

골반 비대칭 성인에서 Kaltenborn Mobilization이 보행 수행능력 및 자세 동요에 미치는 즉각적·단기 효과: 반복측정 설계 연구

오종선*, 김성길**

*국립한국교통대학교 보건의료학과

**국립한국교통대학교 물리치료학과

e-mail: niceguygil@gmail.com

Immediate and Short-Term Effects of Kaltenborn Mobilization on Gait Performance and Postural Sway in Adults With Pelvic Asymmetry: A Repeated-Measures Study

Jong-Seon Oh*, Seong-Gil Kim**

*Dept. of Health and Life Science, Korea National University of Transportation

**Dept. of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

e-mail: niceguygil@gmail.com

요약

본 연구는 골반 비대칭을 가진 성인(N=20)을 대상으로 Kaltenborn mobilization의 보행 수행능력(GAITRite)과 정적 균형(PhysioSensing COP 분석)에 대한 즉각적·단기 효과를 반복측정 설계(중재 전·직후·24-30시간 후)로 분석하였다. 결과, 보행 속도는 중재 직후 유의하게 증가하여 follow-up까지 유지되었다. 보행 대칭성 지표(step length/time differential)는 유의한 변화를 보이지 않았다. COP 타원 면적은 EO 및 EC 조건 모두에서 유의한 변화를 보였으며, EC 조건에서 더 큰 변화가 관찰되었다. 이는 단기 감각 재가중(sensory reweighting) 또는 적응적 자세 조정 기전을 시사한다.

Supine-to-Sit Test 양성으로 골반 비대칭이 확인된 19-35세 성인 20명이 참여하였다(남 9명, 여 11명; 평균 연령 20.9±2.1세; [표 1]).

1. 서론

보행과 균형 조절은 일상생활에서 필수적인 기능으로, 관절 정렬·고유수용감각·근신경 조절 등 다양한 요인에 의해 결정된다. 관절 가동술(Kaltenborn mobilization)은 관절 주변 조직 유연성 향상, 관절 수용기 자극을 통한 고유수용감각 입력 변화, 감각-운동 통합 향상 등을 통해 보행 및 균형 수행 능력 개선에 기여할 수 있다. 그러나 mobilization이 보행 속도·대칭성과 COP 기반 정적 균형 조절 능력에 미치는 영향을 즉각적 및 단기 추적 구간 모두에서 평가한 연구는 제한적이다. 본 연구는 GAITRite와 PhysioSensing을 통합하여 단일 중재의 즉각적 및 단기 유지 효과를 검증하였다.

2. 연구방법

2.1 연구 설계 및 대상자

반복측정 설계 연구(전·후·추적)로, Gillett Test 및

[표 1] 대상자 일반적 특성 (N=20)

변수	평균±SD 또는 n(%)
연령 (세)	20.9±2.1
성별 (남/여)	9(45%)/11(55%)
신장 (cm)	171.7±7.7
체중 (kg)	68.1±14.4
BMI (kg/m ²)	23.0±3.9
골반 회전방향 (좌/우)	좌:9(45%), 우:11(55%)

2.2 중재

Kaltenborn-Evjenth Concept에 기반한 Grade III sustained stretch mobilization을 적용하였다. 3년 이상 임상 경력 물리치료사가 ASIS-PSIS 축지를 통해 골반 비대칭 방향을 확인 후, tension barrier에서 20초 유지 × 2회 시행하였다.

2.3 평가 도구

① 보행 분석(GAITRite): 보행 속도(cm/s), step length

differential, step time differential 측정 ② 균형 평가 (PhysioSensing Balance Platform, 2,000Hz): 30초 Eyes-open/Eyes-closed Romberg stance에서 COP 타원 면적(cm²) 측정

2.4 통계 분석

반복측정 ANOVA를 사용하여 세 측정 시점(사전·직후·추적) 간 변화를 분석하였다(SPSS 26.0, p<0.05).

3. 결과

보행 속도는 중재 직후 유의하게 증가하였으며(p<0.05), 이 효과는 follow-up(24-30시간 후)까지 유지되었다 [표 2]. 반면 step length differential 및 step time differential은 세 시점 간 유의한 차이를 보이지 않았다. COP 타원 면적은 EO 및 EC 조건 모두에서 시점 간 유의한 변화를 보였으며, EC 조건에서 변화가 더 크게 나타났다 [표 3, 4]. 이는 mobilization 이후 단기적 감각-운동 통합 재조정 현상을 반영하는 것으로 해석된다.

[표 2] Kaltenborn 관절가동술 적용 후 보행 변수의 시간적 변화

변수	중재 전	중재 직후	추적 관찰	F값 (2,40)	p값	η ²
보행 속도 (cm/s)	125.76 ± 23.80	131.00 ± 21.03	137.92 ± 20.63	9.99	0.0003 *	0.33
보행 거리 (cm)	838.76 ± 65.36	812.64 ± 63.34	813.96 ± 48.43	2.57	0.0888	0.11
보행 시간 차이 (s)	0.0073 ± 0.0061 ± 8	0.0102 ± 0.0080 ± 9	0.0071 ± 0.0041 ± 1	1.64	0.2058	0.08
보행 길이 차이 (cm)	1.31 ± 0.95	1.79 ± 1.14	1.74 ± 1.38	2.29	0.1142	0.10

값은 평균 ± 표준편차로 제시됨. 보행 시간 차이 및 보행 길이 차이는 좌우 하지 간 절대값 차이를 의미함. η²는 부분 에타 제곱(effect size)임. *p < 0.05임

[표 3] Kaltenborn 관절가동술 적용 후 자세 동요 변수의 시간적 변화

변수	중재 전	중재 직후	추적 관찰	F값 (2,40)	p값	η ²
평균 속도 EO (cm/s)	5.50 ± 0.55	5.94 ± 1.33	5.72 ± 0.96	0.79	0.4628	0.06
평균 속도 EC (cm/s)	5.81 ± 1.30	6.04 ± 1.57	6.37 ± 1.45	3.45	0.0427 *	0.12
복합 속도 (cm/s)	7.32 ± 1.14	7.29 ± 1.36	7.26 ± 1.35	0.04	0.9640	0.00
타원	25.10	55.03	46.09	4.91	0.0165	0.20

면적	±	±	±		*	
EO (cm ²)	16.20	85.20	40.05			
타원 면적	34.12 ±	37.40 ±	58.55 ±	5.35	0.0106 *	0.21
EC (cm ²)	34.63	32.12	52.60			

값은 평균 ± 표준편차로 제시됨. EO는 눈뜨고, EC는 눈감은 상태를 의미함. 타원 면적은 압력중심(COP)의 95% 신뢰 타원 영역을 의미함. η²는 부분 에타 제곱임. *p < 0.05임

[표 4] Bonferroni 사후검정 결과

변수	비교	평균 차이 (Δ)	p값 (Bonferroni)
보행 속도 (cm/s)	중재 전 → 중재 직후	+5.24	0.018*
	중재 전 → 추적 관찰	+12.16	0.006*
	중재 직후 → 추적 관찰	+6.92	0.058
타원 면적 EO (cm ²)	중재 전 → 추적 관찰	+26.10	0.042*

Δ값은 이후 시점에서 이전 시점을 뺀 평균 차이를 의미함. 양수 값은 증가를 의미함. p값은 3가지 쌍 비교(중재 전-중재 직후, 중재 전-추적 관찰, 중재 직후-추적 관찰)에 대해 Bonferroni 보정을 적용한 paired t-test 결과임. *p < 0.05임

4. 고찰 및 결론

Kaltenborn mobilization은 골반 비대칭 성인의 보행 속도를 즉각적으로 향상시키고 단기간 효과를 유지하였다. 건강한 젊은 성인의 보행 대칭성은 baseline에서 이미 높아 단일 중재로 유의한 변화를 유도하기 어렵다는 선행 연구와 일치한다. COP 타원 면적의 변화는 균형 기능 저하가 아닌, 감각 재가중(sensory reweighting) 또는 고유수용성 감각 재조정 과정에서의 적응적 현상으로 해석될 수 있다. 본 결과는 관절 가동술이 감각-운동 조절에 미치는 기전적 역할을 뒷받침하며, 기능적 움직임 효율 향상을 위한 임상적 유용성을 제시한다.

참고문헌

- [1] Kim, S.G., & Kim, W.S. (2018). Effect of ankle ROM and lower-extremity muscle strength on static balance. *Med Sci Monit*, 24, 3168-3173.
- [2] Kim, S.G., & Lee, J.H. (2015). Effects of horse-riding simulation exercise on muscle activation in the elderly. *Arch Gerontol Geriatr*, 60(1), 62-65.
- [3] Jang, S.H., Park, S.W., & Kim, S.G. (2025). Correlation analysis of craniovertebral angle with balance

- control and proprioception. *Life*, 15(10), 1526.
- [4] Lee, D.Y., & Kim, S.G. (2023). Effect of horse-riding simulator on balance and gait in elderly with dementia. *Int J Gerontol*, 17(1), 25-28.
- [5] Jeong, J.H., et al. (2025). Intra- and inter-rater reliability of belt-type IMU for postural sway. *J Mech Med Biol*.