승마 평보와 속보 시 기승자세의 각운동학적 변인 비교분석 -일관성 지수 및 비대칭 지수-

현승현 · 류재청*

제주대학교

초록

Seung-Hyun Hyun · Che-Chung Ryew. Analysis of the Angular Kinematics Variables for Riding Posture during Walk and Trot in Horse Riding -Consistency and Asymmetric Indices-. *KINESIOLOGY*, 2015, 17(1): 17-27. **[PURPOSE]** The purpose of this study was to analyze the angular kinematics variables of riding posture during walk and trot in horse riding. **[METHODS]** Seven male skilled riders (age: 45.14 ± 4.01 yrs, height: 171.17 ± 4.14 cm, body mass: 74.22 ± 11.59 kg, low extremity length: 96.57 ± 3.65 cm, career: 12.14 ± 10.10 yrs) were participated in this study. Angular kinematics (elbow, shoulder, hip, knee, ankle, F-R angle, L-R angle), consistency and asymmetric indices during walk and trot were analyzed. **[RESULTS]** During 1 stride, angular displacement of elbow and shoulder were not statistically significant between joints, but R hip joint was extended significantly more than that of L hip angle. Also, angular displacement of knee and ankle were not statistically significant between right and left where knee and ankle angle during trot were extended more than that of walk. The F-R angle in trunk of horse-rider during trot showed backward leaning motions more than that of walk although there was no significant difference of L-R angle in trunk of horse-rider based on the change of velocity during trot and walk. The angular displacement in elbow, shoulder, hip, knee and ankle angle didn't show significant difference in asymmetric index. F-R angle, elbow, knee and ankle during trot of horse-rider were more consistency compared to walk. **[CONCLUSIONS]** In summary, joint angle of upper & lower limbs were symmetrical during walk and trot, and it was more consistent during trot of horse-rider than that of walk.

Key words : horse back rider, asymmetric index(%), consistency index(%), walk, trot

주요어 : 승마, 비대칭 지수, 일관성 지수, 평보, 속보

서론

승마활동은 말-기승자 간 상호 밀접한 협응 움직임으로 이루어진다. 하지만 마장마술(dressage)에서 기승자가 사용하는 다양한 기술 및 체중부하로 말의 전(fore)-후측(hind limbs) 사선방향의 불규칙적인 움직임이 유발될 수 있다(Roepstorff et al., 2002). 이에 기승자는 보조(cadence) 진행 시 시상면(sagittal plane)에서 귀, 어깨, 힙, 발 뒤꿈치의 수직선상과 엘보, 손, 고삐, 비트까지의 일정한 거리를 유지함으로써 더 안정된 자세를 취할 수 있지만(Ceroni et al., 2007; Lovett et al., 2005), 부적절한 기승자세는 다양한 부상 발생의 요인이 될 수 있다.

말의 보법은 목, 몸통, 그리고 사지 근육의 섬세한 협응(coordination)을 필요로 하지만(Janura et al., 2009), 기승

자의 불균형한 체지의 움직임은 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).

Thomas et al.(2006)이 기승활동과 관련 102,904명의 부상자를 조사한 결과, 낙마(falling)로 인한 부상은 66.1%, 또한 말을 타는 도중에도 발생되며(kicked by the horse), 신체부위별 머리/목 23.2%, 하지 22.2%, 상지 21.5% 순으로 나타나 가장 일반적인 주 진단결과는 타박상(contusions)/찰과상(abrasions) 31.4%, 골절(fractures) 25.2%로 매년마다 11,502명은 외상성 두뇌손상(traumatic brain injuries)이 지속적으로 발생하고 이중 11% 이상은 병원에 입원하는 것으로 조사되었다. 이 외에도 낙마는 골절, 척추 및 머리의

* 교신저자: ryew@jeju.ac.kr

부상, 장기적인 장애, 그리고 사망까지 이를 수 있다는 많은 연구들이 보고되고 있다(Barone & Rodgers, 1989; Bixby-Hammett, 1992; Campbell-Hewson et al., 1999; Christey et al., 1994; Ghosh et al., 2000; Kraft et al., 2009; Kriss, T. C., & Kriss, V. M., 1997; Nelson & Bixby-Hammett, 1992; Quinn & Bird, 1996).

이러한 관점에서 승마활동 시 기승자는 말의 사지와 동체의 움직임 양상은 보조의 종류에 따라서 달라지기 때문에 각 보조의 특성에 적응할 수 있는 자세유지 능력을 소 요하여야 하지만(Ryew, 2012), 속도 변화에 따라 운동학적 측면에서 서로 다른 차이가 발생된다(Kang et al., 2010; Oh et al., 2009a; Oh et al., 2009b; Schils et al., 1993).

특히, 자세교정과 가장 밀접한 보조는 평보(walk)와 속보(trot)로 보고하고 있다(Ryew, 2012). Hilary et al.(2002)에 의하면 평보는 반대쪽 발의 각 1쌍으로 1/2 보폭 후에 반복이 되는 대칭보조로서 4박자의 보조와 1 보폭 동안 두 발은 항상 지지기를 가지며, 분당 82m에서 109m로 정의된다. 속보는 1 보조 동안 항상 공중국면을 유지하며 각 스트라이드에 2번의 공중국면을 가지는 대 각선형 보조법으로 분당 192m에서 296m로 정의한다.

이와 관련 연구들을 살펴보면, 숙련된 기승자의 경우 체간 기울기는 평보에서 후경 11deg, 속보는 6deg로 유지해야 하며, 이때 고삐를 최상으로 유지하기 위한 어깨 각도는 평보와 속보가 각각 18.43deg, 20.55deg, 하지 관절 각도변화에서 평보와 속보 시 힙 관절은 117deg, 113deg, 무릎관절은 105deg, 11deg, 발목관절은 88deg, 95deg로 유지한다고 하였다(Ryew, 2012). 이러한 자세는 상관분석 결과를 통해 평보는 어깨와 엘보의 분절 각도가 동체의 전·후 기울기각도에 영향을 주며, 속보는 힙과 무릎 및 발목관절 각도 간 밀접한 비례관계를 기승속도에 따라 상호작용분절에서 차이가 난다고 하였고, Oh et al.(2009b)도 숙련된 기승자의 경우 미숙련자 보다 공중국면의 소요시간 비율이 더 많고 상·하 움직임을 더 작게 유지하여 전후 및 좌우 속도는 더 일관된 속도를 유지한다고 하였다.

이처럼 기승활동 시 속도에 따라 안정된 자세유지를 위한 기전은 서로 다른 특징이 나타나며 낙마 및 심각한 부상 유발은 양측 상·하지의 비대칭적인 부적절한 기승자세와 이로 인한 말-기승자 간 지속적인 충격 발생이 큰 요인이다. 하지만 더 중요한 사실은

승마 초보자의 경우 외승이 제한되고 조련사 및 전문가의 감독하에 안전한 기승활동이 이루어지는 반면, 숙련자들은 이러한 환경이 배제되고 익숙한 기승활동 및 개인특성에 따라 양측 체지의 불균형과 비대칭적인 움직임은 더 증가될 수 있다.

즉, 자세교정에 적합한 평보와 속보 시 숙련자들을 대상으로 기승자세의 양측 상·하지의 비대칭 및 일관성 지수를 비교하여 안전한 기승활동을 위한 정량적 분석이 필요하지만 선행연구들은 초보자, 미숙련자에 초점을 두고 있으며 이와 관련 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 기승 숙련자들을 대상으로 속도변화에 따른 양측 상·하지 각 관절의 각도변화를 비교분석하고, 이에 따른 비대칭 지수 및 일관성 지수를 규명하기 위해 실시하였다. 이를 통해 안전한 기승자세와 승마교육 및 현장에서 유용하게 활용될 수 있는 정량적인 자료를 제시하고자 하였다.

연구방법

연구대상

본 연구의 목적을 달성하기 위한 대상자 선정은 승마 숙련자로 우세(dominant) 팔·다리가 모두 우(right)측이었으며, 기승활동 시 등자길이(stirrups length) 피팅(fitting)이 72cm, 더러브렛(thoroughbred)으로 평·속보가 가능한 성인남성 7명을 판단추출(judgment sampling)하였다<Table 1>.

이들은 최근 1년 간 척추 및 상·하지 관절에 이상이 없었으며 기승활동에 문제가 없는 자들이었다. 또한 우

Table 1. Subject characteristics

Section	Age (yrs)	Height (cm)	Body mass(kg)	Career (yrs)	Low extremity (cm)
1	38	177.0	82.4	11	102.0
2	48	169.2	81.5	21	95.4
3	46	169.4	61.2	5	94.2
4	51	163.2	55.4	31	90.5
5	44	172.8	83.2	6	98.4
6	45	173.8	72.7	5	97.1
7	44	172.8	83.2	6	98.4
M±SD	45.14 ±4.01	171.17 ±4.41	74.22 ±11.59	12.14 ±10.10	96.57 ±3.65

세·비우세 체지의 여부는 진술에 의존하였고, 실험 전 본 연구의 목적과 내용을 충분히 설명한 후 참가동의서에 자발적으로 동의한 자에 한하여 실험을 진행하였다.

실험장비 및 실험절차

이 연구에서 실험도구는 영상촬영 장비 및 분석 장비로 구분하였다<Table 2>.

영상촬영 시 기후를 고려하여 실내승마장(50m×20m)에 4대의 카메라(DHR/HDV 1080) 및 4대의 조명등(055×DV)을 설치한 후, 기승자세가 완전히 포착될 수 있도록 공간좌표 설정은 통제점들(2m×2m×1m)을 지면과 57cm 위에 평형(alignment)을 고려하여 설치하였고 60frame/sec의 캡코더 속도와 노출시간(exposure time)은 1/500sec로 설정하였다.

실험 시 대상자들의 복장과 신발이 연구결과에 오류를 범할 수 있기 때문에 모든 기승자들에게 타이트

(tight)한 소재의 승마복 혹은 스판 타이즈 재질의 운동복과 굽이 낮은 검정색 부츠를 착용하게 하였다. 인체의 각운동학적 변인을 산출하기 위해 디지털라이징 포인트는 <Figure 1>과 같이 관절점 21개 외에 기준점 10개를 포함한 후 총 31개의 반사마커를 실험 대상자에게 부착하였다(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[ASIS], sacrum, right·left/lateral·medial wrist, right·left/lateral·medial elbow, right·left shoulder, chin, nose).

또한 영상촬영 전, 조명등과 카메라 및 실험 보조자의 위치 등의 실험환경에 적응하기 위해 기수는 말과 워업(warm up)을 30분 이상 실시하였다. 지면의 조건은 기승자가 받을 수 있는 충격 및 낙상의 위험을 고려하여 모래에서 실시하였고, 기승자는 말과 영상촬영 구간을 반복적으로 경유하기 때문에 각 장비의 배선은 모래에 매설하여 말의 보법에 이상이 없는 환경을 조성하였다. 특히 평보와 속보의 성공여부는 말 조련사 및 전문가 각 1명씩을 배치하여 성공여부를 판단하였고, 이때 말의 진행방향을 Y 축(axis), 진행의 좌·우 X 축(axis), 수평·좌우 방향에 대한 수직축을 Z 축(axis)으로 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 1. Experimental field

Figure 2. Body segment angle

기승자세 각도의 정의

승마 평 · 속보 시 숙련도에 따른 상 · 하지 분절의 각도 정의는 7개의 상대각으로 설정하였다<Figure 2>.

- ① 발목관절 각도(ankle angle, θ^1) : 하퇴와 발이 이루는 상대각
- ② 무릎관절 각도(knee angle, θ^2) : 대퇴와 하퇴가 이루는 상대각도
- ③ 허벅관절 각도(hip angle, θ^3) : 체간과 대퇴가 이루는 상대각도
- ④ 어깨관절 각도(shoulder angle, θ^4) : 체간과 상완이 이루는 상대각도
- ⑤ 엘보관절 각도(elbow angle, θ^5) : 상완과 전완이 이루는 상대각도
- ⑥ 체간의 전-후 기울기 각도(front-rear angle, θ^6) : 시상면(sagittal plane)에서 체간이 수직선상에 대한 Y축(axis)에 대한 전-후 가동범위
- ⑦ 체간의 좌-우 기울기 각도(left-right angle, θ^7) : 관상면(frontal plane)에서 체간이 수직선상에 대한 X축(axis)에 대한 좌-우 가동범위

이벤트 및 분석국면

승마 평보와 속보 시 3개의 이벤트와 2개의 국면으로 설정하였다.

이벤트(event)

- ① 접지 1(right foot touch down 1/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 2/ RFTD 2) : 공중기 이후 다시 오른쪽 앞발굽이 지면에 접지되는 순간

국면(phase)

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

간부터 다시 접지되는 시점까지의 구간

자료처리

Kwon 3D XP(2007) 프로그램을 이용해 산출된 각 운동학적 변인은 PASW 18.0(IBM, USA) 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다.

특히, 힙관절 중심(hip joint center)은 Tylkowsky 방식(Tylkowsky et al., 1982)을 사용하였고<Figure 3>, 손목, 엘보, 무릎, 그리고 발목관절의 중심은 관절의 내측(medial)과 외측(lateral)에 부착된 반사마커들의 midpoint로 산출하였다.

Figure 3. Hip joint center(Tylkowsky et al., 1982)

이후 비대칭 지수(asymmetric index/AI)는 말 앞발굽 기준 1 stride 동안 기승자의 상 · 하지 관절각도의 평균값을 이용하여 Robinson 공식(Robinson, Herzog, & Nigg, 1987)으로 산출하였다.

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

이때, R mean은 우측 관절 각도의 평균값, L mean은 좌측 관절 각도의 평균값이며, AI(%)는 0일 때 완전 대칭이며 값이 커질수록 비대칭이 커짐을 의미한다.

일관성 지수(consistency index, CI)는 Winter 공식(Winter, 1983)을 참고하였다.

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

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

산출된 각운동학적 변인은 속도(평균, 속도)와 양측 체지(좌, 우) 간 이원변량분석(two-way analysis of variance)을 실시하였고, 속도 변화에 따른 비대칭 지수(AI%)와 일관성 지수(CI%), 체간의 전-후(front-rear) 및 좌-우(left-right) 기울기 각도는 독립 t 검정(independent t -test)을 실시하였다. 이때 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

결과

1 stride 동안 상·하지 관절 각도 및 비대칭 지수

승마 평균과 속도 시 말 앞발굽 기준 1 stride 동안 기승자가 움직인 상·하지 관절 각도의 평균값은

<Table 3> 및 <Figure 4, 5>와 같고, 이에 따른 양측 관절 각도의 평균값 간 비대칭 지수를 산출하였다.

엘보와 어깨의 각도변화는 양측관절 간, 속도변화에 따라 유의한 차이가 없었고($p>.05$), 상호작용 또한 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 힙관절 각도의 변화는 속도변화에 따라 유의한 차이가 없었지만($p>.05$), 양측관절 간 좌측 힙관절과 비교하여 우측 힙관절의 각도 변화가 더 신전된 형태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났다($F=71.168, p<.001$), 상호작용은 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 무릎관절의 각도변화는 속도변화에 따라 속도 시 더 신전된 형태를 보여 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($F=7.676, p<.05$), 상호작용은 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

발목관절의 각도변화는 속도변화에 따라 평균이 더 신전된 형태를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났다($F=7.676, p<.05$). 상호작용은 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

비대칭 지수의 변화는 양측 엘보, 어깨, 힙, 무릎, 발목관절 각도 간 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

1 stride 동안 상·하지 관절 각도의 일관성 지수

1 stride 동안 각 관절 각도변화의 일관성 지수는 <Table 4>와 같다. 엘보 관절 각도의 일관성 지수는

Table 3. Upper & lower limbs joint angle and asymmetric index according to the change of velocity during 1 stride in horse back riding

Section	Velocity	Right · Left		Total average	AI(%)	Source	F	post-hoc
		Right(degree)	Left(degree)					
Elbow	Walk	145.18±11.41	142.90±11.77	144.04±11.20	2.14±1.03	V	4.126	-
	Trot	134.71±12.15	134.87±12.82	134.79±12.00	3.10±1.86	L·R	.054	-
	Total average	139.94±12.56	138.89±12.53	139.42±12.33	t=-.858(.408)	V×L·R	.072	-
Shoulder	Walk	19.26±3.15	19.40±3.57	19.33±3.23	12.70±7.76	V	.032	-
	Trot	19.12±3.61	20.01±3.73	19.56±3.56	11.81±5.35	L·R	.151	-
	Total average	19.19±3.26	19.70±3.52	19.45±3.34	t=.249(.808)	V×L·R	.081	-
Hip	Walk	142.90±11.77	102.25±11.16	122.58±23.80	2.96±1.81	V	.689	-
	Trot	134.87±12.82	103.16±9.37	119.02±19.68	2.93±3.10	L·R	71.168***	Right>Left
	Total average	138.89±12.53	102.71±9.91	120.80±21.50	t=.019(.985)	V×L·R	1.086	-
Knee	Walk	116.70±4.24	114.15±6.75	115.43±5.57	5.08±2.88	V	7.672*	Trot>Walk
	Trot	121.50±3.73	119.73±4.57	120.62±4.11	2.88±1.38	L·R	.1328	-
	Total average	119.10±4.57	116.94±6.25	118.02±5.48	t=1.818(.094)	V×L·R	.044	-
Ankle	Walk	116.88±5.95	120.36±6.56	118.62±6.28	11.68±6.37	V	33.779***	Trot>Walk
	Trot	131.52±6.31	132.00±4.99	131.76±5.47	5.62±7.23	L·R	.766	-
	Total average	124.20±9.62	126.18±8.24	125.19±8.84	t=1.663(.122)	V×L·R	.443	-

* $p<.05$, *** $p<.001$, V(velocity): velocity of the main effect, L·R(left & right): left & right of the main effect, V×L·R: Interaction

Table 4. Consistency index of upper & lower limbs joint angle according to the change of velocity during 1 stride in horse back riding(%)

Section	Velocity	Right·Left		Total average	Source	F	post-hoc
		Right	Left				
Elbow	Walk	2.20±0.95	2.19±0.95	2.19±0.91	V	11.420**	Walk>Trot
	Trot	3.70±1.12	3.02±0.52	3.36±0.91	L·R	.992	-
	Total average	2.95±1.27	2.60±0.85	2.78±1.07	V×L·R	.943	-
Shoulder	Walk	12.07±4.91	11.83±4.11	11.95±4.35	V	.221	-
	Trot	11.59±4.54	14.05±5.91	12.82±5.22	L·R	.356	-
	Total average	11.83±4.55	12.94±5.02	12.38±4.74	V×L·R	.525	-
Hip	Walk	2.75±1.24	2.72±0.63	2.73±0.95	V	35.052***	Walk>Trot
	Trot	5.82±1.55	6.74±2.39	6.28±1.99	L·R	.554	-
	Total average	4.29±2.09	4.73±2.68	4.51±2.37	V×L·R	.628	-
Knee	Walk	2.34±1.33	1.88±0.58	2.11±1.02	V	88.173***	Walk>Trot
	Trot	6.76±1.84	7.68±1.68	7.22±1.76	L·R	.176	-
	Total average	4.55±2.77	4.78±3.24	4.66±2.96	V×L·R	1.593	-
Ankle	Walk	2.49±0.74	2.24±0.95	2.36±0.83	V	7.489**	Walk>Trot
	Trot	3.46±1.26	4.14±2.17	3.80±1.74	L·R	.168	-
	Total average	2.97±1.12	3.19±1.89	3.08±1.52	V×L·R	.778	-

** $p<.01$, *** $p<.001$, V(velocity): velocity of the main effect, L·R(left & right): left & right of the main effect, V×L·R: Interaction

속도변화에 따라 평보가 더 일관성을 유지하여 유의한 차이가 나타났고($F=11.420$, $p<.01$), 상호작용은 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 어깨 관절 각도의 일관성 지수는 양측 간, 속도변화에 따라 통계적 유의한 차이가 없었고($p>.05$), 상호작용 또한 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

하지 관절에서 힙($F=35.052$, $p<.001$), 무릎($F=88.173$, $p<.001$), 발목($F=7.489$, $p<.001$) 관절 각도의 일관성 지수는 속보 시 더 높게 나타났고, 상호작용은 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

체간의 전·후, 좌·우 기울기 각도 및 일관성 지수

기승자세의 전·후 경각은 <Table 5>와 같이 평보가 속보보다 더 큰 후경각 자세를 유지하여 유의한 차이가 나타났고($t=-48.850$, $p<.001$), 1 stride 동안 후경각 자세의 일관성을 더 유지하는 형태를 보였다($t=-2.442$, $p<.05$). 좌·우 경각은 속도변화에 따라 유의한 차이가 없었고($p>.05$), 일관성 지수 또한 큰 차이

가 없는 것으로 나타났다($p>.05$).

논의

움직임의 협응은 인간-인간 관계에서 중요하지만 인간과 동물 간 상호작용에도 매우 중요한 역할을 하며(Wolframm et al., 2013), 특히 승마 경기는 말-기수 간 밀접한 상호작용을 통해 효과적인 훈련 타이밍과 일관성이 필요하다(Goodwin et al., 2009).

이에 본 연구는 승마활동에 익숙한 숙련자들을 대상으로 말 움직임에 의한 기승자세의 각운동학적 변인과 이에 따른 비대칭 및 일관성 지수를 비교분석하였다.

본 연구결과에 나타나 있듯이 숙련자들의 엘보와 어깨 관절의 평균 각도변화는 1 stride 동안 양측 간, 속도변화에 따라 큰 차이가 없이 기승하는 형태를 보였고 상지 관절 각도의 움직임은 서로 대칭적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 승마 교육 24주 후 숙련

Table 5. Front-rear, left-right angle and consistency index according to the change of velocity during 1 stride in horse back riding

Section	Velocity		t	Consistency index	Velocity		t
	Walk	Trot			Walk	Trot	
F-R angle(deg)	-15.42±2.46	-1.64±1.38	-48.850***	F-R angle(CI%)	24.67±16.62	102.33±82.48	-2.442*
L-R angle(deg)	2.82±1.56	1.67±0.52	1.838	L-R angle(CI%)	90.30±95.58	98.61±34.83	-.216

* $p<.05$, *** $p<.001$

Figure 4. Upper & lower limb joint angle during walk and trot

Figure 5. Upper & lower limbs joint angle and F-R, L-R angle during walk and trot

된 자들의 평보와 속보 시 엘보의 평균 각도가 $150.57 \pm 12.70^\circ$, $137.02 \pm 18.12^\circ$, 어깨의 평균 각도는 각각 $18.43 \pm 6.74^\circ$, $20.55 \pm 5.18^\circ$ 라는 Ryew(2012)의 연구결과와 유사하게 나타났다.

힙관절의 각도변화는 본 연구에서 속도 변화에 따라 큰 차이가 없었지만 우측 힙관절의 굴(flexion)/신

(extension) 운동이 더 큰 형태를 보여 유의한 차이를 보였고, 무릎관절의 각도변화는 유의한 차이는 없었지만, 이 역시 우측 무릎이 더 신전되는 형태를 보였다. 이는 보행 시 역학적 측면에서 우세·비우세 체지 간 성능차이(Hyun et al., 2014), 축구선수들의 선호다리가 역학적 측면에서 우세하다는 결과(Nunome et al., 2006), 40km 에르고미터를 이용한 사이클링 시 양측 다리 간 불균형(Carpes et al., 2007), 태권도 발차기 시 우세측 다리의 성능차이(Kim & Kim, 2010) 등의 연구와 유사한 결과이다. 특히, 본 연구에서 실험 전 모든 기승자들의 상·하지 체지의 우세측이 우(right)측으로 조사되어, 이점과 비교해 볼 때 숙련된 기승자의 평보와 속보 시 신체중심(COM)의 상·하 운동을 위한 힙관절 그리고, 무릎의 굴/신 각도 움직임은 우세측 관절의 움직임이 기승활동에 더 관여하는 것으로 판단된다.

무릎관절의 각도변화는 속도 변화에 따라 평보와 속보 시 각각 $115.43 \pm 5.57^\circ$, $120.62 \pm 4.11^\circ$, 발목관절은 평보 시 $118.62 \pm 6.28^\circ$, 속보 시 $131.76 \pm 8.84^\circ$ 로 모두 속보에서 더 신전된 형태가 나타났다. 즉 속도가 느린 평보에 비해 속보는 하지 관절의 각도변화를 더 신전하는 형태를 보인 바, 숙련된 기승자일수록 더 안정되고 일관된 기승자세를 취한다는 결과(Ryew, 2012)와 유사하게 나타났다. 특히 각 상·하지 관절 별 일관성 지수를 분석한 결과, 속보 보다 상대적으로 느린 평보의 엘보, 힙, 무릎, 발목관절 각도변화가 더 일관성 있게 나타나 말 앞발굽 기준 1 stride 동안 소요되는 시간이 더 짧고, 국면별 더 적은 비율을 보이기 때문에 상·하 및 좌·우의 움직임의 주기적 반동은 속보에서 더 증가(Oh et al., 2009a)된 결과로 생각된다.

이러한 결과는 체간의 전·후 기울기 각도(F-R angle)에서도 1 stride 동안 속보의 $-1.64 \pm 1.38^\circ$ 보

다 평보가 $-15.42 \pm 2.46^\circ$ 로 일관성 있게 더 큰 후경 각 자세를 보여 상·하지 관절 각도들의 변화와 유사한 결과를 나타낸 바, 이는 속도에 기인되는 것으로 생각된다. 특히 공중국면을 가지는 속보에서 말 동체의 수직운동을 이용해 기승자는 말에게 전·상 방향으로 추진력을 전달해야 하는데, 속보 시 초보자의 경우 전경각 자세로 기승하지만 숙련자는 수직선상 자세를 유지한다고 하였다(Ryew, 2012; Terada et al., 2006). 이와 비교해 볼 때, 체간의 전·후 기울기 각도는 평보 보다 속보에서 안정성 유지를 위한 전(anterior)·후(posterior) 움직임이 더 증가된 결과로 판단된다.

반면 체간의 좌·우 기울기 각도(L-R angle)는 평보와 속보 시 좌우면(frontal plane)에서 기승자의 평균 각도는 수직선상자세를 유지하여 기승하는 형태를 보였지만 체간의 좌·우 기울기, 일관성 지수 분석결과와 비교해 볼 때, 평보 시 말은 반대쪽 발의 각 1쌍으로 1/2 보폭 후 반복이 되는 대칭보조로 4박자 보조를 가지고 속보는 1 보조동안 항상 공중국면을 가지는 대각선형 보조법(Hilary et al., 2002)의 특징이 있는 바, 기승자는 이로 인해 체간의 좌·우 기울기 반동이 크게 발생되어 일관성은 낮아지는 것으로 생각된다.

특히, 본 연구에서 분석된 일관성 지수는 체간의 전·후 및 좌·우 기울기 각도에서 속도 변화에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈다. 즉 일관성 지수가 상대적으로 높게 나타나 일관성이 매우 낮음을 의미하고 안정된 기승활동을 위한 정량적 자료의 기준으로 적용하기에 부적합한 것으로 생각되며, 이와 관련 추후 연구가 더 필요하다고 판단된다.

하지만, $\alpha=.05$ 의 통계적 유의수준에서 승마 1 stride 기준, 각 상·하지 관절의 평균 각도변화를 이용한 엘보, 어깨, 힙, 무릎, 발목관절의 일관성 지수는 속보가 더 높은 값을 보여 평보의 기승자세가 더 일관성이

Table 6. Consistency and asymmetric indices between right and left joint angle during walk and trot in horse back riding

Section		Elbow	Shoulder	Hip	Knee	Ankle
AI(%)	Walk	2.10	12.70	3.00	5.10	11.70
	Trot	3.10	11.80	3.00	2.90	5.70
	Left · Right	3.00	13.00	4.80	4.80	3.20
CI(%)	Walk	2.20	12.00	2.80	2.10	2.40
	Trot	3.40	12.90	6.30	7.20	3.80

$\alpha=.05$

있는 형태를 나타냈고 양측 간 통계적 유의한 차이는 없었다. 또한 양측 상·하지 체지 간 분석된 비대칭 지수는 평보와 속보 간 통계적 유의한 차이 없이 서로 대칭적인 형태가 나타난 바, 이에 따른 비대칭 지수 및 일관성 지수는 <Table 6>과 같이 나타났다.

종합해 볼 때, 기승 숙련자들의 경우에도 양측 상·하지 간 굴/신 각도의 변화에 차이가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 경기력 향상을 위한 엘리트 승마 선수들 역시 예외일 수 없으며, 말·기승자 간 부상예방 및 경기력향상을 위해 주기적인 자세평가가 이루어져야 하겠다.

따라서 본 연구에서 제시한 비대칭 지수와 일관성 지수는 익숙한 기승활동과 개인의 특성으로 양측 체지의 움직임이 비대칭적일 수 있는 기승 숙련자뿐만 아니라 승마교육에 참여하는 초보 기승자들에게도 안정성 확보 및 부상예방을 위해 활용될 수 있는 정량적 자료임을 시사한다.

결론

1 stride 동안 숙련자들의 엘보, 어깨관절의 각도 변화는 속도, 양측 관절 각도 간 통계적 유의한 차이는 없었지만, 힙관절은 우측 관절이 좌측 힙관절 보다 더 신전된 형태를 나타냈다. 또한 무릎과 발목관절은 양측 간 통계적 유의한 차이는 없었지만, 속보 시 평보 보다 더 신전된 형태를 나타냈다. 체간의 전-후 경각은 평보 시 더 큰 후경각 자세를 보여 통계적 유의한 차이가 나타났고, 좌·우 경각은 속도변화에 따라 통계적 유의한 차이는 없었다.

비대칭 지수의 변화는 양측 체지 간, 엘보, 어깨, 힙, 무릎, 발목관절 각도 간 통계적 유의한 차이는 없었다.

일관성 지수는 속보 보다 평보 시 체간의 전-후 경각, 엘보, 힙, 무릎, 발목관절의 각도변화가 더 일관성 있는 형태를 보였다.

참고문헌

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: 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.

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.

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.

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.

Goodwin, D., McGreevy, P., Waran, N., & McLean, A. (2009). How equitation science can elucidate and refine horsemanship techniques. *The Veterinary Journal*, 181: 5-11.

- Hilary, M., Clayton, Bums, Phd, & Mrcvs. (2002). Walk this way: Learn to discern the fine points of this all-important basic gait. *Veterinary Connection*, 39-42.
- 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.
- Janura, M., Peham, C., Dvorakova, T., & Elfmark, M. (2009). An assessment of the pressure distribution exerted by a rider on the back of a horse during hippotherapy. *Human Movement Science*, 28(3): 387-393.
- Kang, O. D., Ryu, Y. C., Ryew, C. C., Oh, W. Y., Lee, C. E., Kang, M. S. (2010). Comparative analyses of rider position according to skill levels during walk and trot in jeju horse. *Human Movement Science*, 29(6): 956-963.
- Kim, Y. K., & Kim, 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.
- 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.
- 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.
- Nelson, D. E., & Bixby-Hammett, D. (1992). Equestrian injuries in children and young adults. *American Journal of Diseases of Children*, 146(5): 611-614.
- 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: 529-541.
- 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., Kang, O. D., & Lee, C. E. (2009b). Kinematic analysis of horse-riding posture according to skill levels during walking of horse-riding. *The Korean Journal of Physical Education*, 48(6): 583-595.
- Pugh, T. J., & Bolin, D. (2004). Overuse injuries in equestrian athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 3(6): 297-303.
- Quinn, 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.
- Roepstorff, L., Johnston, C., Drevemo, S., & Gustås, P. (2002). Influence of draw reins on ground reaction forces at the trot. *Equine Exercise Physiology*, 34: 349-352.
- Ronbinson, 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: 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.
- 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.
- 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.
- Thomas, K. E., Annett, J. L., Gilchrist, J., & Bixby-Hammett, D. M. (2006). Non-fatal horse related injuries treated in emergency departments in the united states, 2001-2003. *Sports Medicine*, 40: 619-626.
- Tylkowski, C. M., Simon, S. R., & Mansour, J. M. (1982). Internal rotation gait in spastic cerebral palsy. In *Proceedings of the 10th Open Scientific Meeting of the Hip Society*, 89-125.
- 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.
- Wolframm, I. A., Bosga, J., & Meulenbroek, R. G. J. (2013). Coordination dynamics in horse-rider dyads. *Human Movement Science*, 32: 157-170.