



김 우 섭

고려대학교 구로병원 재활의학과

Gait disturbance related with musculoskeletal problems

Woo-Sub Kim

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Korea University, Seoul, Korea

Musculoskeletal problems related with gait disturbances are weakness, limitation of joint motion, and pain. These problems have different effect on gait pattern according to the involved joint. Therefore, it is helpful in clinical practice to know characteristic gait patterns in each musculoskeletal problems. In addition to above musculoskeletal problems, leg length discrepancy should be evaluated.

Key Words: Gait, Weakness, Contracture, Pain

서 론

보행은 직립된 체간을 양하지에 의해 지지(support)하면서, 전방으로 움직이는 것인데, 지지와 추진(propulsion)을 위해 양하지가 이용된다. 인간은 진화와 적응을 통하여 보행의 공통적인 특징을 형성하는 한편 연령증가에 따른 생리적 변화와 문화적 차이에 따른 보행양상의 개인별 차이를 보인다. 정상보행은 효과적으로 인체를 전방으로 이동하는 것으로, 과제에 따라서 최소한의 에너지를 소모하거나 과제수행에 가장 적합한 움직임을 만들어 냈을 의미한다. 보행을 서술하기 위해서는 보행주기(gait cycle)와 주기 중 일어나는 중요한 사건(event)들에 대해 정의해야 한다¹.

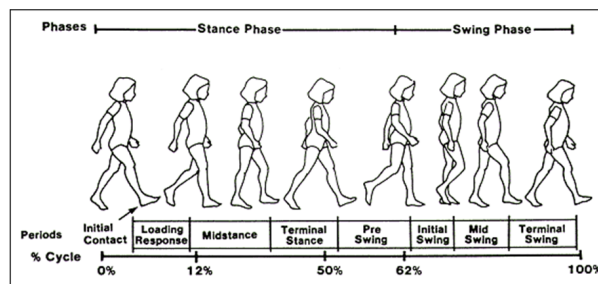
보행주기는 한쪽다리가 지면에 접촉하는 시기부터 다시 접촉하여 같은 움직임을 반복하는 시기까지를 지칭하며, 입각기(stance phase)와 유각기(swing phase)로 구성된다. 입각기는 정상 보행 주기의 60% 정도를 차지하며, 발이 지면과 접촉하고 있는 시기이다. 특히 양 발이 지면에 닿아 있는

시기를 동시-입각기라고 하며, 입각기의 20%-25%를 차지한다. 입각기에 일어나는 사건과 구간(phase)은, 1) 발뒤꿈치 닿기(initial contact), 2) 체중부하기(loading response), 3) 입각중기(mid stance), 4) 입각말기(terminal stance), 5) 전 유각기(pre-swing), 6) 발가락 떼기(toe-off)이다. 유각기는 발이 지면에서 떨어져 앞으로 나아가는 시기로서 정상 보행 주기의 40%를 차지하고 있다. 유각기는 1) 가속기(initial swing), 2) 유각중기(mid swing), 3) 감속기(terminal swing)로 나뉜다.

보행이상을 찾아내는 방법은 육안적 관찰과 기계를 이용한 관찰이 있는데, 육안적 관찰에 의해 보행주기 중 사건과 구간에서 일어나는 각 관절의 비정상적 움직임을 관찰할 수 있다. 육안적 관찰이 지니고 있는 제한점은 관찰자의 시각이

Woo-Sub Kim

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Korea University 148, Gurodong-ro, Guro-gu, Seoul, Korea
Tel: +82-2-2626-1501 Fax: +82-2-2626-1513
E-mail: jelmano.kim@gmail.com



제한되고, 반복이 불가능하며, 관절각 외에 움직임을 만들어 내는데 관여하는 힘과 에너지를 측정할 수 없다는 점이다. 이러한 제한점을 극복하고자 기계를 이용하는 보행분석을 실시하게 되며, 기계를 이용하는 경우 관찰자의 시점을 3차원 공간으로 확장할 수 있고, 육안적 관찰에서는 측정하기 불가능한 관절별 힘과 파워를 측정할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 기계를 이용하는 경우 자료획득과정이 매우 번거롭고, 제한된 상황과 동작외에는 현실적 어려움이 따르며, 때로는 실험적 상황에서 환자들이 보인 보행양상이 실제 상황과 정확하게 일치하지 않는 경우가 종종 발생한다.

본 론

근골격계 질환에 의한 보행이상은 다양한 원인질환과 병적보행 양상이 존재한다². 보행 이상을 일으키는 원인을 1) 국소적 근력약화, 2) 관절운동범위 제한, 3) 통증으로 나누어 보고 흔히 접하게 되는 4) 하지부동(leg length discrepancy)에 대해 서술한다.

1) 국소적 근력약화

국소적 근력약화는 다양한 질환에서 관찰되는데, 근력약화의 원인과 심한 정도는 다양한 의학적 검사와 측정장비에 의해 정량적 평가가 가능하다. 근력약화가 보행 중에 어떻게 작용하며, 어떤 보상전략이 보행유지를 위해 이용되는지를 파악하는 것은 환자별 치료전략 수립에 도움을 줄 수 있다.

1-1) 족관절 배측굴곡 약화

흔한 원인으로는 비골신경 손상, 요추부 신경근병증 등이다. 정상보행에서 발뒤꿈치 단기 때 족관절 배측굴곡근은 원심성 수축을 하며 충격흡수역할을 한다. 병적보행에서 배측굴곡 약화의 정도가 심하지 않을 때 “foot slap”현상이 발생하며, 보행속도가 증가하면 더욱 뚜렷해진다. 족관절 배측굴곡 약화를 가진 경우, 배측굴곡근이 발의 inversion/eversion에 관여하므로 내외측 안정성 저하가 동반함을 유의하여야 한다. 배측굴곡 약화의 정도가 심해지면, 정상적 발뒤꿈치 단기가 불가능해지고, 유각기에 발 끝이 아래로 처지면서 발 걸림 현상이 나타난다. 이 때 보상작용으로 기능적으로 증가된 환측하지의 길이를 감소하고자 고관절과 슬관절의 굴곡을 증가시키는 “steppage gait”양상을 보이게 된다.

1-2) 족관절 족저굴곡 약화

흔한 원인은 경골신경 손상, 요추부 신경근병증 등이다. 정상보행에서 족저굴곡근은 원심성 수축을 하며, 경골의 전방전진을 조절하고 구심성 수축을 하며 “push-off”시기에 전방전진을 위한 에너지를 생성한다. 병적보행에서 족저굴곡근 약화로 인한 경골의 전방전진 조절기능 저하는 너무 이른 시기에 경골의 전방전진과 체중심(BCOM)의 전방이동을 초래하여 입각기 하지의 불안정성 및 과도한 부하를 초래한다. 입각기 하지의 불안정성 및 과도한 부하는 입각기 하지의 부하를 줄이는 반응을 유발하게 되고 건축하지 스텝시간 및 스텝길이의 감소로 나타난다. 체중심의 급격한 전방 이동을 줄이기 위해 슬관절 굴곡이 반응적으로 나타나기도 한다.

1-3) 슬관절 신전근 약화

흔한 원인은 대퇴신경손상, 요추부 신경근병증, 요부신경총 손상 등이다. 정상보행에서 슬관절 신전근은 발뒤꿈치 단기 이후, 원심성 수축을 하며 하지부하를 조절하고, 과도한 슬관절 굴곡을 방지한다. 병적보행에서 슬관절 신전근의 약화가 경미하거나 중등도인 경우, 발뒤꿈치 단기 전후로 슬관절 굴곡이 소실되는 현상을 관찰할 수 있다. 이러한 슬관절 신전증가는 고관절 신전근이 정상 근력을 가지고 있는 경우 단현시술 운동에 의해 이루어질 수 있고, 족관절 족저굴곡근이 정상 근력을 가지고 있는 경우, 족저굴곡을 발뒤꿈치 단기 때 증가시켜 압력중심(COP)을 발의 앞부분으로 이동시킴으로서 지면반력을 슬관절 앞쪽으로 이동 시켜서 달성될 수 있다. 슬관절 신전근의 약화가 심화되는 경우 슬관절 불안정성이 증가하고 입각기에 체중을 지지하지 못하고 “knee collapse”가 나타난다. 이 때에는 보행안정성을 위한 추가적인 전략이 필요한데, 대부분의 경우 체중부하를 슬관절 앞으로 지나가게 함으로써 이루어진다. 이를 위해 체간을 앞으로 기울이게 되며, “genu recurvatum”은 심화된다. 또 다른 전략은 상지를 이용 슬관절 신전을 도와주는 것이다.

1-4) 고관절 외전근 약화

흔한 원인은 요부 신경총 손상, 근육병, 고관절 손상 또는 수술 후 이다. 정상보행에서 입각기에 입각기측 고관절 외전근은 골반을 안정화 시키며 전두면에서 골반 하방회전을 방지한다. 병적보행에서 골반 외전근 약화가 있는 경우, 입각기 중기에 골반이 유각기하지 측으로 떨어짐이 증가하고, 입각기하지 측으로 “lateral shift”가 증가된다. 이런 보행 양상은

“umcompensated gluteus medius gait” 또는 “Terendelenburg gait”라 한다. 이 비정상적 양상은 골반외전근의 단독 약화가 경미하거나 중등도 일 때 나타난다. 고관절 외전근 약화가 심화되는 경우, 체중심을 입각기 고관절 측으로 더 많이 기울이는 전략을 사용한다. 이 전략은 골반 안정화를 위해 사용되는 고관절 외전근의 부담을 줄여 줄 수 있다.

1-5) 고관절 신전근 약화

흔한 원인은 볼기신경(gluteal nerve)손상, 신경총손상, 근육병 등이다. 정상보행에서 발뒤꿈치 닿기 시기에 다리는 전방이동이 감소되지만 체간은 관성에 의해 전방이동을 지속하게 된다. 따라서 체간이동을 조절하기 위하여 고관절 신전근이 작용하고, 닫힌사슬에 의한 슬관절 굴곡을 조절하기 위하여 고관절 신전근이 입각기 초기에 작용한다. 병적보행에서는 몇가지 보상작용이 나타나는데, 번째는 보행속도를 감소시킴으로서 체간의 전방 모멘텀을 줄이는 방법으로, 양측 고관절 신전근 또는 요추부 신전근이 약화된 경우로 초기에 나타나는 보상전략이다. 두번째는 체간의 무게중심을 상대적으로 후방으로 이동 시키는 방법인데, 요추부 신전 또는 체간의 후방기댐을 이용한다. 이는 체중부하를 고관절 후방으로 이동시킴으로서 고관절 신전근의 부담을 덜어준다. 고관절 신전 운동범위 제한이 있는 경우 “lordosis”를 증가시키는 현상을 관찰할 수 있다. 고관절 신전근의 약화는 있지만 요추부 신전근이 약화는 없는 경우 입각기 초기에 체간을 후방으로 젖혀버리는 “extensor thrust” 현상을 관찰할 수 있다. 세번째는 고관절 굴곡을 증가 시키지 않기 위해서, 슬관절 신전을 입각기 초기에 유지하는 방법인데 이로 인해 입각기 슬관절 굴곡이 일어나지 않는다.

2) 관절운동 범위 제한 또는 관절구축

흔한 원인은 오래된 침상생활, 관절병증 등이다.

2-1) 고관절 굴곡구축

정상보행에서 입각기에 고관절은 20-30도 굴곡으로 시작하여 10도 신전으로 끝난다. 고관절 굴곡구축이 있을 때 병적보행 양상은 보행주기 중 고관절 신전을 필요로하는 입각기 후반에 나타난다. 고관절 신전 부족은 체간전진을 감소시키기 때문에, 체간전진을 유지하기 위하여 체간이 정상적인 수직위치를 유지하지 못하고 체간이 앞으로 기울게 된다. 앞으로 기울어진 체간은 체중부하를 고관절 앞쪽으로 이동시

키고, 체간 안정성을 유지하기 위한 노력을 필요로한다. 가장 흔한 보상작용은 요추부신전을 증가시킴으로서 체간을 수직으로 유지하는 방법이다. 이러한 방법은 고관절의 굴곡이 15도 이내일 때에는 효과적으로 작용할 수 있다. 고관절 구축이 15도를 넘거나 요추부 신전을 이용할 수 없을 때 체간의 전방경사에 대해 적응해야하며, 이는 입각기 말기에서, 스텝을 좀더 빠르게 끝내는 양상으로 관찰된다. 또 다른 보상전략은 무릎을 구부리고 발목을 배측굴곡하여 “crouch position”을 유지하는 것이다. 이 자세는 근육들에 피로를 증가시키고, 관절 통증을 유발할 수 있기 때문에 흔하게 적용되는 보상패턴은 아니다. 두 가지 경우 모두, 입각기 말기에서 체간을 충분히 전진시킬 수 없고 충분한 스텝길이를 만들어 내지 못한다.

2-2) 슬관절 굴곡 구축

슬관절이 30도 굴곡자세일 때 관절내 압력을 최소화 할 수 있기 때문에 오랜 시간 사용하지 않는 경우 슬관절 굴곡 구축이 흔하게 온다. 정상보행에서 슬관절은 발뒤꿈치 닿기에서 최대신전을 보이고 입각기 체중부하가 진행되며 10-15도 굴곡을 보이고, 다시 입각기중기에서 최대신전을 보인 후, 전유각기(preswing)이후 급격한 굴곡을 보인다. 병적보행에서, 15-20도 이하의 경미한 굴곡을 보이는 경우, 육안적 관찰로는 병적보행 양상을 명확하게 파악하기 어렵지만, 입각기에 최대신전이 부족하며 기능적으로 편측하지가 짧아지는 현상을 관찰할 수 있다. 이 현상은 빠르게 걸을 때 더욱 뚜렷하게 나타나며, 절룩거리는 양상으로 나타나고, 반대측 스텝길이의 감소를 초래한다. 슬관절 굴곡구축이 20-30도 이상 진행하면 육안적으로 관찰할 수 있는 뚜렷한 신전제한이 나타난다. 입각기중기에서 체중부하를 슬관절 앞쪽으로 이동시키기 어려워지고, 결과적으로 대퇴사두근의 부담을 증가시키며, 전진을 방해한다. 보상작용으로 체간을 앞으로 구부리게 되는데 이는 고관절 굴곡과 족관절 배측굴곡을 필요로하며, 고관절과 족관절에 작용하는 근육들의 부담을 늘리고 관절에 부담을 늘린다.

2-3) 족관절 족저굴곡 구축

다양한 원인에 의해 발생하며 제일 흔한 원인은 장기간 사용하지 않는 경우이다. 정상보행에서 족관절 관절각은 발뒤꿈치닿기에서 90도이고, 체중부하가 일어나며 10도 정도 족저굴곡을 한다. 이후 급격하게 10-15도 배측굴곡(20-25도 운

동범위)을 하며 입각기중기에서 입각기말기까지 배측굴곡을 유지한다. 입각기중기에 배측굴곡은 경골 및 체간의 부드러운 전방전진과 관계된다. 이후 push off에서 족저굴곡이 나타나며 하지와 체간의 전진에 필요한 에너지를 공급한다. 유각기에는 하지의 발끝립을 방지하기 위해 중립위로의 배측굴곡이 필요하다. 병적보행에서 입각기에 족관절 굴곡구축의 가장 중요한 문제점은 체간과 경골을 부드럽게 전진시키지 못한다는 점이다. 족저굴곡구축은 초기접지에서 발을 편평하게 접지하거나 발끝으로 접지하게 한다. 족저굴곡 외에 다른 이상소견이 없을 때, 건강한 성인은 단순히 toe-walking을 하는 양상을 보인다. 하지만 많은 경우에 족저굴곡구축은 근육 톤의 변화, 근력 약화, 수의적 운동조절 변화 또는 다른 관절의 이상과 함께 나타난다. 이 경우 족저굴곡 변형된 발은 압력중심(COP)의 위치를 족관절 앞쪽으로 이동시키며, 지면반력 및 체중의 부하를 슬관절 앞쪽으로 이동시킨다. 결과적으로 이른 시기에 슬관절 신전이 일어나며 “extensor thrust”가 발생하거나, 슬관절 굴곡이 소실된 상태로 입각기 초기를 보내게 된다. 결과적으로 경골의 전진을 방해함으로써 체간의 전방이동을 방해한다. 따라서 보상작용은 체간전진을 달성하기 위해 체간이 앞으로 기울어지는 현상으로 나타난다. 체간이 앞으로 기울어지긴 하지만, 기저면을 벗어나지는 않으며, 체간을 조절할 수 있는 근위부 근력이 유지되면 보행중 기립자세는 유지된다. 하지만 스텝길이가 매우 짧아지며, 보행속도가 느려진다.

3) 통증보행(antalgic gait)

통증보행은 통증으로 인해 보행양상이 변화하는 것이다. 통증은 여러가지 반응을 유발할 수 있는데 경미하게는 부분적인 근육활성 감소에서부터 심하게는 구심성회피반응(flexor withdrawal reaction)까지 나타날 수 있다. 통증에 의한 보행은 공통적인 특징을 나타내는데, 1) 아픈다리의 체중 부하를 줄인다. 2) 충격량을 줄인다. 3) 관절운동 범위를 줄인다. 4) 아픈 관절에 작용하는 근육의 활성을 감소시킨다. 결과적으로 통증이 있는 경우 시공간변수, 운동학변수, 운동역학변수에서, 1) 속도감소, 2) 아픈쪽 입각기가 감소하는 비대칭성, 3) 관절운동범위를 감소시킴으로서 오는 뻣뻣함, 4) foot contact와 push off에 관련된 부하의 감소를 특징적으로 보인다.

3-1) 고관절 통증

고관절 통증이 있을 때 보이는 공통적인 적응양상은 전두면(Frontal plane)에서 관찰할 수 있다. 아픈쪽 다리 입각기에 체간을 입각기 하지측으로 기울인다는 것이다. 이 전략을 통해 체중심을 고관절 중심과 가깝게 함으로서 입각기 고관절 외전근에 의해 발생하는 고관절에 부하되는 compressive force를 감소 시킨다. 이 보행양상은 고관절 외전근이 약할 때 환자들이 보이는 보상작용과 같은 양상으로 나타난다. 유각기에는 일반적으로 외회전이 경미하게 증가하는데, 이는 외회전이 관절 캡슐의 장력을 줄여주기 때문이다.

3-2) 슬관절 통증

슬관절 통증을 가진 경우, 슬관절을 펴거나 구부린 상태로 관절운동 범위를 감소시키려는 경향이 나타나며 입각기 굴곡-신전-굴곡이 나타나지 않는다. 슬관절에 가해지는 compressive force를 감소 시키기 위해 슬관절 신전근의 활동을 줄이려는 보상전략이 관찰된다. 1) Toe walking에 의해 지면반력을 슬관절 앞쪽으로 이동시킴으로서 슬관절 신전근의 활성을 줄인다. 2) 외회전된 하퇴를 이용하여 슬관절 안정성에 슬관절 측부인대를 이용한다. 통증에 의한 비대칭성이 시공간 변수에 나타나는데, 1) 아픈쪽 한다리 지지기 감소, 2) 입각기 감소, 3) 아픈쪽 스텝길이 증가가 나타난다. 통증이 심해서 체중부하가 없을 때도 통증이 있다면 유각기에도 이상소견이 관찰되는데, 관절운동범위를 줄이기위해 다리를 뻗뻗하게 유지함으로써 진행을 위해 환측 회선보행 또는 건측 vaulting을 보인다.

3-3) 족부 통증

매우 다양한 원인과 양상을 나타내며, 족궁의 문제와 족저근막의 문제가 있는 경우만을 살펴보면, 족저근막의 약화 또는 pronation이 증가되는 경우, 보행 양상의 변화는 경미할 수 있거나, 시공간 변수의 변화로 나타날 수 있다. 통증이 내측에 심한 경우 발바닥 외측에 체중부하가 증가한다.

4) 하지부동

하지부동은 해부학적 하지부동과 기능적 하지부동으로 나누어 생각할 수 있으며 기능적 하지부동은 위에서 언급된 다양한 경우에 나타날 수 있고, 해부학적 하지부동은 선천성 이상이나 손상 이후에 회복과정에서 발생할 수 있다. 하지부동

은 요통, 척추 측만증, 관절의 이상 등을 유발한다. 해부학적 하지부동의 경우 20mm이상의 경우 비정상 보행이나 척추변형을 유발함이 알려졌고, 60mm이상의 경우 관절모멘트와 파워의 뚜렷한 변화를 가져옴이 알려졌다. 하지부동이 있는 경우 다양한 보상전략을 이용하는데, 긴 쪽 다리는 steppage gait, 회선 보행(circumduction gait), 족관절 배측 굴곡 증가가 나타나고, 짧은쪽 다리는 족관절 족저굴곡 증가와 내전, 중간 입각기에서 슬관절 신전 증가, vaulting 등이 주로 나타난다.

결 론

동일한 해부학적 구조물과 관련된 근골격계 질환을 가진

경우에도 다양한 병적보행 양상과 보상전략이 동원될 수 있다. 따라서 손상된 기능회복, 기능유지 및 만성적 합병증 예방을 위해 개인의 특성을 반영하는 병적보행 양상의 파악은 기능향상을 통한 삶의질 증가를 위해 매우 중요하다.

References

1. Perry J, Burnfield JM. Section I Fundamentals. In: Perry J, Burnfield JM. *Gait Analysis*. 2nd ed. NJ: SLAC Incorporated, 2010; 1-48.
2. Perry J, Burnfield JM. Section III Pathological Gait. In: Perry J, Burnfield JM. *Gait Analysis*. 2nd ed. NJ: SLAC Incorporated, 2010; 163-278.