



고유수용성감각운동이 성인의 균형능력에 미치는 효과

장상훈¹ · 이진²

¹김천대학교 물리치료학과

²현명의원 물리치료실

The Effect of Ability to Balance Sensory Integration Exercise for Adults

Jin Lee¹ · Sang-Hun Jang²

¹Dept. of physical therapy, Hyeon-Myeong Medical Center

²Dept. of physical therapy, Gimcheon University

Abstract

Background: To determine the effect of proprioceptive exercise(PE) on muscle activation and balance of healthy subjects. **Methods:** 20 subjects were randomly assigned to proprioceptive exercise(PE, n=10) and general exercise group(GE, n=10). To measure muscle activation of the lower limb and balance. For evaluation of muscle activation(Tibialis anterior, Gastrocnemius lateral and medial head), the Electromyogram was used, and balance was measured using the one-leg standing test, OLST. **Results:** Tibialis anterior(TA), Gastrocnemius medial head(GM) and Gastrocnemius lateral head(GL) muscle activations were significantly ($p<0.05$) improved in PE group and GE group. and significantly difference between groups($p<0.05$). Regarding balance, eye open and close OLST were significantly ($p<0.05$) increased in PE group and GE group. and significantly difference between groups($p<0.05$). **Conclusion:** Proprioceptive exercise can improve muscle activation of the lowe limb and balance in subjects.

Key words : Electromyography, Muscle activation, Exercise

© 2017 by the Korean Physical Therapy Science

I. 서론

균형은 정적·동적 자세 조절을 계획하고 실행하기 위해서 다양한 경로로 들어오는 감각 자극들을 통합

하는 과정으로, 인간이 수행하는 거의 모든 움직임에 꼭 필요한 요소이다(Burton 등, 1992; Casselbrant 등, 2000; Cheng 등, 2001).

균형능력의 손상은 낙상 위험을 증가시켜 경제적 손실과 사회적 문제를 일으킨다(Belgen et al., 2006).

교신저자: 이진

주소: 서울특별시 중구 서소문로 120 현명의원 물리치료실, 전화: 02-3399-1634, E-mail: 3679@syu.ac.kr

균형 및 보행은 하지 근 수축의 협응력을 통해 안정화되고 시각, 전정감각, 그리고 고유수용성 감각에 의해 유지된다(Butler et al., 2008).

시각은 주변 환경과 사물을 기준으로 머리가 어떻게 위치하고 움직이고 있는지에 대한 정보를 제공하고 고유수용성감각은 신체가 지면 위에서 어떻게 위치하고 있는지, 그리고 신체 분절들을 상대적으로 어떤 위치에 있는지에 대한 정보를 제공한다. 진정계로 들어오는 감각정보는 중추신경계에 중력 하에서 머리의 위치와 움직임의 변화, 신체의 이동 상태에 관한 정보를 제공한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2007). 일반적으로 이러한 감각 체계들로 들어온 정보들은 서로 일치하지만, 때때로 각각의 정보들이 일치하지 않는 경우가 발생하기도 한다. 입력된 감각정보가 불일치하는 경우, 중추신경계는 자세를 유지하기 위하여 상대적으로 정확한 자극에 의존하여 몸의 위치와 움직임을 파악한다. 이러한 기능을 감각 조직화 또는 감각통합이라고 한다(Nashner 등, 1983; Shumway-Cook과 Woollacott, 1985).

고유수용성 감각은 기계적 수용기를 가진 사지관절, 근육, 인대, 건 등에서 발생하는 신호를 중추신경계로 피드백 정보를 전달하는 것으로 신체 분절의 위치 및 움직임에 관한 정보를 운동조절시스템으로 제공하는 것이다(Riemann & Lephart, 2002).

운동 시 고유수용성 감각 정보는 신경근 조절에 필수적이고 신체의 통합성(integrity)을 유지하고 관절을 안전화 시키는 역할을 하기 때문에 자세조절, 관절의 안정성, 그리고 인지감각에 기여하는 구심성 감각 정보이다(Moraes et al., 2011, Riemann & Lephart, 2002). 따라서 고유수용성 감각의 손상은 관절의 움직임에서 기능적 불안정성을 발생시키며, 이는 신체활동에 부정적인 영향을 준다(Menz, Morris, & Lord, 2005).

감각통합(Sensory Intergration)이론은 1960년대 전 에어스(Aryes, A.J)가 처음으로 소개하였고, 감각통합의 기전과 임상적 효과는 행동 연구를 통해 활발하게 검증되어 왔다(Bundy 등, 2002).

감각-운동훈련은 국소적 구조들의 치료보다 운동재습을 통한 신경계 기능회복을 강조하는 훈련으로

잘못된 운동프로그래밍을 수정하여 새로운 운동 패턴을 더 자동적이고 덜 의식적인 사고과정을 요구하는 피질하 영역(subcortical region)에 프로그래밍 하는 것이다. 특히 발의 고유수용성감각 입력에 중요성을 두고, 정상 근육 발화(firing)패턴과 반사적인 안정화(reflexive stabilization)를 위해 단순하고 경제적인 균형 판위에서 정적, 동적 그리고 기능적인 과정을 훈련한다(Janda와 Vavrova, 1996). 이 때 하지의 근력뿐만 아니라 관절가동범위가 증가되고, 고유수용성 감각 입력과 자세 안정성이 증가된다(Beard 등, 1996; Ihara와 Nakayama,1996; Pavlu와 Novosadova, 2001).

따라서 본 연구는 20대 남녀를 대상으로 감각통합 훈련이 균형에 대해 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 실험기간

본 연구는 2015년 4월 27일부터 2015년 5월 11일까지 G대학교 물리치료학과에 재학 중인 신체가 건강한 20명을 대상으로 실시하였다.

2. 연구방법

본 연구의 운동방법으로 일반군은 실내바닥에서 운동을 실시하였고 감각통합훈련군은 토구 위에서 운동을 실시하였다. 그리고 준비운동과 마무리운동은 공통적으로 실내바닥에서 실시하였다(표 1, 그림1, 2).

표 1. 운동방법

운동방법
준비운동 3분
발 일자로 서있기 5분
스쿼트자세로 무릎 굽혔다 펴기 3분
제자리걸기 5분
마무리운동 2분

3. 측정

1) 근전도 측정절차

우세측 다리의 앞정강이근과 가쪽장딴지근, 안쪽장딴지근에서 시행되었다. 우세측 다리를 결정하기 위하여 대상자들에게 발로 공을 차도록 하였으며, 공을 차는 다리를 우세 측 다리로 결정하였다(Edwards 등, 2008). 근전도 측정을 위하여 전극 부착 부위의 제모와 에틸 알콜 소독을 시행한 후 표면 전극(Red Dot 등, USA)을 우세측 다리의 앞정강이근과 장딴지근에 부착하였다(Cram 등, 1998). 앞정강이근과 장딴지근은 정적 균형을 유지하기 위한 발목 전략에 기여하는 근육이다(Kloos 와 Heiss, 2007). 앞정강이근에 대한 전극은 정강뼈의 안쪽 몸체에서 바깥쪽으로 하여 수평으로 2cm 간격을 두고 부착되었다. 또한 장딴지근의 근전도 전극은 장딴지근의 내측과 외측 근섬유들에 전극이 위치될 수 있도록 종아리 뒤 중심선에서 내측과 외측으로 각각 2cm 간격을 두고 무릎 아래쪽에 부착되었다(그림 3, 4, 5).

2) One Leg Stand Test

대상자는 상지의 보상작용을 방지하기 위해 양손으로 허리를 잡고 두발로 선 상태에서 검사자의 지시에 따라 한쪽 발을 들어올린다. 이때 평소에 많이 사용하는 우성다리로 지지를 하게하고, 들어 올린 다리는 무릎관절을 90도 구부리도록 요구한다. 우성다리의 결정은 대상자에게 공을 차게 하여 결정하였다(Han 등, 2002). 바닥에서 개안 시와 폐안 시 조건으로 나누어 측정 하였으며, 허리에 있는 손이 떨어지거나 들어 올린 발이 바닥에 닿을 때까지의 시간을 초시계를 이용하여 측정하였다. 30초가 되면 중지하여 30점을 주고 그렇지 않을 경우 두 번을 측정하여 높은 값을 측정값으로 하였다(그림 6).

4. 실험 도구

1) Noraxon사의 근전도(EMG:electromy gram)

Telemyo 2400T G2를 사용하여 근육의 전기적 활성

도를 확인하는 검사 방법으로 신경 자극에 대한 근육의 반응을 근육 내 전기적 변화를 감지하여 검사하는 것이다(그림 7).

2) DYN AIR Ballkissen SenSo

감각-운동조절 능력을 향상시키고, 하지의 근력향상에도 도움이 되는 독일 TOGU사에서 개발된 공기가 들어있는 안전한 에어쿠션을 사용하였다(그림 8).

5. 분석방법

본 연구의 자료처리 방법은 Window용 SPSS version 21을 이용하여 연구대상자의 일반적 특성 분포(%)를 확인하였다. 각 군의 근활성도를 알아보기 위해서 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 선출하였다. 각 군의 운동 전과 후를 비교하기 위해 대응2-표본검정을 사용하였고, 이후 각 군의 전과 후 차이 값을 비교하기 위하여 독립2표본검정을 사용하였다. 그리고 각 변수에서 유의한 차이가 있는 경우 대비검정을 실시하여 유의한 차이를 확인하였고 이에 따른 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자에 대한 일반적인 특성

연구대상자의 일반적 특성을 조사한 결과, 연구에 참여한 대상자는 총 20명으로 일반운동군, 고유수용운동군 각각 10 명씩 나누어 실시하였다. 연령분포는 일반운동군의 경우 24.2 ± 1.5 세, 고유수용운동군은 22.4 ± 2.2 세이다. 신장의 경우 일반운동군은 167.4 ± 9.1 cm, 고유수용운동군은 174.6 ± 4 cm이다. 체중의 분포는 일반운동군은 59.1 ± 9.3 kg, 고유수용운동군 77.6 ± 17.2 kg이다. 유의수준은 신장을 제외한 연령과 체중은 유의한 차이를 나타낸 연구변수는 없다(표 2).

2. 각 군에서 실험 전과 후에 측정값 비교

토구 위에서와 바닥에서의 운동 전, 후 값을 비교하기 위해서 대응2표본을 사용하여 검사한 결과 유의확률 모두 $p < 0.05$ 로 통계학적으로 유의하다는 결과가 나왔다(표 3, 4, 5).

IV. 고찰

본 연구는 20대 남녀를 대상으로 고유수용감각운동이 균형에 대해 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다.

발목관절 전략은 견고한 지지면에서 적은 동요가 있을 때 일상적으로 사용되며, 제일 먼저 나타나는 자세조절 전략이다(Shumway Cook와 Woollacott, 1995).

chronic ankle instability를 가진 환자들은 기능적인 활동을 수행할 때 중둔근, 대퇴직근, 대퇴이두근, 전경골근, 가쪽 장딴지근, 긴 종아리근과 같은 하지근육의 근 활성도가 감소된다(David et al., 2013). 기능적 발목 불안정성은 안쪽번짐과 가쪽번짐의 원심성 수축력이 중요하며(David et al., 2013), 정상성인에 비해 발등굽힘의 관절 가동범위가 감소(Hopkins., et al., 2012), 근력, 위치감각, 종아리근의 반응시간(reaction time), 그리고 균형이 감소된다(Hertel, 2002). 또한 역학적 이완(Laxity)의 유무와 상관없이 발목의 휘청거림(giving way)의 반복은 신경근과 고유수용성 감각의 결합과 같은 신경역학적 변성을 발생시키며(Hertel, 2008), 뼈관절염을 유발 할 수 있기 때문에 신경역학적 조절을 회복하기 위한 재활 프로토콜이 필요하다.

Almeida 등(2006)은 몸이 앞뒤 방향으로 교대적 흔들림에 대한 균형은 앞정강이근육과 장딴지근육의 교대적 활성화에 의존되며, 몸이 수직선을 넘어 앞으로 무너지기 전에 장딴지근육의 활성이 시작되고, 다시 뒤로 몸을 세우기 전에 앞정강이근육의 활성이 시작된다. 또한 발목관절 근육에서는 원심성 수축과 구심성 수축이 교대로 일어나고, 무릎관절과 엉덩관절에 있는 근육의 협력작용으로 몸의 안정성을 제공해준다고 하였다(Yaggie와 McGregor, 2002). 그러므로 우리가

세 근육에 대하여 EMG 검사를 실시하여 측정값을 조사하였다.

먼저 토구위에서의 근활성도 수치를 보면 앞정강근, 안·가쪽 장딴지근의 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

Robinovitch 등(2002)은 23명의 젊은이를 대상으로 균형에 예기치 않은 동요 (unexpected perturbation) 후 발목관절 전략을 사용한 균형회복에 근력과 토크 생성 속도의 효과를 알아본 결과, 근육 활동의 개시시간과 토크 생성비율이 강하게 작용한다고 하였다. 그러므로 바닥보다 토구에서의 근활성도가 높음을 알 수 있다(표 3).

운동 후에서 운동 전의 근활성도 값을 빼었을 때의 값인 Z값은 가쪽장딴지근이 가장 크게 나왔다(표 4). 그러므로 가쪽장딴지근이 토구 위에서 균형을 잡는데 가장 큰 근활성도를 나타냄을 알 수 있다.

바닥에서의 가쪽장딴지근의 P값을 제외한 나머지 P값은 모두 0.05보다 작으므로 유의하다(표 5). 운동 후에서 운동 전을 뺀 Z값이 세 근육 모두 같으므로 바닥에서의 운동 전·후의 근활성도 수치가 모두 같음을 알 수 있다.

세 근육 모두 운동 후에서 운동 전의 근활성도 수치를 뺀 수치가 일반운동군보다 고유수용운동군에서 더 크게 나타났다. 그러므로 고유수용운동군이 일반운동군보다 운동 효과가 더 크다는 것을 알 수 있다(표 4, 5). Kim TY.(2006)은 앞정강근과 장딴지근의 경우 안정된 지면에 비해 불안정한 지면에서 근활성도가 높다고 하였다.

정태경(2008)의 연구에서 감각운동훈련을 적용한 후 균형능력을 측정한 결과 정적균형능력의 외발서기 시간은 운동 전 8.38초에서 운동 후 19.47초로 유의하게 증가하였으며 개인 내 병화율에서도 고유수용운동군이 140%증가하여 64%증가한 일반운동군보다 더 많이 증가한 결과가 나왔다. 이와 같이 본 연구에서도 One Leg Stand Test에서 개안 시와 폐안 시 모두 고유수용운동이 일반운동군보다 운동 후에서 전을 뺀 값이 더 크므로 고유수용운동군이 일반운동군보다 운동 효과가 더 크다는 것을 알 수 있었다(표 5).

V. 결 론

본 연구에서 고유수용감각운동이 앞정강근, 안쪽장판지근과 쪽장판지근의 근활성도와 균형능력에 미치는 영향에 알아보기로 2015년 4월 27일부터 2015년 5월 11일까지 실험을 실시하였다.

연구대상자는 20대의 건강한 성인 20명을 대상으로 각 군당 10명으로 비교를 위해 맨땅에서 운동을 실시한 일반운동군과 토구위에서 운동을 실시한 고유수용운동군으로 나뉘었다.

근활성도 값과 전, 후 비교값을 측정하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 근활성도와 운동 전,후 값의 비교 결과로는 앞정강근, 안쪽장판지근, 가쪽장판지근 모두 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 바닥에서보다 토구위에서 운동을 실시하였을 때 근활성도가 높았다.

셋째, 각 운동을 실시하였을 때 고유수용운동군이 일반운동군보다 운동 후에서 운동 전을 뺀 근활성도 수치가 컸다.

결론적으로 고유수용운동군이 일반운동군보다 근활성도 증가에 대한 효과가 더 크다는 것을 알 수 있다. 그리하여 감각통합운동이 균형능력 향상에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

정태경. (2008). 감각운동훈련이 노인의 균형 및 보행시 근활성도에 미치는 영향. 23(4):28-29

Belgen B, Beninato M, Sullivan PE, Narielwalla K.(2006). The association of balance capacity and falls self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke. Arch phys Med Rehabil. 87,554-61.

Butler AA, Lord SR, Rogers MW, Fitzpatrick RC.(2008). Muscle weakness impairs the proprioceptive control of human standing. Brain Res. 1242,244-51.

Shumway-Cook A., Horak FB. (1986). Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. Phys Ther. 66(10):1548-1550

Shumway-Cook A., Woollacott M. (2006). Normal postural control In: Shumway-Cook A., Woollacott M. eds. Motor control: Translating research into clinical practice. Baltimore, Lippincott Williams, Wilkins. 3:157-186

Nashner LM., Shumway-Cook A., Marin O. (1983). Stance posture control in select groups of children with cerebral palsy: Deficits in sensory organization and muscular coordination. Exp Brain Res. 49(3):393-409

Bundy, A. C., Lane, S. J., Murray, E. A. (2002). Sensory integration: theory and practice. 2:3-33

Janda V., Vavrova M. (1996). Sensory motor stimulation in Liebensch C. Rehabilitation of the Spine. Williams, Wilkins, Baltimore. 1:319-328

Beard Dj, Dodld CAF, Trundle HR. (1996). Proprioception enhancement for anterior cruciate ligament deficiency. A prospective randomized trail of two physiotherapy regimes. J Bone Joint Surg. 76(4):654-59

Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part II: the role of proprioception in motor control and functional joint stability. Journal of Athletic Training, 37(1), 80-84.

David, P., Halimi, M., Mora, I., Doutrelot, Pl., & Petitjean M. (2013). Isokinetic testing of evertor and invertor muscles in patients with chronic ankle instability, J Appl Biomech, 29(6), 696-704.

Hertel, J. (2008). Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. Clin sports Med, 27(3), 353-307.

Hertel. J. (2002). Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. J Athl Trin, 37(4), 364-375.

- Moares, M. R., Cavalcante, M. L., Leite, J. A., Macedo, J. N., Sampaio, M. L., Jamaru, V. F., & Santana, M. G. (2011). The characteristics of the mechanoreceptors of the hip with arthrosis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 6,1-5.
- Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2005;60(12):1546-52.
- Hopkins, JT., Coqlianese, M., Glaspow, P., Reese, S., & Seeley, MK. (2012). Alterations in ever-tor/invertor muscle activation and center of pressure trajectory in participants with functional ankle instability. *J Electromyogr Kinesiol*, 22(2), 280-285.
- Robinovitch, S. N., Heller, B, Lui, A., Cortez, J. (2002). Effect of strength and speed of torque development on balance recovery with the ankle strategy. *Journal of neurophysiology*. 88(2):613-620
- Shumway-Cook A., Wollacott M. (1995). *Motor control: Theory and practical applications*. Williams, Wilkins, Baltimore. 1:119-142
- Yaggie, J. A., McGregor, S, J. (2002). Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *American journal of physical medicine, rehabilitation*. 83(2):224-228
- Lamontagne, A., Malouin, F., Richards, C. L., Dumas, F. (2002). Mechanisms of disturbed motor control in ankle weakness during gait after stroke. *Gait Posture*. 15(3):244-255
- Han DU, Park RJ, Kim SS. (2002). The Effects of Aqua-Exercise on the balance of one leg stance in the Elderly Women. *The journal of Korean society of physical therapy*. 14(1):89-98
- Kim TY. (2006). Effect that get in ankle muscle by knee angle stability and the unstable floor. *Journal of*

Korea Sport Research. 17(1):263-274

논문접수일(Date Received) : 2017년 08월 09일

논문수정일(Date Revised) : 2017년 09월 11일

논문게재승인일(Date Accepted) : 2017년 09월 15일

부록 1. 그림



그림 1. 발 일자로 서있기



그림 2. 무릎 굽혔다 펴기



그림 6. One Leg Stand (개안 시, 폐안 시)



그림 3. 앞정강근



그림 7. EMG: electromy gram



그림 4. 가쪽장딴지근



그림 8. DYN AIR Ballkissen SenSo



그림 5. 안쪽장딴지근

부록 2. 표

표 2. 연구대상자의 일반적 특성 (n=20)

group	일반군	고유군	t	p
나이(세)	24.2 ± 1.5 ^a	22.4 ± 2.2 ^a	2.102	.099
신장(cm)	167.4 ± 9.1 ^a	174.6 ± 4 ^a	-2.281	.040*
몸무게(kg)	59.1 ± 9.3 ^a	77.6 ± 17.2 ^a	-2.972	.430

^aM±SD : Mean±Standard Deviation

*p<0.05

표 3. 도구 위에서의 근 활성화도 통계수치 (단위 : μV)

		pre	post	Z	p
T.A	일반-토구	94.40 ± 21.73a	99.30 ± 21.233a	-2.803	.005*
	고유-토구	115.64 ± 42.74a	140.08 ± 35.963a	-2.805	.005*
Z ^b				-3.630	
P				.000*	
G.M	일반-토구	94.93 ± 32.61a	101.14 ± 31.28a	-2.803	.005*
	고유-토구	85.77 ± 26.72a	112.22 ± 28.488a	-2.803	.005*
Z ^b				-3.553	
P				.000*	
G.L	일반-토구	77.76 ± 28.73a	81.61 ± 28.020a	-2.805	.005*
	고유-토구	72.99 ± 20.49a	97.12 ± 21.850a	-2.805	.005*
Z ^b				-3.782	
P				.000*	

^aM ± SD : Mean ± Standard Deviation

*p<0.05

^b일반군과 고유군 전·후 비교

표 4. 바닥 위에서의 근 활성화도 통계수치

(단위 : μV)

		pre	post	Z	p
T.A	일반-바닥	62.30 \pm 7.509 ^a	69.51 \pm 7.420 ^a	-2.803	.005*
	고유-바닥	59.40 \pm 12.81 ^a	85.88 \pm 13.109 ^a	-2.805	.005*
Z ^b				-3.781	
P				.000*	
G.M	일반-바닥	56.94 \pm 9.262 ^a	64.94 \pm 10.340 ^a	-2.805	.005*
	고유-바닥	56.91 \pm 9.293 ^a	81.97 \pm 10.604 ^a	-2.803	.005*
Z ^b				-3.781	
P				.000*	
G.L	일반-바닥	55.07 \pm 7.631 ^a	59.07 \pm 10.063 ^a	-1.785	.074
	고유-바닥	57.24 \pm 9.548 ^a	84.38 \pm 10.970 ^a	-2.803	.005*
Z ^b				-3.781	
P				.000*	

^aM \pm SD : Mean \pm Standard Deviation

*p<0.05

^b일반군과 고유군 전·후 비교

표 5. One Leg Stand Test 개안 시, 폐안 시 통계수치

(단위 : s)

		pre	post	Z	p
개안 시	일반군	21.30 \pm 4.691 ^a	24.30 \pm 4.029 ^a	-2.684	.007*
	고유군	13.00 \pm 8.692 ^a	30.00 \pm 0.000 ^a	-2.666	.008*
Z ^b				-3.072	
P				.002*	
폐안 시	일반군	13.90 \pm 9.109 ^a	21.40 \pm 8.971 ^a	-2.708	.007*
	고유군	12.30 \pm 6.532 ^a	27.00 \pm 3.858 ^a	-2.812	.005*
Z ^b				-2.474	
P				.013*	

^aM \pm SD : Mean \pm Standard Deviation

*p<0.05

^b일반군과 고유군 전·후 비교