Lemaire et al., 2006)
- 압력중심 이동거리: 압력중심의 총 이동거리(Blanchard et al., 2007)
- 압력중심 평균 이동속도(Hue et al., 2007)
- Number of zero-crossing: 일정 동작구간에서 압력중심의 위치가 시작프레임의 위치를 기준으로 다음 프레임(frame)에서 좌·우 혹은 전·후 방향으로 이동되었다가 그 다음 프레임에서 다시 되돌아 왔을 경우들의 총개수를 의미한다(Lemaire et al., 2006)
- Number of triggering: 일정 동작구간 동안 센서당 압력값이 오른발-왼발의 평균값 이상의 값을 나타내는 총 센서들의 개수를 의미한다.
- 보행 좌우불균형 판단지수: SI (symmetry index) (Robinson, Herzog & Nigg, 1987)

$$SI = \frac{X_L - X_R}{\frac{1}{2}(X_L + X_R)} \times 100$$

X_L : 좌측, X_R : 우측

2. 연구방법

본 연구에서 인상동작의 불안정성 수준에 대한 평가는 역도 인상동작을 수행한 후 즉시 10점 척도평가로 선수자신평가, 감독평가 점수의 통해 평균 3점 이하(Bad Motion), 4점 이상-7점 이하(Middle Motion), 8점 이상(Good Motion)으로 그룹을 부여하였다. 개인별 최고 기록의 80% 수준(평상 시 기준으로 90~95% 수준)으로 인상동작을 수행하였으며, 선수별 Bad motion, Middle motion, Good motion 그룹에 1번씩 들어 갈 경우까지 실험을 반복해서 실시하였다. 실험은 Novel 사의 압

력분석시스템(peddar)을 활용하였으며, 이때 Sampling rate는 1/100초였다. (Figure 1)과 같이 4 Sector (Sector 1(후족), Sector 2(중족), Sector 3(전족), Sector 4(발가락부분))로 나누어 각각 세부구간별 압력 값을 분석하였으며, 위 연구내용에서 언급한 바와 같이 다양한 안정성 관련 분석변인들을 추출하였다. 동작과 발바닥 압력요인들과의 동조를 위해 동조형 카메라를 압력분포측정시스템에 연결하여 실험을 수행하였다.

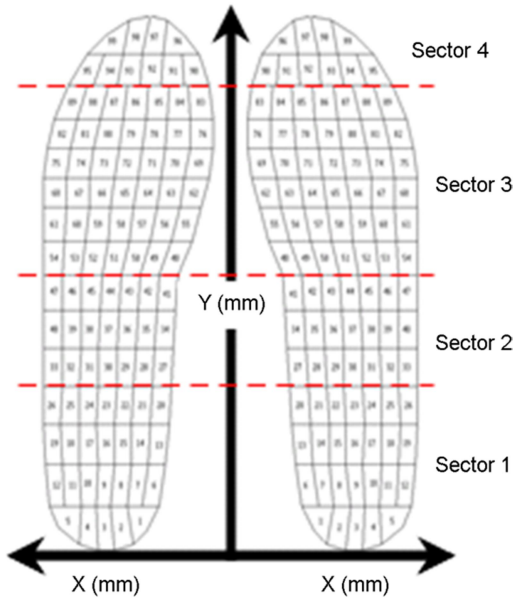


Figure 1. Axis definition & sectors for foot

분석은 각 역도 인상동작을 5개의 이벤트(event)와 4개의 국면(phase)으로 나누어 분석하였으며 세부적인 정의는 다음

과 같다.

통계처리방법으로는 역도 인상동작 수행 시 불안정성 수준별(Bad, Middle, Good 그룹)에 따른 일원배치 분산분석을 실시하였으며, Duncan 분석방법을 활용하여 사후분석을 실시하였다. 유의수준은 0.05이다.

RESULTS

1. 구간별 ML, AP의 움직임 폭

Table 1에서, 구간별 족저압력중심의 ML 이동폭과 AP 이동폭에서 1국면에서는 불안정성 수준에 따라 통계적으로 차이를 보이지 않았다. 그러나 2국면에서는 Bad Motion 시 ML, AP 방향 모두에서 통계적으로 유의한 차이로 더 큰 움직임이 일어나고 있는 것으로 나타났으며, 왼발에서는 이러한 특성이 두드러지게 나타났다. 3국면에서도 Bad Motion 시 ML, AP 방향에서 더 큰 움직임이 일어나고 있는 것으로 나타났다. 그러나 Middle Motion과 Good Motion에서는 유의한 차이를 보이지 않고 있다. 이러한 특성은 왼발의 압력중심 이동거리 및 속도에서도 비슷한 특성을 보였다. 앉아받기 구간인 4국면에서는 왼발의 ML 움직임 시 Good Motion에서 유의한 차이로 작은 움직임이 났다.

2. 구간별 zero-crossing 수, 평균/최대 압력

Table 2에서, 2국면 경우 왼발의 AP 방향으로의 zero-crossing 개수가 Good Motion에서 가장 높게 나타났다. 3국면 경우 ML 방향에서 좌·우 발 모두 Bad motion에서 유의하게 zero-crossing 개수가 많은 것으로 나타났으며, 4국면에서는 ML 방향으로 왼발에서 Middle, Good 시 유의하게 더 큰 개수가 나

Event 1	Event 2	Event 3	Event 4	Event 5
Start	Barbell knee position	Barbell hip position	Maximal heel lift	Lock out position
Phase 1		Phase 3		
Phase 2			Phase 4	

Figure 2. Definition for events & phases

Table 1. Moving distance of ML & AP as phases (unit: mm)

			Bad motion (a)	Middle motion (b)	Good motion (c)	Statistical significance verification			
			Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	F	Sig.	Duncan	
MD	Ph 1	ML	L_foot	8.05±5.69	4.08±2.78	6.14±4.45	1.78	0.187	
			R_foot	6.72±4.69	3.17±2.18	5.51±3.63	2.20	0.130	
		AP	L_foot	25.70±22.99	12.81±4.90	19.82±14.15	1.49	0.243	
			R_foot	20.68±16.80	14.30±8.24	19.99±14.82	0.58	0.566	
	Ph 2	ML	L_foot	13.58±2.85	7.52±3.92	8.68±3.52	7.76	0.002**	b,c < a
			R_foot	11.52±3.63	6.54±3.57	8.32±4.32	3.86	0.033*	b,c < a, b < a, c
		AP	L_foot	50.50±28.17	25.54±14.63	27.97±16.85	3.96	0.031*	b,c < a
			R_foot	34.48±20.80	24.53±15.20	26.37±17.20	0.78	0.465	
	Ph 3	ML	L_foot	37.09±11.89	20.14±15.35	19.45±7.64	6.19	0.006**	b,c < a
			R_foot	30.05±13.75	16.33±6.72	21.53±5.62	4.87	0.016*	b,c < a, b < a, c
		AP	L_foot	126.71±50.63	61.49±50.41	53.59±37.04	6.71	0.004**	b,c < a
			R_foot	78.57±50.15	45.05±27.36	47.95±28.61	2.28	0.121	
	Ph 4	ML	L_foot	50.81±11.80	48.03±17.94	32.42±4.42	5.51	0.010**	c < a, b
			R_foot	39.55±10.81	50.76±17.78	40.38±10.49	1.94	0.163	
		AP	L_foot	160.11±17.76	147.26±40.98	132.07±20.61	2.19	0.130	
			R_foot	167.48±31.17	145.30±47.90	143.72±20.48	1.29	0.291	
MD of COP	Ph 1		35.51±24.95	19.92±8.48	28.27±17.83	1.62	0.213		
	Ph 2		72.04±32.67	35.94±11.83	43.26±28.50	4.86	0.016	b,c < a	
	Ph 3		219.92±53.03	79.90±60.29	78.41±47.02	20.59	0.000	b,c < a	
	Ph 4		449.35±121.06	511.69±121.96	475.82±119.28	0.60	0.554		
AMV of COP	Ph 1		143.96±75.27	86.60±27.48	116.94±49.83	2.49	0.101		
	Ph 2		360.20±163.36	179.69±59.16	216.31±142.48	4.86	0.016	b,c < a	
	Ph 3		1040.20±280.79	361.72±254.97	361.85±202.60	22.40	0.000	b,c < a	
	Ph4		449.35±121.06	511.69±121.96	475.82±119.28	0.60	0.554		

MD: moving distance, AMV: average moving velocity, **p*<.1, ***p*>.05, ****p*<.01

타났다.

3국면 시 Bad Motion은 Middle Motion, Good Motion에 비해 통계적으로 유의하게 작은 최대압력 및 평균압력을 보였다. 4국면에는 최대압력 값에서 Bad Motion에서 유의하게 작은 값을 나타냈다.

3. 국면/섹터별 트리거링 개수

Table 3에서, 2국면의 Sector 1, 2에서 왼발의 트리거링 개수

(triggering number)가 Bad Motion에서 통계적으로 유의하게 많은 것으로 나타났으며, 오른발 Sector 2에서 트리거링 개수가 Bad Motion에서 유의하게 많이 나타났다. 3국면에서는 좌·우발의 Sector 3에서 Bad Motion 시 유의하게 작은 트리거링 개수를 보였고, 4국면에서는 왼발에서 Sector 3, 4에서 Bad Motion, Middle Motion, Good Motion으로 갈수록 유의하게 많은 트리거링 개수가 나타났다.

Table 2. NZC, Mean/Max pressure as phase

(unit: number, kPa)

			Bad motion	Middle motion	Good motion	Statistical significance verification			
			Mean \pm SD	Mean \pm SD	Mean \pm SD	F	Sig.	Duncan	
NZC	Ph 1	ML	L_foot	1.10 \pm 1.76	2.10 \pm 1.58	1.50 \pm 0.81	1.09	0.348	
			R_foot	1.10 \pm 1.51	1.80 \pm 1.33	2.90 \pm 2.62	2.03	0.151	
		AP	L_foot	2.40 \pm 1.96	2.60 \pm 1.69	2.50 \pm 1.28	0.03	0.968	
			R_foot	3.00 \pm 0.89	3.10 \pm 2.77	2.70 \pm 2.00	0.09	0.911	
	Ph 2	ML	L_foot	1.20 \pm 0.60	1.80 \pm 0.98	1.10 \pm 1.04	1.60	0.219	
			R_foot	1.10 \pm 0.54	1.20 \pm 1.25	0.60 \pm 0.66	1.21	0.311	
		AP	L_foot	1.60 \pm 1.02	1.50 \pm 0.92	3.00 \pm 1.48	4.64	0.018	a,b < c
			R_foot	1.50 \pm 1.36	1.20 \pm 0.87	2.40 \pm 2.46	1.21	0.312	
	Ph 3	ML	L_foot	3.40 \pm 1.28	1.50 \pm 1.02	1.80 \pm 1.66	5.16	0.013	b,c < a
			R_foot	2.80 \pm 1.40	1.00 \pm 1.26	1.20 \pm 0.87	6.08	0.007	b,c < a
		AP	L_foot	2.20 \pm 0.87	1.70 \pm 1.00	1.30 \pm 0.90	2.12	0.139	
			R_foot	1.60 \pm 0.92	1.00 \pm 0.63	1.40 \pm 0.66	1.50	0.241	
	Ph 4	ML	L_foot	13.60 \pm 4.41	16.70 \pm 3.10	19.10 \pm 4.11	4.46	0.021	a,b < c, a < b,c
			R_foot	14.70 \pm 6.07	11.10 \pm 3.36	13.00 \pm 3.82	1.39	0.265	
		AP	L_foot	6.80 \pm 3.89	9.40 \pm 1.80	8.80 \pm 3.66	1.57	0.225	
			R_foot	5.60 \pm 1.20	7.30 \pm 2.61	6.00 \pm 3.16	1.16	0.326	
Ph 1	L_foot	Mean_Pr	63.14 \pm 8.08	69.14 \pm 10.84	64.34 \pm 10.16	1.05	0.361		
		Max_Pr	354.25 \pm 58.47	401.00 \pm 123.90	380.00 \pm 105.36	0.55	0.583		
	R_foot	Mean_Pr	63.99 \pm 6.66	67.77 \pm 11.77	67.75 \pm 7.41	0.59	0.557		
		Max_Pr	442.75 \pm 71.51	354.50 \pm 168.59	410.00 \pm 144.49	1.09	0.348		
	Ph 2	L_foot	Mean_Pr	61.64 \pm 12.46	62.30 \pm 11.32	61.09 \pm 8.15	0.03	0.969	
			Max_Pr	370.25 \pm 97.37	429.00 \pm 134.35	424.75 \pm 106.65	0.82	0.448	
		R_foot	Mean_Pr	66.53 \pm 6.85	63.86 \pm 10.31	64.45 \pm 5.86	0.31	0.733	
			Max_Pr	435.25 \pm 86.53	374.50 \pm 152.58	417.50 \pm 108.62	0.68	0.511	
Ph 3	L_foot	Mean_Pr	41.17 \pm 9.07	66.22 \pm 8.93	63.29 \pm 15.18	14.33	0.000	a < b,c	
		Max_Pr	511.25 \pm 119.21	624.50 \pm 41.10	560.00 \pm 103.06	3.65	0.040	a,c < b, a < b,c	
	R_foot	Mean_Pr	41.23 \pm 5.27	70.53 \pm 14.99	64.25 \pm 11.95	18.05	0.000	a < b,c	
		Max_Pr	493.25 \pm 131.36	614.75 \pm 32.15	569.00 \pm 88.92	4.31	0.024	a,c < b, a < b,c	
Ph 4	L_foot	Mean_Pr	46.86 \pm 8.40	51.30 \pm 8.30	52.90 \pm 8.53	1.38	0.267		
		Max_Pr	389.00 \pm 115.55	579.50 \pm 119.72	548.00 \pm 126.98	7.14	0.003	a < b,c	
	R_foot	Mean_Pr	47.62 \pm 6.60	50.12 \pm 7.41	54.25 \pm 5.98	2.49	0.101		
		Max_Pr	449.25 \pm 107.25	537.50 \pm 106.21	513.50 \pm 132.47	1.54	0.231		
Whole phase	L_foot	Mean_Pr	50.30 \pm 7.82	57.02 \pm 8.29	56.67 \pm 7.30	2.34	0.115		
		Max_Pr	512.25 \pm 117.85	625.00 \pm 39.52	600.25 \pm 64.45	5.37	0.011	a < b,c	

Table 2. NZC, Mean/Max pressure as phase (Continued)

(unit: number, kPa)

			Bad motion	Middle motion	Good motion	Statistical significance verification		
			Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	F	Sig.	Duncan
Whole phase	R_foot	Mean_Pr	51.32±4.16	56.81±8.44	58.52±4.96	3.75	0.036	a,b < c, a < b,c
		Max_Pr	534.25±81.13	627.75±20.63	575.00±75.85	4.82	0.016	a,c < b, a < b,c

NZC: number of zero-crossing, Ph: phase
 p*<.1, *p*>.05, ****p*<.01

Table 3. Number of triggering as phases/sector

(unit: number)

			Bad motion	Middle motion	Good motion	Statistical significance verification			
			Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	F	Sig.	Duncan	
Number of triggering	Ph 1	L_foot	Sector 1	113.80±96.25	61.10±77.40	59.30±48.31	1.47	0.247	
			Sector 2	187.80±119.22	155.50±71.41	120.70±63.86	1.30	0.289	
			Sector 3	655.60±189.00	642.10±182.73	618.20±157.00	0.10	0.902	
			Sector 4	181.20±55.16	202.20±57.77	192.70±46.66	0.34	0.709	
		R_foot	Sector 1	40.90±40.43	104.20±100.64	51.10±42.41	2.30	0.120	
			Sector 2	151.20±86.16	136.80±88.16	129.90±79.33	0.14	0.863	
			Sector 3	668.50±193.95	682.70±202.75	689.50±212.97	0.02	0.975	
			Sector 4	187.60±48.77	154.80±70.65	183.40±44.53	0.920	0.411	
	Ph 2	L_foot	Sector 1	187.00±118.63	57.00±72.12	51.80±92.07	5.70	0.009	b,c < a
			Sector 2	188.70±46.98	129.40±65.95	93.90±53.99	6.53	0.005	b,c < a
			Sector 3	459.90±121.54	483.40±56.91	489.20±114.90	0.20	0.813	
			Sector 4	119.40±40.89	158.80±57.67	139.10±68.59	1.08	0.354	
		R_foot	Sector 1	109.90±78.44	68.60±88.59	63.70±110.96	0.661	0.525	
			Sector 2	195.10±66.40	99.60±58.75	106.10±55.53	7.02	0.003	b,c < a
			Sector 3	560.90±123.68	569.30±42.44	529.00±111.47	0.41	0.666	
			Sector 4	140.80±44.70	126.20±43.26	149.20±58.43	0.50	0.611	
Ph 3	L_foot	Sector 1	16.10±14.26	68.40±81.55	20.30±11.38	3.26	0.054		
		Sector 2	15.40±8.91	73.90±77.43	50.30±42.32	2.97	0.068		
		Sector 3	346.00±43.73	474.30±92.47	513.90±101.81	9.98	0.001	a < b,c	
		Sector 4	156.20±15.78	161.00±47.60	158.10±38.10	0.04	0.961		
	R_foot	Sector 1	6.60±9.23	92.80±111.62	19.40±16.31	4.56	0.020	a,c < b	
		Sector 2	20.50±5.61	82.80±73.32	54.10±47.53	3.42	0.047	a,c < b, a < b,c	
		Sector 3	387.00±64.77	518.70±116.01	541.00±74.66	8.052	0.002	a < b,c	
		Sector 4	148.50±15.45	139.70±32.05	169.10±36.71	2.35	0.114		
Ph 4	L_foot	Sector 1	1283.20±722.58	1163.30±536.70	1097.40±403.20	0.24	0.783		

Table 3. Number of triggering as phases/sector (Continued)

(unit: number)

		Bad motion	Middle motion	Good motion	Statistical significance verification				
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	F	Sig.	Duncan		
Number of triggering	Ph 4	L_foot	Sector 2	824.30±283.10	806.10±250.17	773.50±247.91	0.08	0.916	
		L_foot	Sector 3	1033.90±483.87	1433.40±469.83	1588.20±333.93	3.90	0.033	a,b < c, a < b,c
		L_foot	Sector 4	337.70±175.49	452.60±199.85	564.90±160.90	3.60	0.041	a,b < c, a < b,c
		R_foot	Sector 1	1163.50±654.97	1208.90±528.81	1214.40±411.10	0.02	0.976	
	R_foot	Sector 2	817.40±357.22	657.20±224.49	877.40±246.05	1.46	0.248		
	R_foot	Sector 3	1116.00±673.12	1260.30±544.72	1569.30±252.25	1.78	0.188		
	R_foot	Sector 4	360.40±205.88	296.80±175.05	528.80±169.91	3.80	0.035	a,b < c, b < a,c	

*p<.1, **p>.05, ***p<.01

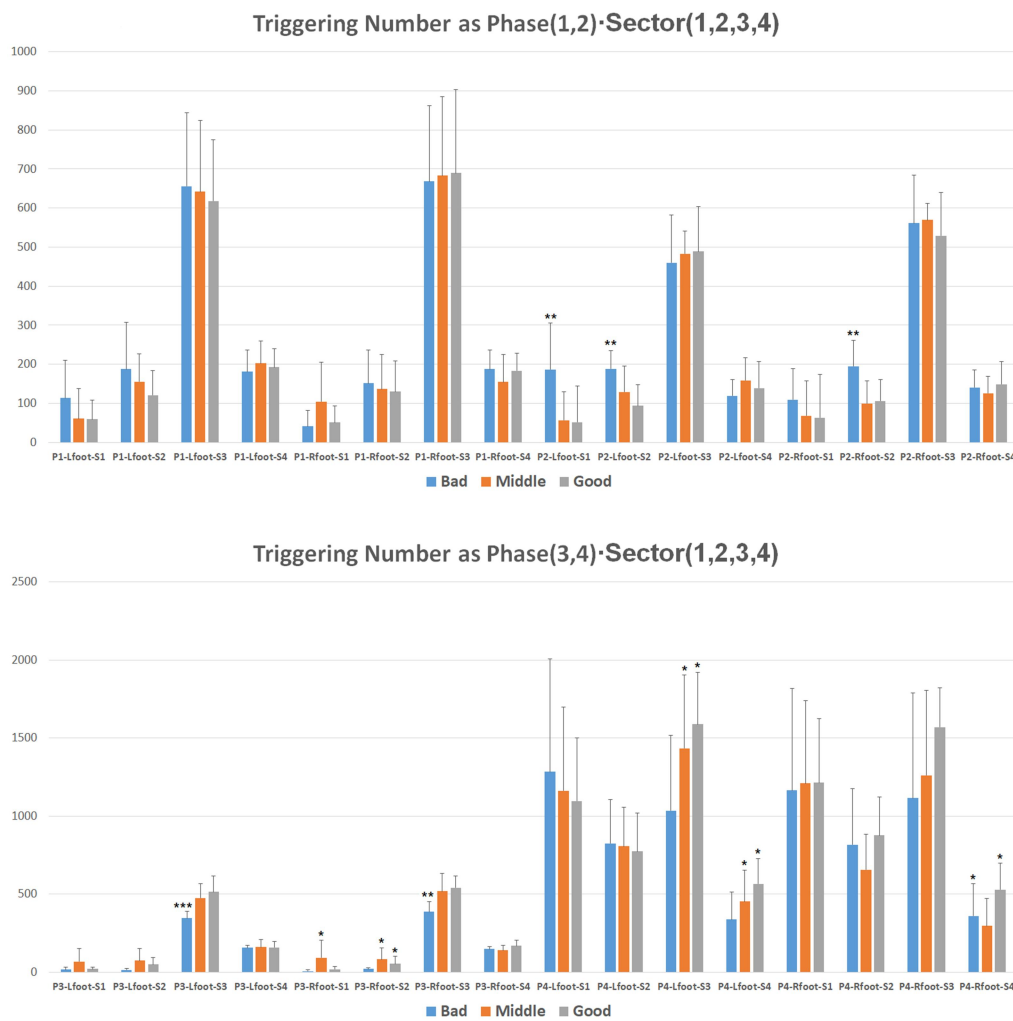


Figure 3. Number of triggering as phases/sectors

Table 4. SI index

		Bad motion	Middle motion	Good motion	Statistical significance verification			
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	F	Sig.	Duncan	
SI index	Event 1	ML	9.40±5.58	7.39±4.75	6.75±6.12	0.62	0.541	
		AP	5.00±2.69	7.97±1.97	4.52±3.05	5.14	0.013	a,c < b
	Event 2	ML	10.66±8.44	3.67±2.44	5.23±5.30	3.83	0.034	b,c < a, b < a,c
		AP	11.80±6.47	4.19±2.96	5.43±4.30	7.27	0.003	b,c < a
	Event 3	ML	7.57±5.00	9.56±6.65	5.58±5.07	1.24	0.303	
		AP	3.04±2.54	4.54±2.66	8.07±6.72	3.40	0.048	a,b < c, a < b,c
	Event 4	ML	77.20±89.47	33.17±59.92	13.92±13.57	2.68	0.087	
		AP	92.37±78.87	22.67±62.34	12.56±19.77	5.39	0.011	b,c < a
	Event 5	ML	8.93±4.54	6.15±3.93	8.52±4.50	1.19	0.317	
		AP	9.43±12.32	10.36±6.08	16.37±13.05	1.19	0.319	

*p<.1, **p>.05, ***p<.01

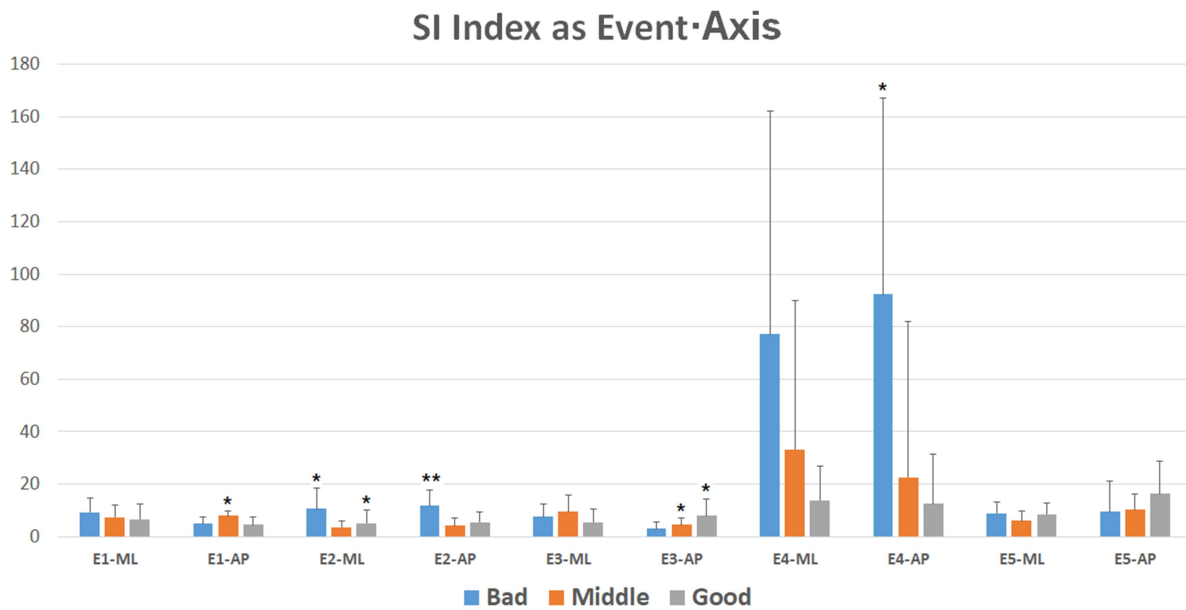


Figure 4. SI index

4. ML, AP의 불안정성 지수

Table 4에서, SI index는 좌·우 발의 불균형 지수로서 5개의 이벤트(event)를 분석하였다. 이벤트 2의 경우 ML, AP 방향 모두 유의하게 Bad Motion에서 불균형이 유의하게 큰 것으로 나타났다. 이벤트 3에서는 Bad Motion보다도 Middle Motion, Good Motion이 통계적으로 유의하게 더 큰 불균형이 나타났

고, 이벤트 4에서는 AP 방향으로 Bad Motion에서 불균형이 유의하게 크게 나타났다.

DISCUSSION

역도 인상동작을 수행할 때 1구간은 스타트 구간으로써 바벨이 가장 무거움을 느끼는 구간이다. 그러나 2구간으로 진행

되면서 무거운 바벨을 빨리 위로 들려는 습성들이 있는데 그렇게 진행되면 제대로 된 풀 동작을 하지 못하게 된다. 특히, 2국면에서 Enoka (1979)는 무릎 신전근의 활용이나 지렛대의 원리를 활용하는데 있어 "double knee bend technique"(이중 무릎굽힘기술)의 중요성을 강조한 바와 같이 아주 중요하고 고도의 기술이 요구되는 구간이다. 따라서 선수들이 많은 기술적 어려움을 겪고 있는 구간인데 본 연구의 결과에서 Bad Motion에서 발의 압력중심의 ML, AP 방향의 움직임이 더 크게 나타나고 있는 결과는 기술적 측면에서 제대로 기술이 적용되지 못함으로써 인한 불안정성이 커짐으로 인해 나타나는 결과로 판단된다. 또한 왼발에서 더 그런 특성들이 나타나고 있음은 선수들이 대부분 오른발잡이임을 고려해 볼 때 왼다리쪽의 근력이 상대적으로 약할 수 있다는데 그 원인이 있을 것으로 사료된다. 한편, 역도 인상동작의 동작의 안정성을 예측할 수 있는 측면으로 2, 3국면의 발 압력중심의 ML, AP 방향의 이동거리는 중요한 요인이 될 수 있을 것으로 사료된다.

Zero-crossing 개수는 발에서 동작의 안정을 잡기위해 감각 조절하는 변인으로 2국면에서 Good Motion 시 왼발의 AP 방향으로의 개수가 가장 높은 것은 무릎이중굽힘동작을 수행하면서 바벨이 전후방향으로 많이 움직이게 되는 구간 2의 특성상 왼발 즉, 약한 발에서의 전후로의 감각조절 능력이 중요하다는 것을 의미한다고 판단된다. 3국면에서는 Bad Motion 시 ML 방향으로 개수가 많게 나타난 것으로 판단해 볼 때 3국면에서 동작이 원활하게 수행되지 못하게 되면 좌우방향의 불안정성이 커져 좌우로의 감각조절하는 경향성이 커지게 되는 것으로 사료된다. 4국면에서는 Middle Motion, Good Motion에서 ML 방향으로 왼발의 감각조절 현상이 유의하게 크게 나타나는 것으로 판단해 볼 때 4국면에서 전후방향으로 바벨이 치우치는 현상이 적게 나타나는 것으로 고려되며, 좌우방향으로의 안정성을 강화시키기 위해 감각조절하는 현상이 상대적으로 더 크게 나타나는 것으로 보인다.

3국면 시 Bad Motion은 Middle Motion, Good Motion에 비해 통계적으로 유의하게 작은 최대압력 및 평균압력을 보였는데 이는 3국면의 라스트 풀 동작을 수행할 때 발바닥 전체로 지면을 강하게 누르면서 족저굴곡(Plantar Flexion)을 수행해야 하는데 2국면을 거쳐 3국면 동작을 수행하면서 바벨을 빨리 들어 올리려는 의도가 강해 발의 지면누름동작을 제대로 수행하지 못한 결과가 나타난 것으로 사료된다. 이는 Jun & Moon (2005)는 3국면은 성패를 결정짓는 중요한 국면으로 이중무릎 굽힘동작을 위해 무릎을 놓기 동작을 수행할 때 발의 뒤꿈치가 들리지 않고 발바닥전체로 강하게 지면을 누르는 동작수행이 중요하다고 언급한 것과 일치하다.

트리거링 개수는 좌우발의 평균압력 값보다 큰 값이 나온 센서의 총 개수이다. 2국면에서 Bad Motion 시 트리거링 개수가 유의한 차로 많이 나왔는데 이는 Sector 1, 2 즉, 중·후측

부위의 많은 부위에서 지면누름을 통해 2국면의 무릎이중굽힘 동작을 수행하는 것은 불안정한 결과를 초래한다는 것을 시사한다. 이는 Liu & Chen (2001)은 2국면에서 전족부위의 충격량은 올바른 "double knee bend" 동작을 수행할 때 나타나며, 3국면에서 바벨의 속도를 올리는데 중요한 관련성이 있다고 주장한 바와 같이 2국면에서의 중·후측부 부위에 넓은 분포로 누름동작을 수행하는 것을 좋지 않은 것으로 사료된다. 반면, 3국면의 Sector 3에서 Bad 동작에서 유의하게 작은 트리거링 개수를 보였는데 이는 3국면에서 라스트 풀 동작을 위해 족저 굴곡운동을 수행할 때 Bad Motion에서 전족부위의 누름 동작을 제대로 수행하지 못함으로 인한 결과로 판단된다. 이에 라스트풀 동작을 수행하는 3국면에서는 발의 전족부위 활용에 신경써야 할 것으로 사료된다. 4국면에서는 Sector 3, 4에서 Bad Motion, Middle Motion, Good Motion으로 갈수록 유의하게 트리거링 개수가 커지는 것으로 나타났는데 이는 앉아받기 동작을 수행할 때 전족부위나 발가락 부위에서의 감각 조절 기능이 중요하다는 것을 의미한다. 따라서 역도선수들의 앉아받기시 안정성 강화를 위해서는 발가락 부부의 감각조절 능력의 강화가 요구된다.

SI index 분석을 통해서, 이벤트 2는 바벨이 무릎관절 높이에 있을 때도 Bad Motion 시 ML, AP 방향 모두에서 불안정성이 크게 나타난 것으로 이벤트 2 시점의 좌우 균형있는 자세잡기 훈련이 필요할 것으로 사료된다. Liu & Chen (2001)은 안정된 역도를 유지하기 위해서는 발에서의 좌우일치성을 강화시키는 노력이 중요하다고 강조한 바와 일치하다. 특히, 발뒤꿈치를 최대한 들면서 폭발적인 힘을 발휘하는 라스트 풀 동작 시 AP 방향으로의 불균형이 Bad Motion에서 유의하게 크게 나타난 것으로 라스트 풀 동작훈련 시 좌우발의 전후방향의 고른 힘 활용 노력이 요구된다고 말 할 수 있겠다.

CONCLUSION

본 연구는 인상동작의 불안정성 수준에 따라 발바닥 체성감각 요인들에 대한 정보를 일원배치분산분석을 통해 자세 불안정성 수준에 따른 정보를 추출해 내고 안정성 강화방안을 만들어 내기 위해 수행되었다. 본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

첫째, Bad Motion 시 2국면에서 압력중심의 ML, AP 방향으로의 이동거리가 더 크게 나타났다.

둘째, 2국면에서는 AP 방향으로의 zero-crossing 개수가 Good Motion에서 통계적으로 유의하게 큰 값을 보여 AP 방향으로의 감각조절 능력이 필요한 것으로 나타났다.

셋째, 3국면에서 Bad Motion 시 ML 방향으로의 zero-crossing 개수가 유의하게 큰 값을 보임으로써 라스트 풀 구간인 3국면에서는 불안정할수록 ML 방향으로 감각조절 활동을

많이 하는 것으로 나타났다.

넷째, 4국면에서는 안정된 앉아받기 동작일수록 좌우방향으로의 발 체성각각 조절활동이 큰 것으로 나타났다.

다섯째, 라스트 풀 구간인 3국면에서는 더 큰 최대/평균 족저압력 값을 나타낼수록 더 안정적인 인상동작을 취하는 것으로 나타났다.

여섯째, 2국면에서 중·후족 부위에 넓은 분포로 발바닥 누름동작을 집중하는 것은 불안정성을 증가시키는 것으로 나타났다.

일곱째, 3국면인 라스트 풀 국면에서 전족부위의 트리거링 개수(triggering number)가 적으면 불안정성을 초래하게 된다. 즉, 안정된 인상동작을 위해서는 전족부위의 누름동작이 잘 수행되도록 노력하는 것이 필요하다.

여덟째, 앉아받기 구간에서 발가락 부위의 트리거링 개수가 많을수록 더 안정된 자세가 나오는 것으로 앉아받기 시 발의 발가락 부위의 감각조절 능력의 강화노력이 요구된다.

1. 훈련방향

1. 2국면에서, "double knee bend" 동작연습을 수행할 때 전후방향(AP)으로 발 체성각각이 어떻게 작동하는지에 대한 감각을 키우는 것이 필요하다. 특히, 발의 전·중족 부위의 누름보다는 전족부분을 더 강하게 누름동작을 수행하면서 동작연습을 수행하는 것이 좋겠다.

2. 3국면에서, 안정된 라스트 풀 동작을 수행하기 위해서는 전후방향으로의 발 움직임과 전족누름 동작이 강하게 나오도록 노력해야 하겠다.

3. 앉아받기 국면에서는 Top Snatch와 같은 앉아받기 연습동작을 수행하면서 앉아받기를 할 때 바벨을 정확히 머리위로 올린 상태에서 좌우방향의 발의 체성각각 조절에 초점을 두고 훈련할 필요성이 있으며, 발가락에서의 안정성 제어기능도 강화시킬 필요가 있겠다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study has been supported by research fund of Chungnam

National University.

REFERENCES

- Blanchard, Y., McVeigh, R., Graham, M., Cadet, M., Mwilambwe, K. & Scott, C. (2007). The influence of ambient lighting levels on postural sway in healthy children. *Gait & Posture*, 26(3), 442-445.
- Enoka, R. M. (1979). Performance evaluation of Olympic weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 11, 131-137.
- Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Doré, J., Marceau, P. ... & Teasdale, N. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture*, 26(1), 32-38.
- Jeon, B. K. & Moon, Y. J. (2005). Sports industry and kinetic mechanics: Effect of angle change of foreground angle on the pressure distribution of feet in the start of weight lifting. *The Journal of the Korean Society of Motion Dynamics*, 75-89.
- Lemaire, E. D., Biswas, A. & Kofman, J. (2006). Plantar pressure parameters for dynamic gait stability analysis. In: Proceedings of 28th IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conference, New York, September, pp. 4465-4468.
- Liu, Y. & Chen, W. (2001). Foot pressure study during pulling phase of snatch lifting. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Moon, Y. J. (2016). Evaluation of Biomechanical Movements and Injury Risk Factors in Weight Lifting (Snatch). *Korean Society of Sport Biomechanics*, 26(4), 369-375.
- Robinson, R. O., Herzog, W. & Nigg, B. M. (1987). Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 10(4), 172-176.