대한물리의학회지 제7권 제2호, 2012년 5월
Vol.7, No.2, May 2012. p.191~197

15분간의 저측굴곡근 정적 스트레칭이 기립 균형에 미치는 단기 효과

육 군 창

영남대학교의료원 물리치료실

The Acute Effects of 15 Minutes Plantarflexor Static Stretch in Quite Stance

Goon-chang Yuk, PT, PhD, COMT

Department of Physical Therapy, Yeungnam University Hospital

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to examine immediate effects of 15 minutes plantarflexor static stretching in quite stance.

Methods : Twenty-nine subjects were measured static balance during 1 minute in quite stance with eye closed condition before and after 15 minutes plantarflexor static stretching. Static stretching range was limited from 15° to 20° dorsiflexion within comfortable range.

Results : The result of this study showed that postural sway significantly increased during 1 minute quiet stance after 15 minutes static stretching($p<.05$). Before stretching, postural sway significantly decreased during 41-60 seconds compared to 0-20, 21-40 seconds($p<.05$). After stretching, postural sway was decreased significantly over time 0-20, 21-40, and 41-60 seconds($p<.05$).

Conclusion : The prolong plantarflexor static stretching may require biomechanical, neurological adaptations prior to walking or sport activities for safety.

Key Words : Static stretch, Postural sway, Plantarflexor

Ⅰ. 서 론

인간의 두발 서기는 상대적으로 좁은 기저면 상에서 높게 위치한 신체 중심 때문에 본질적으로 불안정 할 수 밖에 없으며 또한 인간이 수행하는 대부분의 기능적 활동은 선 자세에서 이루어지기 때문에 오래 전부터 선 자세에서의 균형 유지에 대한 관심은 높았었다. 인간은 기립동안 신체를 안정시키

교신저자 : 육군창, E-mail: goonchang@gmail.com
논문접수일 : 2012년 01월 03일 / 수정접수일 : 2012년 01월 18일 / 게재승인일 : 2012년 02월 23일

기 위해 족관절 전략(ankle strategy)과 고관절 전략(hip strategy)을 필요로 하며, 균형에 대한 연구들에서 특히 족관절이 많은 기여를 하고 있는 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2010; Vedula 등, 2010).

적절한 족관절 전략을 위해서는 근 조직의 장력, 인대나 건 같은 관절 주변조직의 뻣뻣함(stiffness)을 통한 수동적 토크 그리고 외부적인 동요나 영향에 따른 자발적인 신체 움직임과 근육을 수축 및 조절하는 중추신경계의 역할을 통한 능동적 토크가 요구된다(Morasso와 Schieppati, 1999; Winter 등, 2001). 정적인 기립동안에도 신체에서는 작은 움직임이 일어나며 족관절에서는 비복근과 가자미근, 전경골근과 같은 근육들의 수축으로 발생된 지면 반발력을 이용해서 균형을 조절하는 것으로 알려져 있다(Lewis 등, 2009). 그러나 여러 가지 족부 및 중추신경계의 질환으로 인해 발생된 족관절의 만성적 가동범위 제한은 족관절 주변조직들의 조직학적 변화를 동반하며 이러한 변화는 관절 수용기나 근 수용기로부터 제공되는 체성감각정보를 수정하거나 부적절한 족관절 전략이 반영된 운동반응을 유발시킴으로써 균형조절을 손상시킬 수 있다(Lee 등, 2010; McHugh와 Cosgrave, 2010).

족관절 관절가동범위 증가와 체성감각 자극을 위해 저측굴곡근에 대한 스트레칭을 임상적으로 많이 사용하고 있다. 스트레칭이 신체에 미치는 생역학적, 신경학적 효과에 대해서는 연구자들의 견해가 각기 다른 편이지만 정적 스트레칭(static stretching)은 가정에서 쉽게 할 수 있는 가장 일반화된 스트레칭 기법인 반면 탄도성 스트레칭(ballistic stretching)은 조직 손상의 위험이 있으며 신경생리적 스트레칭(neurophysiologic stretching)은 안전하게 효율적으로 근육을 늘릴 수는 있지만 다른 사람의 도움을 필요로 한다는 단점이 있는 것으로 알려져 있다(Bradley 등, 2007; Kay와 Blazevich, 2012; Perrier 등, 2011).

스트레칭의 효과는 적용시간 및 적용방법에 따라 다양하게 나타날 수 있지만 근 이완 및 관절 가동범위 증가를 위해서는 적어도 15초 이상의 스트레칭이 필요하며 만성적이고 신경학적인 손상으로 인한 족관절 가동범위 제한이 있을 경우 좀 더 장시간의 지속적인 정적 족관절 스트레칭을 필요로 한다(Kay와 Blazevich, 2012). 지속적인 족관절 스트레칭은 족관절 근 길이와 관절주변 조직들의 뻣뻣함을 변화시켜 관절 가동범위 증가에 도움이 될 수도 되지만(Avela 등, 2004; McHugh와 Cosgrave, 2010) 이로 인한 장력과 체성감각의 일시적 변화는 순간적인 균형장애를 유발할 수 있다(Avela 등, 1999; Babault 등, 2010; Behm 등, 2004; Bressel과 McNair, 2002; Nagano 등, 2006). 스트레칭 시간이 근력에 미치는 영향에 대한 연구들에서 스트레칭은 근육의 길이/장력 관계에도 영향을 주며(Avela 등, 2004) 특히 15분 미만의 지속적 저측 굴곡근 스트레칭은 근육의 역학적 특성 변화와 구심성 생체되먹임의 감소로 인한 근력 및 수행력 감소시킨다고 했지만(Babault 등, 2010; Fowles 등, 2000) 반면에 30초 또는 60초정도의 짧은 시간 슬괵근 스트레칭은 슬괵근 근력 감소에 영향을 주지 않는다는 보고도 있었다(Ogura 등, 2007).

중추신경계 손상이나 관절 질환으로 인해 족관절 유연성 또는 가동범위가 제한된 환자들에게 저측굴곡근 정적 기립 스트레칭을 많이 사용하고 있지만 장시간의 스트레칭 후 생역학적, 신경생리적 변화로 인해 환자들은 일시적인 자세불안정을 보이며 즉각적인 보행에 어려움을 느낀다. 스트레칭 후 보행을 위해서는 신체 조직의 적응과 회복에 어느 정도 시간이 필요하지만 스트레칭 직후 보행 시작을 위한 회복시간에 대한 연구는 미비한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 먼저 정상인을 대상으로 임상적으로 많이 사용되고 있는 15분간의 지속적인 저측굴곡근 정적 스트레칭이 초기 기립균형에 미치는 영향과 스트레칭 이후 시간경과에 따른 균형능력 회복에 대해서 알아보았다.

Ⅱ. 연 구 방 법

1. 연구 대상

본 연구는 20~30대 건강한 성인 29명을 대상으로 실시되었으며, 연구대상자의 선정은 지난 12개월 동안 발목이나 무릎 질환의 병력이 없는 정상인으로 근골격계나 신경계적 손상, 그리고 자세조절에

Table 1. General characteristics of subjects (n=29)

Variable	Mean ± SD
Age(year)	26.39±3.82
Height(cm)	167±6.65
Weight(kg)	60.21±9.26

영향을 미칠 수 있는 전정계 손상이 없는 이들을 대상으로 하였다. 모든 대상자들은 실험에 참가 전 연구 목적과 방법에 대한 설명을 충분히 듣고 이에 자발적 동의를 한 후에 연구에 참여하였다. 본 연구에 참여한 대상자는 남자는 14명, 여자는 15명 총 29명이었으며, 일반적인 특징은 다음과 같다(Table 1).

2. 측정 장비

1,600개의 센서가 내장된 발판과 소프트웨어로 구성된 BioRescue®(RM INGENIERIE, 프랑스)는 균형 능력을 정적 및 동적으로 측정하고 다양한 균형 능력 훈련 프로그램을 통해서 치료할 수 있는 장비이며, 신체중심의 이동길이(0.1cm단위)와 평균속도(cm/s), 압력, 접촉면적의 변화를 분석할 수 있다(Fig 1).

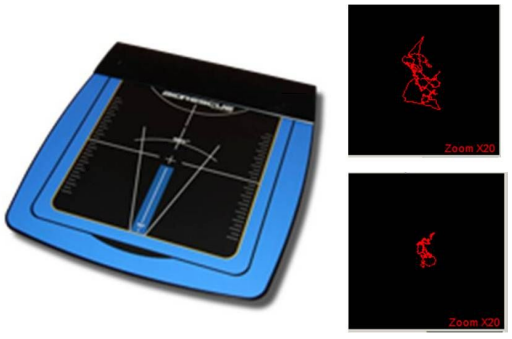


Fig 1. BioRescue®

3. 실험 절차

본 실험에서는 15분간 저측굴곡근 스트레칭 적용 전후로 1분간의 기립 유지동안 신체중심이동을 측정을 위해 선 자세의 정적 안정성을 검사하기 위한 균형측정 장비인 Biorescue를 사용하였으며 측정에 앞서 대상자들에게 48시간 전부터 격한 활동을 하지 않도록 하였다.

대상자에게 Biorescue 측정판 위에 다리를 30도 벌린 상태로 선 후 전방의 눈높이를 주시하도록 하였다. 그리고 측정 동안 시각적인 정보가 제공되는 것을 막기 위해 눈을 감은 상태로 1분간 정적 기립을 유지하도록 하였으며 0~20초, 21~40초, 41~60초 세 구간으로 나누어 신체중심이동거리를 측정하였다. 측정 이후 대상자에게 다양한 각도로 조정이 가능한 나무로 제작된 경사발판 위에 서도록 한 후 15분간 지속적인 스트레칭을 실시하였다(Fig 2). 가급적 벽에 기대지 않고 기립 스트레칭을 유지하도록 했으며 장시간 기립으로 피로를 느끼면 스트레칭을 유지하며 잠시 동안 벽에 기대도록 하였으며 15분이라는 시간이 주는 지루함을 막기 위해 대화 또는 전화사용은 허용하였다. 스트레칭에 사용된 경사발판은 나무로 제작되었으며 발 미끄러짐을 막기 위해 접촉면에는 미끄럼 방지판을 부착하였다. 스트레칭을 마친 직후 Biorescue 측정판 위에 정적 기립을 유지하도록 한 후 눈을 감은 상태로 1분간 다시 세 구간으로 나누어 신체중심이동거리를 측정하였

Fig 2. The participants stood on wedge board

Table 2. Difference of sway length in quite standing during 1 minute before and after 15minutes plantarflexor static stretch

	Pre-stretch	Post-stretch	t	*p*
Postural Sway Length(cm)	20.69±3.62	29.95±8.53	-6.23	.00

Values are means±SD
* Statistically significant at the level of p<.05

Table 3. Comparison of sway length in quite standing according to time before and after 15minutes plantarflexor static stretch

Condition	0-20sec	21-40sec	41-60sec	F	*p*
Pre-stretch	7.58±1.99	6.93±1.36	6.52±1.09	7.49	.01[b,c]
Post-stretch	12.30±3.69	9.35±2.63	8.54±2.27	50.26	.00[a,b,c]

Values are means±SD
* Statistically significant at the level of p<.05
a = 0-20sec * 21-40sec, b = 21-40sec * 41-60sec, c = 0-20sec * 41-60sec

다. 경사발판의 각도는 15~25도 범위내에서 대상자가 통증이나 불편함을 느끼지 않는 각도로 정하였으며, 조직손상을 피하기 위해 스트레칭 중 대상자가 불편함을 호소하면 각도를 조정하였다.

4. 통계 처리

본 연구의 자료 분석을 위해 SPSS 17.0 for Window를 이용하였다. 스트레칭 전후에 따른 1분간의 신체중심이동을 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였다. 그리고 스트레칭 전과 스트레칭 후 각 1분내에서 일어난 시간대별 신체중심이동 차이를 알아보기 위해서 반복측정 분산분석을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

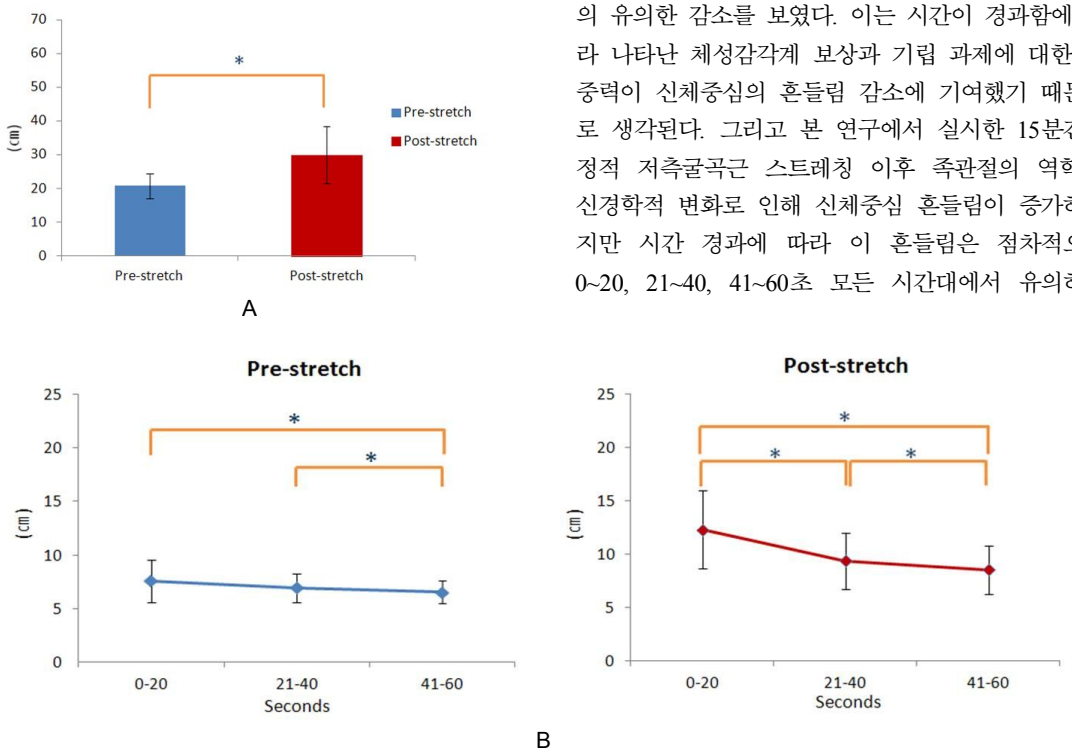
스트레칭 전 시각적 정보를 차단한 1분간의 기립동안 신체중심이동거리는 20.69±3.62cm였지만, 15분간의 지속적 스트레칭 직후 1분간의 기립동안 신체중심이동거리는 29.95±8.53㎝로 통계학적으로 유의한 증가를 보였다(p<0.5)(Table 2, Fig 3).

스트레칭 전 시간경과에 따른 시간대별 신체중심이동거리 비교에서 0~20초와 21~40초 구간간에는 통계학적인 유의하지는 않았지만 0.65cm의 감소를 보였으며(p>0.5) 21~40초와 41~60초 구간간에는 통계학적으로 유의한 0.41cm의 감소를 보였으며(p<0.5), 0~20초 구간과 41~60초 구간간에는 통계적으로 유의한 1.06cm 감소를 보였다(p<0.5)(Table 3, Fig 3B).

스트레칭 후 시간경과에 따른 시간대별 신체중심이동거리 비교에서 0~20초와 21~40초 구간에서 통계학적으로 유의한 2.95cm의 감소를 보였으며(p<0.5), 21~40초와 41~60초 구간에서도 통계학적으로 유의한 0.81cm의 감소를 보였으며(p<0.5), 0~20초와 41~60초 구간에서도 통계학적으로 유의한 3.76cm의 감소를 보였다(p<0.5)(Table 3, Fig 3B).

Ⅳ. 고 찰

균형 유지를 위해서는 시각적, 체성감각적, 전정계적 감각 정보가 필수적이며 15분간의 족관절 스트레칭 이후 족관절의 조직 장력과 점탄성 변화가 족관절의 정적 안정성을 저하시킬 수 있으며 스트레칭 후 자세유지나 활동을 시작하기 위해서는 어느 정도 신체의 적응 시간이 필요하다. 본 연구에서는 스트레칭 이후 체성감각정보의 변화에 따른 자세반응을 알아보기 위해 시각적 정보를 차단한 상태에서 1분간 정적 기립을 유지하도록 했으며 15분간의 지속적 저측굴곡근 스트레칭 이후 신체중심의 흔들림이 크게 증가함을 볼 수 있었다. 그리고 시간경과에 따른 신체중심 흔들림 변화에서는 스트레칭



* Statistically significant at the level of p<.05

Fig 3. (A) Comparison of sway length during 1 minute quite standing with eye closed before and after 15 minutes plantarflexor stretch. (B) sway length changes over time 0-20, 21-40, 41-60 seconds before and after stretch.

초 이상의 시간이 경과되었을 때 신체중심 흔들림의 유의한 감소를 보였다. 이는 시간이 경과함에 따라 나타난 체성감각계 보상과 기립 과제에 대한 집중력이 신체중심의 흔들림 감소에 기여했기 때문으로 생각된다. 그리고 본 연구에서 실시한 15분간의 정적 저측굴곡근 스트레칭 이후 족관절의 역학적, 신경학적 변화로 인해 신체중심 흔들림이 증가하였지만 시간 경과에 따라 이 흔들림은 점차적으로 0~20, 21~40, 41~60초 모든 시간대에서 유의하게 전과 후 모두에서 시간대별 신체중심의 흔들림 감소를 확인할 수 있었다.

본 연구에서 15분간의 정적 스트레칭 실시 후 1분간의 정적 기립에서 신체중심 흔들림은 44.78% 증가하였으며, Nagano 등(2006)이 실시한 시각적 정보와 3분간의 저측굴곡근 스트레칭이 정적 기립 균형에 미치는 영향에 대한 연구에서도 스트레칭 후 눈을 감은 30초간의 기립상태에서 전후방 자세 흔들림은 22.8% 증가되었으며 이러한 결과들은 지속적인 정적 스트레칭이 일시적으로 정적 기립 안정성을 저하시킴을 반영한다.

본 연구에서 별다른 중재 없이 스트레칭 전에 실시한 정적 기립에서는 갑작스런 시각적 정보 차단으로 인해 감각계 혼란이 발생되어 일시적으로 기립 초기동안 신체중심의 흔들림이 증가되었지만 40 감소됨을 확인할 수 있었다.

스트레칭 후 저측굴곡근 근-건부 점탄성 회복에 대한 연구에서 Ryan 등(2008)은 2분 스트레칭 이후에는 10분정도의 회복 시간이 필요하며 4분과 8분 스트레칭 이후에는 20분정도의 회복 시간이 필요함을 보고했다. 따라서 본 연구에서 실시된 15분의 스트레칭으로 인한 조직 점탄성이나 관절주변 조직들의 뻣뻣함 변화로부터 회복하기 위해서는 20분 이상의 상당한 시간이 필요했을 것이다. 지속적 스트레칭이 근육과 근건 접합부의 근 수용기에 미치는 활성 변화에 대한 연구들에서 Fowles 등(2000)은 스트레칭 후 신경학적 활성은 스트레칭 전 상태로 빠르게 회복되지만 역학적 변화는 상대적으로 느리기 회복된다고 했으며, Avela 등(1999)도 1시간의 저측굴곡근 스트레칭 후 근전도상의 변화가 15분내에

회복된다고 했으며 특히 Hoffman 반사는 4분 내에 거의 회복됨을 보고했다. 따라서 본 연구에서 볼 수 있었던 족관절 저측굴곡근 정적 스트레칭 이후 1분 이내의 짧은 시간 동안 이루어진 안정은 주로 신경학적인 활성의 회복에 의한 것으로 생각된다.

스트레칭과 관련된 또 다른 연구들에서 Bressel과 McNair(2002)는 뇌졸중 환자들을 대상으로 족관절 배측굴곡 최대 80%범위에서 30분간의 정적 스트레칭과 반복적 스트레칭을 실시했을 때 관절 뻣뻣함은 각각 35%, 30% 감소되었고, 토크 이완은 정적 스트레칭에서 반복 스트레칭 보다 53% 증가 했다고 하였으며, Kay와 Blazevich(2012)는 45초 미만의 정적 스트레칭은 근력과 속도-의존적인 과제 수행에 부정적 영향을 미치지 않았지만 60초 이상의 스트레칭은 어느 정도 수행력에 영향을 미친다고 했다. 스트레칭과 힘 감소에 대한 연구들에서는 Babault 등(2010)은 15분간의 정적 스트레칭과 수축-이완(hold-relax) 스트레칭 둘 다 일시적인 7% 정도의 근력 감소를 일으킨다고 했으며, Avela 등(1999)은 1시간의 스트레칭 후 13.8%의 근력 변화를 보고하였지만 Yamaguchi와 Ishii(2005)는 30초의 스트레칭이 근력에 영향을 주지 않는다고 했다. 본 연구에서 근력을 평가하지는 않았지만 이전의 연구결과들을 토대로 15분간의 지속적 스트레칭이 일시적인 근력 저하를 동반했을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 스트레칭이 기립에 미치는 급성 효과를 보고자 했기 때문에 신체중심이동거리의 측정 시간이 1분에 불과하였고, 또한 스트레칭 전후 시간대별로 자세 균형에 기여하는 근육들의 활성을 알아보지 못하였다. 향후 연구에서는 다양한 시간대의 스트레칭 효과에 대한 비교가 필요할 것이며, 근골격계 손상 뿐만 아니라 뇌졸중이나 뇌성마비와 같은 중추신경계 손상환자들을 대상으로 정적 스트레칭이 균형에 미치는 효과에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

스포츠 활동에 앞서 준비운동, 유연성 증가, 손상 예방적 측면에서 스트레칭을 많이 사용되고 있으며 건강한 사람들에게는 지속적인 정적 스트레칭 이후 발생된 일시적인 신체중심 흔들림 증가가 심각한 문제를 야기하지는 않는다. 그러나 근골격계나 전정계, 뇌졸중 또는 뇌성마비와 같은 중추신경계 손상 환자들에 있어서는 족관절 가동범위와 유연성 증진을 목적으로 시행된 지속적인 정적 스트레칭이 일시적으로 자세불균형과 낙상 위험을 높일 수 있기 때문에 지속적인 정적 스트레칭 직후에는 생역학적 신경학적 적응을 위해 최소한 1분이상의 안정을 취한 후 보행이나 스포츠 활동을 시작하는 것을 추천한다.

참 고 문 헌

Avela J, Kyröläinen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. J Appl Physiol. 1999;86(4): 1283-91.

Avela J, Finni T, Liikavainio T et al. Neural and mechanical responses of the triceps surae muscle group after 1 h of repeated fast passive stretches. J Appl Physiol. 2004;96(6):2325-32.

Babault N, Kouassi BY, Desbrosses K. Acute effects of 15min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. J Sci Med Sport. 2010;13(2):247-52.

Behm DG, Bambury A, Cahill F et al. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(8):1397-402.

Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. J Strength Cond Res. 2007;21(1):223-6

Bressel E, McNair PJ. The effect of prolonged static and cyclic stretching on ankle joint stiffness, torque relaxation, and gait in people with stroke. Phys Ther. 2002;82(9):880-7.

Fowles JR., Sale DG, Macdougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human

plantarflexors. J. Appl. Physiol. 2000;89(3):1179-88.

Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(1):154-64.

Lee KB, Park YH, Song EK et al. Static and dynamic postural balance after successful mobile-bearing total ankle arthroplasty. Arch Phys Med Rehabil. 2010;91(4):519-22.

Lewis NL, Brismée JM, James CR et al. The effect of stretching on muscle responses and postural sway responses during computerized dynamic posturography in women and men. Arch Phys Med Rehabil. 2009;90(3):454-62

McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. Scand J Med Sci Sports. 2010; 20(2):169-81.

Morasso PG, Schieppati M. Can muscle stiffness alone stabilize upright standing? J Neurophysiol. 1999;82(3):1622-6.

Nagano A, Yoshioka S, Hay DC et al. Influence of vision and static stretch of the calf muscles on postural sway during quiet standing. Hum Mov Sci. 2006;25(3):422-34.

Ogura Y, Miyahara Y, Naito H et al. Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. J Strength Cond Res. 2007;21(3):788-92.

Perrier ET, Pavol MJ, Hoffman MA. The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. J Strength Cond Res. 2011;25(7):1925-31.

Ryan ED, Beck TW, Herda TJ et al. The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. J Orthop Sports Phys Ther. 2008;38(10):632-9.

Vedula S, Kearney RE, Wagner R et al. Decoupling of stretch reflex and background muscle activity during anticipatory postural adjustments in humans. Exp Brain Res. 2010;205(2):205-13.

Winter DA, Patla AE, Rietdyk S et al. Ankle muscle stiffness in the control of balance during quiet standing. J Neurophysiol. 2001;85(6):2630-3.

Yamaguchi T, Ishii K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. J Strength Cond Res. 2005;19 (3):677-83.