

승마 평보 시 숙련자의 등자길이 피팅에 따른 기승자세정렬의 운동학적 비교분석

류재청 · 현승현

제주대학교 자연과학대학 체육학과

Kinematic Analysis of The Rider Postural Alignments According to The Fitting of Stirrups Lengths during Horse Walk of High Level Rider

Che-Cheong Ryew · Seung-Hyun Hyun

Department of physical education, College of Natural Science, Jeju National University, Jeju-Do, Korea
Received 16 September 2014 Received in revised form 10 November 2014 Accepted 18 November 2014

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze of the rider postural alignments according to the fitting of stirrups lengths during walk of high level riders. Participants selected as subject were consisted of horse riders of high level (age: 47.66 ± 3.51 yrs, height: 168.40 ± 4.84 cm, body weight: 73.36 ± 15.58 kg, low extremity length: 94.76 ± 3.98 cm, career: 23.33 ± 5.77 yrs) and walk with 3 types of stirrup lengths (ratio of low extremity 68.04%, 73.25%, 78.48%). The variables analyzed were consisted of the displacement of Y axis (center of mass, head, thigh, shank and foot), FR angle, LR angle, dynamic postural stability index (DPSI), coefficient of variation (CV%), and distance (X axis) of low extremity limb between right and left. The displacement of Y axis in COM, thigh, shank, foot limbs were not statistically significant, but movements of head showed greater distance of B type and C type than that of A type during 1 stride of walk. The FR and LR angle in trunk of horse rider, dynamic postural stability index and, coefficient of variation didn't show significant difference statistically according to the fitting of stirrup lengths. Also the distance (X axis) of low extremity in thigh and shank didn't show significant difference statistically in between right and left, but right and left foot showed greater distance in C type than that of B and A types during walk in horse back riding. The hip and ankle joint angle not statistically significant according to stirrups lengths, But knee joint angle showed more extended according to the increase of stirrups lengths during stance and swing phase in walk.

Keywords : Horse-Back Riding, Stirrup Length, Fitting, Alignments, Walk

I. 서 론

승마는 전국적으로 수백만명의 사람들이 즐기고 있는 스포츠이며(Jagodzinski & DeMuri, 2005; Loder, 2008; Mayberry, Pearson, Wiger, Diggs, & Mullins, 2007; Srinivasan et al., 2014), 기승자는 말(horse) 자체의 행동을 관

리 및 제어 할 수 있는 능력이 요구된다(Srinivasan et al., 2014). 하지만 많은 사람들이 승마스포츠에 참여하는 만큼 부상의 발병 또한 예외일 수 없으며, 부상 발병을 감소시키기 위한 승마협회 조직들의 많은 노력에도 불구하고, 말의 불확실한 특성으로 자동차경주, 오토바이, 럭비보다 더 위험한 스포츠로 인식되고 있다(Ball, C. G., Ball, J. E., Kirkpatrick, & Mulloy, 2007; Buckley, Chalmers, & Langley, 1993; Norwood et al., 2000; Smartt & Chalmers, 2009). 말과 관련된 부상을 지난 수십년에 걸쳐 조사한 연구들(Ball et al., 2007; Barone & Rodgers, 1989; Bixby-Hammett & Brooks, 1990; Cuenca et al.,

Corresponding Author : Seung-Hyun Hyun
Faculty of Exercise and Sports Science, College of Natural Science,
Jeju National University, 102 Jejudaehak-ro, Jeju, Korea
Tel : +82-64-754-3580 / Fax : +82-64-757-1752
E-mail : hshyun0306@jejunu.ac.kr

2009; Dekker et al., 2004; Hobbs, & Yealy, 1994; Petridou et al., 2004; Sorli, 2000)은 역학(epidemiology) 조사를 통해 목록화한 결과, 신경외과 상해입원의 가장 흔한 원인으로 뇌진탕(concussions), 골절(fractures)이 일반적이었다(Ball et al., 2007; Buckley et al., 1993; Norwood et al., 2000; Smartt & Chalmers, 2009).

이와 같이 승마활동 시 부상은 여러 가지 원인에 의해 발생되며(Ball et al., 2007; Ball, J. E., Ball, C. G., Mulloy, R. H., Datta, & Kirkpatrick, 2009; Ecker, Lockemann, Püschel, Meenen, & Hessler, 2011), 적절한 훈련과 충분한 안전주의 사항이 부상을 예방할 수 있는 유일한 방법이다(Ball et al., 2007; Sorli, 2000; Buckley et al., 1993; Havlik, 2010). 이에 기승자의 귀-어깨-엉덩이-발 뒤꿈치의 수직선상 유지와 팔꿈치-손-고삐-비트까지 일정한 거리를 유지하는 것이 안정된 자세로 보고하고 있으며(Ceroni, Rosa, Coulon, & Kaclin, 2007; Lovett, Hodson-Tole, & Nankervis, 2005), 말의 사지와 동체의 움직임 양상은 보조(cadence)의 종류에 따라서 달라지기 때문에 기승자는 말의 동체위에서 각 보조의 특성에 적응할 수 있는 자세유지 능력을 소유해야 한다(Ryew, 2012).

장비를 이용한 스포츠(싸이클, 골프, 레이싱, 봅슬레이, 스키, 스키점프, 헤머, 장대높이뛰기)는 경기력 향상과 부상예방을 위해 개인의 특성에 적합한 최적의 피팅(fitting) 조건이 매우 중요하며, 승마활동 또한 적합한 등자길이(stirrup length) 피팅이 안정성 향상과 낙마(fall from a horse) 및 부상(injury)예방을 위한 매우 중요한 변인이라 할 수 있다.

등자는 기승활동에서 상·하 수직운동 시 체중분배와 균형유지에 필수적인 마구(harness)로 말 위에 올라타거나 내릴 때도 사용된다. 등자 사용 시 말의 위치는 앞꿈치가 전(forward)방향을 향하고 뒤꿈치는 하(down)방향을 향하게 유지하여 휴식을 취할 수 있으며, 말이 뛰는 동안 기승자는 등자를 사용하여 대퇴사두근(quadriceps muscle)과 비골근(peroneal muscle)의 편심성수축(eccentric contraction)을 반복적으로 수행한다(Ceroni et al., 2007).

즉, 말 동체의 수직운동을 이용해서 기승자는 말에게 전·상방향으로 추진력을 전달(Ryew, 2012)하고 적절한 체중분배 및 균형성을 유지해야 하지만, 각 개인별 적합하지 못한 등자길이는 부적절한 기승자세가 나타날 수 있다. 특히, 적합하지 못한 등자길이는 기승자의 양측 체지 간 불균형한 움직임을 유발시킬 수 있는데, 기승자의 불균형한 움직임은 말에게 치명적인 부상을 유발시킬 뿐만 아니라(Davies, 1996; Deuel & Lawrence, 1987; Williams & Norris, 2007) 기수의 고삐 긴장으로 어깨부분의 미세한 외상과 반복성 긴장장애가 증가된다고 하였다(Pugh & Bolin, 2004). 또한 불확실한 특성을 가진 말의 움직임을

능동적으로 제어해야 하지만 안정성이 저하된 상태에서 말-기승자간 불규칙적인 충격유형은 앞서 많은 선행연구를 통해 언급하였듯이 낙마, 골절, 척추 및 머리에 심각한 부상이 발생할 수 있다.

더욱이 승마활동 시 최적의 등자길이 피팅을 위한 정량적 분석이 이루어져야 하지만, 이와 관련 연구는 미비한 실정이다. 이러한 관점에서 본 연구자는 다양한 보조에 의한 초보자, 중급자, 고급자의 움직임과 자세유지 등의 선행연구들을 참고한 결과, 평보, 경속보, 그리고 좌속보 시 숙련도에 따라 유의한 차이가 있음을 규명한 연구(Schils, Greer, Stoner, & Kobluk, 1993), 숙련도에 따른 기승자세 교정효과(Ryew, 2012; Oh, Ryew, Kim, & Hyun, 2009c), 평·속보 시 기승자세비교(Oh, Ryew, Kim, & Hyun, 2009a; Oh, Ryew, Kim, & Hyun, 2009b)등을 참고한 바, 연구 대상자는 초보자가 아닌 일관성 있는 기승자세유지 소유자 즉, 숙련자에게 등자길이 변화에 따른 기승자세분석이 적합하다고 판단되었다.

따라서 본 연구는 승마 평보 시 숙련자를 대상으로 등자길이 피팅에 따른 기승자세정열을 비교분석하여 하지장 비율(%)로 최적의 등자길이를 규명하고 승마교육 및 활동 시 쉽게 적용할 수 있을 뿐만 아니라 안전한 기승자세를 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

말-기승자 간 움직임패턴은 미숙련자와 비교하여 숙련자가 더 일관성이 있으며(Peham, Licka, Kapaun, & Scheidl, 2001), 말 움직임 패턴의 적응 또한 빠르다(Schöllhorn, Peham, Licka, & Scheidl, 2006). 따라서 본 연구의 대상자는 지구력승마대회 입상경력이 있고 20년 이상의 승마경력이 있는 성인남성 3명을 대상으로 선정하였다. 또한 이들은 평보 시 총 3가지 등자길이를 나누어 피팅적용이 가능하고 척추 및 하지관절에 이상이 없었으며, 말 신장은 170 cm 의 더러브렛(thoroughbred) 기승이 가능한 숙련자(high level horse rider)들이었다.

특히 <Table 1>과 같이 대상자들이 평보 시에 선호하는 등자길이(stirrup length)는 77, 72 cm 였으며, 일반적인 안장의 등자조절 간격은 5 cm 단위로 제작되어 있는 점을 참고하여 총 3유형의 길이로 피팅하였다. 각 등자길이는 대상자들의 하지장길이(lower extremity)로 나누어 하지장 비율(A: 68.04%, B: 73.25%, C: 78.46%)을 적용하였고, 이때 <Figure 1>과 같이 등자길이는 안정머리(1)와 안장고리(2)를 연결한 좌석중심부를 기준으로 등자 고리(3)까지의 길이를 줄자로 측정하였다. 또한 실험 전 연구 참여자

Table 1. Overview of the main characteristics for the three riders of high level riding the horses during the walk experiments

Section	Age (yrs)	Height (cm)	Body mass (kg)	Low extremity (cm)	Career (yrs)	Stirrup lengths (cm)	Ratio of low extremity (%)
A	48.00	169.20	81.50	95.40	21.00	67, 72, 77	70.23, 75.47 , 80.71
B	51.00	163.20	55.40	90.50	31.00	62, 67, 72	65.81, 71.12 , 76.43
C	44.00	172.80	83.20	98.40	21.00	67, 72, 77	68.08, 73.17 , 78.25
M±SD	47.66±3.51	168.40±4.84	73.36±15.58	94.76±3.98	24.33±5.77	65.33, 70.33 , 75.33	68.04, 73.25 , 78.46

NOTE: preference stirrup lengths, A: 72 cm(75.47%), B: 67 cm(71.12%), C: 72 cm(73.17%), total M±SD **70.33 cm(73.25%)**

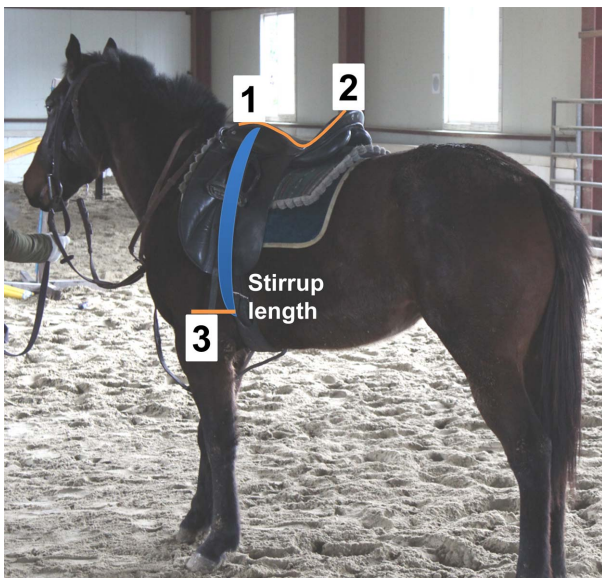


Figure 1. Stirrup length

들에게 본 연구의 목적과 내용을 충분히 설명하였고, 연구 동의서에 자발적으로 서명한 후 실시하였다.

2. 실험 절차

본 연구는 <Table 2>와 같이 영상촬영 장비와 영상 분석장비로 구분하였다. 영상촬영 시 실내승마장(50×20 m)에 4대의 카메라(DHR/HDV 1080, Sony, Japan)·조명등

(055×DV)을 설치한 후, 기승자세가 완전히 포착될 수 있도록 공간좌표 설정은 통제점틀(2×2×1 m)을 지면과 57 cm 위에 평형(alignment)을 고려하여 설치하였고 60 frame/sec의 캠코더 속도와 노출시간(exposure time)은 1/500 sec로 설정하였다. 신체분절의 무게중심과 전신 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체 분절 매개변수(body segment parameters)는 Plagenfoef, Evans과 Abdelnour (1983)의 자료를 이용하였고 디지털화 포인트는 관절점 21개 외에 기준점 10개를 포함한 후 총 31개의 표식점을 실험 대상자에게 부착하였다.

말과 기승자 간 반복적인 실험상황으로 발생할 수 있는 충격 및 낙상의 위험을 고려하여 지면의 조건은 모래에서 실시하였고, 기수는 말과 워업(warm up)을 20분 이상 실시 후 본 실험에 임하였다.

이후 각 대상자가 선호하는 등자길이(B)로 영상촬영을 실시한 후, 이보다 짧게(A), 더 길게(C) 피팅하여 각 등자길이별 4회씩 총 12회의 영상자료를 PC로 저장한 후, 전문가 1명의 견해 및 실험자의 진술에 의존하여 성공한 1동작씩을 분석대상으로 선정하였다. 이때, 본 연구의 목적을 고려하여 등자길이 피팅에 따른 특징을 규명하기 위해 기승자들에게 최대한 편안하고 일관된 기승자세를 취하도록 요청하였다. 특히, 부상 및 낙상이 발생할 수 있기 때문에 의료진 1명이 본 실험에 참여하였고, 말의 진행방향을 Y축, 진행의 좌·우를 X축, 수평·좌우 방향에 대한 수직을 Z축으로 설정하였다(Figure 2).

Table 2. Experimental equipments

Equipments	Model	Manufacturer
camcorder (Mini DV)	HDR-HC7/HDV 1080i	SONY
tripod	055XDB	MANFROTTO
control object	2 m×2 m×1 m	VISOL
A/D sync box	VSAD-101-USB-V2	VISOL
LED	MP-20B	MATIN
light	-	VISOL
Kwon 3D XP	Motion Analysis Package ver 4.0	VISOL

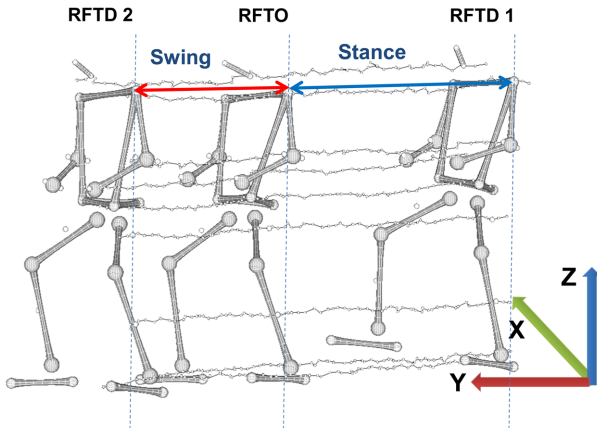


Figure 2. Experimental field and event

3. 이벤트 및 분석국면

본 연구에서 승마 평보 시 등자길이에 따른 기승자세 분석을 위해 말 앞발굽 기준 3개의 이벤트와 2개의 국면으로 설정하였다(Figure 2).

1) 이벤트(event)

- ① 접지 1(Right foot touch down [RFTD 1]): 오른쪽 앞발굽이 지면에 초기 접지되는 순간
- ② 이지(Right foot take off [RFTO]): 앞발굽이 지지기 이후 지면에서 떨어지는 순간
- ③ 접지 2(Right foot take down [RFTD 2]): 공중기 이후 다시 오른쪽 앞발굽이 지면에 접지되는 순간

2) 국면(phase)

- ① 지지기(Stance) : 오른쪽 앞발굽이 지면에 접지된 순간부터 이지되기 시점까지의 구간
- ② 공중기(Swing) : 오른쪽 앞발굽이 이지되는 순간부터 다시 접지되는 시점까지의 구간

4. 자료처리

Kwon3D XP (2007) 프로그램(Visol, Korea)을 이용해 기승자세의 운동학적 변인을 산출하였다. 통계점 좌표화와 인체관절점의 좌표화, 동조 및 3차원 좌표는 Abdel-Aziz와 Karara (1971)의 직접선형변환 방법(Direct Linear Transformation)을 통해 산출하였고, Butterworth의 저역통과필터(low-pass filter)법을 이용한 차단주파수(cut-off frequency)는 6 Hz로 스무딩하여 노이즈(noise)를 제거한 후 연구변인을 분석하였다.

산출된 운동학적 변인은 우선, SPSS 18.0(IBM, USA) 통계프로그램을 이용하여 신체중심(center of mass [COM]), 머리(head), 우측 대퇴(R thigh), 우측 하퇴(R shank), 우측 발(R foot)이 전·후(Y axis) 방향으로 이동된

평균값과 표준편차를 산출하였다. 이후, 등자길이 변화에 따른 동체의 전·후/좌·우 기울기 각도에 대한 일관성 지수(coefficient of variation [CV])는 Winter의 공식(Winter, 1983)을 참고하였다(Formula 1).

$$CV(\%) = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \sigma^2 \right)}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{X}^2}} \times 100 \tag{1}$$

이때, n 은 구간 별 sample 수, σ 는 $i - i$ 번째 샘플의 표준편차, \bar{X} 는 $i - i$ 번째 sample의 평균값이며, CV는 0 일 때, 완전일치를 나타내며, CV가 커질수록 일관성이 낮아짐을 의미한다.

또한 1 stride 동안 동체의 전·후/좌·우 기울기 각도를 소요된 시간으로 나누어 동적안정성지수(dynamic posture stability index [DPSI])를 산출하였다(Formula 2).

$$DPSI = \frac{\sum_{t=0}^T |trunk\theta - trunk\theta_{mean}|}{\Delta t}$$

이때, trunk θ 는 각각 전후(FR)/좌우(LR)기울기 각도이며, 지수의 값이 높아질수록 1 stride 동안 동체의 기울기가 급격하게 증가하여 안정성이 저하됨을 의미하고, 지수가 낮아질수록 동체는 수직선상을 유지하여 안정성이 향상됨을 의미한다.

산출된 운동학적 변인은 등자길이, 즉, 하지장 비율(A: 68.04%, B: 73.25%, C: 78.46%)변화에 따라 일원변량분석(one-way analysis of variance)과 통계적 유의한 수준발견 시 사후검정(post-hoc test: Duncan)을 실시하였고, 이때 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

승마 평보 시 등자길이 변화에 따른 기승자세의 전방(Y axis)이동거리의 변화는 <Table 3> 및 <Figure 3, 4>와 같다. 각 국면별 말 오른쪽 앞발굽 기준, 지지기, 공중기, 그리고 총 1 stride 동안 신체중심, 우측 대퇴(R thigh), 우측 하퇴(R shank), 우측 발목(R foot)의 이동거리 변화는 등자길이 변화에 따라 통계적 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 하지만 머리(head)분절의 변화는 지지기 시 B, C 등자유형이 A 등자유형보다 더 긴 이동거리를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고($p<.05$), 이후 공중기, 1 stride 동안 통계적 유의한 차이는 없었다($p>.05$).

<Table 4>와 같이 말 앞발굽 기준 1 stride 동안 동체

Table 3. Displacement (Y axis) according to the fitting of stirrup lengths during walk in horse back riding

section	phase	types of stirrup length (M±SD)%			F	p	post-hoc
		A (68.04%)	B (73.25%)	C (78.46%)			
COM (cm)	stance	95.47±4.30	103.63±3.27	105.02±5.40	4.098	.076	-
	swing	59.34±5.51	55.91±7.04	54.06±6.41	.533	.612	-
	1 stride	154.81±4.68	159.55±5.34	159.08±11.68	.328	.733	-
ratio (%)	stance	61.69±2.90	65.01±3.46	66.08±1.54	2.070	.207	-
	swing	38.30±2.90	34.98±3.46	33.91±1.54	2.070	.207	-
head (cm)	stance	93.27±1.91	104.35±5.85	103.81±4.86	5.715	.041*	B, C > A
	swing	60.66±6.18	58.79±10.12	54.37±10.21	.384	.697	-
	1 stride	153.93±6.12	163.14±10.37	158.18±12.88	.615	.572	-
R thigh (cm)	stance	95.27±4.84	103.17±2.30	103.74±5.76	3.259	.110	-
	swing	59.40±7.06	55.70±5.70	54.76±4.74	.516	.621	-
	1 stride	154.67±3.43	158.87±3.55	158.50±10.49	.363	.710	-
R shank (cm)	stance	95.06±6.68	101.10±3.88	101.01±5.70	1.171	.372	-
	swing	60.97±6.73	57.02±6.49	55.42±4.09	.705	.531	-
	1 stride	156.03±1.51	158.12±3.44	156.43±9.54	.106	.901	-
R foot (cm)	stance	94.58±7.08	98.22±5.47	98.75±7.39	.344	.722	-
	swing	62.37±4.96	59.39±10.14	54.74±5.13	.867	.467	-
	1 stride	156.95±2.69	157.61±6.58	153.48±6.86	.453	.656	-

NOTE: *p<.05, stance: RFTD 1-RFTO, swing: RFTO-RFTD 2, 1 stride: RFTD 1-RFTD 2

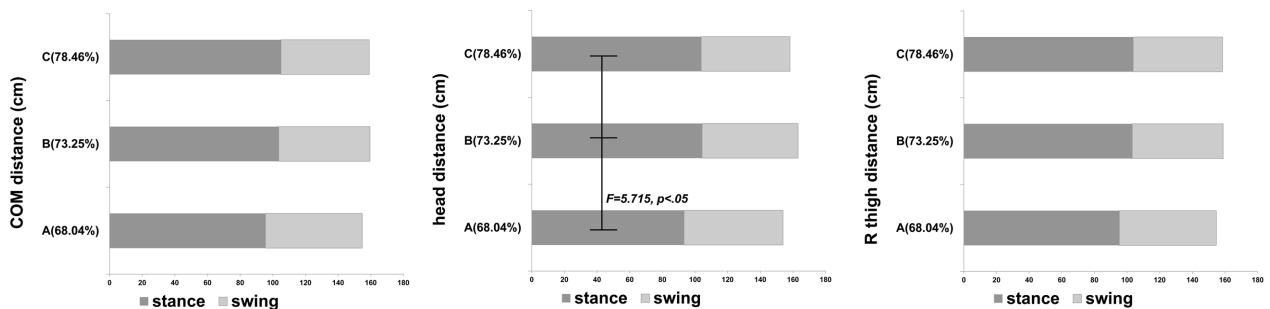


Figure 3. Displacement (Y axis) of COM and head, R thigh limb

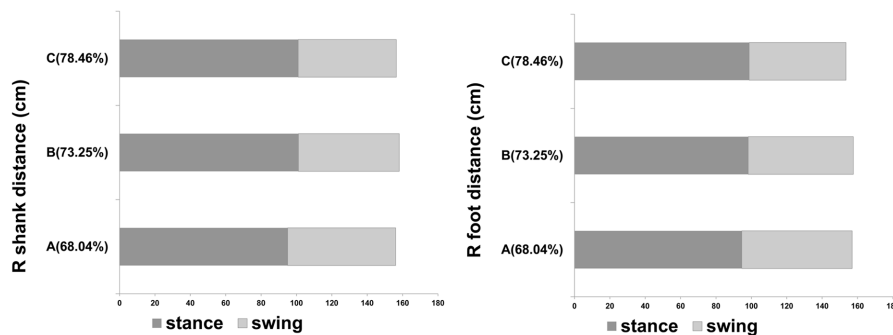


Figure 4. Displacement (Y axis) of R shank and R foot limb

Table 4. Dynamic postural stability index and coefficient of variation in FR/LR angle according to the fitting of stirrup lengths during 1 stride of the walk in horse back riding

section	types of stirrup length			F	p	post-hoc
	A (68.04%)	B (73.25%)	C (78.46%)			
RF angle (deg)	7.81±4.04	11.39±2.10	11.83±2.30	1.674	.264	-
DPSI	6.54±3.42	10.42±2.37	10.11±2.34	1.833	.239	-
CV (%)	11.33±8.02	32.61±19.50	44.80±11.83	4.418	.066	-
LR angle (deg)	3.02±1.47	2.50±0.87	2.59±1.95	.102	.905	-
DPSI	2.55±1.29	2.27±0.77	2.19±1.67	.062	.941	-
CV (%)	86.06±92.12	78.17±24.92	64.57±28.86	.090	.915	-

NOTE: 1 stride: RFTD 1-RFTD 2

Table 5. Distance (X axis) between right limb and left limb according to the fitting of stirrup lengths during 1 stride of the walk (unit: cm)

section	event	types of stirrup length			F	p	post-hoc
		A (68.04%)	B (73.25%)	C (78.46%)			
thigh	RFTD 1	38.45±3.24	38.07±3.72	36.60±4.11	.207	.818	-
	RFTO	38.49±2.92	38.39±3.26	36.61±3.99	.287	.760	-
	RFTD 2	38.24±3.11	38.10±3.59	36.90±4.21	.121	.888	-
shank	RFTD 1	66.19±4.55	68.88±3.65	69.06±5.53	.359	.713	-
	RFTO	68.08±3.13	68.67±3.28	70.03±4.35	.228	.803	-
	RFTD 2	66.20±4.19	69.07±3.49	69.03±5.21	.428	.670	-
foot	RFTD 1	71.70±3.44	77.20±2.11	81.36±5.93	4.109	.075	-
	RFTO	74.97±1.91	75.58±4.80	82.98±2.67	5.297	.047*	C>B>A
	RFTD 2	70.67±2.82	76.44±2.67	80.60±6.35	4.043	.077	-

NOTE: *p<.05, 1 stride: RFTD 1-RFTD 2

의 전·후/좌·우 기울기 각도변화, 동적안정성 지수는 등자길이 변화에 따라 통계적 유의한 차이는 없었고($p>.05$), 일관성 지수 또한 큰 차이는 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

승마 평보 시 각 이벤트 별 등자길이 변화에 따른 하지 분절 간 좌·우 거리는 <Table 5> 및 <Figure 5, 6>과 같고, 전두면(frontal planes)에서 축에 대한 최단 거리를 나타냈다.

대퇴와 하퇴는 양측 분절 간 이벤트 별 RFTD 1, RFTO, RFTD 2 동작 시 등자길이 변화에 따라 큰 차이는 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 발 분절은 양측 거리 간 RFTD 1 동작 시 등자길이 변화에 따라 C 유형이 B, A 유형의 등자길이와 비교하여 더 긴거리를 유지하여 통계적 유의한 차이가 나타났고($p<.05$), RFTO, RFTD 2 동작 시 큰 차이는 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

평보 시 등자피팅 길이에 따라 하지관절 각도의 변화는 기승자의 우측을 기준으로 분석하였고 <Table 6> 및 <Figure 7, 8>과 같다. 힙(hip), 발목(ankle) 관절은 등자길이에 따라 지지기와 공중기 시 큰 차이는 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 하지만 무릎(knee) 관절의 각도변화는 지지

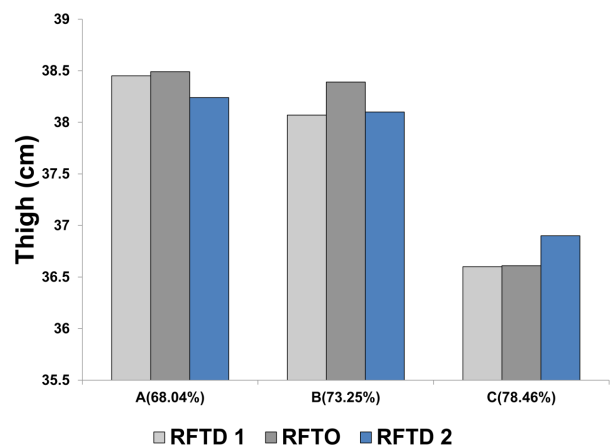


Figure 5. Distance (X axis) between right thigh and left thigh (cm)

기 시 C 유형이 A, B 유형보다 더 신전된 형태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고($F=12.237, p<.01$), 공중기 또한 C 유형이 A, B 유형보다 더 크게 신전된 형태를 보여 통계적 유의한 차이를 나타냈다($F=86.524, p<.001$).

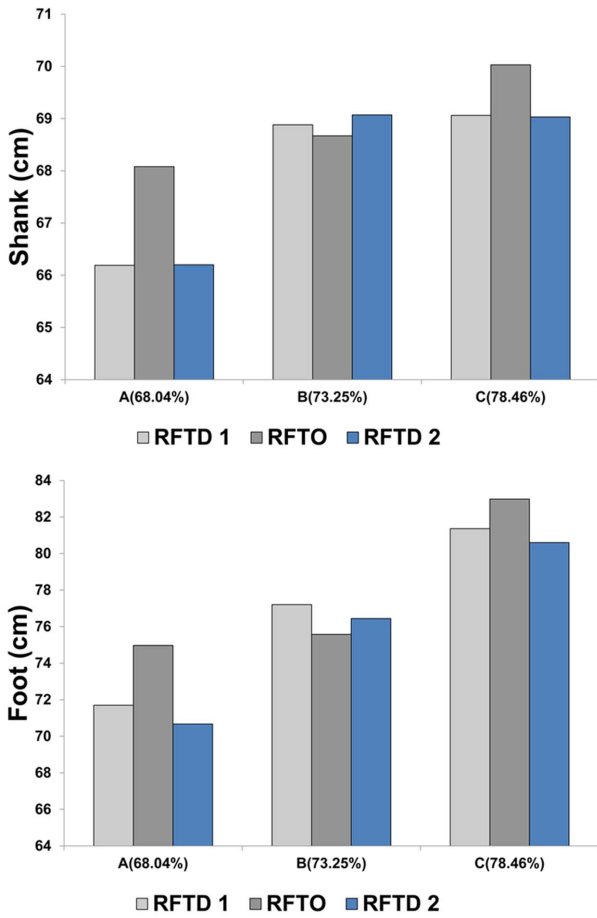


Figure 6. Distance (X axis) of shank and foot between right and left (cm)

IV. 논 의

말은 기승자와 함께 움직이거나 혹은 움직임의 동요가 없는 물건을 운반할 수 있지만 전자의 경우, 기승자의 수준과 움직임 양상에 따라 말-기승자 간 상호작용에 영향이 미칠 수 있다(de Cocq, Muller, Clayton, & van Leeuwen, 2013). 이때, 적절한 체중배분과 균형을 유지하는데 중요한 역할을 하는 등자는 필수적인 마구(harness)로써, 등자 길이 변화에 따라 기승자세유지 기전에 차이가 발생된다.

따라서 본 연구는 신체분절과 신체중심의 전방이동거리, 동체의 전·후·좌·우 기울기 각도의 안정성·일관성 지수, 양측 하지 분절 간 유지거리와 하지 관절 각도의 변화를 비교분석하였다. 특히, 본 연구 결과의 <Table 3>에서 알 수 있듯이 COM 이동비율, 머리 및 하지분절의 전방(Y axis) 이동거리는 지지기가 공중기보다 더 긴 이동거리를 나타내고 있어 정상적인 평보(Oh et al., 2009a, 2009c)로 실험이 진행되었음을 시사한다.

우선, 각 신체분절과 COM의 이동거리는 1 stride 동안

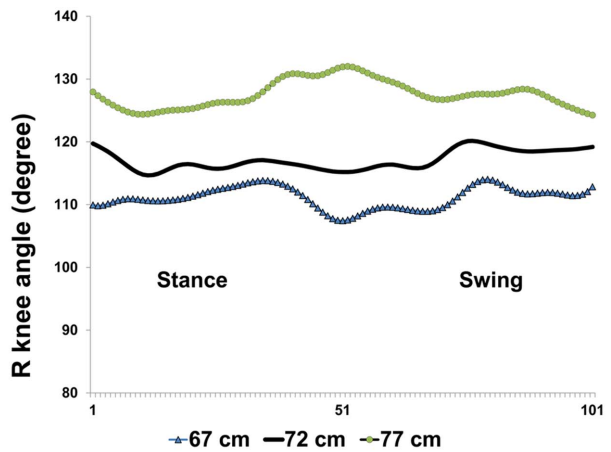
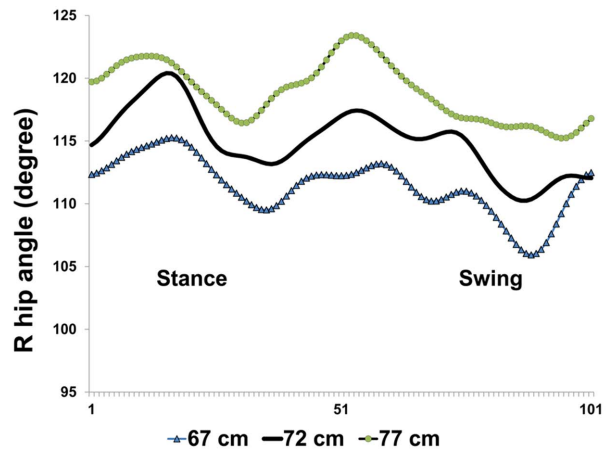


Figure 7. R hip, R knee angle (deg)

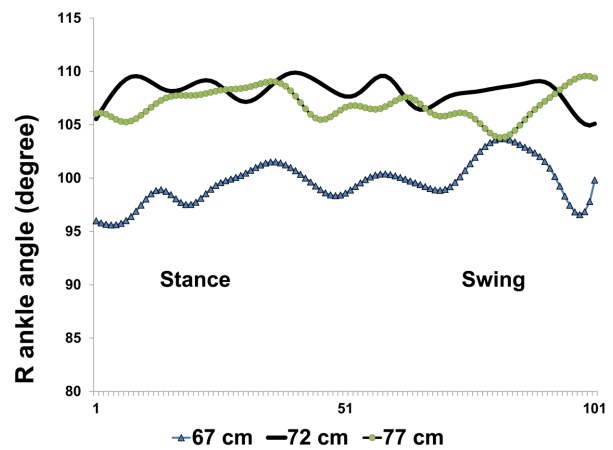


Figure 8. R ankle angle (deg)

일정한 전방(Y) 움직임이 이루어진다면 기승자세의 정렬은 일관성이 높음을 의미한다. 이러한 관점에서 본 연구결과와 비교해 볼 때, 신체중심의 이동변화는 등자길이 변화에 따라 큰 차이는 없었지만, 숙련자들이 선호하는 등자길이 B 유형

Table 6. Lower extremity joint angle according to the fitting of stirrup lengths during 1 stride of the walk (unit: deg)

section	phase	types of stirrup length			F	p	post-hoc
		A (68.04%)	B (73.25%)	C (78.46%)			
hip angle	stance	112.56±4.91	116.15±2.51	120.08±4.49	3.314	.107	-
	swing	109.50±4.03	112.78±4.81	116.46±5.24	1.631	.272	-
knee angle	stance	110.80±3.46	116.12±6.07	127.74±2.51	12.237	.008**	C>A, B
	swing	111.68±0.52	118.80±0.56	127.05±2.35	86.524	.001***	C>B>A
ankle angle	stance	98.99±8.40	108.55±9.69	107.17±4.40	1.306	.338	-
	swing	100.61±6.61	107.53±11.06	106.43±4.35	.672	.545	-

NOTE: **p<.01, *p<.05, stance: RFTD 1-RFTO, swing: RFTO-RFTD 2

이 159.55±5.34 cm, 지지기와 공중기 비율이 각각 65, 35%로 나타났고, 하지에서 대퇴와 하퇴, 발 분절의 전방이동거리가 각각 158.87±3.55 cm, 158.12±3.44 cm, 157.61±6.58 cm로 기승자세 정렬이 일치하는 형태를 보였다.

반면 선호하는 등자길이와 비교하여 A 유형은 각 분절간, COM의 전방 이동거리가 짧게 나타나, 기승 시 하지의 굴곡된 형태는 말-기승자 간 협응이 저하되어 기동성에 제한이 나타나는 것으로 생각되며, 반복되는 1 stride 주기 시 기승자세의 정렬이 불규칙적임을 시사한다.

더욱이 C 유형은 본 연구에서 설정한 3가지 유형 중 가장 긴 등자길이로, COM과 머리, 대퇴는 일관성있는 전방 움직임을 보이고 있지만, 하퇴와 발 분절 간 유지거리는 더 짧게 나타났다. 이는 기승자의 고관절 및 무릎관절의 과도한 신전으로 등자에서 말체간(horse trunk)으로 전달되는 기승자의 체중분배 기전이 감소될 수 있으며, 말의 운동상황 시 측면기울기(lateral bending), 주축회전(axial rotation), 주축골격(axial skeleton)의 미세한 움직임이 형성된다고 보고하고 있어(Faber et al., 2000), 말 자체 후족의 성능저하 뿐만 아니라 불규칙적인 움직임이 유발될 수 있다고 생각된다. 즉, 말의 비대칭적인 후족(hindquarters) 움직임은 기수의 운동성능이 더 저하될 수 있으며(Dyson, Murray, Branch, & Harding, 2003), 기승자의 발 분절은 신체중심과의 거리가 증가되는 만큼 전(anterior)·후(posterior) 방향의 불규칙적인 움직임이 나타나, 안정성은 더 저하되는 것으로 사료된다.

말 앞발굽 기준 1 stride 동안 체간의 전·후 기울기 각도의 변화는 3가지 등자유형 모두 전경각 자세를 나타냈고, 이중 A 유형이 7.81±4.04 도로 수직선상과 일치하는 자세를 보였다. 이러한 결과는 Oh et al. (2009b)이 숙련자는 3.10도 미숙련군은 후경각도 -8 도로 보고하고 있어 숙련자들이 선호하는 B 유형과 이보다 긴 등자 C 유형이 더 큰 전경각 자세를 보이고 있다. 이는 Keshner (2003)의 연구에서 초보자의 경우, 말의 예상치 못한 추진방향로의 운동량 전달로 인해 동체를 후방 혹은 전방향의 자

세를 취한다는 보고와 비교해 볼 때, 본 연구의 대상은 숙련자로서 말의 급격한 움직임변화에 익숙한 결과로 모든 유형에서 전경각 자세를 보인 것으로 판단된다.

동체의 기울기 각도를 소요된 시간으로 나누어 자세의 변화속도에 따라 안정성지수(DPSI)와 일관성 지수를 산출한 결과 통계적 유의한 차이는 없었다. 하지만 체간의 전후 기울기는 A 유형이 더 일관성 있는 형태를 보였고, 좌우 기울기는 이와는 반대로 등자길이가 더 긴 C 유형이 일관성은 높은 것으로 나타났다. 이에 기승자는 1 stride 동안 등자길이가 변화에 따라 체간의 기울기 자세에 영향을 받는 것으로 판단되며, 전후 및 좌우측 한방향으로 기울기 성향이 크게 증가되지 않는 B 유형의 자세일관성이 높다고 생각된다.

하지분절 간 유지거리의 변화는 양측 대퇴 간, 하퇴 간 통계적 유의한 차이는 없었지만, 등자길이가 긴 C 유형이 양측 하지의 신전으로 대퇴 간 가장 밀접한 거리를 나타냈고 발 분절 간 RFTO 시 유지거리는 가장 긴 특징을 보여 통계적 유의한 차이를 나타냈다. 반면 A 유형은 하지가 굴곡된 형태를 유지하여 발 분절 간 지속적으로 짧은 거리를 유지하는 자세를 나타낸 바, 이는 기승 활동 시 말-기승자 간 전두면(frontal plane)에서 기승자 하지의 과도한 움직임이 말에게 전달될 수 있으며, 이러한 결과로 말-기승자 간 협응성 및 대화수단에 부적인 영향이 미칠 수 있다고 판단된다.

하지관절 각도의 변화 중 불규칙적인 움직임이 나타나는 발목관절은 등자길이에 따라 A 유형이 98.99 도로 B 유형의 108 도 C 유형의 107 도 보다 가장 배측굴곡된 형태를 나타냈다. 또한 힙 관절 각도는 통계적 유의한 차이는 없었지만 등자길이가 증가에 따라 비례적으로 더 신전되는 형태를 나타냈고, 무릎 관절 각도는 C 유형이 가장 크게 통계적 유의한 차이를 나타냈다. 이는 Ryew (2012)가 24주의 자세교정을 통해 제시한 숙련자의 힙 관절 각도 117.15 도와 본 연구의 B 유형이 지지기 시 나타난 116.15 도가 매우 유사한 결과이다. 또한 숙련자 5명을 대

상으로 기승자세를 분석한 Oh 등 (2009c)은 지지기와 공중기 시 발목 관절의 각도는 각각 89.4 도 88.81 도 무릎 관절은 각각 122.45 도 118.06 도 힙 관절은 각각 123.70 도, 124.35 도로 보고하고 있지만 등자길이의 관련 정보는 언급되지 않고 있다. 이는 등자 사용 시 발의 착용 위치에 따라 발목 관절 각도는 다르게 나타날 수 있고, 개인의 신체적 특성차로 인해 하지관절 각도의 변화에 차이가 발생할 수 있지만, 무릎 관절 각도는 본 연구에서 B 유형이 선행연구의 공중기의 값과 유사함을 알 수 있다.

종합해 볼 때, 본 연구에서 분석된 COM과 각 분절의 전방이동 거리의 변화는 등자길이 피팅 B 유형이 일정한 움직임으로 신체정렬이 유지되는 형태를 보였고, 동체의 전·후/좌·우 기울기 각도에서도 일관성이 높지는 않지만, 양방향으로 고려해 볼 때 B 유형이 적합한 등자길이라고 생각된다.

특히, 말의 사지와 동체의 움직임 양상은 보조의 종류에 따라서 달리하기 때문에(Ryew, 2012) 보조의 능력은 일정한 하지분절 간 거리를 유지하여 일관성있는 능력을 소유해야 한다. 이점을 고려해 볼 때, 지지기와 공중기 시 힙 관절 각도가 각각 116.15 도 112.78 도 무릎 관절은 116.12 도 118.80 도 발목 관절은 108.55 도 107.53도로 자세가 나타나는 B 유형(하지장 비율 73.25%)이 1 stride 동안 큰 변화 없이 일정한 이동간격이 유지되는 적합한 등자길이 피팅임을 시사한다.

V. 결 론

본 연구는 승마 평보 시 등자길이 피팅에 따른 기승자세정렬의 운동학적 변인을 비교분석하였다. 이를 위해 숙련자 3명을 대상으로 3가지 등자길이 유형(하지장 비율의 A: 68.04%, B: 73.25%, C: 78.46%)에 따른 각 분절(머리, 대퇴, 하퇴, 발)과 COM의 전방이동거리, 동체의 전·후/좌·우 경각, 동적안정성, 일관성지수, 하지 분절 간 유지거리 및 하지 관절 각도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

승마 평보 시 신체중심, 대퇴, 하퇴, 발 분절의 전방이동거리는 등자유형에 따라 통계적 유의한 차이는 없었지만, 머리의 이동거리는 B, C 유형이 A 유형보다 가장 길게 통계적 유의한 차이를 나타냈다.

동체의 전·후/좌·우 경각과 동적안정성 및 일관성지수는 등자길이 유형에 따라 통계적 유의한 차이는 없었다.

하지 분절 간 유지거리는 등자길이 유형에 따라 양측 대퇴, 하퇴 간 통계적 유의한 차이는 없었지만, 발 분절 간 C 유형 B, A 유형보다 가장 긴 거리를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났다.

하지 관절의 각도변화는 등자길이에 따라 힙, 발목 관절

의 각도변화는 통계적 유의한 차이가 없었지만, 무릎 관절은 등자길이 증가에 따라 C 유형이 A, B 유형보다 더 신전되는 형태를 보였다.

본 연구를 통해 승마 평보 시 등자길이의 피팅은 대상자들이 선호하는 길이(하지장비율 73.25%)가 기승자세정렬에 가장효과적임을 알 수 있었다. 이를 토대로, 추후 평보(walk)와 비교하여 속도가 더 증가되는 속보(trot)와 구보(canter), 그리고 질주(gallop)에서도 낙마 및 부상예방을 위한 등자길이의 관련 후속연구가 이루어지길 제안한다.

참고문헌

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). *Direct liner 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.
- Ball, C. G., Ball, J. E., Kirkpatrick, A. W., & Mulloy, R. H. (2007). Equestrian injuries: incidence, injury patterns, and risk factors for 10 years of major traumatic injuries. *The American Journal of Surgery*, 193(5), 636-640.
- Ball, J. E., Ball, C. G., Mulloy, R. H., Datta, I., & Kirkpatrick, A. W. (2009). Ten years of major equestrian injury: are we addressing functional outcomes?. *Journal of Trauma Management & Outcomes*, 3(2).
- Barone, G. W., Rodgers, B. M. (1989). Pediatric equestrian injuries: a 12 year review. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 29(2), 245-247.
- Bixby-Hammett, D., & Brooks, W. H. (1990). Common injuries in horseback riding. *A review, Sports Medicine*, 9(1), 36-47.
- Buckley, S. M., Chalmers, D. J., & Langley, J. D. (1993). Injuries due to falls from horses. *Australian Journal of Public Health*, 17(3), 269-271.
- 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.
- Cuenca, A. G., Wiggins, A., Chen, M. K., Kays, D. W., Islam, S., & Beierle, E. A. (2009). Equestrian injuries in children. *Journal of Pediatric Surgery*, 44(1), 148-150.
- Davies, H. M. S. (1996). The effects of different exercise conditions on metacarpal bone stains in thoroughbred racehorses. *Pferdeheilkunde*, 12(4), 666-670.
- de Coeq, P., Muller, M., Clayton, H. M., & van Leeuwen, J. L. (2013). Modelling biomechanical requirements of a rider for different horse-riding techniques at trot. *Research Article*, 216(10), 1850-1861.
- Dekker, R., Van Der Sluis, C. K., Kootstra, J., Groothoff, J. W., Eisma, W. H., & Duis, H. J. (2004). Long-term outcome of equestrian injuries in children. *Disability and Rehabilitation*, 26(2), 91-96.
- 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:

- Lame horses. *Equine Veterinary Journal*, 35(3), 233-239.
- Eckert, V., Lockemann, U., Püschel, K., Meenen, N. M., & Hessler, C. (2011). Equestrian injuries caused by horse kicks: first results of a prospective multicenter study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 21(4), 353-355.
- 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.
- Havlik, H. S. (2010). Equestrian sport-related injuries: a review of current literature. *Current Sports Medicine Reports*, 9(5), 299-302.
- Hobbs, G. D., & Yealy, D. M. (1994). Equestrian injuries: a five-year review. *The Journal of Emergency Medicine*, 12(2), 143-145.
- Jagodzinski, T., & DeMuri, G. P. (2005). Horse-related injuries in children: a review. *Wisconsin Medical Journal*, 104(2), 50-54.
- Keshner, E. A. (2003). Head-trunk coordination during linear anterior-posterior translations. *Journal of Neurophysiology Published*, 89(4), 1891-1901.
- Loder, R. T. (2008). The demographics of equestrian-related injuries in the united states: injury patterns, orthopedic specific injuries, and avenues for injury prevention. *Journal of Trauma-injury infection & Critical Care*, 65(2), 447-460.
- Lovett, T., Hodson-Tole, E., & Nankervis, K. (2005). A preliminary investigation of rider position during walk, trot and canter. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 2(2), 71-76.
- Mayberry, J. C., Pearson, T. E., Wiger, K. J., Diggs, B. S., & Mullins, R. J. (2007). Equestrian injury prevention efforts need more attention to novice riders. *Journal of Trauma-injury infection & Critical Care*, 62(3), 735-739.
- Norwood, D., McAuley, C., Vallina, V. L., Fernandez, L. G., McLarty, J. W., & Goodfried, G. (2000). Mechanisms and patterns of injuries related to large animals. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 48(4), 740-744.
- Oh, W. Y., Ryew, C. C., Kim, J. H., & Hyun, S. H. (2009a). Kinematic analysis of horse-riding posture during walking and rising trot in jeju horse. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 38, 741-754.
- Oh, W. Y., Ryew, C. C., Kim, J. H., & Hyun, S. H. (2009b). Kinematic analysis of horse-riding posture according to skill levels during riding trot with jeju-horse. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 467-479.
- Oh, W. Y., Ryew, C. C., Kim, J. H., Hyun, S. H., Kang, O. D., & Lee, J. E. (2009c). Kinematic analysis of horse-riding posture according to skill levels during walking of horse-riding. *The Korean Journal of Physical Education*, 48(6), 586-595.
- Peham, C., Licka, T., Kapaun, M., & Scheidl, M. (2001). A new method to quantify harmony of the horse-rider system in dressage. *Sports Engineering*, 4(2), 95-101.
- Petridou, E., Kedikoglou, S., Belechri, M., Ntouvelis, E., Dessypris, N., & Trichopoulos, D. (2004). The mosaic of equestrian-related injuries in greece. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 56(3), 643-647.
- 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.
- Pugh, T. J., & Bolin, D. (2004). Overuse injuries in equestrian athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 3(6), 297-303.
- 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), 083-094.
- Schils, S. J., Greer, N., L., Stoner, L. J., & Kobluk, C. N. (1993). Kinematic analysis of the equestrian-walk, posting trot and sitting trot. *Human Movement Science*, 12(6), 693-712.
- Schöllhorn, W. I., Peham, C., Licka, T., & Scheidl, M. (2006). A pattern recognition approach for the quantification of horse and rider interactions. *Equine Veterinary Journal*, 38(36), 400-405.
- Smartt, P., & Chalmers, D. A. (2009). A new look at horse-related sport and recreational injury in new zealand. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 376-382.
- Sorli, J. M. (2000). Equestrian injuries: a five year review of hospital admissions in british columbia, canada. *Injury Prevention*, 6, 59-61.
- Srinivasan, V., Pierre, C., Plog, B., Srinivasan, K., Petraglia, A. L., & Huang, J. H. (2014). Straight from the horse's mouth: neurological injury in equestrian sports. *Neurological Research*, 36(10), 873-877.
- Williams, D. E., & Norris, B. J. (2007). Laterality in stride pattern preferences in racehorses. *Animal Behaviour*, 74(4), 941-950.
- Winter, D. A. (1983). Moment of force and mechanical power in jogging. *Journal of Biomechanics*, 16, 91-97.