KJAB
Korean Journal of Applied Biomechanics 2024; 34(4): 214-221
http://dx.doi.org/10.5103/KJAB.2024.34.4.214
http://e-kjab.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

Kinematic Differences in Finger Joints based on Archery Shooting Scores

양궁 슈팅 시 점수에 따른 손가락 관절의 운동학적 차이

Sihyun Ryu[1], Jin-Ho Kim[1], Dong-Kuk Kim[1], Sukhoon Yoon[2]

[1]Department of Physical Education, Korea National Sport University, Seoul, South Korea
[2]Department of Community Sport, Korea National Sport University, Seoul, South Korea

Received : 20 November 2024
Revised : 07 December 2024
Accepted : 09 December 2024

Corresponding Author
Sukhoon Yoon
Department of Community Sport, Korea National Sport University, 1239, Yangjaedaero, Songpa-gu, Seoul, 05541, South Korea

Email : sxy134@knsu.ac.kr

Objective: The purpose of this study was to investigate the kinematic differences in the upper limb and finger joints during archery shooting based on the score, and to analyze the effect of finger joint movement on the score.

Method: The study participants consisted of 6 female athletes (Age: 20.0 ± 0.9 years, Height: 162.8 ± 6.7 cm, Body weight: 56.2 ± 5.8 kg, Career: 10.0 ± 1.5 years). The participants shot a total of 15 arrows (3 arrows per round, 5 rounds), simulating conditions like an actual archery competition. The data for trials scoring 10, 9, and 8 points were analyzed, with 2 attempts for each score. The shooting phase and release phase were selected for analysis. The variables were the joint angles of the upper limb and finger joints. Statistical analysis was conducted using one-way repeated measures ANOVA and multiple regression analysis.

Results: First, the range of motion (ROM) in the metacarpophalangeal (MCP) joint of the ring finger was significantly greater in the 8-point trials compared to the 9-point and 10-point trials ($p<.05$). Second, the ROM of the ring finger's MCP joint was found to negatively affect the archery score ($p<.05$).

Conclusion: Based on these findings, it is crucial to precisely control the small movements of the finger joints to achieve higher scores in archery. Furthermore, minimizing finger joint movement is essential to maintain shooting consistency.

Keywords: Archery, Shooting scores, Finger joint, Range of motion

INTRODUCTION

한국 양궁은 2024년 파리 올림픽에서 전 종목 금메달을 획득하였으며, 여자 단체전에서 10회 연속 우승이라는 대기록을 달성하였다. 이러한 성과는 최첨단 장비의 도입, 현지 경기장 적응 훈련, 공정한 국가대표 선발 시스템 등 다양한 요소에 기반을 두고 있다. 양궁 경기는 70 m 거리에서 과녁을 향해 활을 쏘며 점수를 겨루는 스포츠로, 경기의 각 세트는 3발씩 쏜 후, 가장 높은 점수를 기록한 선수가 해당 세트를 승리하게 된다. 총 5세트 동안 먼저 6점을 획득한 선수가 승리하며, 만약 5세트까지 5대5 동점일 경우, 슛오프를 통해 승패를 결정한다. 슛오프에서는 한 발의 화살로 승부를 가리며, 정중앙인 엑스텐을 기준으로 누가 더 가까운 곳에 맞혔는지에 따라 승패가 결정된다(World Archery, 2024). 양궁의 슈팅 동작을 살펴보면, 활시위를 당기는 드로잉(drawing), 과녁을 조준하는 에이밍(aiming), 활시위를 놓은 릴리즈(release),

Copyright © 2024 Korean Journal of Applied Biomechanics
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

그 이후 팔로우 스루(follow through)로 이어진다(Ertan, 2009; Nishizono, Shibayama, Izuta & Saito, 1987; Song & Kim, 2024). 양궁에서 중요한 경기력 요인은 선수들이 작은 흔들림에도 큰 영향을 받는다는 점에서 슈팅 동작의 일관성과 안정성이다(Kim, 2000; Kim & Kim, 2005; Kooi, 1998; Mc Guine, 2006).

양궁의 경기력 요인을 살펴보고, 경기력 향상을 위해 수행된 운동역학적 연구들을 살펴보면, 양궁의 슈팅 구간의 상지 움직임과 근육, 그리고 손가락 관절 움직임에 관심을 가져왔다. 양궁 선수들은 활시위를 당기는 드로잉 구간에서 당기는 팔의 팔굽관절을 슈팅 전까지 지속적으로 굴곡시키고, 슈팅 동작에서 전완근을 주로 활용한다. 이때, 클리커가 빠지고 릴리즈가 이루어지는 순간, 전완근을 이완시키며 손가락 관절을 신전시킨다(Mckinney & Mckinney, 1997). 따라서 양궁 슈팅 동작에서 손가락 굽힘근과 폄근의 역할이 매우 중요하다(Clarys et al., 1990; Hennessy & Parker, 1990; Nishizono et al., 1987). 이렇듯, 양궁 슈팅 동작에서 10점과 같은 고득점을 획득하기 위해서는 손가락 관절의 미세한 움직임이 중요하며, 이와 관련한 연구가 필요하다(Yi, Hah, Ryu & Kim, 2007; Kooi, 1998; Stuart & Atha, 1990).

양궁 슈팅 시 손가락 관절의 굽힘근과 폄근 활성도 및 활성 시점 등을 살펴본 연구(Ertan, Kentel, Tümer & Korkusuz, 2003; Ertan, Soylu & Korkusuz, 2005; Soylu, Ertan & Korkusuz, 2006)에서는 경기력이 뛰어난 선수의 손가락 관절 신전근의 활성 시점이 빠르게 나타났으며, 릴리즈 순간 근 활성도 집중되고 일관성이 높은 것으로 나타났다. 또한 양궁 후킹(hooking) 시 손가락 관절의 운동학적 분석을 실시한 연구(Horsak & Heller, 2011)에서는 몸쪽 손가락뼈 사이관절(proximal interphalangeal joint, PIP)과 먼쪽 손가락뼈 사이관절(distal interphalangeal joint, DIP)의 가동범위가 손허리 손가락 관절(metacarpophalangeal joint, MCP)에 비하여 크게 나타남에 따라 손가락 관절 움직임의 중요성이 강조되었다. 이와 관련하여 양궁 후킹 시 근 활성도와 손 분절에 대한 운동학적 분석을 실시한 연구(An, 2020)에서도 7점 슈팅 시 검지, 중지, 약지 손가락 PIP 및 DIP 관절의 가동범위가 전반적으로 10점을 슈팅한 경우의 가동범위에 비하여 크게 나타났다고 보고됨에 따라 손가락 관절의 흔들림이 경기력에 영향을 주는 것으로 보고되었다. 그럼에도 불구하고 위의 선행연구들은 손가락 관절 중 어느 부위의 움직임이 슈팅 점수에 직접적인 영향을 미치는지 확인하기에는 어렵다. 따라서 양궁 슈팅 시 점수에 따른 손가락 관절의 운동학적인 차이를 살펴보고, 높은 점수를 획득하기 위한 손가락 관절 움직임의 영향력을 살펴볼 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 양궁 슈팅 시 점수에 따른 상지 관절 및 손가락 관절의 운동학적인 차이를 제시하고 손가락 관절의 움직임이 점수에 미치는 효과를 살펴보고자 하였다. 이때, 본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 양궁 점수가 높을수록 양궁 슈팅 구간에서 손가락 관절의 가동범위가 작게 나타날 것이다. 둘째, 손가락 관절의 가동범위가 양궁 경기력에 영향을 미칠 것이다.

METHOD

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 편의표집(convenience sampling) 방법으로 대학 양궁 여자 선수 6명(Age: 20.0±0.9 years, Height: 162.8±6.7 cm, Body weight: 56.2±5.8 kg, Career: 10.0±1.5 years)을 모집하였다. 연구 진행에 앞서 연구목적과 참여자의 익명 보장에 대한 설명을 실시하고 모든 대상자의 자발적 동의로 연구가 진행되었다.

2. 실험 절차

양궁 점수에 따른 양궁 슈팅 동작을 촬영하기 위하여 8대

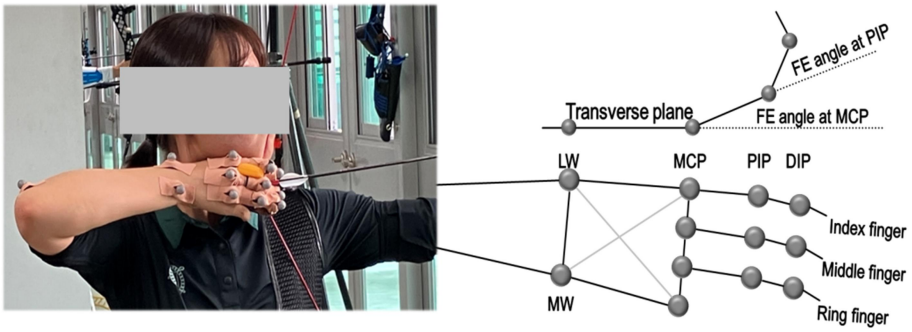

Figure 1. Reflective marker attachment locations on right hand and fingers. FE: flexion/extension, LW: lateral wrist, MW: medial wrist, MCP: metacarpophalangeal joint, PIP: proximal interphalangeal joint, DIP: distal interphalangeal joint (An, 2020).

의 적외선 카메라(Oqus 300, Qualysis, Sweden)를 사용하였으며, 촬영속도(sampling rate)는 200 Hz로 설정하였다. 또한, 지름 1 cm로 제작된 반사마커(reflection marker)를 <Figure 1>과 같이 상지 주요 관절점에 8개와 오른 손가락 관절에 9개, 활에 1개를 부착하여 3차원 좌표를 획득하였다. 이때, 대상자가 충분히 수행할 수 있도록 사전에 충분한 안내와 연습을 유도하고 실험에 참여하도록 하였으며, 시합 상황과 가장 유사한 조건으로 3발씩 5회 총 15발의 화살을 쏘았다. 분석에 활용된 자료는 10점, 9점, 8점을 획득한 시도 수 2회로 한정하였다.

3. 자료 처리

양궁 슈팅 동작을 분석하기 위하여 상지 관절 및 손가락에 부착한 반사마커의 3차원 위치 좌표값은 NLT (non-linear transformation) 방법을 통해 Qualisys Track Manager software (Qualisys, Sweden)에서 획득하였다. Matlab R2014b (The Mathworks, USA)를 이용하여 양궁 슈팅 동작의 상지 관절각과 손가락 관절각을 산출하였다. 이때, 영상 자료 수집 과정에서 발생한 오차(noise)를 제거하기 위하여 Butterworth 4th order low-pass filter로 smoothing 하였으며, 차단주파수는 12 Hz로 설정하였다. 차단 주파수(cut-off frequency) 결정은 FFT (fast fourier transform) 분석을 실시하고 주파수로 전환된 신호에 대해 PSD (power spectral density)를 계산하여 누적된 PSD의 99.9% 수준을 각 신호 특성의 대표적인 것으로 간주하여 결정하였다.

4. 분석 구간

분석 구간은 양궁 슈팅 동작을 효율적으로 분석하기 위하여 <Figure 2>와 같이 설정하였다. 우선, 활시위을 당기기 시작(drawing)하여 활 스트링이 입술에 닿아 멈추는 순간(Event 1), 화살이 활을 지나 슈팅되는 순간(Event 2), 슈팅 이후 팔굽 관절이 최대한 후방으로 이동한 순간(Event 3)으로 정의하고 슈팅 구간(Phase 1)과 릴리즈 구간(Phase 2)을 분석하였다.

5. 분석 변인

본 연구에서 분석한 상지 관절각은 양궁 슈팅 동작 촬영 전에 정적인 해부학적 자세의 분절마커 좌표 값을 이용하여 Cardan 회전 순서에 기반한 벡터 곱(cross product)으로 기준 단위벡터를 설정하였다. 또한, 상지 분절의 기준 단위벡터(calibration unit vector)와 양궁 슈팅 동작에서 계산된 상지 분절의 단위벡터(tracking unit vector)의 곱을 3 × 3 행렬로 표현하여 어깨, 팔굽, 손목관절에 대한 3차원각을 산출하였다(Hamill & Ryu, 2003; Winter, 2009; Yoo, 2015). 이때, 양궁 슈팅 동작에 직접적인 영향을 미치는 어깨관절의 수평 내전각(+)과 수평 외전각(–), 팔굽관절 및 손목관절의 굴곡각(+)과 신전각(–)을 살펴보았다. 또한, 손가락 관절각의 경우에는 <Figure 1>에서 볼 수 있듯이, 검지와 중지, 약지 손가락의 MCP 관절 및 PIP 관절의 굴곡각(+)과 신전각(–)을 산출하였다 위 변인들을 바탕으로 점수 간의 상지 관절각과 손가락 관절각의 차이를 살펴보기 위하여 주요 순간(Event 1-3)의 관절각과 주요 구간(Phase 1, 2)의 가동범위(Range of motion)를 비교하였다.

6. 통계처리

본 연구에서는 양궁 점수에 따른 상지 관절각과 손가락 관절각을 비교하기 위하여 반복 측정 변량분석(one-way repeated measure ANOVA)을 실시하였으며, 사후검증은 Bon-

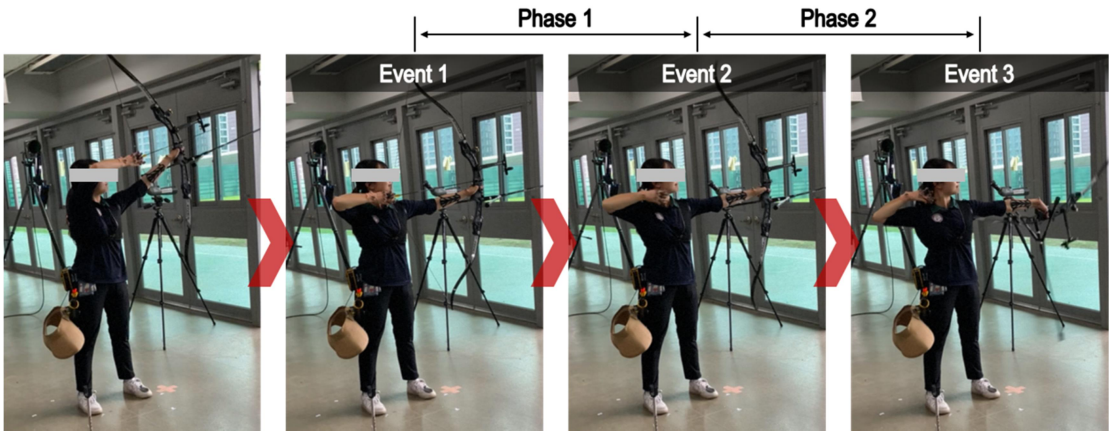

Figure 2. Event & Phase.

ferroni로 설정하였다. 이때, 효과크기(effect size, η_p^2)와 통계적 검증력(statistical power)도 함께 제시하였다. 또한, 손가락 관절각이 양궁 점수에 미치는 영향력을 살펴보고자 단계선택(step wise)으로 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 실시하여 각 사사분면의 누적 면적의 설명력(r^2)을 확인하고 상대적 중요도(β)를 살펴보았다. 또한, 독립변인 간의 관련성은 분산 팽창 지수(variance inflation factor, VIF)로 살펴보았으며, 4.0을 기준으로 다중 공선성을 판단하였다(Dattalo, 2013). 또한, 회귀모형의 적합도는 Durbin-Watson 값으로 살펴보았으며, 2에 가까울수록 적합하다고 판단하였다. 이때, 모든 통계적 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

RESULTS

1. 슈팅 시간

양궁 점수에 따른 슈팅 구간의 소요시간을 비교한 결과는 <Table 1>과 같으며, 점수 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

2. (슈팅 팔) 오른 상지 관절각

양궁 점수에 따른 슈팅 구간의 오른 상지 관절각을 비교한 결과는 <Table 2>와 같으며, 점수 간에 주요 순간의 관절각과

Table 1. Differences in time between points

Variables	8 point	9 point	10 point	*F* value	*p* value	Post-hoc	Effect size (η_p^2)	Statistical power
Time (sec)	1.04±0.45	1.44±0.69	1.25±0.74	1.429	.285	–	.222	.238

*indicates statistically significant difference between points

Table 2. Differences in joint angle of right upper extremity (shooting arm) between points

Joint angle (deg.)		8 point	9 point	10 point	*F* value	*p* value	Post-hoc	Effect size (η_p^2)	Statistical power
HAA angle of right shoulder joint	E1	33.66±17.52	33.37±19.29	34.08±20.09	.178	.840	–	.034	.071
	E2	29.63±15.24	29.33±17.10	30.36±17.81	.301	.747	–	.057	.086
	E3	12.05±8.58	12.28±10.17	12.93±10.40	.112	.895	–	.022	.063
	P1	4.35±2.29	4.50±2.16	4.63±2.73	.083	.921	–	.016	.060
	P2	17.60±8.32	17.71±8.18	17.98±8.93	.155	.858	–	.030	.068
FE angle of right elbow joint	E1	139.90±8.09	139.65±8.17	139.60±8.37	.293	.752	–	.055	.085
	E2	140.64±7.21	140.36±7.65	140.18±7.94	.292	.753	–	.055	.084
	E3	142.17±4.85	142.23±5.61	141.81±5.73	.133	.877	–	.026	.065
	P1	1.39±.84	1.54±.54	1.46±.68	.120	.888	–	.023	.064
	P2	3.79±2.71	5.02±2.64	4.74±2.77	3.423	.074	–	.406	.508
FE angle of right wrist joint	E1	15.21±7.97	15.96±8.37	16.28±8.49	1.647	.241	–	.248	.268
	E2	14.89±9.38	15.74±10.16	16.26±10.23	3.598	.066	–	.418	.529
	E3	17.80±10.37	18.94±10.55	18.85±11.58	.613	.561	–	.109	.125
	P1	3.94±2.70	3.39±1.10	3.60±1.11	.282	.760	–	.053	.083
	P2	5.08±2.34	4.18±2.06	4.46±2.65	1.584	.253	–	.241	.260

HAA: horizontal adduction (+) / abduction (−), FE: flexion (+) / extension (−)
*indicates statistically significant difference between points

Table 3. Differences in finger joint angle of right hand (shooting arm) between points

Finger joint angle (deg.)		8 point	9 point	10 point	*F* value	*p* value	Post-hoc	Effect size (η_p^2)	Statistical power
FE angle of MCP joint at index finger	E1	4.22±12.92	1.33±7.95	3.47±9.88	1.138	.359	–	.185	.197
	E2	6.86±11.33	3.00±8.56	4.09±9.26	1.447	.281	–	.224	.240
	E3	8.73±10.11	2.91±9.27	4.29±9.31	2.782	.110	–	.357	.426
	P1	3.29±2.21	4.12±2.51	2.88±1.31	.714	.513	–	.125	.139
	P2	3.42±1.79	2.74±1.81	3.59±2.11	.585	.575	–	.105	.122
FE angle of MCP joint at middle finger	E1	11.57±5.17	11.04±4.31	11.56±4.05	.405	.677	–	.075	.099
	E2	13.11±6.52	12.24±3.44	11.97±3.73	.300	.747	–	.057	.085
	E3	11.54±8.21	9.86±3.57	8.09±5.28	.963	.414	–	.161	.172
	P1	3.43±1.54	2.33±2.61	2.54±1.21	.967	.413	–	.162	.173
	P2	2.39±1.70	2.51±1.31	3.98±3.96	.874	.447	–	.149	.160
FE angle of MCP joint at ring finger	E1	3.78±4.70	3.17±4.11	3.02±4.53	.894	.439	–	.152	.163
	E2	4.69±6.48	4.45±3.61	3.85±4.36	.169	.847	–	.033	.070
	E3	4.48±7.10	3.59±3.50	2.29±4.08	.668	.534	–	.118	.133
	P1	**3.78±1.56**	**1.83±1.22**	**1.79±.85**	**5.895**	**.020***	**8 > 9, 10**	**.541**	**.751**
	P2	2.33±1.42	1.75±1.47	2.81±2.03	1.126	.362	–	.184	.195
FE angle of PIP joint at index finger	E1	38.77±14.62	40.28±10.09	40.22±10.18	.207	.816	–	.040	.074
	E2	23.96±10.77	26.29±10.55	27.04±11.89	.377	.695	–	.070	.095
	E3	16.66±10.57	17.31±13.29	19.26±13.46	.134	.876	–	.026	.065
	P1	15.15±8.48	14.78±9.02	13.69±2.64	.067	.935	–	.013	.058
	P2	7.30±2.93	8.98±4.75	7.78±2.06	.399	.681	–	.074	.098
FE angle of PIP joint at middle finger	E1	41.55±5.85	40.13±9.02	40.89±7.60	.102	.904	–	.020	.062
	E2	35.57±8.37	32.33±9.63	35.48±6.34	.329	.727	–	.062	.089
	E3	34.77±11.82	27.25±11.45	34.30±6.98	1.332	.307	–	.210	.224
	P1	11.34±7.29	9.09±4.98	7.42±2.58	1.362	.300	–	.214	.228
	P2	3.63±2.42	5.22±4.60	2.80±1.99	1.024	.394	–	.170	.181
FE angle of PIP joint at ring finger	E1	17.41±9.95	17.60±9.91	18.13±9.22	.420	.668	–	.077	.100
	E2	19.79±2.97	17.18±4.87	19.40±2.49	1.762	.221	–	.261	.285
	E3	19.22±3.51	16.45±4.47	20.02±4.20	1.422	.286	–	.221	.237
	P1	6.90±7.55	6.16±3.23	6.69±6.18	.118	.890	–	.023	.064
	P2	2.69±2.30	2.42±1.09	2.95±1.79	.224	.803	–	.043	.076

MCP joint: metacarpophalangeal joint, PIP joint: proximal interphalangeal joint, FE: flexion (+) / extension (−)
*indicates statistically significant difference between points

주요 구간의 가동범위는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

3. (슈팅 팔) 손가락 관절각

양궁 점수에 따른 슈팅 구간의 오른 손가락 관절각을 비교한 결과는 <Table 3>와 같다. 슈팅 구간(P1) 약지 손가락의 MCP 관절의 굴곡/신전 가동범위는 F=5.895 (p=.020) 수준에서 양궁 점수 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이때, 사후 검증 결과, 10점과 9점의 가동범위가 8점에 비하여 통계적으로 작게 나타났다(p<.05). 그 외에 다른 손가락의 관절각과 가동범위에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

4. 손가락 관절각이 점수에 미치는 영향

슈팅 구간(P1)의 손가락 관절각이 양궁 점수에 미치는 영향력을 살펴보면(Table 4), 독립변수들의 설명력을 나타내는 결정계수는 R^2=.553로 나타났으며, F=(1, 16)=7.055, p=.017 수준에서 통계적으로 유의한 결과가 나타났다. 이때, 추정된 다중회귀식은 [Point = -.308 × FE_MCP_RF + 9.759]로 제시할 수 있으며, 약지 손가락의 MCP 관절 가동범위는(β=-.553, t=-2.656 p=.017)는 양궁 점수에 통계적으로 유의한 부적 영향을 미치는 것으로 나타났다.

DISCUSSION

본 연구에서는 양궁 슈팅 시 점수에 따른 상지 관절 및 손가락 관절의 운동학적 차이를 분석하고, 손가락 관절의 움직임이 양궁 점수에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 최근 2024년 파리 올림픽에서 남녀 랭킹 라운드 결과를 살펴보면(World Archery, 2024), 랭킹 라운드 72발에 대한 남자 1~5위의 평균 점수가 9.48점, 우리나라 남자 선수 3명의 평균 점수가 9.49점으로 나타났으며, 여자 1~5위의 평균 점수가 9.44점, 우리나라 여자 선수 3명의 평균 점수가 9.47점으로 나타났다. 이렇듯, 국제대회의 메달 획득과 순위권 경쟁을 위해서는 10점이나 9점과 같은 고득점을 획득해야 한다. 이와 관련해 손가락의 미세한 움직임 분석에 대한 중요성을 언급한 연구(Yi et al., 2007; Kooi, 1998; Stuart & Atha, 1990)와 실제 손가락 관절 움직임을 분석한 연구(An, 2020; Ertan et al., 2003, 2005; Horsak & Heller, 2011; Soylu et al., 2006)를 통하여 알 수 있듯이, 양궁 경기력 향상 및 유지를 위해서는 선수들의 일관된 고득점 획득이 절실한 상황이며, 이를 위한 손가락의 미세한 움직임이 매우 중요하다는 측면에서 양궁 슈팅 동작에서 손가락 관절 움직임이 양궁 점수에 미치는 영향을 분석한 이 연구는 향후 우리나라 양궁 선수의 경기력 향상과 유지에 기초가 될 것으로 판단된다.

우선, 양궁 슈팅 시간과 주요 상지 관절각에서는 점수 간에 차이가 나타나지 않았으며, 이것은 본 연구에 참여한 모든 대상자가 국가대표 경력이 있는 엘리트 양궁 선수라는 점에서 기본적인 슈팅 동작의 일관성과 안정성을 확보하고 있다고 판단된다(Kim, 2000; Kim & Kim, 2005; Kooi, 1998; Mc Guine, 2006)

두 번째, 슈팅에 직접적으로 관여하는 오른 손가락 관절의 움직임을 분석한 결과, 몸쪽 손가락뼈 사이관절인 PIP 관절각과 가동범위는 검지, 중지, 약지 손가락 모두 점수 간에 통계적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 손허리 손가락 관절인 MCP 관절 가동범위는 약지 손가락에서 8점인 경우에 10점, 9점에 비하여 크게 나타났다. 이것은 고득점 획득하는 양궁 선수들이 손가락 관절의 미세한 움직임을 보다 정밀하게 조절하며, 슈팅의 일관성을 유지하기 위해 손가락 관절의 움직임을 최소화하려는 노력이라 판단된다. 또한, 손가락 관절의 과도한 움직임이 슈팅의 정확성에 부정적인 영향을 미친다고 보고한 연구(Kooi, 1998)와도 일치한다. 손가락 관절의 과도한 움직임이 경기력에 미치는 영향을 고려할 때, 경기력 향상을 위해 손가락의 움직임을 가능한 한 제어하는 것이 중요하다

Table 4. Descriptive information of multiple regression analysis for point

Independent variables	Non-standardized coefficients		Standardized coefficients (β)	t	p	VIF
	B	Standard error				
FE angle of MCP joint at ring finger (FE_MCP_RF)	**-.308**	**.116**	**-.553**	**-2.656**	**0.017**	**1.000**
(constant)	9.759	.332		29.357	0.000	
R^2 = .553, F(1, 16) =7.055, p=.017 Durbin-Watson = 0.786						

MCP joint: metacarpophalangeal joint, FE: flexion (+) / extension (−)
*indicates significant difference at an alpha level of .05

는 점을 시사한다. 따라서 양궁 점수가 높을수록 양궁 슈팅 구간에서 손가락 관절의 가동범위가 작게 나타날 것이라는 첫 번째 가설은 수용되었다.

세 번째, 손가락 관절의 움직임이 양궁 점수에 미치는 영향력을 분석한 다중회귀분석 결과, 약지 손가락의 MCP 관절의 가동범위가 양궁 점수에 부적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이것은 손가락 관절의 움직임이 양궁 슈팅의 일관성과 정확성에 중요한 역할을 한다는 연구(An, 2020; Ertan et al., 2003, 2005; Horsak & Heller, 2011; Soylu et al., 2006)의 결과를 뒷받침하는 결과이며, 손가락 관절의 굴곡/신전 가동범위가 조절되지 않으면, 슈팅 과정에서 불필요한 흔들림이 발생하고 정확한 발사와 점수에 직결될 수 있다. 특히 위 선행연구에서 다루지 않은 양궁 점수에 직접적인 영향을 미치는 손가락 관절의 움직임을 분석하였다는 점에서 향후 양궁 선수 훈련에 참고할 만한 근거로 활용될 가치가 있다. 따라서, 손가락 관절의 가동범위가 양궁 경기력에 영향을 미칠 것이라는 두 번째 가설도 수용되었다.

위의 내용을 종합하면, 손가락 관절의 운동학적 요인이 양궁 경기력에 밀접한 관련이 있다고 확인되었다. 이를 바탕으로 우리나라 양궁 선수의 경기력이 향상되고 유지되길 기대한다. 향후 연구에서는 손가락 관절을 비롯한 상지 관절의 협응 능력이 양궁 점수 일관성 및 경기력에 미치는 효과를 살펴볼 필요가 있다.

CONCLUSION

본 연구에서는 양궁 슈팅 시 점수에 따른 상지 관절 및 손가락 관절의 운동학적인 차이를 살펴보고, 손가락 관절의 움직임이 양궁 점수에 미치는 영향력을 분석하고자 하였다. 본 연구를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

첫째, 슈팅 시간과 주요 상지 관절각에서는 양궁 점수 간에 차이가 없었다. 둘째, PIP 관절각과 가동범위는 검지, 중지, 약지 손가락 모두 점수 간에 이가 없었으나, MCP 관절 가동범위는 약지 손가락에서 8점인 경우에 10점, 9점에 비하여 크게 나타났다(p<.05). 셋째, 약지 손가락의 MCP 관절의 가동범위가 양궁 점수에 부적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(p<.05). 이를 바탕으로 양궁 경기에서 고득점 획득하기 위해 손가락 관절의 미세한 움직임을 보다 정밀하게 조절해야 하며, 슈팅의 일관성을 유지하기 위해서는 손가락 관절의 움직임을 최소화하려는 노력이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the Academic Support Program for Education, Research, and Student Guidance of Korea National Sport University in 2024.

REFERENCES

An, H. S. (2020). *Muscle Activation and Kinematical Analysis of the Hand during Hooking in Archery.* Unpublished Doctor's Thesis. Graduate School of Korea National Sport University.

Clarys, J. P., Cabri, J., Bollens, E., Sleeckx, R., Taeymans, J., Vermeiren, M., Van Reeth, G. & Voss, G. (1990). Muscular activity of different shooting distances, different release techniques, and different performance levels, with and without stabilizers, in target archery. *Journal of Sport Sciences*, *8*(3), 235-257.

Dattalo, P. (2013). *Analysis of Multiple Dependent Variables*. Published to Oxford Scholarship Online.

Ertan, H. (2009). Muscular activation patterns of the bow arm in recurve archery. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(3), 357-360.

Ertan, H., Kentel, B., Tümer, S. T. & Korkusuz, F. (2003). Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. *Human Movement Science*, *22*(1), 37-45.

Ertan, H., Soylu, A. R. & Korkusuz, F. (2005). Quantification the relationship between FITA scores and EMG skill indexes in archery. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *15*(2), 222-227.

Hamill, J. & Ryu, J. S. (2003). *Experiment in Sport Biomechanics*. Daehanmedia.

Hennessy, M. P. & Parker, A. W. (1990). Electromyography of arrow release in archery. *Electromyography and Clinical Neurophysology*, *30*(1), 7-17.

Horsak, B. & Heller, M. (2011). A three-dimensional analysis of finger and bow string movements during the release in archery. *Journal of Applied Biomechanics*, *27*(2), 151-160.

Kim, J. H. & Kim, H. Y. (2005). Kinematic analysis on the release movement for expert archers. *Korean Journal of Physical Education*, *44*(4), 415-424.

Kim, J. P. (2000). The correlation of the physical stability and the performance of archers in non-shooting and shooting. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *10*(1), 133-147.

Kooi, B. W. (1998). Bow-arrow interaction in archery. *Journal of Sports Sciences*, *16*, 121-131.

Mc Guine, T. (2006). Sports injuries in high school athletes: A review of injury-risk and injury-prevention research, *Clinical*

Journal of Sport Medicine, *16*(6), 488-499.

Mckinney, W. & Mckinney, M. (1997). *Archery*. Eight Edition, Brown & Benchmark Publishers.

Nishizono, A., Shibayama, H., Izuta, T. & Saito, K. (1987). Analysis of archery shooting techniques by means of electromyography. International society of biomechanics in sports. *Proceedings, Symposium V, Athens, Greece*, 364-372.

Song, J. & Kim, K. (2024). Relationship of Follow-through Movements to Target Accuracy in Compound Archers. *Korean Journal of Applied Biomechanics*, *34*(1), 34-44.

Soylu, A. R., Ertan, H. & Korkusuz, F. (2006). Archery performance level and repeatability of event-related EMG. *Human Movement Science*, *25*(6), 767-774.

Stuart, J. & Atha, J. (1990). Postal consistency in skilled archers. *Journal of Sports Sciences*, *8*(3), 223-234.

Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human movement*. Fourth edition.

World Archery (2024). *https://www.worldarchery.sport*

Yi, J. H., Hah, C. K., Ryu, J. S. & Kim, K. C. (2017). Evaluation on motion features of the world's second archer during back-tension in archery. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *17*(3), 197-207.

Yoo, S. H. (2015). *Classification of the Hand Techniques by Angular Momentum in the Taekwondo Poomsae*. Unpublished Doctor's Thesis. Graduate School of Korea National Sport University.