

에비안스-함베르크 스트레칭 방법이 고관절의 능동 가동범위와 우모각에 미치는 영향

천승철, 장기연
우송대학교 보건복지대학 작업치료학과

Abstract

The Effects of Evjenth-Hamberg Stretching on Active Range of Motion of the Hip Joint and the Pennation Angle

Seung-chul Chon, M.Sc., P.T.
Ki-yeon Chang, Ph.D., O.T.

Dept. of Occupational Therapy, College of Health and Welfare, Woosong University

The purpose of this study was to investigate the effects of Evjenth-Hamberg stretching on the active range of motion (ROM) of the hip joint and the pennation angle of the semitendinosus muscle. Eighty healthy adults participated in this study. The active ROM of the hip joint was measured by a goniometer and the pennation angle of the semitendinosus muscle was measured by ultrasonographic imaging (USI). Both ROM and pennation angle were recorded before and after the static stretching and the Evjenth-Hamberg stretching, respectively. Data were analyzed using paired t-test and independent t-test at $p < .05$. The results were as follows: 1) The active ROM of the hip joint increased significantly after both stretching interventions compared with the baseline ($p < .001$). However, the active ROM of the hip joint increased significantly in Evjenth-Hamberg stretching compared with static stretching. 2) The pennation angle decreased significantly after both stretching interventions compared with the baseline ($p < .001$). However, the pennation angle decreased significantly in Evjenth-Hamberg stretching compared with static stretching. 3) Reliability data showed that there was a high consistency in USI measurements ($ICC = .978$). Our findings suggest that the Evjenth-Hamberg stretching was more effective than static stretching in increasing the active ROM of the hip joint and decreasing the pennation angle of the semitendinosus muscle.

Key Words: Evjenth-Hamberg stretching; Pennation angle; Ultrasonographic imaging.

I. 서론

유연성이란 신체분절이나 관절이 가동범위를 통하여 액틴-마이오신 복합체가 이완되어 근-건(muscle-tendon) 길이가 늘어나는 능력을 가리키며, 올바른 스트레칭 방법을 통하여 증진될 수 있다고 하였다(Bandy 등, 1997; Kisner와 Colby, 2002). 스트레칭은 단축(shortening), 반흔조직(scar tissue) 형성, 저가동성(hypomobility) 구조(structure)에 의한 관절가동범위의 제한을 해결하기 위

하여 치료사의 임상적 판단에 기초하여 강도, 기간, 그리고 빈도 등이 다양하게 적용되고 있다(Halbertsma와 Göeken, 1994; Kisner와 Colby, 2002; Rubini 등, 2007).

스트레칭 방법으로는 특정 자세에서 일정시간 동안 외력을 적용하는 정적 스트레칭(Sharman 등, 2006), 전문적인 환자 교육 후 예방 목적으로 환자 스스로 실시하는 동적 스트레칭(Youdas 등, 2003), 근육의 수축과 이완을 반복 적용하는 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation) 스트레칭의 유지-이완

(hold-relax) 및 수축-이완(contract-relax), 그리고 주동근과 길항근에 등척성 수축(isometric contraction)과 정적 스트레칭을 결합한 에비안스-함베르크 스트레칭 방법이 있다(이현희 등, 2005; Evjenth와 Hamberg, 1985).

1998년 에비안스(Evjenth)에 의해 처음 소개된 에비안스-함베르크 스트레칭 방법은 주동근(agonist muscle)의 능동적 등척성 수축, 주동근의 수동적 스트레칭, 그리고 길항근(antagonist muscle)의 등척성 수축을 순서적으로 적용하는 스트레칭 방법이다(Evjenth와 Hamberg, 1985). 스트레칭 적용 전·후에 실시하는 등척성 수축이 일반적인 스트레칭과 결합될 때 신경생리학적(neurophysiology)으로 이로온 증거로써, Kisner와 Colby(2002)는 스트레칭 적용과 결합된 등척성 운동이 근력 발생을 위한 액틴-마이오신의 십자형교(cross-bridge)를 더욱 많이 형성함으로써 최적의 근-길이(muscle-length)를 조성한다고 하였고, Sherrington(1909)은 근 수축력과 이완력은 상호 비례하여 근 수축이 병행된 이완은 더 큰 효과가 있다고 하였고, Handel 등(1997)과 Swank 등(2003)은 등척성 수축 이후 적용된 스트레칭은 관절가동범위를 향상시키는 것뿐만 아니라 근섬유의 횡단면적과 근육의 특성을 변화시킬 수 있는 이점을 가지고 있다고 발표하였다.

단축된 근육과 제한된 관절가동범위를 증가시킬 수 있는 임상적인 스트레칭 방법으로 주동근의 등척성 수축이 결합된 근 에너지 기법(muscle energy technique; MET)(Mitchell, 1993)과 고유수용성 신경근 촉진법 스트레칭의 유지-이완 및 주동근-수축(agonist-contraction)이 있다. Powers와 Howley(1995)는 등척성 수축에 의한 근육 내 온도 상승과 정적 스트레칭에 추가된 주동근의 등척성 수축은 근 위축을 예방하는 단백질 합성을 증가시켜 유연성을 증가시킬 수 있다고 하였고, Handel 등(1997)은 고유수용성 신경근 촉진법의 수축-이완 스트레칭을 운동선수들에게 적용한 결과 슬괵근의 유연성이 향상되었다고 보고하였다. 이렇듯, 등척성 수축이 결합된 스트레칭 방법은 유연성 및 관절가동범위에 효과적임에도 불구하고 길항근의 등척성 수축이 추가된 에비안스-함베르크 스트레칭 방법에 관한 국내 연구는 이현희 등(2005)이 슬괵근의 유연성에 효과적이라고 발표한 자료를 포함하여 매우 부족한 실정이다.

스트레칭 측정방법에는 시각적 평가, 관절가동범위, 경사각도계, 및 유연성 곡선자 등이 있으나, 대부분 각도계를 이용한 관절가동범위 측정 방법을 가장 많이 사용하고 있다(Bandy 등, 1997; Youdas 등, 2003). 그러나 권혁철과

정동훈(2001)은 정확한 측정은 해부학적 지식을 바탕으로 각도계의 정렬(alignment) 및 위치(position)에 따라 큰 변인을 가질 수 있으며, 측정 오류가 많이 발생할 수 있어 신뢰성에 대한 문제가 제기될 수 있다고 하였다. 최근에는 이러한 오류를 보완하기 위하여 정량적인 방법으로 단순촬영, 자기공명검사(magnetic resonance image; MRI), 전산화단층촬영(computed tomography; CT) 및 초음파(ultrasonography; US)와 같은 영상의학 장비들이 선택적으로 사용되고 있다. MRI와 CT의 경우 병변의 해부학적 위치나 크기를 정확하게 알 수 있다는 장점이 있으나, 고가의 비용, 인체내 금속장치, 및 폐쇄 공포증 환자에게는 시행하기 어려운 단점을 가지고 있다(Jacobson, 2008).

반면에, 초음파 검사는 비침습적(non-invasive), 저비용, 간편함, 및 방사선 노출이 없다는 장점들을 가지고 있다(박기영 등, 2004). 무엇보다도, 가장 큰 장점은 역동성(dynamic capability)이다. 환자의 이학적 소견을 바탕으로 측정자가 보고자 하는 부위에 중점을 두고 검사할 수 있기 때문에 근육, 인대 및 건과 같은 근골격계 구조를 구체적으로 탐색할 수 있다(Jacobson, 2008). 즉, 병변 위치에 대한 소견뿐만 아니라 근육의 두께, 면적, 각도 및 길이를 정량적으로 측정할 수 있기 때문에 근골격계 질환의 치료효과를 평가하는데 적절하게 사용될 수 있다(Abellaneda 등, 2009; Chleboun 등, 2001; Koulouris와 Connell, 2005). Herbert와 Gandevia(1995)는 사람의 상완근(brachialis muscle)에서 관절각도와 근육의 회전력(torque)이 근육내 역학적 구조에 미치는 영향에 대해서 보고하였으며, Narici 등(1996)은 초음파 장비를 이용하여 실시간으로 비복근(gastrocnemius muscle)이 등척성(isometric) 수축을 하는 동안 역학적 구조가 현저하게 변하는 것을 발표하였고, Chi-Fishman 등(2004)과 Reeves와 Narici(2004)은 정상인, 신경근계 질환자 및 당뇨병환자를 대상으로 초음파를 이용한 골격근의 역학적 특성을 연구하였다. 이러한 초음파 분석의 유용성에도 불구하고, 근육의 유연성에 관련된 연구는 해부용 시체(cadaver)에 국한되어 있거나, 내측 종아리 근육(medial gastrocnemius)에서 측정된 자료가 대부분으로 매우 제한적이다(Abellaneda, 2009; Maganaris, 2003).

스트레칭 적용 후 유연성을 평가하기 위해서는 관절 각도계를 이용한 측정이 대부분으로써, 골격계 구조(skeletal muscle architecture)의 미세한 역학적 변화와 같은 근육 내부의 형상학적 움직임을 연구한 자료는 매우 미흡하다. 특히, 임상에서 자주 접하게 되는 근골격

계 질환자들은 여러 가지 문제점들로 인하여 관절 움직임에 제한점을 가지고 있다. 스트레칭은 이러한 환자들을 대상으로 많이 적용되고 있음에도 불구하고 관절 움직임이 어려울 경우에는 그 효과를 입증하기가 어려운 것이 사실이다. 따라서, 본 연구의 목적은 스트레칭을 자주 적용하는 슬괵근(hamstring muscle)에 일반적인 정적 스트레칭 방법과 등척성 운동이 결합된 에비안스-함베르크 스트레칭 방법을 적용하여 고관절의 능동 관절가동범위와 초음파 영상을 이용한 무모각에서 어떠한 변화를 보이는지 알아보고자 하였다. 이 연구에서는 에비안스-함베르크 스트레칭 방법이 정적 스트레칭 방법보다 고관절의 능동 관절가동범위를 증가시키고, 무모각을 감소시킬 것이라고 가설을 설정하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 실험 전에 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 듣고 실험에 동의한 건강한 성인 80명을 대상으로 실험군 40명과 대조군 40명을 편의적으로 추출(convenience sampling)하였으며 모든 대상자가 성공적으로 측정되었다. 연구대상자들의 선정 기준은 1) 실험 전에 근육통을 동반할 수 있는 운동을 하지 않은 자 2) 하지(lower extremity) 관절에 수술 경험이 없는 자 3) 실험에 영향을 줄 수 있는 약물 복용을 하지 않은 자 4) 하지 감각에 이상이 없는 자 5) 실험 전에 술을 마시지 않은 자 6) 최근 6개월 동안 근골격계 및 신경계의 이상이 없는 자 7) 슬괵근의 역학적 구조에 영향을 줄 수 있는 웨이트 트레이닝과 같은 전문적인 운동을 하지 않는 자로 선정하였다. 연구대상자의 특성은 표 1과 같다.

2. 적용방법 및 절차

스트레칭 방법과 관절가동범위 및 초음파 영상 측정은 적용 및 평가시 오류를 감소시키기 위하여 실험 전

하루 30분씩 1주일간의 연습을 통해 숙련된 실험자 2명과 측정자 및 보조측정자 4명이 시행하였으며, 스트레칭 적용은 무작위적(randomly)으로 실시하였다. 대상자의 골반을 고정띠(strap)로 묶고, 실험자의 한 손으로 대상자의 실험측 대퇴 부위를 잡고, 다른 한 손은 대상자의 비실험측 슬개골(patella) 10 cm 상부를 고정하였다(그림 1). 두 가지 스트레칭의 효과를 알아보기 위하여 스트레칭 적용 전·후 테이블 위에서 30분간 휴식을 취한 후 누운 자세(supine position)에서 고관절의 능동 관절가동범위와 옆드린 자세(prone position)에서 슬괵근에 초음파 검사를 각각 실시하였다. 대상자는 매트 위에서 편안하게 호흡하면서 신체에 힘을 빼도록 하였다(Kisner와 Colby, 2002).

가. 정적 스트레칭

대상자의 고관절을 굴곡시키기 위하여 실험자는 어깨위의 대상자의 다리를 위치시키고 서서히 일어난다. 고관절에서 발목관절까지 시상면에 놓이도록 고관절은 내·외회전이 되지 않도록 하고, 슬관절은 신전된 상태로 슬개골(patellar)의 중앙점이 중립이 되도록 실험자의 손으로 고정하고, 발목관절은 이완된 상태로 일직선상에서 실험자의 어깨에 편안하게 위치시켰다. 이때 대상자가 통증을 느끼기 바로 전(below the pain threshold) 끝 느낌(end-feel) 지점에서 정지하고, 그 지점을 시작자세로 하여 스트레칭을 실시하였다(이현희 등, 2005). 대상자의 고관절 최대 굴곡 자세에서 30초간 유지하고, 적용 후 대상자의 슬관절이 약간 굴곡 된 자세로 실험자의 어깨 위에 힘을 빼고 놓음으로써 30초간 휴식시간을 갖도록 하였다. 위와 같은 방법을 총 10회 반복 적용하였다(Bandy 등, 1997).

나. 에비안스-함베르크 스트레칭

실험자와 대상자의 측정 자세는 정적 스트레칭 방법과 동일하다. 대상자에게 실험자의 어깨를 누르는 느낌으로 최대 등척성(maximal isometric) 수축을 10초간 주게 하고, 2~3초 동안 힘을 빼고 이완하는 끝 느낌 지점에서 고관절 굴곡 방향으로 스트레칭을 30초간 실

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=80)

집단	정적 ^a (n ₁ =40)	에비안스 ^b (n ₂ =40)	p
나이(세)	21.9±2.6 ^c	22.4±2.3	.65
신장(cm)	165.8±6.5	163.0±6.6	.07
체중(kg)	57.8±5.8	58.5±7.5	.67

^a정적 스트레칭, ^b에비안스-함베르크 스트레칭, ^c평균±표준편차.

시하였다. 이후 대상자는 실험자의 어깨 위에 다리 힘을 빼고 놓음으로써 30초 휴식시간을 가지고 난 후, 마지막으로 길항근인 대퇴 사두근에 등척성 수축을 10초간 실시하였다. 동일한 방법을 10회 반복 적용하였다.

3. 측정도구 및 실험방법

가. 관절 각도계

본 연구에서는 관절 각도계를 이용하여 고관절의 굴곡 범위를 능동방법으로 측정하였다. 기본자세는 누운 자세(supine position)로 손을 이용한 보상작용(compensation)을 피하기 위하여 대상자에게 손바닥으로 테이블을 누르지 않도록 지시하였다. 대상자는 스스로 고관절을 굴곡하고, 관절가동범위 끝지점에서 구두신호(verbal sign)로 표현한 후 보조 측정자가 고정시켰다. 측정자는 관절 각도계의 중심점을 대전자(greater trochanter)에 위치시키고, 고정 막대(stationary arm)는 대상자의 체간과 평행하게 위치시키고, 이동 막대는 대상자의 대퇴 중앙선과 평행하게 위치시킨 후 이동막대를 다이얼처럼 회전하여 이동한 만큼의 각도를 측정하였다. 정확한 측정을 위하여 각 3회 실시 후 평균값을 계산하였다.

나. 초음파 검사

Logiq a 200¹⁾장비를 사용하였고, 근육조직을 관찰하는데 용이한 7.5 MHz 선형 도자(linear transducer)를 사용하였다. 대상자는 엎드린 자세(prone position)에서 골반과 무릎 밑에 타월을 두고 발목은 테이블 하방으로 편안하게 떨어지도록 하여 고관절과 슬관절이 최대 신전(full extension)되도록 하였다. 초음파 영상을 통한 시진(inspection)과 측정자의 손에 의한 촉진(palpation)으

로 반건양근(semi-tendinosus muscle) 섬유를 확인한 후, 도자(transducer)는 좌골결절(ischeal tuberosity)로부터 15 cm 되는 부위에 펜으로 측정위치를 표시하여 근육의 결 방향과 평행하게 세로로(longitudinally) 피부와 수직이 되도록 위치시킨 후 가장 선명한 영상도(echogenicity)가 보일 때까지 확인한 후 출력하였다(Chleboun 등, 2001; Koulouris와 Connell, 2005). 초음파 영상 출력 후, 반건양근의 상층막(superior aponeurosis)과 하층막(inferior aponeurosis) 사이에 있는 섬유속(fascicle)을 확인하고 하층막과 섬유속이 이루는 우모각(pennation angle)을 각도기로 측정하였으며, 섬유속이 보이지 않는 부분의 길이는 섬유속과 하층막의 연장선을 그어 기록하였다(Abellaneda 등, 2009; Chleboun 등, 2001)(그림 2). 도자를 누르는 힘과 각도에 따라서 우모각이 달라질 수 있기 때문에 각 3회씩 측정하여 평균을 계산하였다.

4. 신뢰도 검사

슬괘근에 대한 초음파 우모각 측정의 신뢰도는 측정자 4명이 대상자 10명을 상대로 측정한 값에 대하여 급간내 상관계수(intraclass correlation coefficient; ICC)를 이차원 무작위 모형(two-way random model)에서 계산하였다. 4명의 측정자는 각 대상자에게 동일한 측정을 하기 위하여 1주일간 충분한 초음파 측정 교육과 연습을 실시하였다. 측정자간 신뢰도는 4명의 측정자가 동일한 대상자를 3일 간격으로 우모각을 측정하였고, 측정자내 신뢰도는 한 명의 측정자가 동일 대상자를 3일 간격으로 우모각을 측정하였다. 그리고 반복 측정된 값에 대한 일치율(agreement)을 시각적으로 쉽게 알 수 있도록 Bland and Altman을 제시하였다.



그림 1. 스트레칭 적용 자세.

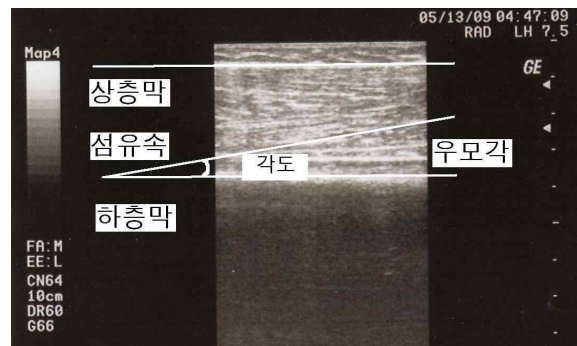


그림 2. 초음파 우모각 측정 방법.

1) Logiq a 200, Samsung-GE Medical Systems Inc., Seongnam, Korea.

표 2. 고관절 가동범위 비교(각도)

(N=80)

	정적 ^a (n ₁ =40)	에비안스 ^b (n ₂ =40)	평균차 95%신뢰구간	p
실험 전	76.75±12.74 ^c	72.37±8.47	4.38(-.44~9.19)	.074
실험 후	81.00±10.81	86.53±9.70	-5.53(-10.24~- .81)	.022*
평균차 95%신뢰구간	4.25(2.92~5.58)	14.88(12.33~17.42)		
p	.000*	.000*		

^a정적 스트레칭, ^b에비안스-함베르크 스트레칭, ^c평균±표준편차, *p<.05.

표 3. 초음파 우모각 비교

(N=80)

	정적 ^a (n ₁ =40)	에비안스 ^b (n ₂ =40)	평균차 95%신뢰구간	p
실험 전	15.25±3.79 ^c	14.10±3.40	1.15(-.45~2.75)	.157
실험 후	11.30±4.08	8.26±3.10	3.08(1.46~4.69)	.000*
평균차 95%신뢰구간	-3.95(-4.66~-3.24)	-5.87(-6.82~-4.93)		
p	.000*	.000*		

^a정적 스트레칭, ^b에비안스-함베르크 스트레칭, ^c평균±표준편차. *p<.05.

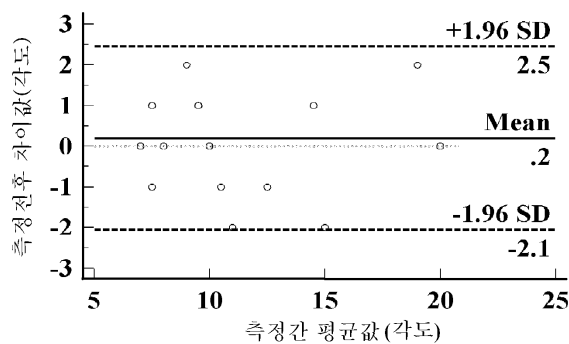


그림 3. Bland and Altman.

각 유의하게 감소하였다. 그리고 “우모각”이 정적 스트레칭 방법보다 에비안스-함베르크 스트레칭 방법에서 유의하게 감소하였다(p<.001)(표 3).

3. 신뢰도

초음파 우모각에 대한 ICC(2,1)는 .978, 95% 신뢰구간은 .943~.994였다. Bland and Altman에 의하면 반복 측정간에 평균은 .2도, 표준편차는 1.2도이며, 일치율의 한계는 .2±2.3도였다(그림 3).

III. 결과

1. 관절 각도계를 이용한 고관절 가동범위

대응표본 t-검정을 통하여 정적 스트레칭 방법(p<.001)과 에비안스-함베르크 스트레칭 방법(p<.001) 모두 실험 전과 비교하여 실험 후 고관절 가동범위가 각각 유의하게 증가하였다. 그리고 “고관절 가동범위”가 정적 스트레칭 방법보다 에비안스-함베르크 스트레칭 방법에서 유의하게 증가하였다(p=.022)(표 2).

2. 초음파를 이용한 우모각

대응표본 t-검정을 통하여 정적 스트레칭 방법(p<.001)과 에비안스-함베르크 스트레칭 방법(p<.001) 모두 실험 전과 비교하여 실험 후 초음파 우모각이 각

IV. 고찰

스트레칭은 관절가동범위와 단축된 연부조직의 가동성을 증가시키기 위하여 적용하는 보편적인 치료방법으로 재활 치료분야에서 다양하게 적용되고 있다. 이러한 다양한 스트레칭 방법들의 효과는 지속적으로 보고되고 있지만, 일반적인 스트레칭에 길항근 수축이 병합된 에비안스-함베르크 스트레칭 효과에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 에비안스-함베르크 스트레칭 방법의 효과를 알아보기 위하여 정적 스트레칭 방법과 비교하여 고관절 능동가동범위와 초음파 우모각을 측정하였다. 정적 스트레칭과 에비안스-함베르크 스트레칭 방법 모두 실험 후 고관절 능동가동범위는 증가하였고, 초음파 우모각은 감소되었다. 이는 두 가지 스트레칭

방법 모두 고관절 능동가동범위 향상에 효과적임을 나타낸다. 두 가지 스트레칭 비교에서는 에비안스-함베르크 스트레칭 방법이 정적 스트레칭 방법보다 고관절 능동가동범위의 증가 및 우모각 감소에 더 효과적임을 보여주어 본 연구의 가설을 지지하였다.

구체적으로, 본 실험에서는 정적 스트레칭 방법의 관절가동범위가 4° 정도 증가한 반면에, 에비안스-함베르크 스트레칭 방법은 14° 정도 증가하였다. 선행 연구들에 따르면, 이현희 등(2005)은 관절가동범위가 8° 정도 증가한 정적 스트레칭과 비교하여 에비안스-함베르크 스트레칭은 관절가동범위가 12° 정도 증가되었다고 하였다. Swank 등(2003)은 저항운동을 실시한 후 스트레칭을 적용한 집단이 저항운동을 실시하지 않은 집단과 비교한 결과, 저항운동을 실시한 집단에서 관절가동범위가 더 크게 증가되었다고 하였다. Handel 등(1997)은 슬괵근에 정적 스트레칭과 결합된 등척성 운동을 8주간 적용한 결과, 슬관절 가동범위가 6° 정도 증가되었다고 발표하여, 본 실험의 결과는 선행연구들과 일치하였다. 이는 등척성 수축 이후 스트레칭을 적용하는 MET (Mitchell, 1993)와 등척성 수축, 스트레칭, 그리고 주동근(agonist) 수축으로 이어지는 고유수용성 신경근 촉진법의 Hold Relax-Agonist Contraction(HR-AC)과 유사하게 등척성 수축, 스트레칭, 그리고 길항근(antagonist) 수축으로 이어지는 에비안스-함베르크 스트레칭 방법도 효과적임을 증명하는 것으로 사료된다. 초음파 우모각을 이용한 실험 측정에서 두 가지 스트레칭 방법 모두 실험 전과 비교하여 실험 후 유의하게 향상되었다. 또한, 정적 스트레칭은 우모각이 3° 정도 감소되었으나 에비안스-함베르크 스트레칭은 5° 정도 감소되었다. 이는 관절각도계를 이용한 가동범위 측정 결과와 동일하였으며, 에비안스-함베르크 스트레칭 방법이 정적 스트레칭 방법보다 유연성 향상에 더 효과적임을 증명하는 동시에 초음파 우모각이 관절각도계를 이용한 측정 결과와 비례한다는 사실을 알 수 있었다. 과거에는 근조직의 역학적 변화를 직접 현미경을 통하여 근섬유 형태를 관찰함으로써 알 수 있었으나 (Deschenes 등, 1995) 영상진단장비의 발달로 스트레칭과 같은 근골격계의 역학적 구조와 기능을 초음파 영상을 통한 우모각으로 평가할 수 있게 되었다. Abellana 등(2009)과 Koulouris와 Connell(2005)는 스트레칭 적용 후 초음파 우모각 감소는 근복(muscle belly)이 늘어나면서 섬유속(fascicle)을 싸고 있는 결합

조직막인 근주막(perimysium)이 늘어남으로써 섬유속과 하층막이 이루는 각도가 감소된다고 설명하였다.

정적 스트레칭 방법보다 에비안스-함베르크 스트레칭 방법이 유연성 향상에 효과적임을 뒷받침하는 신경생리학적(neurophysiology) 근거로써, Sherrinton(1909)과 Magnusson 등(1996)은 등척성 수축은 근이완을 도와주며, 근수축이 강할수록 근이완 효과도 크다고 하였다. Björklund 등(2001)은 유연성 향상에 영향을 미치는 중요한 요소로써 선행되는 등척성 수축이 감각 적응력을 높게 만들어 민감한 감각을 둔화시킨다는 감각 적응(sensory adaptation) 이론을 제시하였다. DeLateur 등(1970)은 스트레칭 적용 전에 근육에 열을 가하거나 근육내 온도가 상승하면 감마운동 신경원의 흥분이 감소되어 유연성이 증가한다고 하였으며, Knight 등(2001)은 스트레칭 전에 조직의 온도가 45°C까지 올라가면 혈류량 증가, 교원조직의 탄력성 증가, 통증역치 증가, 근경축 완화 등 생리학적 잇점으로 조직손상의 위험이 최소화되면서 조직의 길이가 증가된다고 발표하여, 에비안스-함베르크 스트레칭 방법에서 사용한 10초 동안의 주동근과 길항근의 반복된 등척성 수축이 근육내 온도를 증가시켜 유연성을 향상시키는데 도움을 준 것으로 사료된다.

초음파 우모각 측정방법의 오차는 섬유속의 방향성(curvature)에 의존하게 되는데, Abellana 등(2009)과 Ito 등(1998)은 내측 비복근에서 수동 스트레칭(passive stretching)을 하는 동안 초음파 우모각의 변동계수(coefficient of variation)가 .4%와 7%라고 각각 보고하였고, Reeves와 Narici(2004)는 우모각 측정의 오차가 대략 2.4% 이하라고 하였다. Abellana 등(2009)은 족관절이 배측 굴곡되면서 내측 비복근(medial gastrocnemius muscle)의 길이가 늘어날수록 회귀분석을 통하여 우모각이 비례하여 감소($r_2=.99, p<.001$)된다고 하였고, Morse 등(2008)은 비복근에 수동적인 스트레칭 적용 후 발목 관절가동범위가 증가하였으며 초음파 영상을 통하여 근속(muscle fascicle)은 증가하고 우모각은 감소된다고 보고하였다. 본 실험에서도 초음파 우모각 측정에 대한 신뢰도는 급간내 상관계수(ICC=.978)를 통하여 높게 측정되어 선행연구들과도 유사한 결과를 보여주었다. 또한, 본 실험에서는 측정자의 적용 힘에 따라서 달라질 수 있는 관절가동범위 측정값으로 수동적인 관절가동범위 측정 방법을 사용하지 않고, 능동적인 관절가동범위 측정 방법을 사용하였으며(Kisner와 Colby, 2002), 검사-재검사 방법의 평균차이와 95% 구간 일치

을을 보기 쉽게 표현한 Bland and Altman을 통하여 높은 신뢰도를 확인할 수 있었다. 따라서 관절각도계를 이용한 가동범위 측정 이외에도 근육 내 역학적 구조변화를 실시간으로 측정할 수 있는 초음파 우모각은 관절움직임에 제한점을 보이는 근골격계 질환자들의 스트레칭 효과를 입증할 수 있는 또 다른 대안임을 제시하였다.

본 연구의 제한점으로 첫째, 단편(cross-sectional) 연구로써 스트레칭의 즉각적인 효과(immediate effect)만을 측정하여 일시적인 증가만을 보고하였다(Smith, 1994). 둘째, 근골격계 질환자의 제한된 관절움직임을 측정하기 위하여 우모각의 유용성을 가정하였으나 슬괵근에 한정되었다. 셋째, 스트레칭 적용 시 대상자의 운동 형상학적 정보를 객관적으로 제시하지 못하였다. 따라서 추후에는 슬괵근을 비롯한 다른 근육에서 대상자의 객관적인 형상학적 정보를 동시에 제공하여 스트레칭의 적용 시간, 빈도, 및 강도를 다양하게 적용한 훈련 효과(training effect)를 연구해 볼 것을 제안한다.

V. 결론

본 연구는 에비안스-함베르크 스트레칭 방법이 정적 스트레칭과 비교하여 고관절 능동가동범위와 초음파 우모각에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과, 두 가지 스트레칭 방법 모두 고관절 능동가동범위 향상에 효과적임을 알 수 있었으며, 에비안스-함베르크 스트레칭 방법이 정적 스트레칭 방법보다 효과적임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 스트레칭 적용 전에 실시하는 등척성 수축과 스트레칭 적용 후에 실시하는 길항근 수축이 도움을 준 것으로 사료된다. 또한, 초음파 우모각은 관절움직임이 불편한 근골격계 질환자들의 스트레칭 효과를 입증할 수 있는 방법임을 제시하고 있다.

인용문헌

권혁철, 정동훈. 앉은 자세와 기립 자세의 비율이 정상 성인의 체간 굴곡 유연성에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2001;8(2):55-63.
박기영, 김현리, 이성문. 근골격계 질환에 있어 초음파검사의 유용성. 대한재활의학회지. 2000;24(6):1142-1147.
이현희, 육동원, 고의석 등. 정적 스트레칭과 에비안스-함베

르크 스트레칭이 슬관절의 관절가동범위의 변화에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2005;12(2):37-43.

- Abellaneda S, Guissard N, Duchateau J. The relative lengthening of the myotendinous structures in the medial gastrocnemius during passive stretching differs among individuals. *J Appl Physiol*. 2009;106(1):169-177.
- Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*. 1997;77(10):1090-1096.
- Björklund M, Hamberg J, Crenshaw AG. Sensory adaptation after a 2-week stretching regimen of the rectus femoris muscle. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82(9):1245-1250.
- Chi-Fishman G, Hicks JE, Cintas HM, et al. Ultrasound imaging distinguishes between normal and weak muscle. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(6):980-986.
- Chleboun GS, France AR, Crill MT, et al. In vivo measurement of fascicle length and pennation angle of the human biceps femoris muscle. *Cells Tissues Organs*. 2001;169(4):401-409.
- DeLateur BJ, Lehmann JF, Stonebrid JB, et al. Muscle heating in human subjects with 915 MHz. Microwave contact applicator. *Arch Phys Med Rehabil*. 1970;51(3):147-151.
- Deschenes MR, Kraemer WJ, Crivello JF, et al. The effects of different treadmill running programs on the muscle morphology of adult rats. *Int J Sports Med*. 1995;16(5):273-277.
- Evjenth O, Hamberg J. *Muscle Stretching in Manual Therapy: A clinical manual*. Sweden, Alfta Rehab, 1985.
- Halbertsma JP, Göeken LN. Stretching exercises: Effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994;75(9):976-981.
- Handel M, Horstmann T, Dickhuth HH, et al. Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;76(5):400-408.

- Herbert RD, Gandevia SC. Changes in pennation with joint angle and muscle torque: In vivo measurements in human brachialis muscle. *J Physiol.* 1995;484(Pt 2):523-532.
- Ito M, Kawakami Y, Ichinose Y, et al. Nonisometric behavior of fascicles during isometric contractions of a human muscle. *J Appl Physiol.* 1998;85(4):1230-1235.
- Jacobson JA. *Fundamentals of Musculoskeletal Ultrasound.* Saunders, 2008.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise: Foundation and techniques.* 4th ed. Philadelphia, F.A. Davis, 2002.
- Knight CA, Rutledge CR, Cox ME, et al. Effect of superficial heat, deep heat, and active exercise warm-up on the extensibility of the plantar flexors. *Phys Ther.* 2001;81(6):1206-1214.
- Koulouris G, Connell D. Hamstring muscle complex: An imaging review. *Radiographics.* 2005;25(3):571-586.
- Maganaris CN. Force-length characteristics of the in vivo human gastrocnemius muscle. *Clin Anat.* 2003;16(3):215-223.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, et al. Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(4):373-378.
- Mitchell FL. Elements of muscle energy techniques. In: Basmagian JV, Nyberg R, eds. *Rational Manual Therapies.* Baltimore, William & Wilkins, 1993.
- Morse CI, Degens H, Seynnes OR, et al. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. *J Physiol.* 2008;586(1):97-106.
- Narici MV, Binzoni T, Hiltbrand E, et al. In vivo human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contraction. *J Physiol.* 1996;496(Pt 1):287-297.
- Powers S, Howley ET. *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performances.* Med Sci Sports Exerc. 1995;27(3):466.
- Reeves ND, Narici MV. Behavior of human muscle fascicles during shortening and lengthening contractions in vivo. *J Appl Physiol.* 2004;95(3):1090-1096.
- Rubini EC, Costa AL, Gomes PS. The effects of stretching on strength performance. *Sports Med.* 2007;37(3):213-224.
- Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: Mechanisms and clinical implications. *Sports Med.* 2006;36(11):929-939.
- Sherrington CS. On plastic tonus and proprioceptive reflexes. *Quart J Exp Physiol.* 1909;2:109-156.
- Smith CA. The warm-up procedure: To stretch or not to stretch. A brief review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(1):12-17.
- Swank AM, Funk DC, Durham MP, et al. Adding weights to stretching exercise increases passive range of motion for healthy elderly. *J Strength Cond Res.* 2003;17(2):374-378.
- Youdas JW, Krause DA, Egan KS, et al. The effect of static stretching of the calf muscle-tendon unit on active ankle dorsiflexion range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(7):408-417.

논문접수일	2009년 12월 29일
논문게재승인일	2010년 3월 22일