

공을 이용한 안뜰계 훈련이 정상 성인의 정적 균형에 미치는 영향

■ 최수희, 조화영, 강양훈¹, 광광일¹, 권혜민¹, 서삼기¹

서남대학교 보건대학 작업치료학과; ¹서남대학교 보건대학 물리치료학과

Effect of Vestibular Training Using Ball on Static Balance in Normal Subjects

Su-Hee Choi, PT, MS; Hwa-Young Cho, PT, MPH; Yang-Hun Kang, PT, MS¹; Kwang-Il Kwank, PT, MS¹; Hye-Min Kwon, PT, MS¹; Sam-Ki Seo, PT, PhD¹

Department of Occupational Therapy, Seonam University; ¹Department of Physical Therapy, Seonam University

Purpose : The purpose of this study is to investigate the effect on the static balance ability according to vestibular training using ball.

Methods : Twenty normal subjects participated and were randomly assigned to either a vestibular training group using ball or a control group. The vestibular training using a ball group exercised 3 times per week over 3 weeks. The static balance was assessed by the center of pressure to the stance position. The participants stood barefoot on a force platform in a normal stance and a one-legged stance with a visual close.

Results : In the normal stance, there were no significant differences at CoP surface and CoP speed. However, in a one-legged stance, there were significant differences in the vestibular training group between before and after the program. There was also a significant difference between the vestibular training group and the control group.

Conclusion : Vestibular training using ball can be implemented as a therapeutic intervention to improve static balance ability in health adults.

Key words : Vestibular training, Ball, Static balance, Center of pressure

논문접수일 : 2011년 11월 10일

수정접수일 : 2011년 11월 28일

게재승인일 : 2011년 11월 30일

교신저자 : 서삼기, hydropt@korea.com

1. 서론

인간이 일상생활에서 목적 있는 활동을 수행하는 데 있어 가장 기본이 되는 필수 요소 중 하나는 균형이다.^{1,2} 균형은 주어진 환경 내에서 기저면 위에 신체의 중심을 유지하는 능력으로, 동작수행을 원활하게 하고 자세의 중요한 영향을 주는 기본적인 운동양상이며 신체를 평형상태로 유지시켜주는 능력이다.^{3,4}

균형조절은 고유수용성감각, 시각, 안뜰감각 등으로부터 온 정보간의 상호작용을 통해 이루어지며,⁵ 그 중 관자 뼈 안 압석 부위에 위치해 있는 안뜰계 감각 기관은 균형 조절을 하는데 있어 필수적이다.^{6,7} 안뜰계 기관에서 반 고리 관의 마루는 각 운동을 담당하

고, 타원주머니와 원형주머니의 평형모래는 선 운동을 담당 하며, 머리의 회전운동, 중력 그리고 관성력과 관련하여 머리의 위치에 대한 정보를 제공한다.⁸

균형의 향상을 위한 안뜰계 자극 훈련으로는 냉온훈련, GVS (galvanic vestibular stimulation)⁹와 회전을 이용한 훈련이 있다. 회전훈련에는 회전 의자 안뜰계 훈련, 수중 회전훈련, 매트훈련, 공 훈련 등이 있다.¹⁰ 그 중 공은 다른 운동기구보다 거부감 없이 비교적 쉽고 친근하게 접근할 수 있으며, 운동 효과가 몸에 충격을 주지 않는 저충격 운동이다.¹¹ 또한 공을 이용한 훈련은 자세와 균형능력을 향상시킨다.¹²⁻¹⁵

자세의 변화를 이용한 자연적 방법으로 안뜰과 고유수용성감각의

자극운동을 토대로 안뜰계와 몸감각계를 자극하는 방법이며, 이것은 신체상과 신체 양측의 협응을 발달시킨다고 했다. 안뜰자극운동 프로그램은 대부분 지체장애아동을 대상으로 균형증진의 목적으로 사용되고 있다. 이러한 운동은 국내 다운증후군아동¹⁶과 뇌성마비아동의 균형,¹⁷ 일상생활동작능력,¹⁸ 발달장애 아동의 균형 능력¹⁹의 증진에 효과적이었다. 하지만 정상성인과 안뜰기능의 손상이 있는 대상에게 적용된 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 공 운동을 통해 머리의 회전을 유발하여 안뜰계를 자극하는 훈련이 정상성인의 정적 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 전북지역의 S대에 재학 중인 20대 정상 성인 20명을 대상으로 하였다. 선정된 대상자들은 일상생활에 지장이 없고 자세 조절이나 보행에 관련된 신경학적 및 근골격계 장애가 없는 자들이었다. 대상자들은 실험 전에 실험에 대한 충분한 설명을 듣고 동의한 후 연구 동의서를 작성하고 연구에 참여하였고 실험군과 대조군에 각각 10명씩 무작위로 배정되었다. 연구 기간은 2011년 4월 13일부터 5월 4일까지 이다.

표 1. 대상자들의 일반적 특성

특성	실험군	대조군
나이(세)	21.1±1.6	22.3±2.8
신장(cm)	167.9±7.4	169.3±7.2
체중(kg)	56.6±13.2	60.3±7.1

평균±표준편차

2. 실험방법

1) 안뜰계 훈련 방법

본 실험에서는 지름 100 cm의 공(이포스, 중국)을 이용한 안뜰계 훈련 방법을 실험군과 대조군에 적용하였다.

실험군은 세 가지 방법으로 실시하였다. 첫 번째 방법은 공 위에 바로 누운 자세로 누워 목과 팔, 다리를 충분히 늘어뜨린 상태로 두 명의 측정자가 팔과 다리를 보조하고 앞, 뒤로 흔들었다. 두 번째 방법은 공 위에 엎드린 자세로 누워 첫 번째 방법과 동일한 방법으로 훈련하였다. 세 번째 방법은 공 위에 앉은 자세로 측정자의 보조 없이 대상자 스스로 좌우로 흔들었으며 넘어지면 다시 공 위

에 앉아 시행하였다. 이때 균형의 불안정성을 위해 최대한 머리의 움직임 유발하였다. 또한 안뜰신경계는 시각 차단 시 균형이 중요한 영향을 미치므로 19 안대를 씌워 시각을 차단했다. 두 군 모두 각 훈련마다 총 2세트, 1세트 당 20회씩 실시하였으며, 세트 간 휴식은 30초로 하였다. 훈련은 주 3회씩 3주간 총 9회 실시하였다.

대조군은 측정자의 보조 없이 공 위에 바로 누운 자세와 엎드린 자세로 누워 양 팔을 번갈아 굽혔다 펴면서 균형을 유지하도록 하였다. 이때 균형의 불안정성과 관계없이 측정자의 감독 하에 머리의 움직임을 유발하지 않았고 눈을 뜬 상태로 시행하였으며 넘어지면 다시 시행하였다.

2) 측정방법

본 연구에서는 대상자의 정적 균형 능력을 보다 정량적으로 분석하기 위해 BIORESCURE (INGENIERIE, 프랑스) 장비를 사용하여 균형 능력을 측정하였다. BIORESCURE는 연구 대상자의 압력분포의 부하중심의 움직임을 발판의 센서가 감지하여 컴퓨터로 수치화하여 균형능력을 측정할 수 있는 장비이다. 대상자가 측정 장비에 올라 부여된 서기 자세를 안정되게 유지하여 자세동요가 최소가 되어 가장 안정적일 때 대상자의 CoP가 변화하는 동요면적과 동요속도를 측정하였다.

대상자가 바르게 서서 정면을 응시한 자세에서 60초 동안 측정하였다. 한발로 서기 자세는 우세발로 체중을 유지하고 비우세 발은 반대발의 종아리에 걸쳐 지지하도록 하였으며 15초 동안 시행하였다. 20 측정 자세 사이에 영향이 없도록 측정 자세 마다 5분의 휴식시간을 가졌으며, 총 2회 측정하여 그 평균값을 사용하였다. 측정 시 정상성인임을 감안하고 안뜰계의 영향을 확인하기 위해 시각을 차단하여 측정하였다.

3. 자료분석

본 연구 자료의 통계 처리는 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 실험군과 대조군에서 훈련 전, 후 변화를 분석하기 위해 윌콕슨 부호 순위검정(Willcoxon signed rank test)를 실시하였고, 실험군과 대조군간 측정항목에 대한 변화량의 차이는 맨-휘트니 검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 두 발로 선 자세에서의 CoP 변화

훈련 전후 실험군과 대조군에서는 CoP의 변화가 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(표 2). 또한 두 군간 CoP 변화량의 차이도 면적과 속도에서 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(표 3).

표 2. 두 발로 선 자세에서 훈련 전후 CoP 변화

군	CoP	훈련 전	훈련 후	z	p
실험군	면적	184.56±131.04	143.02±86.84	-1.070	0.285
	속도	0.53±0.24	0.46±0.17	-0.983	0.326
대조군	면적	187.30±96.22	193.30±115.51	-0.357	0.721
	속도	0.50±0.09	0.42±0.12	-1.799	0.072

평균±표준편차

표 3. 두 발로 선 자세에서 군 간 CoP의 변화 차이비교

	CoP	실험군	대조군	p
변화량	면적	41.53±101.20	-12.00±43.81	0.393
	속도	0.07±0.22	0.08±0.12	0.796

평균±표준편차

2. 한 발로 선 자세에서의 CoP 변화

훈련 3주 후 한 발로 선 자세에서 실험군에서는 훈련 전과 비교해서 훈련 후에 CoP의 변화가 매우 유의하게 나타났다($p < 0.01$). 대조군의 CoP 변화가 훈련 전과 비교해 보았을 때 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(표 4). 또한, 두 군간 CoP 면적의 변화량은 매우 유의한 차이를 보였으며($p < 0.001$), CoP 속도의 변화량도 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$)(표 5).

표 4. 치료 전후 관절가동범위의 변화

군	CoP	훈련 전	훈련 후	z	p
실험군	면적	2721.00±1259.70	576.10±298.05	-2.803	0.005
	속도	5.47±2.56	2.10±1.01	-2.807	0.005
대조군	면적	2711.00±2524.30	3166.80±2366.90	-1.682	0.093
	속도	5.53±1.73	4.88±2.10	-1.584	0.113

평균±표준편차

표 5. 한 발로 선 자세에서의 군 간 CoP의 변화 차이비교

	CoP	실험군	대조군	p
변화량	면적	2145.20±1084.70	-455.85±351.68	0.000
	속도	3.37±3.00	1.30±0.83	0.011

평균±표준편차

IV. 고찰

균형은 시각, 고유수용성감각, 안뜰감각 등이 유기적으로 관여하고 있으며, 여러 가지 감각 기관 중 안뜰신경계는 시각 차단 시 균형에 중요한 영향을 미치는 감각 인자로 알려져 있다.¹⁹ 따라서 본 연구는 정상성인에게 공을 이용한 안뜰계 훈련으로 머리의 움직임을 유발시킴으로써 안뜰계 자극이 정적균형조절에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 목적으로 연구를 진행하였다.

Noh 등²¹이 뇌졸중 환자를 대상으로 균형의 향상을 위해 안뜰계 자극 훈련 중 머리의 회전을 유발시킨 연구에서는 만성 주 3회, 8주간 Halliwick를 적용한 수중 군에서 Berg balance 점수가 유의하여 균형향상을 보였다. 또한 Kwon²²의 연구에서는 편마비 환자 20명을 대상으로 주 3회 6주간 수중에서의 회전조절과 장애물 훈련을 시행한 결과, 수중 군에서 자세동요의 감소와 균형능력 향상 및 안뜰계 기능에 향상되었다. 머리의 회전을 유발시키는 훈련은 안뜰계 기능과 균형에 향상을 보였으며, 본 연구에서도 공을 이용한 안뜰계 자극 회전훈련의 적용이 정적균형의 향상을 나타내었다.

Hwang¹⁰의 연구에서는 안뜰감각을 자극하는 운동이 뇌성마비 아동의 균형에 미치는 영향을 연구한 결과 연령별 균형검사 점수가 훈련 후에 통계적으로 유의하게 증가하였고, Park¹⁷은 뇌성마비 아동에게 안뜰자극운동을 적용한 결과 균형 능력을 증진시키는 데 효과적이라고 하였다. 하지만 본 연구에서는 공을 이용한 안뜰자극운동 프로그램을 정상성인에게 적용하였을 때, 두 발로 선 자세에서는 유의한 차이를 발견하지 못하였고, 한 발로 선 자세에서는 유의한 차이를 나타내었다. 이러한 이유는 대상자가 정상 성인이기 때문에 안정적인 두 발로 선 자세에서는 CoP 활성의 측정이 어려웠기 때문일 것으로 사료된다.

즉, 정상 성인을 대상으로 한 Seo²⁰의 연구에서는 자세에 난이도를 부여하였을 때 가장 난이도가 있는 자세, 즉, 주어진 서기과제가 어려울수록 자세조절에 더 큰 어려움을 겪는 것을 밝혀내었고, 그 사이에서의 유의성을 발견하였다. 이러한 변화는 기저면을 감소시켜 자세의 난이도가 높아질수록 자세 유지에 CoP의 활성이

더 많이 요구된 결과로 생각된다.

또한, Seo 등²³의 연구에서 20대 정상성인 30명을 대상으로 시각과 자세 교란을 통해 균형조절 능력의 차이를 알아보기 위해 CoP에서 단위 궤적길이와 동요면적을 측정하였다. 측정 자세는 한발로 서기, Romberg 서기, 목을 펴한 상태에서 Romberg 서기로 하였고, 각 자세에 따라 시각을 개폐하여 적용하였다. 연구 결과, 자세에 따른 동요면적과 길이는 눈을 떴을 때 보다 감았을 때 동요가 컸다. CoP의 평균속도가 눈을 뜨고, 감은 것에서 유의한 차이가 나타나는 것으로 보아, 시각이 균형에 중요한 역할을 하며 시각 차단 효과는 정적균형에 영향을 미치는 결과를 보였다.

본 연구에서도 정상성인을 대상으로 한 실험을 감안하여 대상자가 눈을 감게 하였고, 두 발로 서는 자세와 한 발로 서는 자세에서 실험을 진행하였다. 또한 그 결과가 한 발로 서는 자세에서 더 유의하게 나타남으로써 정상 성인의 CoP 변화량은 두 발로 선 자세보다 한 발로 선 자세에서 측정하는 것이 더 유의할 것으로 보인다.

이러한 동요면적과 속도의 유의한 변화들은 본 연구에서 적용된 안뜰계를 자극하는 프로그램들이 정적균형능력에 영향을 미치고, 특히 정상성인에게 서기자세의 난이도와 시각을 차단함으로써 동요속도의 변화에서 민감하게 평가된 결과로 생각한다.

본 연구의 제한점으로는 이 연구의 결과를 일반화하기에는 대상자의 수가 작고 연구기간이 짧았다는 점이 있으므로 많은 대상자가 장기간의 훈련에 따른 연구가 필요하다고 생각한다. 또한 본 연구는 정상 성인을 대상으로 하였기 때문에, 앞으로 임상에서 균형문제가 있는 환자를 대상으로 한 연구가 진행되어 본 연구가 기초자료로 활용될 수 있기를 바란다.

V. 결론

20대 정상 성인 20명을 대상으로 공을 이용한 머리의 회전으로 안뜰계를 자극하는 훈련이 정적균형에 미친 영향을 두 발로 선 자세와 한 발로 선 자세에서 CoP의 동요면적과 동요속도를 측정하여 알아보았다. 공을 이용한 안뜰계 훈련은 두 발 서기 자세에서는 유의한 차이를 보이지 않았으나 한 발 서기 자세에서는 동요면적과 동요속도에서 모두 유의한 차이를 보였다. 이것은 정상성인을 대상으로 하였기 때문에 두 발 서기 자세에서 큰 차이를 보이지 않은 것으로 생각된다. 그러므로 공을 이용한 머리의 회전운동을 통해 안뜰계를 자극할 수 있으며, 이로써 자세동요에 영향을 주어 균형조절에 기여하는 것을 알 수 있었다. 따라서 머리의 회전을 동반한 공 운동이 균형능력을 향상시키기 위한 치료적 중재가 될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Wade MG, Jones G. The role of vision and spatial orientation in the maintenance of posture. *Phys Ther.* 1997;77(6):619-28.
2. Horak FB, Wrisley DM, Frank J. The balance evaluation systems test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther.* 2009;89(5):484-98.
3. Nichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ. Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. *Phys Ther.* 1995;75(8):699-706.
4. Chandler JM, Duncan PW, Studenski SA. Balance performance on the postural stress test: Comparison of young adults, healthy elderly, and fallers. *Phys Ther.* 1990;70(7):410-5.
5. Lee HJ, Song CH, Lee KJ et al. The effects of complex exercise training for lower legs muscle strength, muscle endurance, balance ability and gait ability in the elderly. *Journal of Sport and Leisure Studies.* 2010;41(2):935-47.
6. Clément G, Deguine O, Parant M et al. Effects of cosmonaut vestibular training on vestibular function prior to spaceflight. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85(6):539-45.
7. Minor LB. Gentamicin-induced bilateral vestibular hypofunction. *JAMA.* 1998;279(7):541-4.
8. Agrawal Y, Carey JP, Della Santina CC et al. Disorders of balance and vestibular function in us adults: Data from the national health and nutrition examination survey, 2001-2004. *Arch Intern Med.* 2009;169(10):938-44.
9. Bacsı Bacsı AM, Watson SR, Colebatch JG. Galvanic and acoustic vestibular stimulation activate different populations of vestibular afferents. *Clin Neurophysiol.* 2003;114(2):359-65.
10. Hwang SS. The effects of vestibular stimulation on balance and fundamental psychologicprocess of

- children with central nervous system dysfunction. Dankook University. Dissertation of Doctorate Degree. 1998.
11. Park SB, Kim MH. Motor imagery and action observation as cognitive intervention strategies for the rehabilitation of stroke patients. *Journal of Adapted Physical Activity and Exercise*. 2005;13(2):109-20.
 12. No JK, Jo SC, Jung CN et al. The effects of swiss ball exercise on the balance and gait ability of developmental disability children. *The Korean Journal of Growth and Development*. 2009;17(4):253-8.
 13. Go DS, Kim CK, Jung DI. Analysis of spasticity and balance of lower extremity on swiss ball lumbar stabilization exercise (LSE) in patients with stroke. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2011;11(3):262-70.
 14. Lehman G, Gordon T, Langley J et al. Replacing a swiss ball for an exercise bench causes variable changes in trunk muscle activity during upper limb strength exercises. *Dynamic Medicine*. 2005;4(1):6.
 15. Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swiss ball. *Chiropr Osteopat*. 2005;13:14.
 16. Lee HJ. The effects of vestibular sense training program to develop movement skills of the children with down syndrome. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2002.
 17. Park MO. The effects of vestibular stimulation training on balance for the children with cerebral palsy. Dankook University. Dissertation of Master's Degree. 2009.
 18. Lee BL. The effect of vestibular sensation training program on the A.D.L for children with cerebral palsied. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2002.
 19. Inglis JT, Macpherson JM. Bilateral labyrinthectomy in the cat: Effects on the postural response to translation. *J Neurophysiol*. 1995;73(3):1181-91
 20. Seo SK. The effects of balance ability and vestibular function by a aquatic rotation control program on normal adults. Dongshin University. Dissertation of Doctorate Degree. 2009.
 21. Noh DK, Lim JY, Shin HI et al. The effect of aquatic therapy on postural balance and muscle strength in stroke survivors—a randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil*. 2008;22(10-11):966-76.
 22. Kwon HM. The effect of balance control and vestibular function by an aquatic rotation control and the obstacle avoidance underwater with hemiplegia patients. Dongshin University. Dissertation of Master's Degree. 2010.
 23. Seo SK, Kim SH, Kim TY. Evaluation of static balance in postural tasks and visual cue in normal subjects. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2009;21(4):51-6.