

정적 자세에서 하지정렬 측정방법에 관한 고찰

대구대학교 재활과학대학원 물리치료전공

공 희 경

동아대학교병원 물리치료실

조 현 래

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

배 성 수

Measurement Methods of Lower Extremity Alignment in Static Posture

Kong, Hee-Kyung, P.T.

Department of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation, Daegu University

Cho, Hyun-Rae, P.T.

Department of Physical Therapy, Dong-A University Hospital

Bae, Sung-Soo, P.T., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

<Abstract>

We need to study about lower extremity alignment because the structure dictates the function of lower extremity. Through lower extremity alignment assessment in static posture, we recognize abnormal structural conditions which could affect dynamic motion such as gait. To evaluate of lower extremity alignment provide so many useful information, but method of measurement is so limited. Therefore, this review will assist understanding for measurement of lower extremity alignment in static posture. From now on study about the objective measurement method must be achieved much more in physical therapy.

I. 서 론

자세란 특정 활동을 위한 신체 각 부분의 상대적인 배열을 의미하는 체위 혹은 태도 혹은 신체를 지지하는 특징적 방법으로 정의되는 일반적인 용어이다(Smith 등, 1996). 자세는 주어진 순간의 모든 관절, 위치를 통틀어 말하는 것으로 정적인 자세정렬을 하고 있을 때 다양한 관절과 신체 분절 내에서 가장 잘 묘사된다. 표준자세(standard position)에서 척추는 정상적인 곡선을 이루고 있고, 하반신의 골격은 체중을 유지할 수 있는 이상적인 정렬상태를 하고 있다(Kendall, 1993).

하지정렬과 관련된 것은 천장관절, 고관절, 슬관절, 족관절뿐만 아니라 경골대퇴각(tibiofemoral angle)과 하지길이 차이 등을 들 수 있으며, 하지의 올바른 정렬은 상체의 바

른 자세를 유지함은 물론 나쁜 자세로부터 기인할 수 있는 동통 등을 예방할 수 있다(Eng과 Pierrynowski, 1993).

선 자세에서 하지기능은 다리와 체간 사이의 통합조절 능력에 기초를 두고 있다(Ryerson과 Lewit, 1997). 또한 신체를 옮겨가기 위해서는 양측하지가 교대로 굴곡 및 신전이 일어나고, 각 관절에서의 회전운동력이 진행운동력으로 변화하며, 몸의 평형상태의 소실과 회복이 교대로 일어나게 되는데, 기능적인 다변성은 보행시의 장애요인과 지면의 변화 등을 즉각적으로 조절할 수 있게 한다(Perry, 1992). 또한, 보행동안 기능적인 측면을 완전히 이해하기 위해서는 하지의 정적 정렬을 측정해야만 한다(Hunt, 1985).

인체의 운동 중 고관절과 슬관절 사이에서 일어나는 조화는 두 관절에 작용하는 근육의 영향뿐만 아니라 몸통과 골반의 안정성과도 밀접한 관계가 있다(이충휘 등, 1988). 슬관절은 하지의 중간관절(intermediate joint)으로써 인접관절인 고관절과 족관절의 배열과 밀접한 관련이 있기 때문에 슬관절의 배열은 역학적인 측면에서 볼 때도 중요하다(Horton과 Hall, 1989). 슬관절 정렬이 대퇴골이나 경골의 축 정렬의 변화를 일으켜 고관절 및 족관절의 회내 및 회외에 영향을 준다(Chao 등, 1994). 그리고 하퇴, 족관절, 발은 추진과 지지라는 두 가지 주요한 기능을 가지며 추진은 유연성 수단으로, 지지는 신체 전체를 유지하는 단단한 구조로서 활동한다(Magee, 1997). 발과 족관절은 복합적인 구조 기능 이상은 거의 일어나지 않으며 한 곳에 이상이 있으면 근위에서 원위 또는 양쪽 모두에 영향을 준다(배성수 등, 2000). 족관절에서 근력약화나 관절가동범위의 제한은 선 자세에서 불균형을 조절하기 위해 고관절과 체간으로 더 큰 보상작용을 하며(Horack, 1987), 불안정한 기립자세에서 수행되는 축성회전(axial rotation)도 발목에서부터 체간에까지 그 영향력이 분배되어진다(McGil과 Hoodless, 1990).

정상적인 하지정렬은 체중이동이 균형을 이루지만, 비정상적인 정렬인 경우 체중이동이 불균형을 이루어, 생물학적 조직인 인대, 관절연골, 뼈 근육, 건에 과부하를 초래할 것이다(Post 등, 2002). 경골내반(tibia varum), 후족내반(rearfoot varus), 다리길이 차이와 같은 여러 해부학적으로 다양한 요인들이 하지정렬을 비정상적으로 만드는 요소가 될 수 있다. 특히 비정상적인 하지 정렬은 달리기 손상에 잠재적인 원인과 관련이 있으며(Masintyre 등, 1991), 10mm이하의 다리길이 차이에 의해 초래된 골반 경사는 거의 모두 기능적 척추측만증을 일으키고, 장축 하지부위의 내반위를 동반한다(Gofton과 Truman, 1971). 이러한 작용기전은 분명히 만성요통과 고관절통을 유발하는 요인이 되고 퇴행성관절염을 초래하는 원인이 되기도 한다(Fiberg, 1984). 이러한 하지의 관절은 체중을 지지하고 역학적으로도 상당한 부하가 가해질 수 있는 관절이므로 배열에 경미한 문제만 발생하더라도 동통 등과 같은 비정상적 증후를 보이게 되므로, 하지정렬에 대한 정확한 평가가 필요하다. 하지정렬에 대한 평가는 많은 유용한 정보를 제공하지만, 평가할 수 있는 방법들은 매우 제한적이다. 이에 본 연구는 임상에서 적용할 수 있는 정적 자세에서 하지정렬 측정방법에 관해 고찰해 보고자 한다.

II . 방사선적 평가

방사선적 평가 방법들은 주로 외과영역에서 슬관절 전치환술, 경골 절골술, 골절 정복, 변형 교정 등의 시행시, 고관절에서 족관절까지 포함하는 방사선 사진으로 하지의 축 정렬의 예후를 평가해 왔다(Wright 등1991).

1. 슬관절과 관련된 측정방법

Lonner 등(1996)과 Poilvache 등(1996)은 대퇴의 역학적 축(mechanical axis)과 해부학적 축(anatomic axis)이 이루는 각이 하지 축 정렬을 결정한다고 하였으며, Swanson 등(2000)은 경골대퇴각(tibiofemoral angle)과 대퇴의 역학적 축과 해부학적 축이 이루는 각으로 하지정렬을 평가했다.

Hurwitz 등(2002)은 역학적 축을 측정하여 중립위치를 0°, 0°보다 큰 경우는 내반정렬(varus alignment), 0°작은 경우를 외반정렬(valgus alignment)이라 정의하였다.

Takizawa 등(1995)은 대퇴경골각과 역학적 축을 측정하여 하지정렬을 평가하였다.

2. 하지 전체와 관련된 측정 방법

Moleland 등(1987)은 하지의 축 정렬(axial alignment)을 평가하기 위해 고관절과 족관절을 포함한 전체 하지를 선 자세에서 전-후방(ant-post view) 촬영을 하였다. 하지의 회전이나, 슬관절 굴곡은 전체 하지의 정렬에 영향을 미치므로 모든 혼란 변수를 줄이기 위해 슬개골의 아탈구나 탈구가 없다는 가정 하에 슬개골이 정면에 오도록 한 상태에서 촬영하였다. 대퇴의 역학적 축은 대퇴골두의 중심과 슬관절 중심인 경골 고평부(tibial plateau)를 연결한 선, 경골의 역학적 축은 슬관절의 중심과 족관절의 중심을 연결한 선으로 하였다. 대퇴의 해부학적 축은 두 가지로 정의하였다. 해부학적 축 I은 대퇴간부(femoral shaft)의 중심과

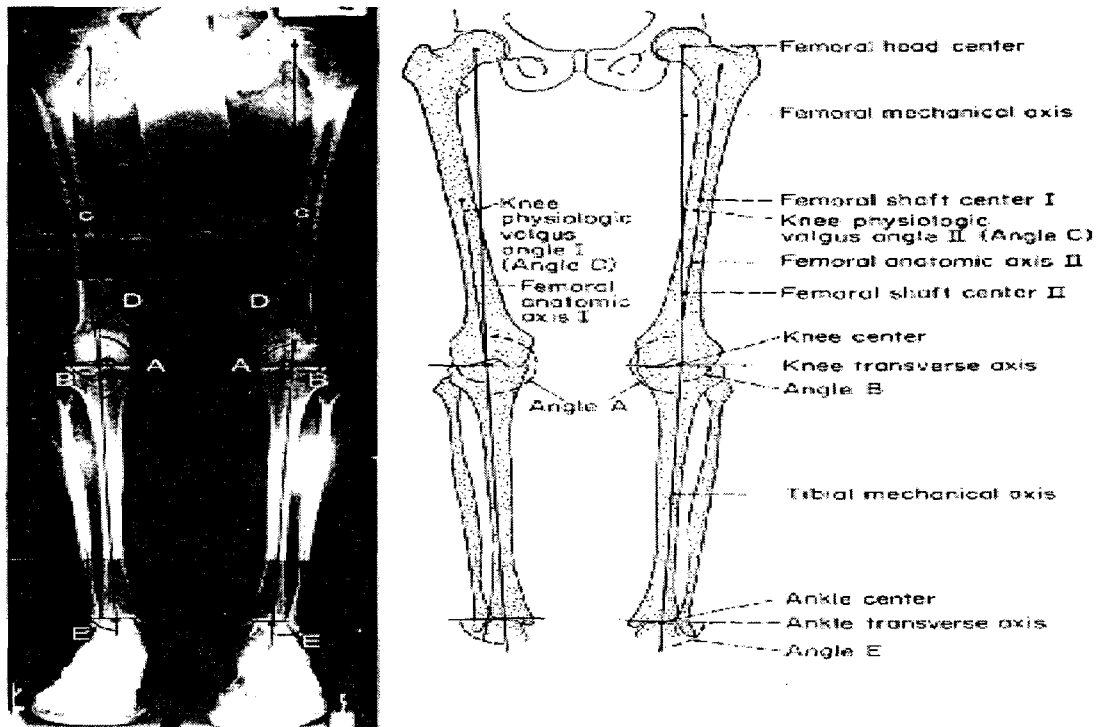


Fig 1. Radiograph and diagram of lower extremities. (Moleland et al, 1987)

슬관절의 중심을 연결한 선, 해부학적 축 II는 슬관절면에서 상방으로 10cm 떨어진 수질관(medullary canal)의 중심과 해부학적 축 I의 대퇴간부의 중심을 연결한 선이라 하였고, 해부학적 축II는 대퇴간부의 중심을 더 가깝게 지나므로 해부학적 축으로 더 적합하다고 하였다. 슬관절의 횡축(transverse axis)은 양쪽 원위대퇴과(distal femoral condyle)를 정접한 선이고, 족관절의 횡단축은 거골와(dome of talus)의 표면을 지나는 선이라 하였다.

A각은 대퇴골의 역학적 축과 경골의 역학적 축이 만나 내측으로 이루는 각으로, 이 각이 180°보다 작으면 내반슬, 180°보다 크면 외반슬이라 하였다. B각은 경골의 역학적 축과 슬관절의 횡단축이 만나서 하외측으로 이루는 각으로, 이 각이 90°보다 크면 슬관절면이 경골의 역학적 축에 대하여 내측보다 외측이 높다고 하였다. D각은 생리학적 외반 각 I(physiological valgus I)이라 하고, 대퇴의 역학적 축과 해부학적 축 I이 만나서 이루는 각이며, C각은 생리학적 외반각 II(physiological valgus II)라 하고, 대퇴의 역학적 축과 해부학적 축 II가 만나서 이루는 각이라 하였다. 마지막으로 E각은 경골의 역학적 축과 족관절의 횡단축이 만나 하외측으로 이루는 각이므로, B각과 E각이 같다면, 슬관절의 횡축과 족관절의 횡축이 평행하다고 하였다(그림1).

Tang 등(2000)은 Moleland 등(1987)의 방법과 동일한 측정방법을 사용했지만, 연부조직은 골조직보다 정확성이 떨어지므로, 슬관절과 족관절의 중심으로 연부조직의 중심(center of soft tissue)은 제외시켰다.

Cooke 등(1991)은 하지정렬을 평가하기 위해 CMTS, TPTS, FSXC, CMXC, LBA, SSL, FSTS, FNFS를 측정하였다. 고관절-슬관절-족관절(hip-knee-ankle) 또는 대퇴골두과중간-경골간부(capitomidcondylar-tibial shaft, CMTS)는 대퇴골두 중심에서 대퇴과간절흔(femoral intercondylar notch)까지 연결한 선인 대퇴골두과중간 축(capitomidcondylar axis)과 중간경골융기(mittibial eminence)에서 과 중간점(mid malleolar point)까지 연결한 선인 경골간부 축(tibial shaft axis)이 이루는 각이다. 이상적인 각은 0. 이고, 각도가 음이면 내반, 양이면 외반이며, 이 각은 전반적인 하지정렬을 나타낸다고 하였다. 경골고평부-족관절(plateau-ankle) 또는 경골고평부-경골간부(tibial plateau-tibial shaft, TPTS)는 경골 관절면 가장자리(tibial articular marginal)선과 경골간부 축이 이루는 각으로 90°보다 크면 외반, 작으면 내반된 정도를 나타낸다. 이 각은 족관절에 대한 경골고평부의 관상면에서 회전된 정도를 나타낸다고 하였다. 대퇴과-고관절(condyle-hip) 또는 대퇴골두과중간-과횡(capitomidcondylar-transcondylar, CMXC)은 대퇴 양과의 접선(tangent)과 대퇴골두과중간 축(capitomidcondylar axis)이 이루는 각으로 90°기준으로 증가하면 외반, 감소하면 내반된 정도를 나타낸다. 이 각은 고관절에 대한 대퇴과의 관상면에서 회전된 정도를 나타낸다고 하였다. LBA는 체중부하 축으로, 대퇴골두 중심에서 과 중간점까지 연결한 선

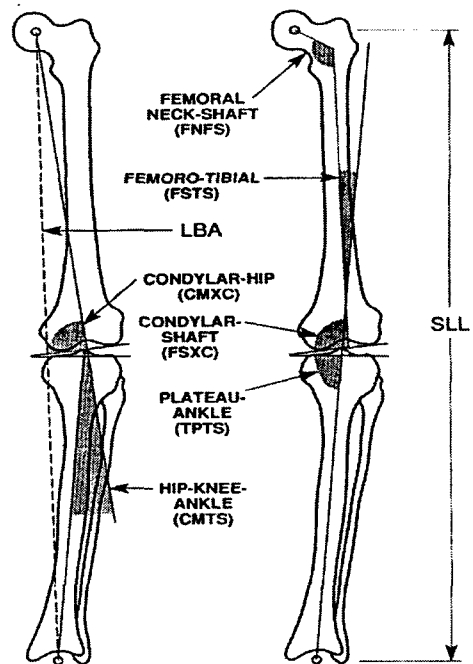


Fig 2. Some standard measurements of lower limb geometry.(Cooke et al, 1991)

이며, 이 선의 길이가 선 자세에서 다리길이(SSL)라고 하였다. 대퇴경골(femorotibial) 또는 대퇴간부-경골간부(femoral shaft-tibial shaft, FSTS)는 대퇴간부(femoral shaft)축과 경골간부(tibial shaft)축이 이루는 각이라고 하였다. 대퇴경-간부(femoral neck-shaft) 또는 대퇴경-대퇴간부(femoral neck-femoral shaft, FNFS)는 대퇴골두 중심에서 전자 중간점(mid-trochanteric point)까지 연결한 선과 전자 중간점에서 대퇴간부까지 연결한 선이 이루는 각이라고 하였다(그림2).

III. 표시점(landmark)를 이용한 평가

Wen 등(1997)은 하지정렬을 평가하기 위해 족궁 지표(arch index), 종골외반(heel valgus), 슬관절 결절-구 각(knee tubercle-sulcus angle), 내반슬(knee varus), 외반슬(knee valgus), 다리길이차이를 측정했다. 족궁지표는 대상자를 선 자세를 취하도록 한 후, 먼저 주상골의 높이를 알기 위해 발의 내측면의 주상골 조면(navicular tuberosity)을 표시하여 표시점에서 지지면까지 수직거리를 측정했다. 발길이는 종골의 가장 후면에서 첫 번째 중족지 절관절(metatarsophalangeal joint)의 내측까지 길이로 하였다. 족궁지표는 Cowan 등(1993)의 방법인 발길이에 대한 주상골 높이의 비율로 하였다. 종골외반(heel valgus)을 측정하기 위해, 대상자는 엎드려 누운 자세를 취하고, 검사자는 거골하 관절(subtalar joint)를 중립위치에 오도록 한다. 후종골을 따라 수직선을 그어준 후, 이 선에 평행하도록 하퇴(lower leg)의 수직축을 따라서 두 번째 선을 그어준다. 그 다음에 대상자가 선 자세를 취하도록 한 후, 하퇴의 수직축과 종골의 수직축이 이루는 각을 관절각도계로 측정한다. 이 각도가 양이면 종골외반, 음이면 종골내반(heel varus)를 의미한다고 하였다. 결절-구 각(TSA)은 대상자가 슬관절 90°굴곡한 앉은 자세에서 측정한다. 내·외측 대퇴상과(femoral epicondyle)를 통과하도록 관상면에서 수평선(horizontal line)을 그어준 후, 수평선에 직각이 되도록 슬개골 중심에서 수직선을 그어준다. 그 다음에, 슬개골 중심에서 경골 조면의 중심까지 세 번째 선을 그어준다. 수직선과 세 번째 선이 이루는 각을 측정하였다. 내반슬 또는 외반슬은 Montgomery 등(1989)의 방법으로 측정하였다. 선 자세에서 대상자 양발 붙이기를 시도한다. 양쪽 내측 대퇴과(femoral condyle)가 닿기 전에 양쪽 내측 경골과(malleolus)가 먼저 닿는다면, 양쪽 내측 경골과가 접촉된 상태에서 좌우 내측 대퇴과 사이의 내반 길이를 잰다. 양쪽 내측 대퇴과가 먼저 닿는다면, 양쪽 내측 대퇴과를 접촉한 상태에서 양쪽 내측 경골과 사이의 외반 길이를 잰다. 다리길이는 대상자가 누운 자세에서, 전상장골극에서 내측 경골과까지의 거리를 잰 후, 긴 다리길이에서 짧은 다리길이를 뺀 수치를 다리길이 차이로 하였다.

Trimble 등(2002)은 주상골 하수(navicular drop), 반장슬(genu recurvatum), 대퇴-발 각(thigh-foot angle)으로 하지 자세를 평가하였다. 선 자세에서 발의 회내된 정도를 알기 위해 주상골 하수를 측정하였다. 한 검사자는 앉은 자세인 대상자의 골반 움직임을 조절하고, 다른 검사자는 거골하 관절 중립위치에서 대상자의 주상골 조면을 표시한 후, 지지면까지의 거리를 측정한다. 그 다음에 대상자가 선 자세에서 주상골 조면에서 지지면까지의 거리를 잰다. 앉은 자세와 선 자세에서 두 길이의 차이가 주상골 하수라 하였다. 반장슬은 선 자세에서 대상자는 측정하는 하지쪽으로 체중을 이동시키고, 슬관절 신전을 최소화하기 위해 대퇴사두근을 수축시킨 상태에서 관절각도계를 이용하여 측정한다. 하지와 발의 외염전(external torsion)된 정도를 알기 위해 대퇴-발 각을 측정하였다. 대상자는 바로 누운 자세에서 대퇴양과가 수평으로 놓이게 하고, 검사자는 주상골 하수 검사시와 같이 거골하 관절

을 중립위치로 한 후, 2차 선(second ray)과 수직축이 이루는 각을 측정한다. 대퇴-발 각은 하지의 염전과 발 구조로 인한 다리의 족 외전(toe out)을 나타낸다고 하였다.

McPoil과 Cornwall(1996)은 다음 17개 항목의 정적 평가 측정과정은 운동범위, 하지와 발의 정적정렬에 대한 정보를 제공한다고 하였다. 앉드려 누운 자세에서 고관절 내회전과 외회전-각도, 과 염전(malleolar torsion)-정상, 외측, 내측, 슬관절 완전 신전 상태에서 족관절 배측 굴곡-각도, 슬관절 90. 굴곡 상태에서 족관절 배측 굴곡-각도, 첫 번째 중족지절관절 신전-각도, 양발을 지면에 접촉한 상태에서 경비골 내반(tibiofibular varum)-각도, 한발로 섰을 때 경비골 내반-각도, 이완된 선 자세에서 지지면으로부터 주상골 조면까지의 높이-길이, 거골하 관절 중립위치에서 지지면으로부터의 주상골의 높이-길이, 거골하 관절 내반, 외반, 중립위치-각도, 1차 선(first ray)의 위치-배측 굴곡, 저측굴곡, 중립, 전족 위치-외반, 내반, 중립과 양발과 한 발로 섰을 때 경비골 내반 측정치 차이와 이완된 선 자세와 거골하 관절 중립위치에서 주상골 높이 측정치 차이를 포함하였다.

IV. 결 론

하지의 구조는 기능을 반영하므로 하지정렬에 대한 연구가 필요하며, 정적자세에서 하지정렬 평가를 통해 보행과 같은 동적 움직임에 영향을 주는 비정상적인 구조의 상태를 인식할 수 있다.

방사선적 평가는 정확성이 있긴 하지만, 조작과 판독에 전문적인 지식이 요구되므로 임상에서 사용하는데 제한이 있다. 표시점을 이용한 평가 방법들은 기계적 장비를 필요로 하지 않아 간단하면서도 경제적이며, 비교적 짧은 시간에 수행할 수 있는 이점으로 인해 물리치료영역에서 많이 사용되고 있으나, 연부조직을 통한 간접적인 측정이기 때문에 골 돌출부의 정확한 위치 설정이 어렵고, 피부의 두께에 따른 개인차가 있을 수 있으며, 검사자의 주관적인 차이나 시간의 경과에 따른 오차가 있을 수 있다.

물리치료 영역에서는 새로운 측정방법이 계속 개발되고 있다. 또한 최근의 물리치료관련 문헌에서도 측정방법에 대한 연구가 많이 소개되고 있어서 측정의 중요성에 대한 관심이 증가하고 있음을 보여주고 있다. 새로운 측정방법이나 측정도구를 소개하는 연구자들은 측정도구나 측정방법에 대한 타당도 뿐만 아니라, 신뢰도에 대하여 항상 관심을 두어야 한다.

본 연구에서는 하지정렬의 측정방법에 대해 문헌고찰을 통해 알아보았으며, 앞으로 물리치료영역에서도 하지정렬에 대한 객관적이고 타당성 있는 측정도구와 방법에 대한 연구가 더 많이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 배성수 등 : 임상운동학. 개정2판, 서울 : 영문출판사, 2000.
- 이충휘 권혁철, 김인숙 등 : 대퇴사두근 등척성 운동시 손과 발목의 위치가 대퇴직근의 활동전위에 미치는 영향, 대한 물리치료사 협회지, 9(2), 75-87, 1988.
- Chao EY, Neluheni EV, Hsu RW et al. : Biomechanics of malalignment., Orthop Clin North Am, 25(3), 379-386, 1994.
- Cooke TD, Scudamore RA, Bryant JT et al. : A Quantative approach to radiography of the lower limb, The Joun of B&J Surg[Br], 73-B(5), 715-720, 1991.

Cowan DN, Jones BH, Robinson JR : Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury, *Arch Fam Med*, 2, 773-777, 1993.

Eng JJ, Pierrynowski MR : Evaluation of soft foot orthotics in the treatment of patellofemoral pain syndrome, *Phys Ther*, 73(2), 62-69, 1993.

Fiberg O : Biomechanical significance of the correct length of lower limb prostheses: a clinical and radiological study, *Prosthetic and prosthetics International*, 8, 124-129, 1984.

Gofton JP, Truman GE : Studies in osteoarthritis of hip. 2. Osteoarthritis of the hip and leg length disparity. *Can Med Assoc J*, 104, 791-799, 1971.

Horak FB : Clinical measurement of postural control in adults, *Phys Ther*, 67, 1881-5, 1987.

Horton MG, Hall TI : Quadriceps femoris muscle angle: Normal values and relationships with gender and selected skeletal measures, *Phys Ther*, 69(11), 897-901, 1989.

Hunt GC : Examination of lower extremity dysfunction. In: Gould JA, Davies GA (eds), *Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 408-436, St. Louis: C.V. Mosby Company, 1985.

Hurwitz DE, Ryals AB, Case JP et al : The knee adduction moment during gait in subjects with knee osteoarthritis is more closely correlated with static alignment than radiographic disease severity, toe out angle and pain. *The Joun of Orthop Research*, 20, 101-107, 2002.

Kendall FP, McCreary EK, Provance P : *Muscle Testing and Function*, 4th ed, William & Wilkins, Baltimore, 1993.

Lonner JH, Laird MT, Stuchin SA : Effect of rotation and knee flexion on radiographic alignment in total knee arthroplasties, *Clin Orthop*, 331, 102-106, 1996.

Magee, DJ : *Orthopedic physical assessment*, 3rd ed, W. B. Saunders company Philadelphia, 1997.

Masintyre JG, Taunton JE, Clement DB et al : Running injuries, *Clin J Sports Med*, 1, 81-87, 1991.

McGill SM, Hoodless K : Measured and modelled static and dynamic axial trunk torsion during twisting in males and females, *J Biomed Ergonomics*, 12, 403-9, 1990.

McPoil TG, Cornwall MW : The relationship between static lower extremity measurements and rearfoot motion during walking, *JOSPT*, 24(5), 309-314, 1996.

Moreland JR, Bassett LW, Hanker GJ : Radiographic Analysis of the axial alignment of the lower extremity, *The Joun of B&J Surg[Am]*, V69-A(8), 745-749, 1987.

Montgomery LC, Norton JP, Deuster PA : Orthopedic history and examination in the etiology of overuse injuries, *Med Sci Sports Exerc*, 21, 237-243, 1989.

Perry J : *Gait Analysis-Normal and pathological function*, McGraw-Hill New York, 1992.

Poivache PL, Insall JN Scuderi GR et al : Rotational landmarks and sizing of the distal femur in total knee arthroplasty, *Clin Orthop*, 331, 35-46, 1996.

Post WR, Teitge R, Amis A : Patellofemoral malalignment: looking beyond the viewbox , *Clin Sports Med*, 21(3), 521, 2002.

Ryerson S, Lewit K : Functional movement reeducation, Churchill Livingstone New York pp261, 1997.

Smith LK, Weiss EL, Lehmkuhl LD : Brunnstrom's Clinical Kinegiology, 5th ed, FA Davis Company, 1996.

Swanson KE, Stocks GW, Warren, PD et al : Does axial limb rotation affect the alignment measurements in deformed limbs?, Clin Orthop, 371, 246-252, 2000.

Takizawa T, Akizuki S, Yasukawa Y : Effect in improvement in clinical evaluation, muscle strength and center of gravity after change of alignment by high tibial osteotomy, The Knee, V2(1), 19-26, 1995.

Tang WM, Zhu YH, Chiu KY : Axial alignment of the lower extremity in chinese Adults, The Joun of B&J Surg[Am], 82-A, 1603-1608, 2000.

Trimble MH, Bishop MD, Buckley BD et al : The relationship between clinical measurements of lower extremity posture and tibial translation, Clin Biomech, 17, 286-290, 2002.

Wen DY, Puffer JC, Schmalzwed TP : Lower extremity alignment and risk of overuse injuries in runner, Med Sci Sports Exerc, 29, 1291-1298, 1997.

Wright JG, Treble N, Feinstein AR : Measurement of lower limb alignment using long radiographs, The Joun of B&J Surg[Am], 73-B(5), 721-723, 1991.