

정상보행과 이상보행

신구전문대학 물리치료과

오 경 환

Normal Gait and Pathological Gait

Kyung Hwan, Oh

Dept. of Physical Therapy, Shin Gu Junior College

차 례

- I. 서 론
- II. 본 론
 - 1. 보행의 원리
 - 2. 보행주기
 - 3. 보행의 결정요인
 - 4. 거리 및 시간변수
 - 5. 근작용
 - 6. 이상보행
- III. 요 약
- 참고문헌

I. 서 론

인체보행에 관하여 Borelli(1680)에 의하여 최초로 기록에 의한 연구를 한 이래로 많은 연구자가 있었으며 Inman, Eberhart 등¹⁾은 의학과 공간학의 공동작업을 통하여 연구의 폭을 확대하였다. 그 결과 보행의 보다 명확하게 묘사된 기본적인 구성요소 뿐만 아니라 시간적, 질적관계(temporal and qualitative relationship)에 대한 정보를 얻게되었다.

그 후 Murray²⁾, Sutherland³⁾와 기타 많은 연구자에 의하여 복잡한 보행기전에 대한 발표가 있었다.

보행이란 인체지질의 조절된 회전운동에 의하여 일어나는 인체 전체의 직동진운동(translatory progression)으로⁴⁾ 반사활동의 결과로 일어나며 의식적인 조절이 거의 필요하지 않게된다. 오히려 보행의 일정한 부위에 관심을 기울이면 긴장이 생겨 자연적인 리듬과 조화가 깨지게 된다. 보행동작은 협응작용(coordination), 균형, 운동감각, 고유수용성감각, 관절 및 근육의 통합작용 등이 요구되는 고도의 조화를 이루는 복잡한 운동으로서⁵⁾ 개개인은 자자의 고유한 보행패턴을 가지며 이는 인체구조, 건강상태, 성격, 직업 등에 의하여 영향을 받는다.

각종 원인에 의하여 야기된 이상보행을 점검하고 교정하기 위해서는 정상보행기전을 이해하여야 하며 이는 보행주기를 세분하여 분석함으로써 이를 수 있다.

일상생활동작의 필수적인 부분을 차지하는 보행분석은 물리치료의 주요목적인 기능회복의 측면에서 중요한 의의가 있다고 사료되어 이에 저자는 문헌고찰을 통하여 소개하고자 한다.

II. 본 론

1. 보행의 원리(Principles of gait)¹⁴⁾

1) 역학적원리(Mechanical principles)

① 휴식시의 인체는 힘이 작용하지 않는 한 정지할 것이다. 보행은 하지의 진자운동(pendular motions)에 의하여 일어나므로 인체의 관성(inertia)을 매 단계마다 극복해야한다.

② 운동 중의 인체는 힘이 작용하지 않는 한 운동을 계속할 것이다. 전방하지의 단시간의 제어작용에 의하여 전방으로 운동을 지속하려는 구간의 운동량(momentum)은 억제되어야한다.

③ 힘은 사선으로 적용되며 수직 및 수평구성요소를 갖는다. 수직구성요소(vertical components)는 중력의 방향과 반대로 작용한다. 수평구성요소(horizontal components)는 전방운동을 억제하는 억제기(restraining phase)와 전방운동을 일으키는 추진기(propulsive phase)로 되어있으며 전방이동을 위해서는 추진기가 억제기를 능가해야한다.

④ 지렛대의 직동운동(translatory motion of lever)은 양측 말단부분에서 반복되는 두 회전운동에 의하여 이루어진다. 보행에서는 하지는 땅과 접촉되는 족부와 고관절에서 교대로 회전이 일어난다.

⑤ 보행속도는 추진력의 크기와 적용 방향에 따라 달라진다. 이러한 힘은 고, 슬, 족관절의 신전근에 의하여 생겨나며 적용방향은 힘이 적용될 하지의 경사(slant)에 의하여 결정된다.

⑥ 경제적인 보행은 하지의 길이에 관한 시간맞추기(timing)와 관련되어있다. 가장 경제적인 보행은 하지가 진자운동을 할 수 있도록 시간이 맞추어져야 한다.

⑦ 균형의 결손과 회복을 위하여 새로운 지지기저부(base of support)가 생겨나야 한다.

⑧ 인체의 전진은 지지면에 대한 족부의 사선추진력(diagonal push)으로 일어나므로 보행의 효율성은 지지면의 반대압력과 마찰에 따라 달라진다.

⑨ 인체의 안정성은 지지기저부의 크기와 직접적으로 관련되어 있다.

2) 해부학적원리(Anatomic principles)

① 하지의 바른 정렬은 관절에서의 마찰과 손상의 가능성을 감소한다.

② 관절의 정상굴요성(normal flexibility)은 내저저항을 감소하여 보행시 필요한 힘의 양을 감소한다.

③ 보행속도의 증가는 발걸음(stride)의 길이와 보조(tempo)의 증가에 의하여 일어난다.

④ 압각기의 중간에 슬관절을 경미하게 굴곡시키지 않는다면 발걸음을 길게 할수록 인체의 상하운동이 증가한다.

⑤ 불필요한 측방운동은 미관상 불량하며 비경제적이다.

A. 체중부하시 중둔근이 수축하지 않는다면 일측 골반의 하강으로 고관절이 과도하게 흔들리게된다.

B. 과도한 구간회전은 상지의 흔들림(arm swing)을 제한하는 원인이 된다. 정상적으로 상지의 흔들림은 고관절의 흔들림(hip swing)과 균형을 맞추는 것이다.

C. 하지의 시상면에서의 운동은 모든 보행주기에서 슬관절과 족부가 직선상에서 전방을 향하여 일어나야한다.

D. 골반회전은 하지를 전방으로 움직일 수 있는 정도면 된다. 너무 적거나 많은 회전은 weaving gait의 원인이 된다.

E. 최소의 측방운동은 족부의 내면(inner border)이 단일직선상에 놓일 때 일어난다.

⑥ 하지의 2관절근육의 전작용(tenden action)은 보행시 경제적인 근작용에 기여한다.

⑦ 적절히 작용하는 반사는 잘 조화를 이룬 보행을 가져온다.

⑧ 체중부하 하지의 안정과 구간의 균형은 유연한 보행을 위한 중요한 요소이다.

2. 보행주기(Gait cycle)^{6,7,11)}

보행주기는 일측 하지의 종골부가 땅에 접촉한 점으로부터 동측 하지의 종골부가 다시 땅에 접촉할 때까지 일어나는 동작을 포함한다. 각 하지의 보행주기 중 입각기(stance phase)와 유각기(swing phase)를 갖는다. 입각기는 일측 하지의 종골부가 땅에 접촉할 때(heel strike)로부터 시작하여 동측 하지의 발가락이 땅에서 떨어질 때(toe off) 끝난다. 입각기 중 내내 족부의 일부가 지지면(supporting surface)에 접촉되어 있으며 보행주기의 60%를 차지한다. 유각기는 발가락이 땅에서 떨어지자마자 시작하여 heel strike 직전에 끝나면 보행주기의 40%

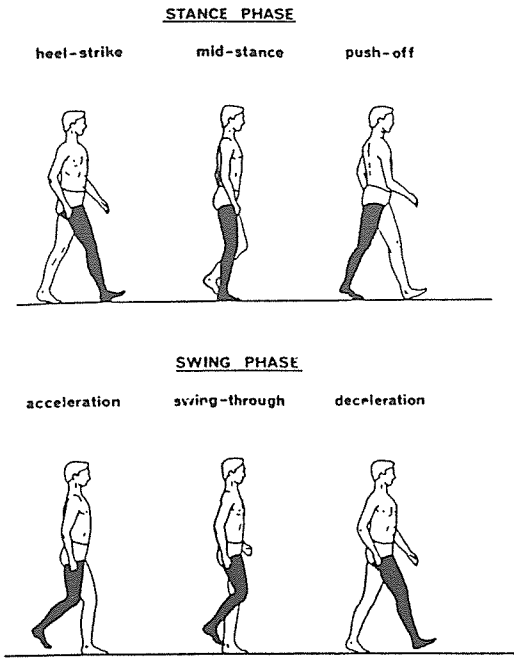
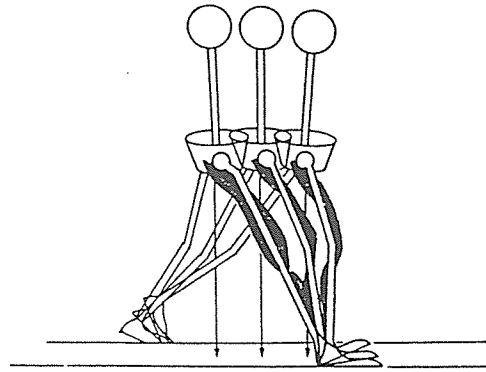


그림 1. 보행주기



TASK: WEIGHT ACCEPTANCE (INTERVAL: HEEL-STRIKE)
Heel-Strike to Foot-Flat: 0 to 15% of Walking Cycle.

DEMANDS:

1. Shock absorption
2. Limb stabilization
3. Forward travel without interruption
4. Balance on one limb

SITUATION:

1. Strong forward momentum just before heel strike
 - a. Body traveling 2 mph (force from push of opposite limb)
 - b. Swing limb traveling 5 mph (force from own push plus active hip and knee flexion)
2. Extremity reaching ahead of body
3. Heel strike abruptly stops forward travel of foot; momentum now concentrated on lower leg (tibial)

그림 2. Weight acceptance

를 차지한다. 입자기는 세분하여 종부접지(heel strike), 중간입자(midstance), 진출(push off), 유자기는 가속(acceleration), 중간유자(swing through), 감속(deceleration)으로 나뉜다(그림 1). 보다 기능적인 면에서의 분류는 입자기는 weight acceptance(heel strike), trunk glide(midstance), push(first half of push off), balance assistance(last half of push off), 유자기는 pick up(early swing), reach(late swing)로 구분된다.

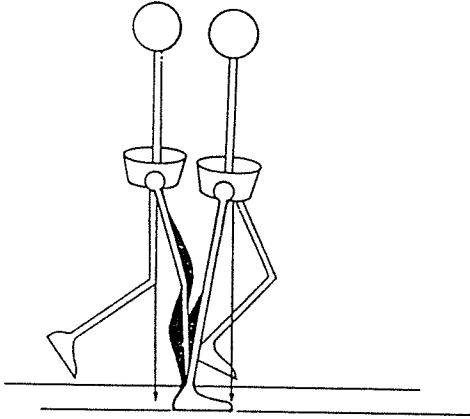
1) Weight acceptance

Heel strike는 필요요건(demand)이 크게 변하는 순간을 나타낸다. 종골부가 땅에 닿기 직전 push off와 고관절, 슬관절의 굴곡에 의하여 하지는 전방으로 빠르게 유자한다. 땅의 접촉은 족부의 전방이동을 갑자기 중단하게되어 운동량(momentum)은 경골을 전방으로 이동하려고 한다. 조절되지 않는다면 슬관절은 굴곡하여 체중을 지지할 수 없게된다. 족부가 땅에 접촉되었을 때 고관절은 약 30° 굴곡, 슬관절은 신전, 족관절은 직각을 이룬다. 족배굴곡근(dorsi flexors)이 작용하여 족부의 전면이 갑자기 아래로 떨어지지 않고 점진적으로 땅에 접촉되도록 한다.

Heel strike 직후 두 가지 작용이 일어나는데 하나는 족배굴곡근에 의하여 족부의 급속한 족저굴곡을 방지하는 것이고 나머지는 가자미근(soleus), 후경근(tibialis posterior)은 족관절에서, 그리고 대퇴사두근(quadiceps femcris)은 슬관절에서 작용하여 경골전진(tibial advancement)을 억제하는 것이다. 체중의 95%는 보행주기의 처음 10% 이내에 입자지(stance foot)로 이동한다. Heel strike에서 foot flat까지는 전체주기의 15%를 차지한다(그림 2).

2) Trunk glide

초기에는 거의 능동적인 노력없이 지질의 안정과균형을 얻는다. 인체가 전방으로 이동될 때 체중부하를 종골부로 부더 전족부(fore foot)에서 받게된다. 대퇴부가 수직위로 도달될 때 사두근은 작용하지 않게되며 전족부에서 체중부하를 하면서 족관절은 10° 정도 족배굴곡된다. 이 기간을 통하여 인체는 일찍히지도 균형을 취하므로 고관절 외근근은 계속 작용하고있다. 지속적인 외근근에 의한 안정과 함께 반대측 골반이 전방으로 나오면서 고관절은 점진적으로 내회근(외회전으로부터 회복)된다(그림 3).



TASK: TRUNK GLIDE (INTERVAL: MID-STANCE)
Foot-Flat Period to Maximum Dorsiflexion: 15 to 40% of Walking Cycle

DEMAND:
Continue forward travel of body over flat foot.

SITUATION:
Complete single limb support has been attained.
Foot flat on the ground.
Extremity stable.
Momentum still active but lessening.
Rate of forward travel slowing a bit.

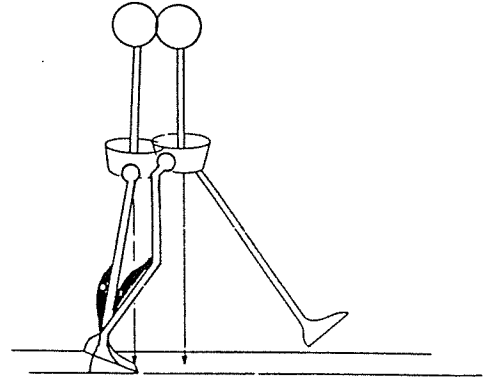
그림 3. Trunk glide

3) Push

Glide 기간의 말기에는 체중은 족부의 전면에 놓이고 슬관절은 신전되며 종골부는 막 들어올려지고 있다. 족저굴곡근은 작용하기 시작한다. 슬관절에서의 비복근(gastrocnemius)의 작용은 체중의 전방 위치로 인하여 조절된다. 체중이 족부보다 전방에 있기 때문에 비복근은 슬관절을 신전위에서 고정한다. 이때 사두근의 작용은 없다. 그 결과 모든 비복근의 힘은 족관절에서 작용한다. 이 기간 중 족관절에서의 작용은 크나 고관절에서는 경미하다. 체중이 하지의 전방에 놓이므로 고관절은 수동적으로 신전위를 취하게 된다. 이 때 고관절 전부인대(anterior ligaments)의 과도한 긴장은 장골근(iliacus)과 장내전근(adductor longus)에 의하여 방지된다. 체중이 반대측 족부로 이동되자마자 인체는 중간선으로 돌아가게 되어 전이(shift)한 준비를 한다. 이것은 고관절의 전근의 작용을 감소하는 효과가 있다. 동시에 내전근이 내측으로 전이를 조절하기 위하여 환동적이 된다(그림 4).

4) Balance assistance

최고로 미는 힘(push force)이 지난 직후 족부



TASK: PUSH (INTERVAL: FIRST HALF OF PUSH-OFF)
Heel-Rise to Maximum Push Force: 40 to 50% of Walking Cycle

DEMAND:
Renew forward propelling force.

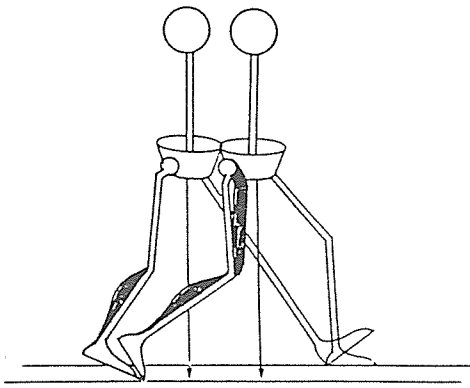
SITUATION:
Body slightly ahead of foot.
Knee fully extended.
Heel just starting to rise.
Ankle in 10 degrees dorsiflexion.

그림 4. Push

에 의하여 지지되는 체중이 급격히 줄어들는 시기로 발가락은 아직 땅에 접촉되어있다. 이러한 시기는 체중이 일측 하지에서 반대측으로 빠르게 이동되며 양측 하지에서 체중을 지지하게된다. 슬관절은 약 65°까지 빠르게 굴곡되며 이는 체중부하를 하지 않아도 되는 주로 비복근의 작용에 의한 결과이다. 또한 대퇴박근(gracilis)이 유일하게 굴곡근으로써 작용한다. 뒤이어 대퇴직근(rectus femoris)이 이 기간의 끝부분에서 굴곡의 정도를 제한한다. 슬관절굴곡과 동시에 고관절굴곡이 보다 점진적으로 일어난다. 슬관절, 고관절굴곡에 비례하여 족관절의 족저굴곡이 증가하여 족지접촉(toe contact)이 유지된다. 조절된 족저굴곡을 할 수 없을 때 체중을 한 번에 이동하게 되면 절름거리게(limp)되며 체중을 받아들이는 하지에서의 부담이 갑자기 증가하게 된다(그림 5).

5) Pick up

체중부하에서 벗어난 하지는 들어 올려지고 인체의 후방에서 전방으로 전진하게 된다. 전족부가 경골의 전면보다 수인치 앞으로 나와 있으므로 족관절에서 과도한 족배굴곡이 일어나기 않는 한 발가락은 가레를 가리킬 것이다. 슬관절이 굴곡되어 있을 때는 더욱 심해져서 족관절이 중립위를 취한다 해도 족부가 상대적으로 침족이 되는 셈이다. 그러므로 발가락이

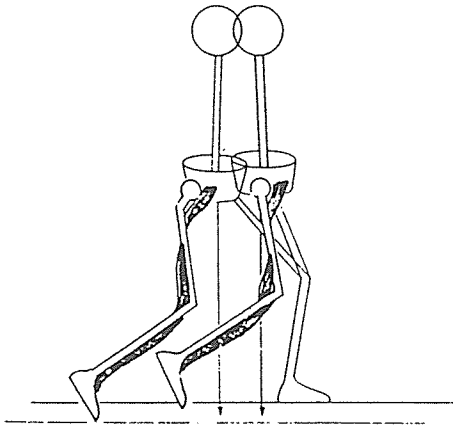


TASK: BALANCE-ASSIST (INTERVAL: LAST HALF OF PUSH-OFF)
 Maximum Push Force to Toe-Off: 50 to 60% of Walking Cycle

DEMAND:
 Assist body balance as other limb "struggles" to accept weight.

SITUATION:
 Period of double limb support.
 Weight rapidly transferred to other limb.
 Primary limb maintains floor contact for balance while it prepares for swing.
 Body well ahead of limb.

그림 5. Balance assist



TASK: PICK-UP (INTERVAL: EARLY SWING)
 Toe-Off to End of Knee Flexion: 60 to 75% of Walking Cycle

DEMAND:
 Lift foot from ground in preparation for forward reach.

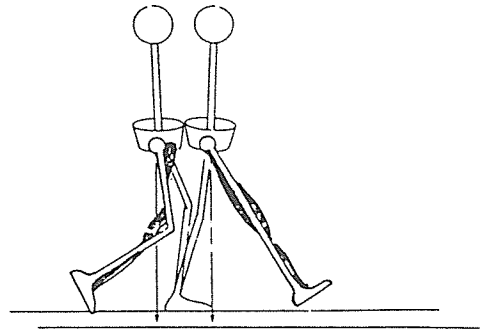
SITUATION:
 Weight entirely on other limb
 Extremity far behind body axis
 Toe extended down toward ground as a result of:
 1) the marked knee flexion
 2) the length of foot that protrudes beyond the line of the leg
 3) ankle in maximum equinus from assisting balance

그림 6. Pick up

땅에서 떨어지는 것은 고관절굴곡, 슬관절굴곡, 족관절 배측굴곡의 결합으로 가능해진다. Pick up 말기에는 슬관절은 최대 70°까지 굴곡된다. 과도한 슬관절굴곡 때문에 족부는 아직 후방에 놓인다. 슬관절굴곡은 대퇴이두근의 단두(short head of biceps femoris)와 봉공근에 의하여 일어난다. 장골근(iliacus), 봉공근(sartorius), 대퇴근막장근(tensor fasciae latae)은 고관절을 굴곡한다. Pick up 기간 중에 발가락을 끄는 것(toe drag)은 족부가 아래로 떨어지거나 전체 하지를 부적절하게 들어 올리기 때문이다. 하지를 올리지 못하는 것은 나뭇잎이나 관절운동의 제한때문일 수도 있다(그림 6).

6) Reach

Weight acceptance를 위하여 하지를 전방으로 신장하고 있는 것으로 고관절굴곡이 30°가 될 때까지 지속한다. Pick up중에 작용한 일차적인 굴곡근은 고관절굴곡이 지속되더라도 이제는 작용하지 않는다. 이것은 대부분 전에 생겨난 운동량(momentum)과 일부는 대퇴박근, 장내전근, 대내전근의 작용때문이다. 슬관절이 신전하기 전인 pick up의 말기에 대퇴직근이 단시간 작용하게 되며 weight acceptance를 위한 준비로 신전위를 유지하기 위하여 광근(vasti)이 작용하게된다. 동시에 반막양근, 반전양근, 대퇴이두근의 장두(long head)가 고관절, 슬관



TASK: REACH (INTERVAL: LATE SWING)
 Period of Knee Extension During Swing: 75 to 100% of Walking Cycle

DEMAND:
 Advance foot for next step in forward progression.
 Be ready to receive the advancing body weight.

SITUATION:
 Body traveling forward as a result of previous push and stance activity of other limb.
 Extremely suspended in a flexed posture at every joint.
 Foot still behind axis of body.
 Toe clear.

그림 7. Reach

절에서 지질의 전반운동량을 억제하기 위하여 활동적이 된다. 이렇게 슬관절에 의하여 heel strike를 위하여 슬관절신전을 감소하는 것을 terminal deceleration이라고 한다. 족부는 거의 중립위를 취하게 되며 heel strike까지 유지한다. 이는 족배굴근, (전경근, 장지신근, 장무지신근)의 지속적인 작용때문이다. 하지가 전방으로 이동될 때 골반회전과 경사에 의하여 하지의 길이가 상대적으로 길게된다(그림 7).

3. 보행의 결정요인(Determinants of gait)^{7, 10)}

보행을 여러 가지 측면에서 묘사하고 있음에도 불구하고 운동학적 분석(kinematic analysis)에서 고려되는 일단의 보행의 구성요소가 있으며 이를 보행의 결정요소라고 하며 골반회전, 골반경사, 슬관절굴곡, 슬관절, 족관절 상호작용, 골반전이 등을 가리킨다. 이러한 요소는 인체중심(body's center of gravity)의 운동을 극소화하기 위하여 상호 조정된다.

1) 골반회전(Pelvic rotation)

위에서 관찰하면 하지를 유각할 때 같은 축의 골반도 전방으로 나오게된다. 즉, 골반이 수평회전(horizontal rotation)하게 되는데 push off의 끝부분에서 midstance까지는 내회전, midstance에서 push off 중에는 외회전이 일어난다. 회전의 정도는 각 축에서 4°, 총 8°회전한다. 이러한 골반회전에 의하여 중심의 수직진동은 3/8 inch 감소되며 골반이 전방경사되는 범위도 감소된다.

2) 골반경사(Pelvic tilt)

보행시 유각축의 골반이 내려가서 중심이 올라가는 것을 감소시킨다. 이것은 고관절 외전근에 의하여 조절된다. 이 시점에서 인자지는 내전되며 유각지는 약간 외전, 고관절, 슬관절은 굴곡된다. Trendelenburg position으로 표현되는 이러한 골반의 측면경사는 midswing시 최대로 일어나 경사각도는 약 5°된다. 그 결과 중심의 수직진동은 추가로 3/16 인치 감소시키는 효과를 갖는다.

3) 슬관절굴곡(Knee flexion)

셋 번째 결정요인은 입자기 중에 나타나는 슬관절 굴곡이다. 슬관절은 입자기의 시작인 heel strike 시에 완전 신전된다. 그 후 전체 발비다이 땅에 닿을 때까지 슬관절은 약 15° 굴곡한다. 인체가 족부위로

통과하게 되고 입자기의 말기에 슬관절은 점차로 재신전된다. 이러한 슬관절굴곡은 골반의 수직진동범위를 7/16 인치 감소한다. 그러므로 첫째, 둘째, 셋째 요인에 의한 수직진동의 감소의 합은 1 인치가 된다.

4) 슬관절, 족관절 상호작용(Knee and ankle interactions)

이것은 슬관절과 족관절이 혼합된 운동으로 슬관절 작용은 세 번째 요인과 유사하지만 골반진동에 영향을 미치는 것이 주로 족관절운동과 관련되어 있다는 점에서 다르다. Heel strike 시 족관절은 약 90°를 이루며 점차 바닥에 접촉하기 위하여 족저굴곡된다. 이때 족관절의 높이는 약간 올라간다. 다음은 push off 시 종골부를 들면서 다시 족관절이 올라간다. 이러한 두 번에 걸친 족관절진동은 동시에 슬관절이 굴곡되어 골반진동을 감소한다.

5) 골반전이(Pelvic shift)

마지막 결정요인은 하지를 땅으로부터 들어 올릴 때 인체의 균형을 유지하기 위하여 골반을 측방으로 이동하는 골반전이이다. 골반의 측방전이는 좌우 1 3/4 인치 정도이다. 전이가 일어날 때 체중부하 지는 내전된다. 이러한 측방운동은 균형유지 뿐 아니라 골반운동을 유연하게 한다.

골반회전, 골반경사, 족관절, 슬관절굴곡 그리고 골반전이의 목적은 골반의 수직전이(vertical displacement)의 정도를 감소하기 위한 것으로 평균 수직전이는 상하 1 4/5 인치 정도이다. 이것은 보행 중 인체를 올리고 내리는데 필요한 에너지를 감소한다. 수직전이는 하지의 상대적 길이를 증가하여 고관절굴곡, 신전의 정도를 증가하지 않고 발걸음의 길이를 증가한다. 보행의 속도는 보조(cadence)의 증가보다는 주로 발걸음의 길이에 달려있으므로 보행의 결정요소는 보조를 증가하지 않고 속도를 증가하여 에너지를 절약한다.

4. 거리 및 시간변수(Distance and time variables)¹⁰⁾

거리와 시간의 측정으로 보행을 묘사하는 데 사용되는 거리변수(distance variables)는 발걸음(stride) 및 스텝(step)의 길이, 보행기저부의 폭(width of walking base), toe out의 정도를 가리키며 시간변수(temporal variables)는 stride, step

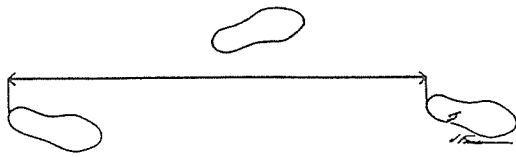


그림 8. Stride 의 길이

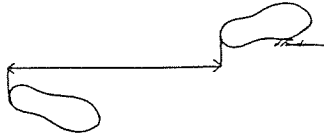


그림 9. Step의 길이

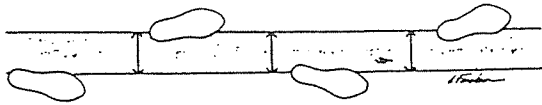


그림 10. 지지기저부의 폭



그림 11. Toe out 의 각도

의 시간, 보조(cadence), 속도 등이 있다. 이러한 변수는 개인의 보행에 관한 중요한 양적정보(quantitative information)을 제공한다.

Stride의 길이는 일측 하지의 heel strike의 점으로부터 동측 하지의 다음 heel strike까지의 거리를 측정하여 알 수 있다(그림 8). 하나의 stride의 길이는 두 step의 길이가 된다. Stride의 길이는 하지길이, 신장, 연령, 성별에 따라 달라지므로 개인에 따라 다르나 일반적으로 노인이 되면서 감소하고 보행속도가 증가할 때 증가한다.

Step의 길이는 일측 하지의 heel strike로부터 반대측 하지의 heel strike까지의 거리(그림 9)로 좌우 step의 길이를 비교하여 보행의 대칭 여부를 알 수 있다.

보조(cadence)는 일분간의 step의 수로서 일정한 속도에서 stride의 길이가 짧아지면 남자에 비하여 짧고 빠른 stride로 걷는 경향이 있다. 일반적으로 속도가 증가하면 보조와 stride의 길이가 함

께 증가한다. 또한 보조가 증가하면 이중지지(double support)의 기간이 감소되며 보조가 1분간 180보 steps/min일 때는 이중지지(가) 사라지며 보행(walking)은 달리기(running)로 변한다.

속도(speed)는 실수로 표시할 수 있는 수량(scalar quantity)으로 크기는 있으나 방향은 가지고 있지 않다. 빠른 속도는 일반적으로 보조, stride의 길이, 보행기저의 폭이 증가되며 toe out의 각은 감소된다. 그러나 개인에 따라 빠른 속도를 얻기 위하여 stride의 길이를 증가하고 보조를 감소하거나 stride의 길이를 감소하고 보조를 증가하는 수도 있다.

지지기저부의 폭(width of base of support)은 발과 발사이의 거리(그림 10)로 폭의 증가는 안정성을 증가시키나 일측 하지로 지지하는 동안 지지기저부중심(center of gravity)을 이동하기에 필요한 좌우운동(side to side motion)의 양을 증가시킨다. 노인이나 소아에서 일어나는 것처럼 좌우 안정성에 요구가 증가될 때도 지지기저부의 폭이 증가됨을 볼 수 있다. 소아의 중심은 어른보다 높게 위치하므로 안정성을 위하여 넓은 지지기저부가 필요하다. 정상인의 지지기저부의 폭은 1~5인치의 범위에 속한다.

Toe out의 각도(그림 11)는 족부배치(foot placement)의 각도를 의미하는 것으로 족부의 진행선과 종골의 중심(center of heel), 제 2족지를 이은 선에 의하여 형성된 각도로 표시한다. 남자의 toe out의 각도는 정상속도에서 약 7°이며 보행속도가 빨라지면 toe out의 각도는 감소된다.⁹⁾

5. 근작용(Muscle activity)^{1), 7)}

전경골근군(pretibial group)은 그림 12에서 보는 것처럼 heel strike시에 작용하는 근육으로 원심성수축을 하여 heel strike로부터 족부가 땅에 완만하게 접촉하도록 조절한다. 입각기의 잔여부분에서는 족배굴곡근은 실제적인 내반근, 외반근과 함께 족부의 내외측 안정을 위하여 작용한다. 이것은 불균일한 표면이나 언덕을 걸을 때 안정성을 위하여 중요하다. 또한 유각기 중 발가락이 땅에 닿지않게 하기 위하여 적은 힘으로 작용한다.

족저굴곡근(calf group)의 작용은 오직 입각기에만 일어난다. 반대측 하지가 체중을 받아들이려고 할 때인 입각기의 마지막 1/3에서 즉, 중심을 전상방

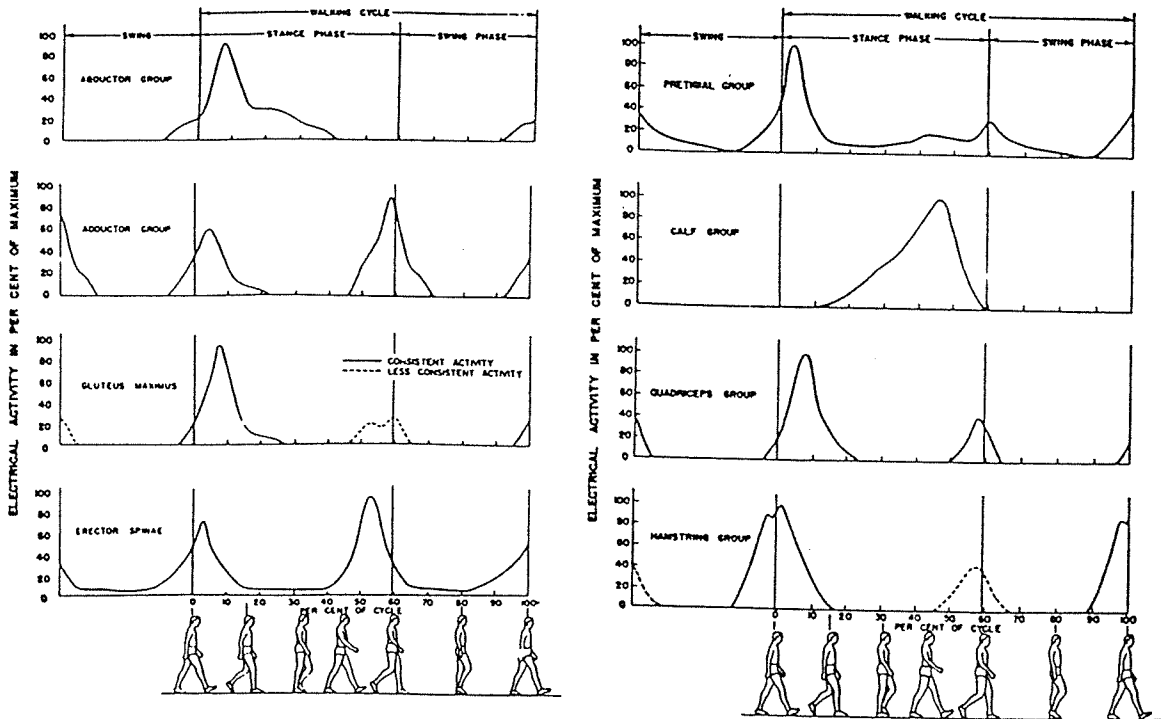


그림 12. 근육용

으로 이동하는 push off의 시기에 최대로 작용한다. 또 하나의 중요한 기능은 종골이 들어 올려진 입각초기에 족저굴곡근의 수축력은 족저굴곡 뿐 아니라 유각기에 필요한 슬관절굴곡도 시키는 것이다. Elftman⁵⁾은 이 근육이 유각을 위하여 특히 중요하다는 것을 강조하였다.

사두근군(quadriceps group)은 heel strike 직후에 작용하여 중심이 중력과 관성에 의하여 전, 내방으로 향하는 것을 방지한다. 이때는 인체의 중력선이 슬관절축 추방으로 떨어지므로 슬관절이 굴곡되는 것을 방지하기 위하여 사두근의 작용이 필요하다. midstance에서는 인체의 중심이 슬관절전방으로 이동하기 때문에 사두근작용은 없어진다.

슬건근(hamstrings)의 최대작용은 사두근보다 먼저 일어난다. 하지를 전방으로 유각할 때 이 근육은 슬관절, 고관절에서 동시에 신전되어 긴장이 증가된다. 그 결과 슬건근은 수축하여 하지의 전방유각의 속도를 감소하며 과도한 고관절굴곡과 관성에 의한 슬관절신전을 방지한다. 종골부가 땅에 접촉하여 족부에서 체중을 받아들이면 추 슬건근은 다시 작용하

게 된다. 족부는 체중에 의하여 땅에 고정되고 사두근이 슬관절에서 작용하게 됨에 따라 슬건근의 작용은 고관절로 이동된다. 이때는 사두근과 슬건근은 각각 슬관절을 조절하고 고관절을 신전하는 일에 협력근으로 작용한다.

대둔근(gluteus maximus)은 완충역할을 하면서 heel strike시에 가장 활동적이 된다. 다음은 push off 동안 슬건근과 함께 작용하여 중심의 추진(propulsion)을 위하여 고관절과 슬관절을 신전한다. 대둔근의 신전기능은 고관절, 슬관절이 굴곡되는 것을 방지하기 위하여 heel strike시 인체가 반듯하도록 한다.

외전근군(abductor group)은 골반의 측방고정근(lateral stabilizer)으로서 heel strike 후 작용이 증가하여 입각초기에 최대가 되어 체중의 영향으로 골반이 반대측으로 내려가는 것을 방지한다. 그 후 외전근의 작용은 단일입각기(single stance) 동안 적은 강도로 유지되다가 이중입각기(double stance)에서 사라진다. 중둔근의 최대작용은 사두근, 대둔근의 작용시기와 일치한다.

내전근군 (adductor group)은 입각기의 초기와 후기에 최대작용을 보인다. 그 중 첫 번째 작용은 사두근, 대둔근의 최대작용과 거의 일치한다. 그러므로 내전근은 heel strike 직후 활동적이되는 각종 근군과 연합되어있다. 두 번째의 보다 큰 작용은 toe off 시 또는 직전에 나타난다. 내전근의 기능을 이해하기 위하여 몇 가지 사실을 염두에 두어야한다.

첫째, 내전근은 고관절의 굴곡, 신전축에서 일부는 전부, 나머지는 후부에 위치하고 있으므로 고관절을 굴곡 또는 신전시킬 수 있다. 둘째, 내전근은 또한 역학적으로 골반을 횡적회전(transverse rotation)시킬 수 있다. 셋째, 해부학적 길항근인 외전근, 내전근은 관절의 고정이 필요할 때는 흔히 협력하여 함께 작용한다. 이상의 사실로 내전근은 인체의 측방진동(lateral oscillation) 뿐아니라 각종 운동의 조절에도 관여하고 있다는 것을 추정할 수 있다.

척추신전근군 (erector spinae group)은 입각 초기와 후기에 주로 작용한다. 우측 종골부가 땅에 접촉된 후 우측 척추신전근은 최초로 크게 작용하며 두 번째는 좌측에서 heel strike가 일어나면 보다 큰 작용을 나타낸다. Heel strike시 좌측에서의 척추신전근은 우측과 동일한 방법으로 작용하므로 양측 근육은 척추를 지지하여 관성으로 인한 구간의 과도한 전방굴곡을 방지해야한다. 또한 측방에서의 척추신전근의 고정효과는 이 근육의 해부학적 위치로서 짐작할 수 있다.

6. 이상보행(Pathological gait)

1) 이상보행의 원인³⁾

동통 또는 불편(pain or discomfort)은 정렬이나 운동에서 경미한 변화로부터 심한 정도까지 다양하게 보행패턴에 이상을 초래할 수 있다. 관찰하여 기록하기전에 이러한 요인을 환자에게 물어보아 알아내고 감추지 않게하여야한다. 환자가 질문에 대하여 반응할 수 없다면 체중부하기의 단축이나 안면표정을 통하여 찾아내야한다.

근약증(muscle weakness)이 증등되거나 전신적이면 지지기저부가 넓어지고 step의 단축, 상지운동(arm swing)의 감소, 균형관란이 나타난다. 특정근군에 심한 약증이 : 다른 근육에는 충분한 근력이 있을 때는 심한 생(extreme deviations)을 볼 수 있다.

관절운동제한은 관절염, 외과적수술, 각종 원인으로 인한 인체의 일부 및 전체의 폐용(disuse)으로 일어나며 이는 보행분석과 관절측정에 의하여 알 수 있다.

신경병리학적 질환(뇌성마비, 편마비, 파킨슨증후군 등)으로 인한 부조화(incoordination)가 있는 경우는 특이한 보행을 나타낸다. 과도 긴장상태는 선택적으로 근군을 활성화하여 정상보행에 필요한 다양한 패턴으로 결합하는 능력을 잃게 되며 환자는 지절을 움직일 때 전체굴곡 또는 전체 신전패턴으로 반응하는 경향이 있다.

골절후의 골단축, 선천성기형, 심한 화상으로 인한 상흔조직과 같은 골 및 연부조직의 변경은 다양한 보행 이상을 가져온다.

2) 이상보행의 분류²⁾

각종 원인에 의하여 발생되는 이상보행은 다양하거나 크게 신경학적 결함과 하위운동 신경손상으로 인한 보행으로 분류하고 다시 몇 가지 일반적인 이상보행 패턴에 관하여 언급하기로한다.

(1) 신경학적 결함으로 인한 보행(Gaits from neurologic deficits)

① 편마비보행(Hemiplegic gait)

뇌졸중(stroke)으로 인한 대부분의 편마비환자는 신전근 공동운동(extensor synergies)을 가지고 보행한다. 신전근 공동운동은 고관절 신전, 내회전, 슬관절 신전, 족부 및 발가락의 족저굴곡, 족부내반을 가져온다. 이러한 보행패턴은 heel strike시 전족부로 strike하게 된다. 하지는 전체 보행주기 내내 신전되어 있고 족부는 족저굴곡되어 있으므로 입각기의 후반에 push off의 불능으로 중심을 진진하기가 곤란해진다. 유각기에는 환측지(affected limb)가 너무 느므로 발끝을 땅에서 떼기 위하여 가끔 심한 고관절굴곡(hip hiking)과 함께 순환운동(circumduction)을 사용하게 된다. 입각기에 슬관절굴곡이 일어나지 않아 고관절과 중심이 과도하게 상승하게 된다. 상지는 견관절에서 내전, 내회전되며, 주관절, 수근관절, 손가락에서 굴곡된다. 보다 이완성마비인 경우에는 슬관절의 불안정이 나타나며 외전근이 사용되지 않아 체중부하시 반대측 골반이 내려감을 볼 수 있다.

② 운동실조보행(Ataxic gait)

A. 감각성 운동실조 보행(Gait of sensory at-

axia)

배측척수로(tabes dorsalis)와 같이 척수후부의 질환으로 인한 하지의 고유수용성 감각의 결손이 원인으로 지지기저부가 넓어지며(wide base) 발바닥의 부딪침(slapping), 비틀거림(swaying), 불균일한 보폭 등이 나타난다. 흔히 자신의 발을 보아야 하며 눈을 감거나 어두우면 보행이 더욱 나빠진다.

B. 소뇌성 운동실조 보행(Gait of cerebellar ataxia)

소뇌손상이 원인으로 공동운동장애(dysmetria), 부조화(incoordination), 비틀거림, 지지기저부가 넓어짐 등이 나타난다.

③ 가속보행(Festination gait)

파킨슨씨병과 같이 뇌저신경절(basal ganglia)의 이상으로 인한 운동조절장애로 나타나며 상체를 구부린 자세(stooped posture)에서 step을 적게 떼어 놓으며 걸을수록 보행속도가 증가되어 결국은 넘어지기 쉽다. 갑자기 서거나 방향전환이 곤란하다.

④ 협상보행(Scissors gait)

이러한 보행은 강축성 하반신마비(spastic paraplegia)의 특징이다. 보행시 하지는 내전되어 슬관절을 서로 비비게되며 교대로 교차하게된다. 그 결과 step은 짧아지고 보행속도는 느리게된다. 하지는 뻣뻣하고 경련적인(stiff and jerky) 방법으로 전방으로 움직이며 흔히 구간과 상지의 특이한 보상운동을 수반한다.

(2) 하위운동 신경손상으로 인한 보행(Gaits from lower motor neuron lesions)

① 고관절 신전근 보행(Hip extensor gait)

환측의 heel strike시에 구간과 골반을 갑자기 뒤로 젖히므로 환측 고관절이 전방으로 돌출한 것처럼 보인다. 그 결과 중력선은 고관절 후방으로 떨어지던 인대에 의하여 과도한 신전을 방지하게 되어 안정을 갖게된다. 체중을 부하하고 있을 때 슬관절굴곡이 일어나면 고관절굴곡은 피할 수 없이 일어나므로 슬관절은 신전상태를 계속 유지해야한다. 그러므로 mid stance기 슬관절을 굳게 신전하므로 동측 고관절이 약간 올라간다. 이러한 보행은 보조기에 의하여 교정될 수 없다. 골반대(pelvic band)로도 불충분하다. 최선의 방법은 일측 손상시에는 양측 목발이나 지팡이로 3점보행, 양측 손상시에는 2점 또는 4점 교대 보행을 실시한다.

② 중둔근보행(Gluteus medius gait)

중둔근에 약증이 있을 때 나타나는 보행으로 보상되지않은 보행(uncompensated gait)에서는 건측 골반이 유각시에 하강하여 입각기의 환측 고관절이 측방 돌출하게된다. 이의 교정방법은 정상측에 지팡이를 짚는 것이다.

보상보행(compensated gait)에서는 정상측 골반의 심한 하강을 방지하기 위하여 구간을 오히려 손상측으로 기울인다. 구간의 측방굴곡으로 환측 고관절의 측방돌출대신에 내측이동(medial deviation)과 환측을 향한 견관절의 하강이 나타난다. 양측 중둔근마비시에는 유각측을 향한 골반의 하강과 체중부하측을 향한 구간의 보상된 측방굴곡이 교대로 나타나게 되어 waddling gait를 일으킨다.

③ 고관절 굴곡근 보행(Hip flexor gait)

파행(limp)이 손상측 하지의 push off에서 시작하여 유각기 내내 지속한다. Push off 후 구간을 갑자기 후방으로 젖혀 손상측 하지를 전방으로 이동한다. 구간운동을 중지해도 관성에 의하여 고관절굴곡은 계속된다.

④ 사두근보행(Quadriceps gait)

Heel strike시 슬관절을 강하게 신전시키며 heel strike 직후 구간을 전방으로 기울인다. 그 결과 중력선이 슬관절전방에 놓이게되어 슬관절신전이 유지되도록 한다. 빠른 보행에서 사두근은 하퇴(lower limb)를 전방으로 가속시키는데 필요하나 이 경우는 이것이 불가능하며 족부를 후방에서 끌게되고 과도한 종골(heel)의 상승이 일어난다.

⑤ 족저굴곡근 보행(Dorsiflexor gait)

경골신경의 마비가 원인인 보행으로 환자가 경사를 올라갈 때 잘 나타난다. push off가 불가능하여 하지가 적절히 전진하지 못하고 건측에 비하여 손상측 하지를 끌게된다.

⑥ 족배굴곡근 보행(Dorsiflexor gait)

족배굴곡근에 중등도의 약증이 있을때는 heel strike시에 족배굴곡근의 원심성수축이 효과적으로 일어나지 않게되어 족부가 너무 빨리 다다에 닿게되어 쾰썩소리(slapping)가 나게된다. 그러나 심한 마비시에는 계상보행(stepage gait)이 되어 heel strike시 족저구부(ball of foot)가 먼저 바닥에 닿게되며 유각기중 수족(foot drop)과 과도한 슬관절, 고관절굴곡이 나타난다.

Ⅲ. 요 약

보행에 관여하는 계통의 결함은 이상보행을 일으키거나 결함을 보상하기 위하여 과도한 동작을 보이게 된다. 보행분석을 통하여 정상으로부터 벗어난 이상의 정도와 원인을 알아내어 가능한한 안전하고 에너지소모가 적은 보행을 위한 교정방법을 찾아낼 수 있다. 이러한 목표를 위해서는 인체의 정상적인 구조와 기능을 토대로한 보행기전에 관하여 충분한 지식을 갖는 것이 필수적이다.

참 고 문 헌

1. Brunnstrom S: Clinical kinesiology. F A Davis Co, Philadelphia, 1972, pp. 291-322.
2. Chusid IG: Correlative neuroanatomy & functional neurology. Lange Medical Publications, Los Altos, 1976, pp. 166-167.
3. Daniels L, Worthingham G: Muscle testing, WB Saunders, Philadelphia, 1986, pp. 165-175.
4. Eberhart HD, Inman, Bresler B: The principal elements in human locomotion, Chapter 15. In Klopsteg PE, Wilson PD: Human limbs and their substitutes. McGraw-Hill Book Co, New York 1954.
5. Elftman H: Knee action and locomotion. Bull Hosp Joint Dis 16:103-110, 1975,
6. Galley PM, Forster AL: Human movement, Churchill Livingstone, New York, 1982, pp. 197-206.
7. Kottke FJ, Stillwell GK, Lehmann JF: Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation. WB Saunders Co, Philadelphia, 1982, pp. 86-100.
8. Murray MP: Gait as a total pattern of movement. Am J Phys Med 46:1, 1967.
9. Murray MP, Clarkson BH: The vertical pathways of the pathways of the foot during level walking: I. Range of variability in normal men. J Amer Phys Ther Assoc 46:585-589, 1966.
10. Norkin CC, Levangie PK: Joint structure and function. FA Davis Co, 1982, pp. 395-441.
11. Perry J, Hislop HJ: Principles of lower-extremity bracing. American Physical Therapy Association, Washington, 1977, pp. 9-32.
12. Steindler A: Kinesiology. CC Thomas Co, Springfield, 1955.
13. Sutherland DA: An electromyographic study of the muscles of the lower extremity and the effect of tendon transfer. J Bone Joint Surg 41A: 189-208, 1959.
14. Wells KF, Luttgens K: Kinesiology. WB Saunders Co, Philadelphia, 1976, pp. 413-433.