

효과적인 스트레칭 방법의 연구 고찰

경희대학교 체육과학 대학원·전남과학대학 물리치료과

한 상 완·김 용 남

EFFICIENT STRETCHING METHODS : A Review

Han, Sang Wan, B.S., Kim, Yong Nam, MPH., R. P.T.

Dept. of Exercise Prescription, Graduate School, Kyung Hee University

Dept. of Physical Therapy, Chun Nam Techno College

— ABSTRACT —

The purpose of this study was to determine the efficient way of stretching technique from three methods, and of stretching duration and frequency.

Stretching is known to improve musculotendinous flexibility and joint suppleness, and employed in many warm-up routines during physical activities and athletic performances.

The benefits and the rationale of stretching have been reviewed.

Many authors agree that, for the best results, static stretching has to be held for approximately 30 sec. in a trial, three trials in a session, at least three times a week for four weeks.

Further clinical studies are required for elucidating more informations on this subject.

Key Words : Stretching, PNF, Static, Ballistic, Flexibility

차 례

I. 서론

II. 본론

1. 스트레칭의 효과
2. 스트레칭의 생리학적 기전
3. 스트레칭의 방법
4. 스트레칭의 지속시간 및 빈도

III. 요약 및 제언

1. 요약

2. 제언

I. 서론

스트레칭은 운동전 준비운동의 과정으로 중요하게 여겨지고 있으며 유연성의 증가와 운동 중 손상의 예방에 도움을 준다(Prentice, W. E, 1983 ; Shellock, F.G.등, 1986). 미

국 대학스포츠학회(ACSM, 1995)는 스트레칭 운동은 유산소 운동전, 후 준비운동이나 정리운동에 효율적이며, 근골격계의 손상 예방과 재활운동 프로그램에 포함시켜야 한다고 권장하고 있다. 그리고 다양한 스트레칭 방법은 운동선수, 무용가, 물리치료사등이 관절과 관절가동범위(Range Of Motion: ROM)의 유연성이 대단히 중요하다는 점을 인식하여 전문적인 스트레칭 운동 및 유연성 향상 훈련 방법을 개발, 발전되어왔다(Marjorie, A.M. 등, 1980).

Anderson과 Burke(1991)는 유연성이란 근육, 인대와 뼈에 의해 영향을 받는 관절의 이용 가능한 운동 범위를 말한다. 유연성은 두 가지로 나눌 수 있는데 하나는 관절의 유연성으로 관절 주변에 있는 결합조직을 변형시키기 위한 능력을 바탕으로 한 단일 관절에서 이용 가능한 운동범위를 말하며 또 다른 하나는 근육의 유연성으로 Zachazewski(1990)는 근육의 유연성의 정의를 "단일 관절(one joint) 또는 이중 관절(two joint)을 관절가동범위내에서 근육의 길이를 신장시키는 능력"과 근육의 유연성 결여는 "근육의 장애로 인하여 신장능력이 감소하는 것"으로 정의 하였으며 그 결과 관절에 대한 관절가동범위가 감소한다고 보고 하였으며, 일반적인 유연성은 관절의 유연성과 근육의 유연성을 더한 것이라 할 수 있다.

Vivian H.H(1991)는 유연성을 정적 유연성과 동적 유연성으로 분류하였는데 정적 유연성은 관절의 전체 가동범위의 수치이며, 동적 유연성은 관절의 움직임에 대항하는 힘 또는 우력(torque)의 수치이라고 정의 하였다. 두 종류의 유연성은 운동의 기술을 습득할때와 일상생활에 중요한 역할을 한다고 서술하였다. 관절의 운동 범위는 관절 면의 모양과 방향에 따라 달라지며, 관절운동 범위와 근육의 유연성 모두 인체 조직의 생리학적 특성과 신경생리학적 특성에 영향을 받는다(Curwin S, Stanish W, 1984; Ciullo j, Zarins B, 1983). Johns과 Wright(1962)는 관절이

가동하는 동안에 관절에 저항하는 연부조직(soft-tissue)구조의 비율을 연구하였다.(표 1) 관절낭, 건과 인대는 주로 콜라겐(collagen)으로 구성되어 있으며, 비 탄력성 결합조직이다. 근육과 근막은 탄력조직으로 구성되어 있다. 그러므로 동적 유연성의 증가와 관절가동에 저항하는 힘의 감소를 위해서는 중요한 역할을 한다.

표 1. 관절가동에 저항하는 연부조직의 비율

구 조	유연성에 대한 저항 (% of total)
관절낭(joint capsule)	47
근 육(muscle)	41
건 (tendon)	10
피 부(skin)	2

유연성 운동은 일반적으로 운동을 실시하기 전에 준비운동의 과정으로 실시한다. 준비운동은 모든 스포츠 활동에 틀림없이 필요하며 유연성의 증진에 꼭 필요하다. 준비운동은 결합조직과 근육, 건을 포함한 신체의 온도를 증가시켜 협응운동을 강화 시켜준다. Heiser 등(1984)은 불충분한 준비운동은 근육과 건에 염좌(Strain)를 가져다 준다고 발표하였다. Safran등(1988)에 의하면 등척성 운동을 하기전 준비운동을 시행한 근육과 시행하지않은 근육을 비교했을 때 준비운동을 시행한 근육에서 더 강한 장력에 견디며, 근육의 탄력성이 더 지속된다고 보고하였다. 다른 연구자에 의하면 수동적 준비운동을 시행해도 근육과 건의 유연성(Stricker T등 1990)과 관절의 유연성(Warren CG등 1976)이 증가 한다고 보고하였다. 많은 연구에서 준비운동의 중요성을 강조하고 있으며 Williford 등(1986)은 운동선수들을 대상으로 발목(ankle), 슬괵근(hamstring)과 체간(trunk), 어깨(shoulder)의 유연성 검사를 비교하였다. 연구 방법은 스트레칭과 조깅을 준비운동으로 한 그룹과 스트레칭만 시행한 그룹을 대상으로 비

교연구 했을 때 스트레칭만 시행한 그룹 보다 스트레칭과 조깅을 시행한 그룹에서 발목의 가동범위(ROM)가 유의한 증가를 보였으며, 체간(trunk)에서는 스트레칭만 한 그룹이 비교 그룹보다 유연성의 증가를 보였다. 신체 부위에 따른 다양한 변화를 연구결과 얻었고 무엇이 준비운동방법으로 최선의 방법인지 결론을 내리질 못했지만 두 방법 모두가 유연성 증가에 효과가 있다고 보고하였다. Hubley 등(1984)은 15분동안 정적 스트레칭 운동을 시행한 그룹과 고정 자전거를 이용해서 고관절 가동운동(ROM)을 한 그룹과 비교 했을 때 두 운동 사이에는 관절가동범위(ROM)의 유의한 차이를 보이지 않았고, 운동 후 15분에 다시 두 번째 검사를 시행 했을때에도 유연성이 유지되고 있다고 보고 하였다. 이 결과로 스트레칭과 고정 자전거 타기가 똑같은 고관절 가동범위를 증가시킬 수 있다. Wiktorsson-Moller M 등(1983)은 15분 동안 고정 자전거로 운동한 그룹과 6-15분 동안 고관절, 슬관절과 족관절에 마사지를 시행한 그룹, 마사지와 준비운동을 같이 시행한 그룹으로 나누어서 실험한 결과 관절가동범위(ROM)의 증가를 보였지만 세 그룹간에는 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 그 결과 연구자는 유연성을 증가시키는 최고의 방법은 스트레칭 운동이라고 제안 하였다.

유연성은 나이, 성별과 온도, 신체활동에 의해서 각 개인의 유연성에 변화가 있다. 나이가 들어감에 따라서 연부조직의 탄력성이 변화되면서 유연성이 감소되므로 근육의 노화를 늦추기 위해서는 유연성 운동을 실시해야한다.

성별로는 같은 나이의 여자와 남자의 유연성을 비교했을 때 여자가 남자보다 유연하다는 연구가 발표되었다(Fox & Atwood, 1955; Kirchner & Glines, 1957; Kraus & Hirschland, 1954). 이것은 남자들이 여자보다 전반적으로 근육이 더욱 발달되고 근육이 크기 때문이다. 신체활동의 부족은 유연성을 저하시키는 주된 원인이다. 활동적인 사람은 활동적

이지 못한 사람보다 유연하다는 연구가 발표되었다(McCue, 1953; Chapman, deVries, & Swezey, 1972; deVries, 1962; Hartley-O'Brien, 1980).

온도 역시 유연성에 영향을 준다. Wright 와 Johns(1960)은 관절을 따뜻하게 한 상태(113°F)에서는 관절가동범위가 20%가 증가하며, 관절을 차가운 상태(65°F)에서는 10-20%가 감소한다고 보고하였으며, 유연성 운동은 운동 전후에 적합하다고 제안 하였다.

본 연구에서는 스트레칭의 효율적인 방법과 스트레칭의 지속시간과 빈도를 선행연구들을 고찰하여 유연성을 가장 효율적으로 증가시키는 방법을 찾고자 한다.

II. 본 론

1. 스트레칭의 효과

많은 연구자들은 스트레칭운동을 시행해서 유연성을 증진시킨다며 근육과 건에서 일어나는 손상을 최소화 하며 근육통이 완화된다고 보고했다(Anderson B, Burke ER, 1991; Agre JC, 1985; de Vries, 1962; Ekstrand j, Gillquist j, 1983; Glick JM, 1980; Hubley CL, Kozey JW, 1984). 또 스트레칭운동은 손상의 예방(Zachazewski JE, 1989; Hubley CL, Kozey JW, 1984; Ekstrand J, Gillquist J, 1983; Schultz P, 1979; Glick JM, 1980)과 정상적인 근육의 기능에 중요한 역할을 한다고 많은 연구자들은 주장해 왔다. 스트레칭은 관절주위의 결합조직이 신장되며(Jacobson G, Speechley E 1990), 운동수행 능력의 강화(Anderson B, Burke ER, 1991; Beaulieu JE, 1981; Worrell TW, Smith TL, 1994; Corbin CB, Noble L, 1980; Schultz P, 1979; Williford HN, East JB, Smith FH, 1986), 근골격계의 손상후의 재활에 도움을 준다(Anderson B, Berke ER, 1991; Beaulieu JE, 1981; Agre JC, 1985; Worrell TW, Smith TL, 1994).

Millar(1987)는 비복근(Calf muscle)에 손상을 입은 환자를 대상으로 세그룹으로 분류하여 통증 경감을 위한 전기자극치료 그룹, 근력강화 그룹과 스트레칭을 규칙적으로 시행한 그룹을 비교했을 때 규칙적으로 스트레칭을 시행한 그룹에서 재 발생율이 오로지 1%만이 발생하였다는 보고를 하였다. 운동 선수들을 대상으로 스트레칭 프로그램을 적용 했을 때 근골격계 손상의 발생이 감소했다는 연구도 있다(Ekstrand J, Gillquist J, Liljedahl S-S, 1983; Millar AP, 1976). Ekstrand 등(1983)의 연구에 의하면 축구선수들을 대상으로 준비운동을 20분동안 시행하면서 10분동안 스트레칭을 한 그룹과 시행하지 않은 그룹과의 손상비율을 비교했을 때 스트레칭을 시행한 그룹에서 25%의 손상의 감소를 보였다고 보고 하였다. 그러나 운동전의 준비운동이 운동중 발생하는 손상에 아무런 도움을 주지 않는다는 견해를 가지고 있는 학자들도 있다(Benjamin B, Roth P, 1979; Fixx J, 1980; Osler T, 1978). Knapic 등(1991)은 여자 운동선수들을 대상으로 고관절(Hip Joint)의 신전(extensor)이 정상적인 관절가동범위(ROM)보다 15% 정도 관절가동을 더 할 수 있는 사람과 정상범위보다 15% 미치지 못하는 사람과 비교했을 때 관절가동을 더 할 수 있는 사람이 손상입을 가능성이 2.6배 높다고 보고하였다. 관절가동범위가 클 때 손상 받을 확률이 높다고 보고하였다. 이 결과에 의하면 신체의 유연성의 불균형은 운동 손상을 가져올 경향이 있다고 추론할 수 있으며, 이 점에서 흥미있는 것은 유연성이 좋은 쪽이 손상을 많이 입을 가능성이 있다고 할 수 있다.

유연성의 불균형(Knapic JJ, 등 1991) 또는 유연성의 감소는 운동중 심각한 손상을 동반하며(Ekstrand J, Gillquist J, 1982) 스트레칭에 의해서 유연성이 충분할 때 최상의 운동수행에 도움을 주었다고 보고하였다. Wadsworth 등(1972)은 유연성이 결여된 결과로 인하여 운동의 효율성이 감소된다고 보고 하였다. Godges 등(1989)은 두가지 고관절 스트레칭 방법(정적 스트레칭 그룹과 PNF 스트

레칭과 연부조직(soft tissue)에 가동성(mobilization)을 같이 시행한 그룹을 대상으로 보행 분석을 비교 평가 했을 때 이 결과 두 가지 방법 모두 최대 산소섭취량(Vo_2 max)의 60%정도에서 보행의 효율성이 증가 되었으며, 정적 스트레칭이 최대 산소섭취량(Vo_2 max)의 40%에서 80%사이에서 보다 효율적인 보행이 나타났다고 보고하였다. 연구자는 고관절의 관절가동범위(ROM)증가에 의하여 효율적인 보행을 할 수 있다고 설명하고 있다. 이 이론은 Cureton(1933)이 주장하 것과 일치하다. Cureton(1933)은 1932년 올림픽게임에서 유연성이 뛰어난 선수가 좋은 성적을 거두었다고 보고 하였다. Anderson(1990)은 스트레칭운동은 관절운동범위 증진에 큰 효과가 있으며 정신적 신체적으로 이완을 시키고 근파열 등의 손상을 방지할 수 있으며 협응을 돕고 신체지각을 증진시키고 혈액 순환이 좋아지고 유연성이 증가하는 잇점이 있다고 발표하였다. De Vries(1961)의 연구에 의하면 스트레칭을 시행한후 유연성이 증가된 상태에서 100m 달리기 선수가 달리는 동안에 소비되는 에너지 또는 운동의 효율성에는 효과가 없다고 주장 하였으며, Gleim(1990)등은 유연성이 떨어진 사람과 유연성이 높은 사람을 대상으로 스트레칭의 영향으로 유연성이 증가한 상태에서의 효율적인 운동에 대하여 비교했는데 유연성이 높은 그룹이 유연성이 떨어진 그룹보다 트레드밀(treadmill)에서 운동을 할 때 산소 섭취량이 좋았다고 보고하였다.

스트레칭은 지연성 근육통(Delay Onset Muscle Soreness; DOMS)과 동반되는 증상을 경감시켜 주는 것으로 나타났다(Prentice WE, 1982). 이 연구에서 지연성 근육통을 온열치료와정적 스트레칭, PNF 스트레칭을 시행한 그룹과 냉치료와 정적 스트레칭, PNF 스트레칭을 시행한 그룹을 비교한 결과 냉치료와 함께 정적 스트레칭을 시행한 그룹이 정적 스트레칭과 PNF스트레칭을 온열 치료와 함께 시행한 그룹과 PNF 스트레칭과

냉치료를 한 그룹보다 더욱 효과가 있다고 보고하였다. 다른 연구에서는 냉치료를 단독으로 지연성 근육통(DOMS)을 치료한 결과 증상을 호전시키지는 못하였다.(Yackzan L 등, 1984) 그러므로 이 연구자는 근육통을 경감시키기 위해서는 스트레칭이 필요하다고 제안하였다.

2. 스트레칭의 생리학적 기전

신장운동을 제한할 수 있는 조직은 관절낭, 근육, 인대, 건, 결합조직등이 있으며, 이들 각 조직들은 유연성과 스트레칭의 능력에 영향을 주는 독특한 특성을 가지고 있다. 이 중에서도 관절낭과 근육의 유연성 결여는 많은 문제점을 가져다 주고 있다. 과신장을 방지하고 관절의 위치 등에 대한 정보를 중추신경계로 전달하는 매우 예민한 수용체 조직은 근방추(muscle spindle)와 골지건 기관(Golgi tendon organ : GTO)등이 있다.

근방추에는 방추내 섬유(intrafusal muscle fibers)와 방추외 섬유(extrafusal muscle fibers)가 붙어있으며 근육이 스트레칭될때 근육내 방추내외 섬유가 모두 잡아 당겨지면서 근방추내의 수용체(receptor)가 작용한다. 이 수용체(receptor)는 근육의 스트레칭 속도와 강도를 인지하고 근육내의 길이 변화를 감지하며, (Beaulieu JA 1981; Bandy WB, Iron JM 1994; Zachazewski JE 1990) 동적운동시 신장반사를 조절한다.

골지건 기관(Golgi tendon organ : GTO)은 근육내에 있는 방추외 섬유의 끝부분에 위치하고 있으며 수동적 신장이나 능동적 근수축에 의해 유발된 근긴장에 매우 예민하다. 골지건 기관은 근육의 과도한 수축과 신장반사(stretch reflex)에 의하여 과신장을 예방한다. 과도한 장력이 근육내에서 발생할 때에는 골지건 기관은 활성화하여 척수내의 α 운동 뉴우런을 억제시키고 근육내의 장력을 감소시킨다.

근육의 스트레칭에 대한 신경 생리학적 반응은 근육을 빨리 스트레칭시키면 근방추가 수축하여 구심성 섬유를 자극하게 되고 반사적으로 방추의 섬유를 점화시켜 근육내 긴장도를 높게 된다. 이것을 단연접 신장반사(monosynaptic stretch reflex)라 부른다. 너무 빠른 속도에서 시행하는 스트레칭 방법은 실제로 스트레칭되는 근육내의 긴장(tension)을 증가시키며, 느린 속도에서의 스트레칭은 골지건 기관이 작동하여 근긴장을 억제시킴으로써 근육의 탄력성 조직(근절)의 활동을 허용하여 근육길어지게 한다.

최근에는 신장반응(response to stretch)에 의하여 근육과 건에 점탄성(viscoelastically)이 작용한다고 제시하고 있다.(Taylor DC 등 1990) 탄력성이란 근육에 부여되는 강도(load)에따른 근육의 길이 변화이며, 점도(Viscous properties)는 시간과 비율에 따라 변화되는데 점도의 변형율은 주어진 힘에 따라 변화한다. 연구자는 근육과 건의 유연성은 근육의 점탄성 성질에 의해서 발생한다고 제안하였다.

근육의 유연성 증가는 역 신장반사(inverse stretch reflex)또는 근육 본래의 점탄성(Taylor DC 등 1990)과 근육과 건의 긴장 감소(Schultz P 1979; Taylor DC 등 1985)에 의하여 증가하는 것으로 보인다. 스트레칭에 의한 직접적인 근육의 길이 증가는 대부분 일시적이며 근섬유분절(Sarcomeric)에 의한 것으로 알 수 있다.(Garrett WE jr 등 1984) 스트레칭에 의한 수축된 근육에 물리적인 손상을 가하면 속근(fast-twitch fibers)이 지근(slow-twitch fibers)에 비해 더욱 손상을 입는다(Stiff MC, 1988). 이것은 지근이 상대적으로 많은 근육이 속근이 많은 근육보다 탄성이 높다고 암시할 수 있다. 속근이 많이 구성된 근육은 손상을 입을 확률이 높은 것으로 생각되어진다(Garrett WE Jr 등 1984). 그러므로 주로 속근을 이용하는 운동하는 선수들 또는 높은 강도로 운동을 하는 선수들(단거리 육상선수, 역도선수 등)은 지근을 이용하는 선수들

또는 지구력을 요하는 선수들(장거리 육상선수 등)보다 스트레칭을 자주 해주는 것이 좋을 것이다(Noakes TD, 1987). 왜냐하면, 지근의 탄성이 스트레칭에 더욱 유연적으로 반응하기 때문이다.

3. 스트레칭의 방법

스트레칭 방법은 크게 동적(ballistic), 정적(static)과 고유수용성 신경근 촉진 신장(PNF)방법으로 나눌수 있으며, 스트레칭을 통해 유연성을 증진시키기 위하여 근육과 건이 최대로 순응할 수 있어야하며, 최대의 효과를 얻기 위해서는 가장 좋은 스트레칭 방법을 선택하여야 한다(Zachazewski, 1990). 연구자들은 스트레칭의 3가지 방법 모두가 ROM을 증진시키는 효과가 있다고 보고하였다(De Vries, 1962; Hartley-O'Brien, 1980; Holt, Travis, & Okita, 1970; Logan & Egstrom, 1961).

PNF 스트레칭 방법은 Kabat(1958)의 고유수용성 신경근 촉진(PNF: Proprioceptive Neuromuscular Facilitation) 이론을 기초로 Knott와 Voss등(1968)이 발표했으며 이 방법의 개념은 근육에 스트레칭을 적용했을 때 반사의 억제와 촉진의 개념이며, 치료사 또는 보조자가 필요하며 능동운동과 수동신장운동을 조합해서 운동을 해야한다. 이 방법은 근육과 건의 유연성 증진에 다른방법보다 안전하고 효과적이다. Voss등(1985)은 PNF 스트레칭을 다음과같이 정의했다 "고유의 자극을 통하여 신경근육기전의 반응을 촉진 또는 증진시키는 것" PNF 방법은 근육을 등척성 수축, 수동적 또는 능동적으로 근육의 길이를 신장 시켜주는것도 포함된다.

PNF의 보편적인 스트레칭 방법은 수축-이완(Contract-Relax: CR) 방법과 수축-이완-주동근 수축(contract-relax-agonist-contract: CRAC)방법이 있다 (Etnyre, Abraham, 1986). 이러한 방법들은 근육의 신장과 수축에 모두 민감하게 반응하는 건방추의 상호억제 원리를 이용하는 것이다(Voss, Ionta, Myers, 1968).

CR 방법은 3단계로 이루어져 있는데 첫 번

째 단계는 정적 스트레칭을 하여 근육을 팽팽하게 한 뒤 그 자세를 그대로 유지한 상태로 등척성 수축을 하고 마지막 단계에서는 이완된 상태에서 수동적인 스트레칭을 하는 방법이다. 또 CRAC 방법은 해부학적 길항근이 마지막 스트레칭을 시행하는 동안에 수축된다는 것을 제외하고는 CR 방법과 유사하다. PNF 스트레칭 방법은 근육이완과 운동범위의 증진(Ostering, 1987)과 근육과 관절 주위 결합 조직의 안정시 길이(resting length)를 증가시키며, 근육의 통증감소 등의 효과가 있다(Etnyre, 1986).

동적 스트레칭은 근육을 늘어나게 한 자세에서 반동(bouncing movement)을 이용 반복 운동을 시행하는 것으로서 이 방법은 근 긴장이 발생하여 근육이 늘어날 수 있는 범위를 오히려 축소시키며(Beaulieu JE, 1981; Ciullo JV, Zarins B 1983; Zachazewski, Reischl, 1986), 손상의 위험이 증가한다(Noakes TD 1987; Noakes TD, Granger S 1990). 동적 스트레칭은 문헌상으로 광범위하게 지지되고 있지 않다.

정적 스트레칭은 스트레칭을 천천히 6-60초 정도 유지하며(Beaulieu JE 1981; Peterson L, Renstrom P 1986; Sady SP 등 1982), 근 긴장을 천천히 진행시켜 신장반사를 억제하여 근육의 이완시키며 지속적으로 신장시키는 방법으로 스트레칭 운동에 적합하며(Beaulieu JE 1981; Noakes TD 1987), 유연성이 증가한다(Beaulieu JE 1981). 이 방법은 손상위험을 최소화 하며 다른 신장 방법보다 안전하고 효과가 있다(Beaulieu JE 1981; De Vries HA 1961; Noakes TD 1987). 미국 대학스포츠의 학회의 가이드라인에서는 보통 10-30초 동안 근육부위를 신장시키며 약간의 고통이 느껴지도록 스트레칭을 시행하는 것을 권장하고 있다(ACSM 1995). De Vries(1962)는 정적 스트레칭이 동적 스트레칭보다 근조직의 파열 위험성이 적으며, 운동에 요구되는 에너지가 적으며, 동적 스트레칭은 근육통을 유발시키지만 정적 스트레칭은 근육통을 경감시켜주기 때문에 동적 스

트레이닝 보다 정적 스트레칭을 권장하였다. 정적 스트레칭은 근방추의 구심성 섬유 자극을 최소화하고 건방추의 영향을 최대화시키는 장점이 있다. 스트레칭 운동 방법은 개개인에 따라 알맞게 이루어져야 한다. 즉 운동 선수들에게 치료사가 지시하는 스트레칭 방법과 좌식 생활자나 운동 기능 부진으로 고통받는 노인 환자에 대한 프로그램 제시는 매우 다르다. 예를들어 동적 스트레칭 운동은 일반적으로 좌식 생활을 하는 사람이나 노인들에게는 적합하지 않지만 운동선수들에게는 훈련에 없어서는 안될 중요한 역할을 한다.

여러 가지 방법으로 스트레칭을 할 때에는 정적 스트레칭이 가장 먼저 수행되어야 한다. 정적 스트레칭에 대한 동적 스트레칭 비율은 운동선수의 건강 정도에 따라 증가되어야 한다 (Schultz, 1979). 만일 동적 스트레칭을 시행해야 된다면 정적 스트레칭이 선행되어야 할 것이며, 정적 스트레칭의 운동 범위보다 적은 범위로 국한되어야 할 것이다 (Klafs OE, Arnheim, 1980).

동적 스트레칭은 운동 선수들에게 가동범위가 제한 되었을 때 동적 유연성을 증진시키기 위해 실시되는 것이다. 따라서 이 스트레칭이 실시될 때에는 그 강도를 점진적으로 증가시켜야 한다. 운동선수는 신진 범위를 통제하는 것부터 시뮬레이션까지 느린 속도의 운동에서 빠른 속도의 기능적 운동까지 진전시켜야 한다. 따라서 정적 스트레칭 이후에 느리고 짧은 제한 범위의 동적 스트레칭이 이루어져야 한다. 또한 사람마다 적용속도와 운동 범위가 각각 다르기는 하지만 느리고 전 범위에 걸쳐 스트

레칭을 먼저 실시하고 빠르고 제한된 부분에 대한 스트레칭, 그리고 마지막 단계에서 빠르고 전 범위에 해당하는 스트레칭으로 진전시킨다. 좌식 생활을 하는 사람과 노인들은 일상생활 자체가 빠른 운동이 아니기 때문에 운동선수에게 요구되는 큰 각도의 동적 유연성은 필요치 않다. 따라서 환자들의 경우에는 오히려 정적 스트레칭이 더 적합하다. (Zachazewski, 1990)

Sady등(1982)은 정적 스트레칭, 동적 스트레칭, PNF 스트레칭 방법을 비교 했을 때 PNF방법만이 유연성의 유의한 증가를 보였다고 보고하였다. 그러나 Godges등(1989)은 고관절의 유연성을 증진시키기 위하여 PNF 스트레칭과 염부조직의 가동성(mobilization)을 같이 적용한 그룹과 정적 스트레칭그룹과 서로 비교 했을 때 유연성의 유의한 증가를 보여 주지는 못하였다고 보고하였다. Starring 등(1988)은 고정 자전거를 타고 운동한 그룹과 정적 스트레칭을 시행한 그룹간의 고관절 굴곡의 유연성을 비교 했는데 통계학적인 유의성이 없다고 보고하였다.

Moore 와 Hutton(1980)은 근전도(electromyography)를 이용하여 정적 스트레칭과 PNF 스트레칭 운동을 비교하였다. PNF 스트레칭은 피검자가 충분한 운동시간과 동기부여를 경험했을 때 최고의 유연성 증가를 보였으며, 정적 스트레칭은 피검자가 불완전한 상태와 제한된 트레이닝 상태일 때 시행하는 것이 바람직한 방법이라고 보고하였다. 이 연구에 의하면 여러 가지 스트레칭 방법 중에

CRAC 방법이 가장 불편한 방법으로 나타났다.

PNF 스트레칭 방법중 CR 방법과 CRAC 방법을 비교했을 때 CRAC 방법이 더욱 효과적이다. Louis 등(1990)은 PNF 스트레칭 방법중 CR방법과 CRAC방법, SR(stretch-relax)방법으로 무릎관절(knee joint)의 가동범위(ROM)와 근전도 검사(EMG)를 비교 연구했다. 이 연구에서 CRAC 방법이 다른 두가지 방법보다 무릎의 ROM이 9-13% 증가를 보였고, 근전도 검사에서는 89-110%의 활동을 보였다. 유연성 증가를 위한 스트레칭 방법을 서로 비교연구에서 정적 스트레칭이나 동적 스트레칭보다 PNF 스트레칭 방법이 더 효과적이라고 보고하였다(Cornelius, 1984; Wiktorsson M,1983). Wallin등은(1985) 고관절 내전(hip adductors) 및 신전(extensors)과 발목(ankle joint)의 저축굴곡(plantar flexors)의 유연성을 증가시키기 위하여 PNF

스트레칭과 동적 스트레칭 운동을 시켜 비교했는데 PNF 스트레칭 방법에서는 11-25%의 증가를 보였으며, 동적 스트레칭에서는 3-7% 증가를 보였다고 보고하였다. Michael 등(1992)은 골반위치에 따른 스트레칭의 방법이 슬괵근(hamstring)의 유연성에 미치는 효과에 대해 연구를 했다. 이 연구에서는 스트레칭 방법은 정적 스트레칭과 PNF 스트레칭 방법(CRAC)으로 비교 분석 하였으며, 골반 자세는 전방골반경사(Anterior Pelvic Tilting; APT)와 후방골반경사(Posterior Pelvic Tilting; PPT)상태에서 스트레칭 방법을 실행한 결과 골반 자세에 의해 검사간에 유의성이 있는 것으로 나타났다으며, 두 가지의 스트레칭 방법사이에는 유의성이 없다고 보고하였다.

표-2는 스트레칭 방법에 따른 장점과 단점을 요약한 것이다.

Holt(1970)의 연구에서는 정적 스트레칭 방

표 2. 스트레칭 방법의 비교

요 인	동적	정적	PNF
상해위험(Risk of injury)	높음	낮음	보통
동통의 정도(Degree of Pain)	보통	낮음	높음
스트레칭에 대한 저항(Resistance to stretch)	높음	낮음	보통
실용성(Practicality)	좋음	뛰어남	나쁨
효율성(Efficiency)	나쁨	뛰어남	좋음
ROM증가의 효과(Effectiveness for increasing ROM)	좋음	좋음	좋음

법에 비해 CRAC 방법이 더 큰 효과가 있다고 보고했다. 그러나 대조적으로 Tanigawa (1972)의 연구에서는 CR 방법과 정적 스트레칭 방법 사이에는 유의한 차이가 없었다. Holt와 Smith(1983)에 의한 연구에서는 CR 방법과 정적 스트레칭 방법 간에는 유의한 차이가 없었고, CRAC 방법은 정적 스트레칭 방법에 비해 유의한 효과가 있는 것으로 나타났다. Etnyre 와 Abraham(1986)은 발목관절의 유연성을 증가 시키기 위해서 정적 스

트레칭과 PNF 스트레칭 방법을 비교한 연구 결과 정적 스트레칭은 유의하게 증가하지 않았으며, CRAC 방법이 CR 방법보다 효과적이고, CR 방법이 정적 스트레칭 방법 보다 효과적이라고 보고하였다.

4. 스트레칭의 지속시간 및 빈도

스트레칭을 실시할 때 방법의 선택을 각 개인의 특성에 맞게 선택을 해야하며, 강도 및

지속시간 및 빈도를 신중하게 결정을 해야한다. 많은 연구에서는 스트레칭 강도에 대한 관점은 일치한다. 그러나 지속시간과 빈도에 대한 관점은 여러 학자들마다 다른 의견을 제시하고있다.

스트레칭을 실시 할 때의 강도는 자기 자신이 느낄 때 통증이 발생하기전(below the pain threshold) 까지 실시해야한다.

스트레칭의 지속시간에 대해 몇몇 연구자들은 적절한 유지시간을 제안했지만 그러나 최적의 시간과 객관적인 데이터를 제시하지를 않았다. Beaulieu(1981)는 발전적인 스트레칭 프로그램은 근육을 천천히, 부드럽게, 최대한 통증이 없을 때 까지 신장 시켜야 하며 주관적인 근육의 감각을 느끼며, 스트레칭 지속시간은 최대한 30초에서 60초 까지 실시해야 된다고 주장했다. Beaulieu는 30초보다 적게 유지하면 근육이 이완되어 스트레칭의 최대효과를 볼수없다고 주장했다.

Taylor 등(1990)은 동물의 건(tendons)을 이용해서 스트레칭을 시작한지 18초 후에 나타나는 근긴장의 이완이 스트레칭 시작한지 12-18초 사이의 긴장의 이완보다 적었다. 그러므로 연구자들은 건과 근육이 최대한으로 늘어나는 시간이 있을 것이라고 추정을 했다. 그러나 명확한 시간을 제시하지 못했으며, 단지 긴 시간 동안 스트레칭을 시행한다고해서 근육과 건이 많이 늘어나는 것은 아니라고 제의하였다.

근육의 유연성을 증가시키기 위한 적절한 방법을 많은 연구자들이 시도했으며 대부분의 연구는 무작위로 시간을 결정했다. Hardy와 Jones(1986)는 서로 다른 스트레칭 방법(정적, 동적, PNF)으로 비교했으며 지속시간은 6초를 선택하였다. Etnyre와 Lee(1988)는 세 가지 스트레칭 방법을 이용하여 슬관절의 ROM의 변화를 비교하였다. 이때 지속시간은 9초를 설정했으며 그 결과 정적 스트레칭 방법이 ROM의 증가를 보였다고 보고하였다. Gajdosik(1991)는 슬괘근(hamstring)을 정적 스트레칭 방법으로 15초동안 천천히 움직

여주는 방법을 제안 했으며, 이 실험에서 다리 직거상(SLR)검사에 의해 슬괘근의 유연성이 증가 했다고 보고했다. Raab(1988)등은 나이 든 여자를 대상으로 슬괘근(hamstring)의 유연성을 증가시키기 위해서 능동과 수동 스트레칭의 방법으로 실험한 결과 적어도 20초 정도 유지 해야하며 다른 운동 프로그램과 조화해서 시행하면 ROM이 더욱 증가했다고 보고하였다.

Madding 등 (1987)은 고관절 외전(hip abduction)을 수동적 스트레칭으로 관절가동범위(ROM)을 증가 시키기 위하여 지속시간을 15초, 45초, 120초 유지시킨 그룹사이를 비교한 결과 세 그룹 모두 외전근의 근력이 유의성 있게 감소 했으며, ROM은 유의성 있게 증가 했다고 보고 하였다. 그들은 피검자의 인원이 적어 통계적으로 어려움이 있었으며, 스트레칭 지속시간을 15초가 45초 또는 120초 보다 효과가 있다고 결론을 내렸다. Wilkinson's (1992)도 지속시간은 15초 유지하는 것이 효과적이라고 동의 하였다. Hollis(1982)와 Vesco(1990)는 최소한 6초 이상 15-30초 동안 지속하는 것이 바람직하다고 보고 하였다. Godges(1989)와 Hanten 등(1994)은 건강인을 대상으로 고관절 외전근(abduction)에 같은 강도로 15초, 45초, 120초간 스트레칭을 적용하였다. 그 결과 15초 지속과 120초 지속 시간과 유의한 차이가 없었다고 보고 하였다. Bandy와 Irion(1994)은 슬관절(Knee joint) 굴괘근의 정적 스트레칭시 가정 효율적인 스트레칭 시간에 대한 연구를 한 바 있다. 이 연구에서는 15초, 30초, 60초로 하루에 1회, 주3회 실시하여 6주간 트레이닝 시킨 결과 30초와 60초 스트레칭이 15초 스트레칭 보다 슬관절 굴괘근의 유연성 증진에 효과가 있었으며, 30초 동안 스트레칭 하는 것은 60초 동안 스트레칭 했을 때와 비교하여 유의한 차이가 없었다. 그래서 연구자들은 운동의 효율적인 면에서 30초 동안 지속시키는 것을 권장 하였다.

Holt(1974)와 Mcttee(1993)는 PNF 스트레칭 방법은 주동근을 6초간 능동적으로 등척성 수축을 하고 주동근을 이완시키면서 길항근을 6-10초 동안 적은 장력으로 수동적으로 수축시킨다. 이때 1회 시행마다 3-4회 반복하여 실시하는 것이 좋으며 일주일에 적어도 1회는 휴식을 가져야 한다고 주장하였다. Heyward(1991)는 PNF 스트레칭 방법은 주동근을 7-8초간 등척성 수축을 하고 2-5초 이완 시간을 갖고 길항근을 7-8초간 천천히, 수동적으로 수축시키며, 4-6회 실시할 것을 추천하고 있다.

Heyward(1991)는 스트레칭 빈도를 2-6회 정도, 1주일에 3일을 지속시간을 10-60초를 권장하고 있으며, 유연성이 증가되기 위해서는 적어도 4주동안 운동을 시행해야한다고 주장했다. Warren 등(1971)은 쥐 꼬리를 이용 스트레칭의 효과를 연구하였다. 그들은 저장도로 장시간 스트레칭을 시행한 그룹이 고강도로 짧은 시간 스트레칭을 시행한 그룹보다 쥐꼬리가 늘어났다고 보고하였다. 그러나 이 실험은 실제로 인체에 적용하기는 힘들다고 제안하였다. Worrell 등(1994)은 슬괵근의 유연성과 근력의 상관성을 연구하면서 정적 스트레칭 운동을 빈도를 4회 반복, 지속시간을 15-20초를 시행했으며, PNF 스트레칭은 4회 반복, 각 5초를 유지시킨 결과 PNF 스트레칭과 정적 스트레칭 방법은 유의성이 없다고 보고하였다.

스트레칭 기간의 문제는 유연성 프로그램에 있어 어떠한 변화가 일어나기 위해 최소한도로 필요한 시간을 기록한 연구는 아직 없으며, 반응시간은 개인차가 있다는 사실이 임상 실험을 통해 받아 들여졌다. 한편 유연성이 증진되었다면 유지되어야 할 것이다. 그러나 유연성 프로그램을 중지한 후 얼마나 오랫동안 증가된 근육의 유연성이 지속될 것인가에 대해서는 뚜렷한 연구가 없으며, Zebas와 Rivera(1985)의 실험을 통하여 통계적으로 근육의 유연성 손실은 프로그램 중지 2주 후에 나타났다. 그 이후의 완전한 손실은 4주 후에 되는데 비록

유연성이 손실 되더라도 스트레칭 훈련을 시작하기 이전보다는 많이 유지된다고 보고되고 있다. 유연성 운동은 일주일에 적어도 3일을 시행해야 유연성이 증진되며 유연성을 유지하려면 적어도 일주일에 1회 실시해야 한다 (Wallin 등, 1985)

Taylor 등(1990)은 토끼의 장지신근 (Extensor digitorum longus)와 전경골근 (Tibia anterior) 의 근육과 건을 이용 스트레칭을 1-4번 반복했을 때 근육과 건의 길이 변화는 유의성 없이 길이가 늘어났다고 보고하였다. Wiktorsson-Moller 등(1983)은 스트레칭을 5-6번 반복 했을 때 고관절, 슬관절, 발목관절의 ROM이 증가한다고 제안하였다. Bandy 등(1997)의 최근의 연구에서는 정적 스트레칭 방법을 이용해서 시간과 빈도가 슬괵근 유연성에 미치는 효과에 대한 연구에서 피검자를 5그룹으로 분류(30초 3회, 30초 1회, 60초 3회, 60초 1회, 대조그룹)해서 실험한 결과 슬괵근을 스트레칭의 지속시간 30초 그룹과 60초 그룹과 반복을 하루에 1회 실시한 그룹과 3회 실시한 그룹 사이에는 유의성이 없다고 보고하였다. 이 연구자는 개인적으로 손상감과 운동 수행능력을 강화하고자 하는 사람과 재활 프로그램으로 정적 스트레칭이 임상에서 치료와 함께 이용될수 있다고 제안하였다.

III. 요약 및 제언

1. 요약

많은 연구자들이 스트레칭 운동에 대한 연구를 다양하게 시도했었다. 다음은 많은 연구자들이 제시한 스트레칭 운동의 기본적인 방법을 제외한다.

- 1) 운동종목에 알맞는 스트레칭 프로그램과 개인별에 따른 스트레칭 방법을 적용해야 한다
- 2) 스트레칭 프로그램은 운동전 준비운동 일부분에 포함되어야 하며, 이것은 조직의

유연성을 증가시킨다.

- 3) 정적 스트레칭과 PNF 스트레칭을 권장하고 있으며, 동적 스트레칭은 권장하지 않고 있다.
- 4) 통증을 느낄 만큼의 과신장(overstretching)을 피하고 주관적으로 통증을 견딜수 있을 만큼 천천히 신장시킨다.
- 5) 스트레칭의 지속시간은 15-30초를 유지한다.
- 6) 스트레칭 시키는 각각의 근육군을 3-5번 반복한다.
- 7) 유연성 증진을 위해서는 적어도 4주 이상 스트레칭 프로그램을 시행한다.
- 8) 항상 스트레칭을 실시할 때 주동근과 길항근을 교대로 실시한다.

2. 제 언

스트레칭은 근육과 건의 유연성과 관절의 유연성 증가에 매우 중요한 역할을 한다. 대부분의 연구자는 정적 스트레칭 방법과 PNF 스트레칭 방법을 권장하고 있다. 그러나 PNF 스트레칭 방법은 유연성 증가의 효과는 좋으나 훈련된 치료사나 운동지도자가 직접 가르쳐야 하며, 운동하는 사람의 높은 동기부여가 필요하며, 대부분의 경우 보조자가 있어야하며, 잘못된 방법으로 시행할 경우 상해를 입을수 있고 운동하기가 복잡하며 임상에서 자주 이용할수 없다. 그래서 미국 대학스포츠의학회(ACSM)는 상해의 위험이 낮고, 시간 소요와 에너지 소비가 적으며, 조직 손상이 거의없고 일반인들에게 재활훈련의 한 방법으로 이용할수 있는 정적스트레칭을 적극 권장하고 있다.

스트레칭을 시행하면 지속시간에 관계없이 유연성을 증진되지만 보다 더 나은 효과를 나타내기 위해서는 지속시간과 반복회수에 대한 명확한 설정이 필요하다.

스트레칭의 최적의 지속시간과 반복회수에 대한 많은 연구자들의 의견이 있으나 지속시간은

일반적으로 15초에서 30초사이를 유지하는 것이 가장 효과적이지만 Bandy등(1997)의 연구 결과에 본 연구자는 동의하여 15초 보다는 지속시간을 30초유지 하는 것이 스트레칭의 최대 효과를 얻을수 있을 것이다.

반복회수는 1-5회의 반복이 효과적이지만 적어도 3회 이상 실시 하는 것이 최대의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

앞으로 지속적인 임상 연구와 스트레칭지속 시간과 각 관절의 스트레칭 방법에 따른 효과에 대해 더 많은 연구가 필요할 것이다.

REFERENCES

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICE: ACSM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Williams & Wilkins, A Waverly Co, PHILADELPHIA, 5th ed, p.170-172, 1995.
- Agre JC: Hamstring injuries, Proposed etiological factors prevention and treatment, Sports Med, 2:21-33, 1985.
- Anderson B: Stretching, London: Pelham Books, 1988.
- Anderson B, Burke ER: Scientific, medical and practical aspects of stretching, Clin Sports Med, 10:63-86, 1991.
- Anderson R: Stretching, Fullerton, CA, Shelter, 1980.
- Bandy WD, Irion JM: The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscle. Phys Ther 74:845-852, 1994.
- Bandy WD, Irion JM, Briggler M: The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. Phys Ther 77:1090-1096, 1997.

- Beaulieu JE: Developing a stretching program. *Phys Sportsmed* 9:59-69, 1981.
- Benjamin B, Roth P: Warm-up versus stretching. *Running Times* 34:15-21, 1979.
- Bohannon RW: Effect of repeated eight-minute loading on the angle of straight-leg-raising. *Phys Ther* 64:491-497, 1984.
- Chapman EA, DeVries HA, Swezey R: Joint Stiffness: Effects of exercise on young and old men. *Journal of Gerontology*, 27:218-221, 1972.
- Ciullo JV, Zarins B: Biomechanics of the musculotendinous unit: Relation to athletic performance and injury. *Clin Sports Med* 2(1):71-86, 1983.
- Corbin CB, Noble L: Flexibility: A major component of physical fitness. *J Phys Educ* 51:23-60, 1980.
- Cornelius W, Jackson A: The effects of cryotherapy and PNF on hip extensor flexibility. *Athlet Training* 19:183-184, 1984.
- Cureton TK Jr: Observations and tests of swimmers at the 1932 Olympic games. *J Phys Educ* 30:125-130, 1933.
- Curwin S, Stanish W: Tendinitis: It's etiology and treatment. Lexington, Mass: Collamore Press 1-67, 1984.
- DeVries HA: Prevention of muscular distress after exercise. *Res Q Exerc Sport* 32:177-185, 1961.
- DeVries HA: Evaluation of static stretching procedures for improvement of flexibility.
- Ekstrand J, Gillquist J: The avoid ability of soccer injuries. *Int J Sports Med* 4: 1124-1128, 1983.
- Ekstrand J, Gillquist J: The frequency of muscle tightness and injury in soccer players. *Am J Sports Med* 10:75-78, 1982.
- Ekstrand J, Gillquist J, Liljedahl S-S: Prevention of soccer injuries. Supervision by doctor and physiotherapist. *Am J Sports Med* 11: 116-120, 1983.
- Etnyre BR, Abraham LD: Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *Am J of Physi Med Rehabil*, 65:189-196, 1986.
- Etnyre BR, Abraham LD: Antagonist muscle activity during stretching: a paradox re-assessed. *Med Sci Sports Exer*, 20:285-289, 1988.
- Fixx J: *Second Book of Running*. New York: Random House, 1980.
- Fox M, Atwood J: Results of testing Iowa school children for health and fitness. *Journal of Health, Physical Education and Recreation*, 26:20-21, 1955.
- Garrett WE Jr, Califf JC, Bassett FH III: Histochemical correlates of hamstring injuries. *Am J Sports Med* 12: 98-103, 1984.
- Gleim GW, Stachenfeld NS, Nicholas JA: The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *J Orthop Res* 8:814-823, 1990.
- Glick JM: Muscle strains: Prevention and treatment. *Phys Sportsmed* 8(11):73-77, 1980.
- Godges JJ, MacRae H, Longdon C, Tinberg C, MacRae P: The effects of two stretching procedures on hip range of motion and gait economy. *J Orthop Sports Phys Ther* 10(9):350-357, 1989.
- Hardy L, Jones D: Dynamic flexibility and proprioceptive neuromuscular facilitation. *Res Q Exerc Sports*, 57:150-

- 153, 1986.
- Hartley-o' Brien SJ: Six mobilization exercise for active of hip flexion. *Res Q Exerc Sport*, 51:625-635, 1980.
- Heiser TM, Weber J, Sullivan G, Clare P, Jacobs RR: Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *Am J Sports Med* 12(5):368-370, 1984.
- Heyward VH: *Advanced fitness assessment & exercise prescription* (2nd Ed). Champaign Illinois: Human Kinetics Books, 215-229, 1991.
- Holt LE: *Scientific stretching for sports* (3-s). Sports Research, Halifax, Canada, pp1-8, 12-31, 1974.
- Holt LE, Smith R: Effects of three stretching methods on increased range of motion. Del Mar, California Research Center for Sport, 1983.
- Holt LE, Travis TM, Okita T: Comparative study of three stretching techniques. *percept, Motor Skill*, 31: 611-616, 1970.
- Hubley CL, Kozey JW: Can stretching prevent athletic injuries? *J Musculoskel Med* 1(9):25-32, 1984.
- Hubley CL, Kozey JW, Stanish WD: The effects of static stretching exercises and stationary cycling on range of motion at the hip joint. *J Orthop Sports Phys Ther* 6(2): 104-109, 1984.
- Jacobson G, Speechley E: Soccer Warming up and stretching. *S Afr J Sports Med* 5(3):17-18, 1990.
- John RJ, Wright V: Relative importance of various tissues in joint stiffness. *J of Appl Phys* 17:824-828, 1962.
- Kirchner G, Glines D: Comparative analysis of Eugene, Oregon elementary school children using the Kraus-Weber test of minimum muscular fitness. *Res Q Exerc Sports*, 28:16-25, 1957.
- Klafs OE, Arnheim DD: *Modern Principle of Athletic Training*. 3rd, St Louis, Mo CV Mosby Co, 65-66, 75-79, 1980.
- Knapić JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L: Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med* 19: 76-81, 1991.
- Knott M, Voss DE: *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: Patterns and Techniques* (2nd Ed), New York: Harper & Row, 1968.
- Knott FJ, Stillwell GK, Lehman JF: Therapeutic exercise to maintain mobility. *Krussne's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation*, pp 389-402. Philadelphia: W.B.Saunders Company, 1982.
- Kraus H, Hirschland RP: Minimum muscular fitness tests in school children. *Res Q Exerc Sports*, 25:178-188, 1954.
- Logan GA, Egstrom GH: Effects of slow and fast stretching on the sacrofemoral angle. *Journal of the Association for Physical and Mental Rehabil*, 15:85-90, 1961.
- Madding SW, Wong JG, Hallum A, Medeiros JM: Effects of duration of passive stretch on hip abduction range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther* 8: 409-416, 1987.
- McCue BF: Flexibility of college women. *Res Q Exerc Sports*, 24:316-324, 1953.
- Mcttee R: *Facilitated Stretching*. Human

- Kinetics, publishers champaign, IL, USA, 13-92, 1993.
- Millar AP: An early stretching routine of calf muscle strains. *Med Sci Sports Exerc* 8:39-42, 1976.
- Millar AP: Strains of the posterior calf musculature (tennis leg). *Am J Sports Med* 7:172-174, 1979.
- Moore MA, Hutton RS: Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med Sci Sports Exerc* 12:332-339, 1980.
- Noakes TD: *Lore of Running*. Cape Town, South Africa: Oxford University Press, 1987
- Noakes TD, Granger S: *Running Injuries*. Cape Town, South Africa: Oxford University Press, 1990.
- Osler T: *Serious Runners Handbook*. Mountain View, CA: World Publications, 1978.
- Osternig LR, Robertson RN, Troxel RK, Hansen P: Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation(PNF) stretch techniques. 22: 1. 106-111, 1990.
- Peterson L, Renstrom P: *Sports Injuries. Their Prevention and Treatment*. Cape Town, South Africa: Juta, 1986.
- Prentice WE: An electromyographic analysis of the effectiveness of heat or cold and stretching for inducing relaxation in injured muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 3:133-140, 1982.
- Raab DM, Agre JC, Mcadam M, Smith EL: Light resistance and stretching exercise in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*, 69:268-272, 1988.
- Sady SP, Wortman MA, Blanke D: Flexibility training. Ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 63: 261-263, 1982.
- Safran MR, Garrett WE Jr, Seaber AV: The role of warm-up in muscular injury prevention. *Am J Sports Med* 16(2):123-129, 1988.
- Schultz P: Flexibility: Day of the stretch. *Phys Sportsmed* 7:109-117, 1979.
- Stiff MC: Biomechanical issues in strength and flexibility conditioning.
- Starring DT, Grossman MR, Nicholson GG Jr: Comparison of cyclic and sustained passive stretching using a mechanical device to increase resting length of hamstring muscles. *Phys Ther* 68(3):314-320, 1988.
- Strickler T, Malone T, Garrett WE: The effects of passive warming on muscle. *Am J Sports Med* 18:141-145, 1990.
- Sullivan MK, DeJulia JJ, Worrell TW: Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. *Med Sci Sports Exerc* 24(12):1383-1389, 1992.
- Tanigawa MC: Comparison of the hold relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Phys Ther* 52:725-735, 1972.
- Taylor DC, Dalton JD, Seaber AV, Garrett WE Jr: Viscoelastic properties of muscle-tendon units: The biomechanical effects of stretching. *Am J Sports Med* 18:300-309, 1990.
- Taylor DC, Seaber AV, Garrett WE Jr: Response of muscle tendon units to cyclic repetitive stretching. *Trans Orthop Res Soc* 10:84, 1985.
- Vesco JJ: Principles of stretching. *Current Therapy in Sports Medicine*.

- Vol 12, Bc Decker, Toronto, 1990.
- Voss DE, Ionta MK, Myers GJ: Proprioceptive Neuromuscular Facilitation patterns and Techniques. 3rd ed. Philadelphia, Harper & Row, 11-18, 1985.
- Wadsworth JB, Smidt GL, Johnston RC: Gait characteristic of subjects with hip disease. *Phys Ther* 52:829-837, 1972.
- Wallin D, Ekblom B, Grahn R, Nordenborg T: Improvement of muscle flexibility. *Am J Sports Med* 13:263-268, 1985.
- Warren CG, Lehmann JF, Koblanski JN: Elongation of rat tail tendon: Effect of load and temperature. *Arch Phys Med Rehabil* 52:465-471, 1971.
- Warren CG, Lehmann JF, Koblanski JN: Heat and stretch procedures: *Arch Phys Med Rehabil* 57:122-126, 1976.
- Wiktorsson-Moller M, Oberg B, Ekstrand J, Gillquist J: Effects of warming up, massage and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity. *Am J Sports Med* 11:249-252, 1983.
- Wilkinson A: Stretching the truth. A review on the literature on muscle stretching. *Aust Physiother* 38:283-287, 1992.
- Williford HN, East JB, Smith FH: Evaluation of warm-up for improvement in flexibility. *Am J Sports Med* 14:316-319, 1986.
- Worrell TW, Smith TL, Winegardener J: Effects of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther*, 20:154-159, 1994.
- Yackzan L, Adams C, Francis KT: The effects of ice massage on delayed onset soreness. *Am J Sports Med* 12:159-165, 1984.
- Zachazewski JE, Reischl SR: Flexibility for the runner specific program considerations. *Topics in Acute Care Trauma Rehabilitation*, 9-27, 1986.
- Zachazewski JE: Flexibility for sports. Barbara Sanders 1Ed, *Sports Physical Therapy*, Appleton & Lange, 201-238, 1990.