

승마 속도 시 등자 길이에 따른 체간기울기와 양측 하지의 협응성 비교분석 : 비대칭 지수 및 전체이동지수 알고리즘 개발

현승현¹·류재청¹

¹ 제주대학교 자연과학대학 체육학과

Analysis of the Coordination of the Trunk Tilting Angle and Bilateral Lower Limbs According to the Stirrups Length during Trot in Equestrian: Asymmetric Index Development of Overall Movement Index Algorithm

Seung-Hyun Hyun¹ · Che-Cheong Ryew¹

¹Department of Physical Education, College of Natural Science, Jeju National University, Jeju, Korea

Received 29 January 2015; Received in revised form 19 March 2015; Accepted 24 March 2015

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study was to analyze the coordination of the trunk tilting angle and bilateral lower limbs according to the stirrups length during trot in equestrian.

Methods : Participants selected as subject were consisted of adult male(n=7, mean age: 45.00±3.78 yrs, mean height: 172.50±2.44 cm, mean body mass: 76.95±4.40 kg, mean, mean leg length: 97.30±2.60 cm). They were divided into 3-types of stirrups lengths(67 cm, 72 cm, 77 cm) during trot. The variables analyzed were consisted of the trunk front-rear angle, lower limb joint(Right-Left hip, knee, ankle), overall movement index(OMI) of the lower limbs(thigh, shank, foot) and asymmetry index(AI%) during trot.

Results : The average angle in hip and knee joint showed more extended posture according to the increase of stirrups lengths and ankle angle showed more plantarflexion posture according to increase of stirrups length during 1 stride in trot. Also, average angle showed more extended posture in right hip and ankle joint than that of left. The angle of knee joint didn't show significant difference statistically between right and left. Also asymmetric index in average angle of hip, knee and ankle joint didn't show significant difference statistically in between lower limbs, but hip joint showed higher asymmetric index in stirrup length of 77 cm and ankle joint showed higher asymmetric index in stirrup length of 67 cm than that of the others respectively. The FR angle in trunk of horse-rider showed relative backward leaning motions at stirrup length of 67 cm and 77 cm than that of stirrup length of 72 cm during stance and swing phase. OMI in thigh, shank, and foot limbs didn't show significant difference statistically according to the stirrups length of right and left lower limbs, but left lower limbs showed higher index than that of right lower limb. Stirrup length of 72 cm in shank and foot limbs showed higher index than that of stirrup length of 67 cm and 77 cm. But stirrup length of 72 cm showed higher asymmetric index than that of stirrups length of 67 cm and 77 cm.

Conclusions : When considering the above, 72 cm(ratio of lower limb 74.04%) stirrup lengths could be useful in posture correction and stabilization than 67cm(ratio of lower limb 68.69%) and 77 cm(ratio of lower limb 79.18%) stirrup lengths during trot in horse back riding.

Keywords : Coordination, Horse-Riding, Overall Movement Index, Asymmetry Index, Stirrup Length

I. 서 론

승마활동은 기승자(horse rider)가 지면으로부터 약 2 m 정

도에 위치하고 500 kg 무게의 말이 65 km/h의 속도로 빠르게 달릴 수 있기 때문에 위험한 스포츠이다(Ceroni, Rosa, Coulon, & Kaelin, 2007). 이에 말의 사지와 동체의 움직임 양상은 보 조(cadence)의 종류에 따라서 달라질 수 있기 때문에 기승자는 각 보조의 특성에 적응할 수 있는 자세유지 능력을 필요하다 (Ryew, 2012).

안정된 기승자세는 보조 진행 시 시상면(sagittal plane)에서

Corresponding Author : Che-Cheong Ryew
Faculty of Exercise and Sports Science, College of Natural Science,
Jeju National University, 102 Jejudahak-ro, Jeju, Korea
Tel : +82-64-754-3588 / Fax : +82-64-757-1752
E-mail : ryew@jejunu.ac.kr

볼 때, 귀, 어깨, 엉덩이, 발 뒤굽이의 수직선상과 팔꿈치, 손, 고삐, 그리고 비트까지의 일정한 거리를 유지하는 것이 바람직하지만(Ceroni et al., 2007; Lovett, Hodson-Tole, Kathryn, & Nankervis, 2005), 적절하지 못한 등자 길이의 변화로 체간 기울기 각도와 양측하지 간 협응성에 차이가 발생할 수 있다(Ryew & Hyun, 2014).

특히 승마활동에서 안정성 유지를 위해 중요한 요소 중 하나는 등자길이(stirrups)의 피팅(fitting)이다. 등자는 말 위에 올라타거나 내릴 때, 그리고 기승활동 시 적절한 체중배분과 균형성을 유지하는데 필수적인 마구(harness)이며(Ryew & Hyun, 2014), 말이 뛰는 동안 기승자의 대퇴사두근과 비골근의 편심성수축(eccentric contraction)을 반복적으로 수행하게된다(Ceroni et al., 2007). 등자와 기승자세의 관계를 살펴볼 때, Quinn과 Bird(1996)가 기수의 일반적인 하지각도는 엉덩관절의 수평선상을 기준으로 대퇴(thigh)는 30°-40°이지만, 등자길이를 짧게 유지하여 대퇴의 각도가 20°가 될 경우, 골반의 후방경사(pelvic retroversion)를 감소시킨다고 보고했다(Loch, 1988). 반면, Nicholl, Coleman과 Williams(1991)는 대퇴의 각도를 45° 이상 유지할 수 있는 상태에서 등자길이를 조절하는 것이 허리통증(back pain) 발병율이 더 낮다고 보고하는 등, 서로 다른 결과를 보여 적합한 등자길이에 관한 연구는 부족한 실정이다.

하지만 승마 평보 시 등자길이 피팅에 따라 기승자세정렬을 분석한 Ryew와 Hyun(2014)에 의하면, 등자길이가 길어지는 경우, 기승자의 고관절 및 무릎관절의 과도한 신전으로 등자에서 말체간(horse trunk)으로 전달되는 기승자의 체중분배 기전이 감소되고, 이와는 다르게 짧은 등자길이가 피팅은 하지의 과도한 굴곡으로 말-기승자 간 협응성 저하 및 기동성에 제한이 나타난다고 보고하고 있어, 양측 하지 관절 각도의 비대칭성은 말-기승자 간 대화수단에 오류가 발생할 수 있다.

한편, 기승자의 균형유지가 강조되는 만큼, 말의 균형은 승마, 마장마술(Klimke, 1985; Miesner, Putz, & Plewa, 2000) 그리고 점핑(Powers & Harrison, 2000)을 수행함에 있어 매우 중요하다(Kuhnke, Dumbell, Gaulty, Johnson, & McDonald, 2010). 말의 비대칭적인 후족(hindquarters) 움직임은 기수의 운동성능이 더 저하될 수 있는데(Dyson, Murray, Branch, & Harding, 2003; Stashak, 1995), 레이스(races) 동안 기승자세의 불균형한 체지의 움직임 역시 말에게 치명적인 부상을 유발시킬 뿐만 아니라(Davies, 1996; Deuel & Lawrence, 1987; Williams & Norris, 2007), 기수의 고삐 긴장으로 어깨부분의 미세한 외상과 반복성 긴장장애(repetitive strain injury)가 증가된다고 하였다(Pugh & Bolin, 2004).

이러한 관점에서 기승자는 어깨 및 엘보 관절의 각도를 변화

시킴으로서 고삐를 통해 말과의 접촉을 유지해야 하고(Terada, Clayton, & Kato, 2006), 리드미컬한 상황에서 양측 체지 간 협응 동작은 독립적으로 움직이는 것이 아니라, 서로에게 영향을 주는 가운데 동작이 수행되어야 한다(Post, Peper, Daffertshofer, & Beek, 2000). 하지만 등자길이 변화에 따라 부적절한 기승자세가 발생될 수 있는데(Ryew & Hyun, 2014), 부적절한 기승자세는 말과 기승자에게 충격이 지속적으로 발생되어 낙마 및 심각한 부상을 유발할 수 있는데, 낙마로 인해 기승자는 골절, 척추 및 머리의 부상, 장기적인 장애, 그리고 사망까지 이를 수 있다는 연구들이 보고되고 있다(Barone & Rodgers, 1989; Bixby-Hammett, 1992; Campbell-Hewson, Robinson, & Egleston, 1999; Christey, Nelson, Rivara, Smith, & Smith, 1994; Ghosh, Discala, Drew, Lessin, & Feins, 2000; Kraft et al., 2009; Kriss, T. C., & Kriss, V. M., 1997; Nelson & Bixby-Hammett, 1992; Quinn & Bird, 1996).

종합해 볼 때, 말과 교감하며 간접적인 중력을 받는 승마활동에서 등자길이에 따른 양측 하지의 균형적인 협응과 체간 기울기 동작의 규명은 매우 중요하지만, 승마와 관련 연구들은 실험상황에서 등자의 길이를 고려하지 않는 연구가 대부분이다. 등자길이와 관련 연구는 최근 Ryew와 Hyun(2014)이 3가지 유형에 따른 기승자세를 분석한 결과, 하지장 비율 73.25%가 기승자세정렬에 가장 효과적이라고 보고하고 있지만, 평보에서만 적용할 수 있는 한계점을 갖는다. 이에 자세교정과 가장 밀접한 보조는 평보와 속도(Ryew, 2009)이며 기승 초보자 뿐만 아니라 숙련자, 그리고 승마활동에 참여하는 많은 사람들이 이용하고 있는 만큼, 속도 시 말과 기승자 간 운동수행 능력과 동적안정성의 향상 및 개인별 신체적 특성을 고려한 최적의 등자길이도 제시되어야 한다.

따라서 본 연구의 목적은 자세교정에 적합한 승마 속도 시 등자의 길이변화에 따른 양측 하지 간 협응성과 체간기울기의 각도 변화를 비교분석하기 위해 실시하였다. 특히, 협응성 비교를 위해 하지분절의 중심(대퇴, 하퇴, 발)을 기준으로 전체 이동지수 알고리즘을 개발하여 본 연구에 적용하였고, 등자길이는 하지장 길이의 비율(100%)로 적용하였다. 하지장 길이의 비율 적용은 개인별 특성에 따라 최적의 등자길이를 피팅할 수 있을 뿐만 아니라, 안전한 승마활동 및 교육을 위한 정량적 자료로 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자



Figure 1. Experimental field

본 연구의 대상자는 성인남성 7명(mean age: 45.00±3.78 yrs, mean height: 172.50±2.44 cm, mean body mass: 76.95±4.04 kg, mean leg length: 97.30±2.60 cm)으로 이들은 최소 6년 이상의 승마경력이 있고, 척추 및 하지에 부상경험이 없는 자들이었다. 말은 더리브렛(thoroughbred) 4두(height: 163.42±4.72 cm)를 이용하여 실험 전, 조련사에 의해 20분 이상 충분히 워업(warm up)을 실시하였다.

본 연구의 목적을 고려하여 실험 전 모든 대상자들에게 우세(dominant)·비우세(non-dominant)체지 여부를 진술에 의존한 결과, 모두 우측이 우세체지였으며 등자길이는 72 cm를 선호하는 자들이었다. 이후 본 연구의 목적과 내용을 충분히 설명한 후 이를 이해하고 연구참여 동의서 자발적으로 서명한 자에 한하여 실시하였다.

2. 실험 절차

실험 시 외부적 기후환경을 고려하여 실내승마장(50 m×20 m)에 4대의 카메라(HDR/HDV 1080) 및 조명등(055×DV)을 설치 한 후, 3차원 공간 좌표를 설정하기 위해 통제점틀(2 m×2 m×1 m)은 기승자세 및 위치가 완전히 포착될 수 있도록 지면과 평형(alignment)을 고려하여 수직 높이 57 cm 위에 설치하였다. 실험환경에서 기승자가 받을 수 있는 충격력과 낙상의 위험을 고려하여 지면은 모래에서 실시하였고(Ryew & Hyun, 2014), 디지털 캠코더의 속도는 60 frames/sec, 노출시간(exposure time)은 1/500 sec로 통제점틀을 약 5 sec 간 촬영한 다음 통제점틀을 제거하였다. 이때 모든 장비에 사용되는 배선은 말의 보법에 영향이 없도록 20 cm 깊이로 매설(under the ground)하여 실험환경을 조성하였다(Figure 1).

영상자료 분석 시 신체 분절의 무게중심과 전신 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체 분절 매개변수(body segment parameters)는 Plagenhoef 등(1983)의 자료를 이용하였고, 디지

타이징 포인트는 관절점 21개 외에 기준점 10개를 포함한 후 31개의 표식점(right·left toe, right·left heel, right·left lateral·medial malleolus, right·left shank, right·left lateral·medial epicondyle, right·left thigh, right·left anterior superior iliac spine, sacrum, right·left lateral·medial wrist, right·left lateral·medial elbow, right·left shoulder, chin, nose)을 실험 기승자에게 부착하였다.

이후 기승자는 실험 진행구간의 트랙(track)을 7회 경유하며 코스와 조명등의 실험환경에 적응한 후 등자길이(67 cm, 72 cm, 77 cm)에 따라 각 5회씩 영상촬영에 임하였고, 이때 조련사 및 전문가에 의해 말은 1 보조동안 항상 공중국면을 유지하며 각 스트라이드에 2번의 공중 국면을 가지는 대각선형 보 조법(Hilary, Clayton, Bvms, Phd, & Mrcvs, 2002)인 속보의 성패여부를 판단하였다. 특히 본 연구에 참여한 대상자들이 사용하고 있는 안장은 5 cm 간격으로 등자길이가 조절되도록 제작되어 있었다. 이에 선호하는 등자길이 72 cm를 기준(reference)으로 속보가 가능한 67 cm와 77 cm로 설정하였고, 각 대상자들의 등자길이를 하지장 길이로 나누어 산출된 비율(%) 67 cm(68.69±1.81%), 72 cm(74.04±1.95%), 77 cm (79.18 ±2.08%)을 각 대상자에게 피팅하였다. 실험과정에서 낙마로 인해 발생할 수 있는 상해, 골절에 대한 응급처치 뿐만 아니라 심폐소생술(cardiopulmonary resuscitation/ CPR)을 실시할 수 있는 의료진 1명이 본 연구에 참여하였다. 또한 기승자와 말이 진행되는 방향을 Y축(axis), Y축의 좌·우 축을 X축, Y축과 X축 방향에 대한 수직을 Z축으로 설정하였다.

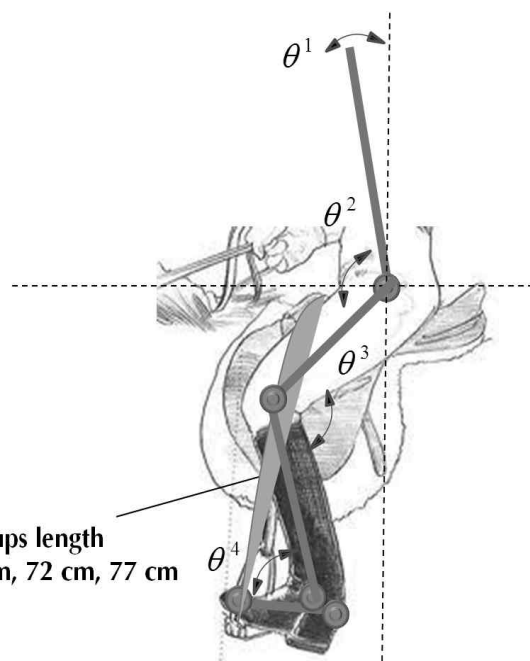


Figure 2. Angle of segment

3. 분석국면 및 각도정의

본 연구에서 분석국면은 말 오른쪽 앞발굽이 지면에 닿는 순간부터 왼발굽 지지 후 다시 오른쪽 앞발굽이 지면에 닿는 순간까지의 동작을 4개의 상대각도(θ^1 : front rear angle of trunk, θ^2 : hip angle, θ^3 : knee angle, θ^4 : ankle angle)로 정의하였고<Figure 1>, 체간의 전후기울기 각도는 지지기(stance)와 공중기(swing) 국면으로 나누어 분석하였다.

즉, 말이 1 걸음(1 stride) 동안 기승자의 하지관절 각도와 체간기울기를 분석하였고, 하지분절 중심은 3방향(medial-lateral, anterior-posterior, vertical) 직선운동거리 평균(Mean)값을 소요된 시간(Δt)으로 나누어 편위(excursion)를 산출하였다.

따라서 운동학적 변인을 사용하여 간단하게 계산될 수 있는 전체이동지수(overall movement index/OMI) 알고리즘을 개발하였다. 이 방법은 양측 하지분절 중심 간 협응성 비교를 위해 대퇴(thigh), 하퇴(shank), 발(foot) 중심이 3방향[좌-우 [medial-lateral], 전-후[anterior-posterior], 수직[vertical]]의 이동지수(movement index/MI)를 산출한 후, 각 방향의 지수를 모두 합(SUM)한 값이다.

운동학적 자료에서 양측 분절 중심 위치 값을 동시에 사용하는 것이 아니라, 좌-우측 별 분절중심 위치 값을 독립적으로 산출한다. <Formula 1>은 좌측 대퇴분절 중심에 대한 OMI 공식이며, 이와 같은 방법으로 좌-우측 별 대퇴, 하퇴, 발에 대한 OMI를 각각 산출하였다.

$$M-LMI = \frac{\sum_{t=0}^T |limb\ center_{x,t} - limb\ center_{x,mean}|}{T}$$

$$A-PMI = \frac{\sum_{t=0}^T |limb\ center_{y,t} - limb\ center_{y,mean}|}{T}$$

$$VMI = \frac{\sum_{t=0}^T |limb\ center_{z,t} - limb\ center_{z,mean}|}{T}$$

$$OMI = MLMI + APMI + VMI$$

Formula 1. Movement index of low extremity during trot in horse riding

이때, limb은 분절 중심위치, T는 소요시간

결과 값에서 OMI가 높아질수록 각 분절 중심의 움직임이 증가함을 의미하고, OMI가 낮아질수록 분절의 움직임이 감소함을 의미한다.

비대칭지수(asymmetric index/AI)는 Robinson 공식(Robinson, Herzog, & Nigg, 1987)을 사용하였다.

$$AI(\%) = \left| \frac{OMI_R - OMI_L}{\frac{1}{2}(OMI_R + OMI_L)} \right| \times 100$$

Formula 2. Asymmetric index during trot in horse riding

OMI_R은 우측하지 분절의 전체이동지수

OMI_L은 좌측하지 분절의 전체이동지수

AI(%)는 0일 때, 완전 대칭이며, AI 값이 증가할수록 비대칭이 커짐을 의미한다.

4. 자료처리

승마 속도 시 등자길이 피팅에 따라 (주)비솔(Visol., Korea)의 Kwon 3D XP ver. 4.0(2007)프로그램을 이용하여 운동학적(kinematic)변인을 산출하였고, 통계점 좌표화, 인체관절점의 좌표화, 동조 및 3차원 좌표는 Abdel-Aziz와 Krara(1971)의 직접선형변환방법(Direct Linear Transformation)을 통해 산출하였다. 이후 Butterworth의 저역통과필터(low-pass filter)법을 이용한 차단주파수는 6Hz로 스무딩하여 노이즈(noise)를 제거한 후 연구변인을 분석하였다.

산출된 변인들은 PASW 18.0(IBM, USA) 프로그램을 사용하여 기초통계량인 평균 및 표준편차를 산출한 후, 비대칭지수, 체간기울기는 등자길이(67 cm, 72 cm, 77 cm) 변화에 따라 일원변량분석(one-way analysis of variance)을 사용하였고, 등자길이와 양측하지(좌, 우) 간 반복이원분산분석(two-way analysis of variance with repeated measure)을 실시 후 통계적 유의한 차이발견 시 사후검증(post hoc test: Duncan)을 실시하였다. 이때 모든 통계적 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

<Table 1> 및 <Figure 3>은 말의 오른발 기준 1 스트라이드 동안 등자길이 변화에 따른 양하지 관절의 평균 각도변화를 나타낸 것이며, 평균 각도를 이용하여 AI(%)를 산출하였다.

분석결과, 엉덩관절 각도는 등자길이 변화에 따라 67 cm가 72 cm, 77 cm 보다 더 굴곡된 형태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났다($F=9.594, p<.001$). 또한 우측 엉덩관절의 각도 변화가 더 신전된 형태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고($F=8.773, p<.01$), 상호작용은 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 무릎관절 각도는 등자길이 변화에 따라 67 cm가 72 cm, 77

cm 보다 더 굴곡된 형태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고($F=27.404$, $p<.01$). 양하지 간 각도변화와 상호작용은 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 발목관절의 각도변화는 등자길이 변화에 따라 67 cm가 72 cm, 77 cm 보다 더 배측굴곡된 형

태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났다($F=27.683$, $p<.001$). 또한 우측 발목관절의 각도변화가 더 저측굴곡된 형태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고($F=13.859$, $p<.01$), 상호작용은 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

Table 1. Angular kinematic variables and asymmetric index according to the stirrups length during trot

Section	stirrups length(cm)			total average	Source	F	p	post-hoc
	67 cm	72 cm	77 cm					
hip	Right(deg)	116.99±5.20	123.70±5.50	123.46±6.17	SL	9.594	.001***	77, 72>67
	Left(deg)	116.35±6.57	119.95±5.46	118.64±5.84	R·L	8.773	.004**	R>L
	total average	116.67±5.86	121.82±5.74	121.05±6.41	SL×R·L	1.464	.235	-
	AI(%)	4.61±3.89	4.62±4.95	7.14±3.87	AI	2.440	.096	-
knee	Right(deg)	122.93±6.08	130.59±6.82	130.60±5.62	SL	27.404	.001***	77, 72>67
	Left(deg)	123.39±5.81	131.72±7.15	133.37±4.25	R·L	1.834	.178	-
	total average	123.16±5.88	131.15±6.92	131.99±5.11	SL×R·L	.406	.667	-
	AI(%)	4.59±2.78	3.13±2.04	4.21±2.75	AI	1.859	.165	-
ankle	Right(deg)	98.71±6.57	103.11±8.85	111.50±9.71	SL	27.683	.001***	77>72>67
	Left(deg)	92.50±9.43	97.31±9.50	106.19±5.56	R·L	13.859	.001***	R>L
	total average	95.33±8.52	100.21±9.53	108.85±8.26	SL×R·L	.010	.990	-
	AI(%)	9.14±6.30	8.78±6.56	7.00±4.04	AI	.833	.440	-
FR angle	Stance	-2.33±4.02	-1.14±4.44	-2.54±2.98	SL	.265	.770	-
	Swing	-3.69±7.11	-1.41±5.38	-4.30±6.45	SL	.362	.701	-

NOTE: *** $p<.001$, ** $p<.01$, SL: stirrups length of the main effect, R·L: Right leg and Left leg of the main effect, SL×R·L: Interaction, AI: asymmetry index(%) between right leg and left leg

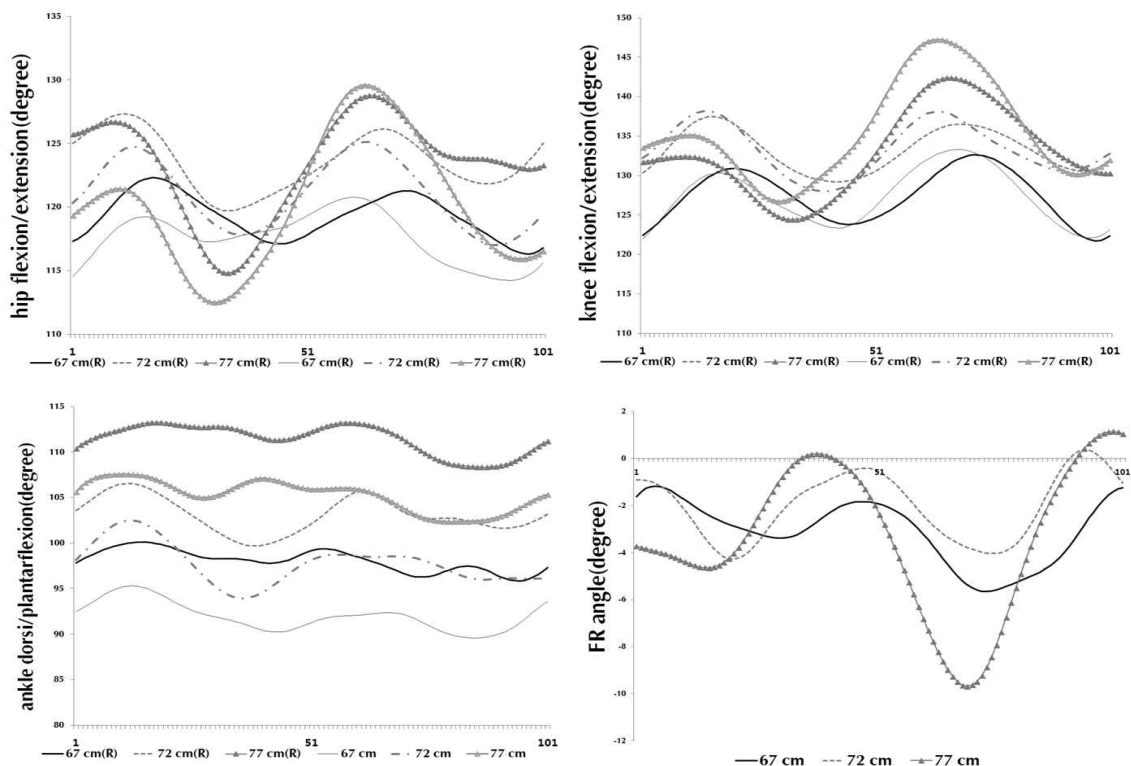


Figure 3. Angular kinematic variables according to the stirrups length during trot

Table 2. Overall Movement index and asymmetric index according to the stirrups length during trot

Section	stirrups length(cm)			total average	Source	F	p	post-hoc	
	67 cm	72 cm	77 cm						
thigh	Right	159.37±27.26	158.37±18.68	153.78±18.56	157.17±21.10	SL	.228	.797	-
	Left	161.12±28.36	159.64±21.73	155.61±19.11	158.76±22.32	R-L	.051	.823	-
	total average	160.24±26.97	158.96±19.48	154.70±18.12	157.97±21.47	SL×R-L	.001	.999	-
	AI(%)	2.21±1.53	2.13±1.36	1.57±1.35	1.97±1.38	AI	.426	.660	-
shank	Right	157.64±31.26	159.48±16.14	154.16±17.67	157.09±21.68	SL	.192	.826	-
	Left	160.76±31.61	162.61±20.61	157.12±17.98	160.16±23.02	R-L	.180	.674	-
	total average	159.20±30.25	161.04±17.86	155.64±17.20	159.20±30.25	SL×R-L	.001	.999	-
	AI(%)	2.59±1.80	3.69±2.03	2.29±1.89	2.86±1.91	AI	1.038	.374	-
foot	Right	159.26±34.82	160.96±13.98	154.72±17.00	158.31±22.72	SL	.275	.761	-
	Left	162.36±34.87	166.63±19.42	159.27±15.91	162.76±23.74	R-L	.351	.557	-
	total average	160.851±33.52	163.79±16.52	157.00±16.00	160.53±22.06	SL×R-L	.010	.990	-
	AI(%)	3.37±1.70	5.17±2.56	3.05±2.13	3.87±2.26	AI	1.937	.173	-

NOTE: SL: stirrups length of the main effect, R-L: Right leg and Left leg of the main effect, SL×R-L: Interaction, AI: asymmetry index(%) between right leg and left leg

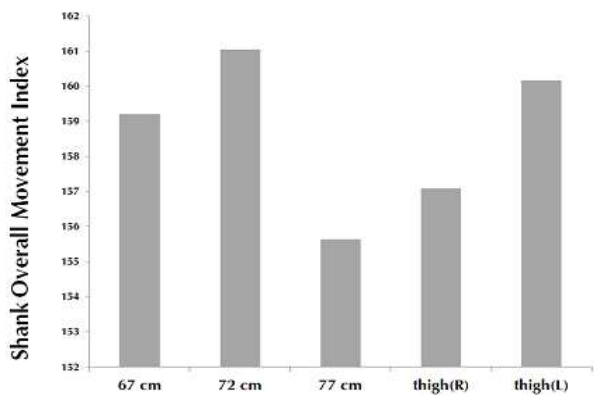
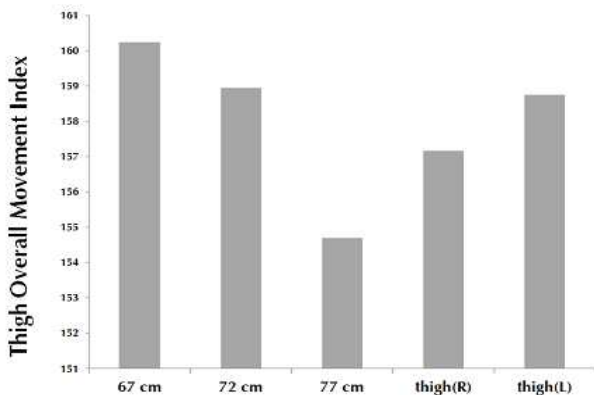


Figure 4. Movement index of thigh and shank

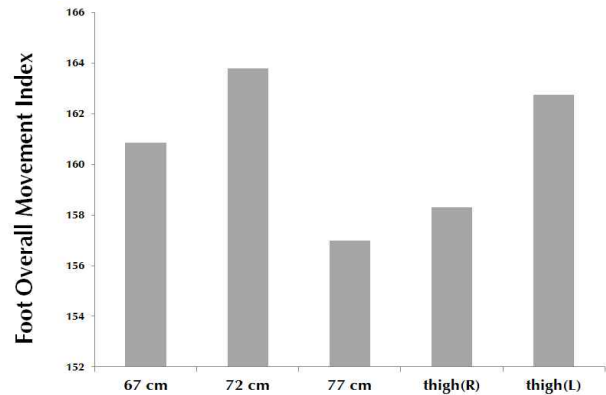


Figure 5. Movement index of foot

전후기울기 각도(FR angle)의 변화는 지지기(stance)와 공중기(swing)구면으로 나누어 분석한 결과, 지지기와 공중기 모두 통계적 유의한 차이는 없었지만, 특히, 공중기에서 72 cm 등 자길이가 수직선상과 가장 밀접한 것으로 나타났다. AI 분석 결과, 엉덩관절, 무릎, 발목관절은 등자길이 변화에 따라 통계적 유의한 차이는 없었지만, 엉덩관절은 77 cm가 가장 비대칭적인 것으로 나타났고, 발목관절은 67 cm가 가장 비대칭적인 형태를 나타냈다. 양측 하지 간 OMI를 분석한 결과 <Table 2> 및 <Figure 4, 5>와 같이 좌·우측 하지 간, 등자길이 변화에 따라 통계적 유의한 차이는 없었다. 하지만 좌측

대퇴, 하퇴, 발 분절의 OMI가 우측하지보다 더 높게 나타났고, 대퇴분절의 OMI는 67 cm 등자가 72 cm, 77 cm 등자보다 더 높게 나타났다. 또한 하퇴 분절과 발 분절의 OMI는 72 cm 등자가 67 cm, 77 cm 등자길이 보다 더 높은 지수를 나타냈다.

각 하지분절의 OMI를 이용한 AI는 대퇴는 77 cm, 하퇴와 발 분절 72 cm가 가장 비대칭적인 형태를 나타냈다.

IV. 논 의

승마 활동 시 요통의 발병은 기승자 뿐만 아니라, 말 자체의 성능저하에도 매우 중요한 요인이라 할 수 있다(Denoix, 2000). 요통은 직접적인 장애나 손상이 아닌 척추의 불안정성(Hides, Jull, & Richardson, 2001; Panjabi, 2003)이 주원인으로, 요천추부에서 하지로 정상적인 힘 전달과 체중지지울과 깊은 관련이 있다(Childs, Piva, Erhard, & Hicks, 2003).

특히, 속보 시 다양한 운동상황에 의한 말 등뼈(back)의 반복적인 운동학적 특징은 굴곡(flexion)/신전(extension) 각도가 0.4°-0.7°, 0.7°-1.2°(Audigié, Pourcelot, Degueurce, Denoix, & Geiger, 1999)이며, Faber 등(2000)은 이보다 더 증가된 1.2°-2.2°, 측면기울기(lateral bending)는 0.7°-2.3°, 주축회전(axial rotation)은 1.2°-2.8°로 말 주축골격(axial skeleton)의 미세한 움직임이 형성된다. 이러한 상황에서 속보는 공중구면을 가지기 때문에 말 동체의 수직운동을 이용한 기승자세는 말에게 전-상 방향으로 추진력을 전달하고 말의 비트에 대한 상대적인 안정성을 유지하기 위한 협응성이 매우 중요하다(Ryew, 2012).

따라서 본 연구는 등자길이 변화를 각 대상자가 선호하는 72 cm를 기준으로 77 cm와 67 cm로 피팅하여 기승자의 체간기울기와 양하지의 협응성을 비교분석하였다.

본 연구결과에서 알 수 있듯이, 기승자의 체간기울기는 지지기와 공중기 동안 등자길이 변화에 따라 통계적 유의한 차이는 없었지만, 등자길이 67 cm와 77 cm가 72 cm와 비교하여 더 큰 후경각자세를 나타냈다. 이러한 결과는 Terada 등(2006)이 평보, 속보의 평균 후경각은 -4°, Oh, Ryew, Kim과 Hyun(2009a)은 2보폭 동안 미숙련군은 3.12°의 전경자세와 숙련군은 352.30±2.42°의 후경자세, Ryew(2012)는 -5.74°의 후경자세를 유지한다는 보고한 바, 본 연구의 등자길이 77 cm와 유사한 결과를 보였다. 하지만, 본 연구에서 등자길이 72 cm로 유지한 기승자세가 수직선상과 밀접한 -1.41±5.38°, 표준편차(SD)도 다른 등자길이와 비교하여 일관성 있는 적은 범위를 나타내고 있다. 이는 보조동안 체간은 수직선상과 가장 밀접한 자세를 유지하는 것이 숙련자의 지표라는 연구결과(Terada

et al., 2006)와 일치하는 것으로, 말에게 가해지는 하중 감소 및 교정효과(Ryew, 2012)에 긍정적인 것으로 판단된다. 반면, 기승자의 체간 기울기 각도가 커지면 신체중심의 수직선과 수평거리가 멀어지는 만큼 척추에 가해지는 모멘트(moment)가 증가될 수 있다고 생각된다. 즉, 기승자의 큰 후경각 자세는 말에게 불규칙적인 패턴 전달 및 충격력 또한 증가되어 기승자와 말 간 상호 협응성은 더 저하될 수 있다고 생각된다.

양측 하지 관절의 평균 각도변화는 등자길이가 증가됨에 따라 엉덩관절, 무릎관절은 더 신전되는 형태와 발목관절은 더 저축 굴곡된 형태를 나타냈다. 이와 관련하여 승마 속보 시 하지관절 각도 변화를 비교한 연구들은, Ryew(2012)가 24 주 후 자세교정에 미치는 효과를 검증한 결과에서 엉덩관절은 평균 113°, 무릎관절은 117°, 발목관절은 95.76°, Oh 등(2009a)은 지지기와 공중기에서 각각 엉덩관절은 110.77°, 117.35°, 무릎관절은 125.21°, 127.87°, 발목관절은 98.30°, 106.58°로 보고하였고, Oh, Ryew, Kim과 Hyun(2009b)은 엉덩관절 124.35°, 무릎관절 118.06°, 발목관절 88.81°와 비교하여, 본 연구에서 짧은 등자 67 cm 와 유사한 결과를 보인다. 하지만 선행 연구들의 실험상황이 초보자를 숙련하는 과정에서 적합한 등자길이를 고려하지 못하였고, 숙련자의 참여도는 극히 제한적인 결과로 해석된다. 하지만 본 연구에서 말 앞발굽 기준 1 stride 동안 기승자세의 평균 각도 변화 값을 이용해 AI를 분석하였는데, AI 계산방법에 따른 결과해석은 0%에 가까울수록 양측 간 대칭적으로 동일한 움직임이 나타나는 것이며, 지수의 값이 증가하면 비대칭성은 더 증가되어 불균형이 나타난다는 것을 의미한다. 연구결과, 엉덩관절은 등자 77 cm, 무릎관절은 67 cm, 77 cm, 발목관절은 67 cm가 가장 비대칭적인 형태를 보이고 있다. 이러한 결과는 72 cm 등자길이를 사용하는 것이 기승자의 양측 엉덩관절과 무릎관절의 굴곡/신전, 발목관절의 배측/저축 움직임은 더 대칭적임을 시사한다. 즉, 72 cm 등자가 다른 67 cm, 77 cm 등자 길이에 보다 체중분배 기전은 양측 간 더 조화를 이루는 것으로 기승자의 안정성이 향상될 수 있음을 의미하고 말과의 대화수단 및 협응성 역시 더 효과적인 것으로 판단된다.

기승자의 대퇴, 하퇴, 발 분절 중심의 움직임을 정량적으로 분석하기 위해 3방향으로 이동한 절대 값의 평균을 소요된 시간으로 나누어 MI를 산출하였는데, 이는 말의 전방 움직임과 기승자가 말에게 전-상방향으로 추진력을 전달하는 과정(Ryew, 2012)에서 하지 분절 중심의 이동변화가 크기 때문에 각 이동방향(X, Y, Z)의 지수 값을 모두 합한 OMI로 분석하였다. 연구결과, 양측 하지의 평균 각도변화에서 알 수 있듯이, 우측 다리(dominant)가 더 굴곡/신전되는 큰 운동범위를 보였지만, OMI는 좌측(non-dominant) 하지에서 더 높게 나타

나 상반되는 결과를 나타냈다. 인체의 체간중심운동과 인체 하지말단의 하지운동은 긴밀한 상관성이 보고되고 있는데 (Crosbie, Vachalathith, & Smithet, 1997; Mouchmini, Mesure, Lizee, Landjerit, & Massion, 1998; Yoo, Kang, & KO, 2012), 좌·우 체지는 일상생활(Hyun, Lee, Ryew, 2014)과 운동상황 (Carpes, Rossato, Fria, & Bolli Mota, 2007; Kim & Kim, 2010; Nunome, Ikegami, Kozakai, Apriantono, & Sano, 2006) 뿐만 아니라 부상 전력, 운동경험 등, 다양한 요인에 의해 기능적 또는 인지적으로 특정한 움직임에 대한 우성(dominant)과 열성(non-dominant)의 비대칭성을 가진다(Kim, 2008). 이에 본 연구결과와 비교해 볼 때, 기승자가 속보 시 말 동체의 수직운동을 이용해서 다시 말에게 전-상 방향으로 추진력을 전달하는 과정(Ryew, 2012)은 우세측 엉덩관절과 무릎관절의 굴곡/신전, 발목관절의 저축/배축 굴곡 각도의 역할이 더 큰 것으로 판단되며, 비우세 하지 관절은 엉덩관절의 내전(adduction)/외전(abduction), 내외전(internal rotation)/외회전(external rotation)의 움직임이 더 증가된 결과로 생각된다. 또한 OMI를 이용한 AI 결과에서 알 수 있듯이, 등자길이 72 cm가 좌·우측 하지 간 대퇴분절 중심의 OMI는 큰 차이가 없었지만, 하퇴, 발 분절 중심 OMI의 비대칭성이 가장 크게 나타나, 승마 속보 시 우세·비우세 다리 간, 각 운동방향의 이동·협응 기전에 차이가 있는 것으로 판단된다.

종합해 볼 때, 72 cm 등자길이(하지장비율 74.04±1.95%) 피팅은 67 cm, 77 cm 등자보다 하퇴, 발 분절의 OMI가 더 증가되고 비대칭적인 형태를 나타내고 있지만, 기승자의 체간 기울기 성향은 수직선상과 유지하여 가장 안정적이었다. 특히 Ryew & Hyun(2014)가 보고한 평보 시 하지장 길이 비율 73.25%와 유사한 결과이며, 양측하지 관절의 굴/신전 각도를 대칭적으로 이용한 신체중심의 상·하 반동의 착석법은 72 cm 등자 길이가 자세교정에 효과적인 수단임을 시사한다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 승마 속보 시 등자길이에 따른 기승자의 체간기울기와 양하지의 협응성을 비교분석하기 위해 실시하였다. 대상자는 성인 남성 7명으로 선정하여 등자길이 67 cm, 72 cm, 77 cm에 따른 기승자세를 분석하였다.

분석결과, 엉덩, 무릎관절의 평균각도 변화는 등자길이가 증가할수록 더 신전된 형태를 나타냈고, 발목관절은 더 저축 굴곡된 형태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났다. 또한 양측 엉덩, 발목관절의 평균각도 변화는 우측이 좌측 보다 더

신전된 형태를 나타냈고, 무릎관절의 평균각도 변화는 통계적 유의한 차이는 없었다.

양측 하지 관절각도 간 AI를 비교분석한 결과, 엉덩, 무릎, 발목관절은 통계적 유의한 차이가 없었지만, 엉덩관절은 77 cm, 발목관절은 67 cm 등자가 가장 비대칭적인 형태를 나타냈다. 또한 기승자의 체간기울기는 지지기 국면과 스윙국면에서 등자길이 67 cm, 77 cm가 72 cm 보다 더 큰 후방기울기 자세를 보였다.

대퇴와 하퇴, 발 분절 중심의 OMI를 분석한 결과, 등자길이와 양하지 간 통계적 유의한 차이는 없었다. 하지만, 좌측 분절 중심의 OMI가 더 높았고, 하퇴와 발 분절은 등자길이 72 cm가 더 큰 지수를 나타냈다. OMI를 이용한 AI는 등자길이 72 cm가 67 cm, 77 cm 보다 더 비대칭적인 형태를 나타냈다.

이와 같이 승마 속보 시 개인별 하지장 비율 74.04±1.95%의 등자 피팅이 기승자의 안정성과 자세교정에 효과적임을 시사하고 있지만, 말의 속도에 따라 인체의 체지 간 협응성 및 안정성에 성능 차이가 발생할 수 있다. 따라서 구보(canter)와 질주(gallop)의 상황에서도 적합한 등자길이와 관련 후속연구가 이루어지길 제안한다.

참고문헌

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). *Direct Linear Transformation from Comparator into Object Space Coordinates Inclose-range Photogrammetry*. Proceeding of the Symposium on close-range Photogrammetry(1-18). Falls church, VA: American society of photogrammetry.
- Audigié, F., Pourcelot, P., Degueurce, C., Denoix, J. M., & Geiger, D. (1999). Kinematics of the equine back: flexion-extension movements in sound trotting horses. *Equine Veterinary Journal*, 31(30), 210-213.
- Barone, G. W., & Rodgers, B. M. (1989). Pediatric equestrian injuries: a 14-year review. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*, 29(2), 245-247.
- Bixby-Hammett, D. M. (1989). Pediatric equestrian injuries. *Pediatrics*, 89(6), 1173-1176.
- Campbell-Hewson, G. L., Roninson, S. M., & Egleston, C. V. (1999). Equestrian injuries in the paediatric age group: a two center study. *European Journal of Emergency Medicine: Official Journal of the European Society for Emergency Medicine*, 6(1), 37-40.
- Carpes, F. P., Rossato, M., Faria, I. E., & Bolli Mota, C. (2007). Bilateral pedaling asymmetry during a simulated 40-km cycling time-trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*,

- 47(1), 51-57.
- Ceroni, D., Rosa, V. D., Coulon, G. D., & Kaelin, A. (2007). The importance of proper shoe gear and safety stirrups in the prevention of equestrian foot injuries. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 46(1), 32-39.
- Childs, J. D., Piva, S. R., Erhard, R. E., & Hicks, G. (2003). Side-to-side weight-bearing asymmetry in subjects with low back pain. *Manual Therapy*, 8(3), 166-169.
- Christey, G. L., Nelson, D. E., Rivara, F. P., Smith, S. M., & Condie, C. (1994). Horseback riding injuries among children and young adults. *The Journal of Family Practice*, 39(2), 148-152.
- Clayton, H. M., Lanovaz, J. L., Schamhardt, H. C., & Van Wessum, R. (1999). The effects of a rider's mass on ground reaction forces and fetlock kinematics at the trot. *Equine Veterinary Journal*, 31(30), 218-221.
- Crosbie, J., Vachalathiti, R., & Smithet, R. (1997). Patterns of spinal motion during walking. *Gait & Posture*, 5(1), 6-12.
- Davies, H. M. S. (1996). The effects of different exercise conditions on metacarpal bone strains in thoroughbred racehorses. *Pferdeheilkunde*, 12(4), 666-670.
- Deuel, N. R., & Lawrence, L. M. (1987). Laterality in the gallop gait of horses. *Journal of Biomechanics*, 20(6), 645-649.
- Dyson, S., Murray, R., Branch, M., & Harding, E. (2003). The sacroiliac joints: evaluation using nuclear scintigraphy. Part 2: Lameness horses. *Equine Veterinary Journal*, 35(3), 233-239.
- Faber, M., Schamhardt, H., Van Weeren, R., Johnston, C., Roepstorff, L., & Barneveld, A. (2000). Basic three-dimensional kinematics of the vertebral column of horses walking on a treadmill. *American Journal of Veterinary Research*, 61(4), 399-406.
- Ghosh, A., Discala, C., Drew, C., Lessin, M., & Feins, N. (2000). Horse-related injuries in pediatric patients. *Journal of Pediatric Surgery*, 35(12), 1766-1770.
- Ghosh, A., Discala, C., Drew, C., Lessin, M., & Feins, N. (2000). Horse-related injuries in pediatric patients. *Journal of Pediatric Surgery*, 35(12), 1766-1770.
- Hides, J. A., Jull, G. A., Richardson, C. A. (2001). Long-term effects of specific stabilizing exercises for first episode low back pain. *Exercise Physiology and Physical Exam*, 26(11), 243-248.
- Hyun, S. H., Lee, A. R., Ryew, C. C. (2014). Analysis of the ground reaction force parameters according to the change of position and weights of bag during downward stairs between dominant and non-dominant in upper & lower limbs. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 24(1), 43-50.
- Kim, Y. K., & K, Y. H. (2010). Unilateral performance comparison for taekwondo kicks between dominant leg and non-dominant leg. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(2), 183-189.
- Kim, Y. Y. (2008). The effects of lower extremity asymmetry on performance of vertical jumping. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(1), 179-190.
- Klimke, R. (1985). *Basic Training of The Young Horse*. London: J. A. Allen.
- Kraft, C. N., Pennekamp, P. H., Becker, U., Young, M., Diedrich, O., Luring, C., & Von Falkenhausen, M. (2009). Magnetic resonance imaging findings of the lumbar spine in elite horseback riders correlations with back pain, body mass index, trunk/leg-length coefficient, and riding discipline. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(11), 2205-2213.
- Kriss, T. C., & Kriss, V. M. (1997). Equine-related neurosurgical trauma: a prospective series of patients. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*, 43(1), 97-99.
- Kuhnke, S., Dumbell, L., Gauly, M., Johnson, J. L., & McDonald, K. (2010). A comparison of rein tension of the rider's dominant and non-dominant hand and the influence of the horse's laterality. *Comparative Exercise Physiology*, 7(2), 57-63.
- Loch, S. (1988). *The Classical Seat*. New York: Unwin Hyman.
- Lovett, T., Hodson-Tole, E., & Nankervis, K. (2007). A preliminary investigation of rider position during walk, trot and canter. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 2(2), 71-76.
- Miesner, S., Putz, M., & Plewa, M. (2000). *Richtlinien für Reiten und Fahren, Band 1, Grundausbildung für Reiter und Pferd [Guidelines for riding and driving. Vol. 1, Basic training for horse and rider]*. 27th edn. Warendorf, Germany: FN Verlag, 70-113.
- Mouchnino, L., Mesure, S., Lizee, e., Landjerit, B., & Massion, J. (1998). Is the spinal column a rigid or articulated axis during leg movement? *Human Movement Science*, 17(3), 289-306.
- Nelson, D. E., & Bixby-Hammett, D. (1992). Equestrian injuries in children and young adults. *American Journal of Diseases of Children*, 146(5), 611-614.
- Nicholl, J. P., Coleman, P., & Williams, B. T. (1991). *Injuries in sports and exercise: main report*. Fact sheet publication. London: Sports Council.
- Nunome, H., Ikegami, Y., Kozakai, R., Apriantono, T., & Sano, S. (2006). Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. *Journal of Sports Sciences*, 24(5), 529-541.
- Oh, W. Y., Ryew, C. C., Kim, J. H., & Hyun, S. H. (2009a). Kinematic analysis of horse-riding posture according to skill levels during rising trot with jeju-horse. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(30), 467-479.
- Oh, W. Y., Ryew, C. C., Kim, J. H., & Hyun, S. H. (2009b). Kinematic analysis of horse-riding posture during walking and rising trot in jeju horse. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 38, 741-754.

- Panjabi, M. M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 371-379.
- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G., & Abdelnour, T. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 169-178.
- Post, A., Peper, C., Daffertshofer, A., & Beek, P. (2000). Relative phase dynamics in perturbed interlimb coordination: stability and stochasticity. *Biological Cybernetics*, 83(5), 443-459.
- Powers, P. N., & Harrison, A. J. (2000). How can the rider help show jumpers to have better performances. *The Elite Show Jumper*, 79-90.
- Pugh, T. J., & Bolin, D. (2004). Overuse injuries in equestrian athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 3(6), 297-303.
- Quim, S., & Bird, S. (1996). Influence of saddle type upon the incidence of lower back pain in equestrian riders. *British Journal of Sports Medicine*, 30(2), 140-144.
- 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 Physiology Therapy*, 10(4), 172-176.
- Ryew, C. C. (2012). Kinematic analysis on the stabilization & correction effects of riding posture according to rider's skill levels in horse back riding. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(1), 83-94.
- Ryew, C. C., & Hyun, S. H. (2014). Kinematic analysis of the rider postural alignments according to the fitting of stirrups lengths during horse walk of high level rider. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 24(4), 329-338.
- Stashak, T. S. (1995). *Horseowner's Guide to Lameness*. Baltimore, Williams & Wilkins.
- Terada, K., Clayton, H. M., & Kato, K. (2006). Stabilization of wrist position during horseback riding at trot. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 3(4), 179-184.
- Williams, D. E., & Norris, B. J. (2007). Laterality in stride pattern preferences in racehorses. *Animal Behaviour*, 74(4), 941-950.
- Yoo, K. S., Kang, J. H., & Ko, Y. W. (2012). Study of the trunk motion according to the leg exercise during erect bipedalism. *The Korean Journal of Physical Education*, 51(6), 453-462.