

Chinical Kinesiology

임상운동학

구봉오 김호봉 남기석 배성수
엄기매 정형국 채윤원



물리치료는 환자의 움직임 능력을 유지 및 증진시키기 위해 많은 노력을 기울인다. 따라서 물리치료를 공부하는 학생과 물리치료사는 움직임의 기능부전을 예방, 측정, 수정, 또는 변경시키기 위한 기초학문으로서 운동학에 대한 이해를 갖고 있어야 한다.

운동학이란 인간의 움직임을 연구하는 학문이다. 운동학을 공부하기 위해서는 인체의 구조에 대한 해부학과 인체의 기능에 대한 생리학에 대한 지식이 요구되며, 움직임에 대한 운동학적 분석은 움직임을 관찰하고 움직임에 대한 관절과 근육의 기여를 분석하는 질적인 측면을 강조한다. 움직임의 양적인 분석을 위해 운동학은 역학과 결합하게 된다. 역학은 물체에 작용하는 힘 그리고 운동 및 평형의 관점에서 이들 힘의 결과를 해석하는 학문이다. 이러한 역학적 원리와 운동학이 결합하여 움직임을 분석하는 학문이 생체역학이다. 따라서 생체역학은 인체의 움직임을 평가하고 인체에 작용하는 힘들의 효과를 평가한다.

이 책은 총 3부로 되어 있다. I 부는 임상운동학을 위한 기초를 다루고 있으며, II 부는 각 관절별 임상운동학을, 그리고 III 부는 자세와 보행을 다루고 있다. 이 책의 발간 목적은 임상운동학을 강의하시는 교수님들의 의견을 모아 강의 교재로서의 기능과 국가고시를 위한 학습 교재로서의 역할을 제공하기 위해 집필되었다. 임상운동학의 교재로 주로 이용되었던 것들은 주로 번역서였기 때문에 용어의 혼동이 있어 왔다. 이 책을 위해 다년간의 임상운동학 강의 경력을 갖고 계신 교수님들이 모여 기초적인 용어는 통일하였다. 그러나 많은 부분에서 미흡한 점을 실감하고 있으며 지속적인 수정을 통해 보완해 나갈 것이다.

끝으로 이 책이 완성되기까지 여러 차례의 모임과 시간을 할애해 주신 현문사 유해영 사장님과 직원 관계자들과 보다 더 좋은 교재로 학생들에게 도움을 주기 위해 늘 고민하시고 수고하신 교수님들께 고마움을 전하는 바이다.

2004년 2월

저자 대표

1부 임상운동학을 위한 기초 · 1

1장 생체역학적 원리 · 3

1. 운동형상학	4
1) 운동형상학의 개요 / 4	2) 축과 면 / 6
3) 사슬운동 / 11	4) 운동의 종류 / 13
5) 골운동학과 관절운동학 / 14	6) 순간회전중심 / 19
2. 운동역학	22
1) 힘 / 22	2) 지레의 원리 / 32
3) 회전동역학 / 36	4) 운동량과 충격량 / 39
5) 정역학적인 적용 / 41	6) 생체조직의 역학적 특성 / 47

2장 운동기관의 구조와 기능 · 53

1. 관절의 종류	54
1) 부동관절 또는 섬유성 관절 / 55	2) 반관절 또는 연골성 관절 / 56
3) 가동관절 또는 활막성 관절 / 58	
2. 활막성 관절의 일반적 특성	64
1) 관절연골 / 64	2) 관절낭 / 65
3) 활액 / 67	4) 인대 / 67
5) 가동관절의 안정성 / 68	6) 가동관절의 퇴행 / 68
7) 잠긴 위치와 풀린 위치 / 69	8) 관절혈관과 관절신경 / 70
3. 관절운동	71
1) 골운동학 / 71	2) 관절운동학 / 73
3) 종속운동 / 77	

3장 근육의 구조와 기능 · 81

1. 근육의 구조	82
1) 근섬유의 구성 / 82	2) 수축단위 / 85
3) 운동단위 / 87	4) 근섬유의 유형 / 90
5) 근육의 외형에 따른 분류 / 92	6) 근육 결합조직 / 94
2. 근육의 기능	98
1) 근장력 / 98	
3. 근육의 구분	107
4. 근육의 기능에 영향을 미치는 기타 요인	109
1) 관절의 유형과 근육의 부착위치 / 109	
2) 관절의 수 / 110	3) 수동불충분 / 111
4) 감각수용기 / 112	

2부 각 관절별 임상운동학 · 115

4장 전부 복합체 · 117

1. 기능적 관절과 순수관절	118
2. 각 관절에서 발생하는 운동	118
3. 견갑골과 견관절에 작용하는 근육의 해부학적 작용	125
4. 회전근개의 견관절 안정기능	128
5. 회선근개의 견관절 외전에서의 기능	129
6. 견관절 외전기전	130
7. 관절와상완 리듬	133
8. 각 근육의 작용선	134
9. 견갑골 근육 중 짝힘으로 작용하는 근육	137
10. 몸통 들기 동작 분석	138
11. 밀거나 당기는 동작 분석	138
12. 근육마비로 인한 변형 및 운동장애	139
13. 각 관절운동의 끝 느낌	141
14. 관절의 보조운동	141

5장 주관절 · 142

1. 주관절과 요척관절의 운동축	143
2. 주관절과 요척관절에서 발생하는 운동과 운동량	144
3. 주관절과 전완에 작용하는 근육의 해부학적 작용	145
4. 주관절굴곡의 주동근	147
5. 상완이두근과 회외근, 원회내근과 방형회내근, 상완삼두근과 주근의 비교	148
6. 주관절에 작용하는 다관절 근육의 최소, 최대 길이의 비교	149
7. 주관절과 전완의 운동시 각 근육의 주동근 길항근 협력근 관계	150
8. 주관절의 폐쇄성 연쇄운동	151
9. 대흉근의 주관절 신전기능	151
10. 말초신경손상으로 인한 운동장애	151
11. 각 관절운동의 끝 느낌	152
12. 관절의 보조운동	152

6장 손목, 손 · 153

1. 각 관절에서 발생하는 운동	154
2. 손목과 손에 작용하는 근육의 해부학적 작용	159
3. 손목의 굴곡-신전축	171
4. 쥐는 동작 분석	172
5. 손을 펴는 동작 분석	175
6. 총지신근과 총양근의 작용	176
7. 손의 동작에서 수동적, 능동적 불충분에 대한 이해	179
8. 건 작용과 임상적 응용	182
9. 무지와 소지의 운동에 손목관절 근육의 협력작용	182
10. 손의 쥐는 유형	183
11. 말초신경 손상으로 인한 운동장애	186
12. 요골 혹은 정중신경 손상시의 쥐는 방법	189
13. 손의 변형	190
14. 각 관절운동의 끝 느낌	193
15. 관절의 보조운동	194

7장 고관절과 골반 · 195

1. 고관절과 골반의 개요	196
2. 고관절과 골반의 구조	197
3. 골반과 고관절운동	200
4. 신경지배	202
5. 골반과 고관절의 근육	203
6. 주동근의 분석	209
7. 고관절의 운동 분석	213
8. 임상운동 분석	218

8장 슬관절 · 219

1. 슬관절의 개요	220
2. 슬관절의 구조	220
3. 슬관절의 운동	223
4. 슬관절의 근육	226
5. 주동근 분석	229
6. 슬관절운동 분석	230
7. 임상운동 분석	232

9장 발목과 발 · 237

1. 발목과 발의 개요	238
2. 발목관절의 구조	239
3. 발목관절의 운동	243
4. 발목관절의 근육	247
5. 주동근 분석	254
6. 발목관절 운동 및 발운동 분석	256
7. 임상운동 분석	256

10장 머리, 목, 체간 · 261

1. 머리, 목, 체간의 개요	262
2. 척주의 구조	263
3. 척주의 운동	268

4. 두경부의 구조와 운동	271
5. 흉추부	277
6. 요추 및 골반부	279
7. 임상운동 분석	287

3부 자세와 보행 · 289

11장 자세 · 291

1. 정적 자세와 동적 자세	292
2. 정상적인 자세의 분석	292
3. 비정상 자세 분석	297
3. 가령화에 의한 자세 변화	300

12장 보행 · 302

1. 보행 분석	303
2. 비정상보행 분석	316

참고문헌 / 323

찾아보기 / 327

1부

임상운동학을 위한 기초

1장 · 생체역학적 원리 / 3

2장 · 운동기관의 구조와 기능 / 53

3장 · 근육의 구조와 기능 / 81

생체역학적 원리

◆ 학습 목표 ◆

-
- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. 축과 면의 개념과 그 종류를 안다. | 12. 뉴턴의 운동법칙을 안다. |
| 2. 기능적 중심점의 중요성을 안다. | 13. 힘, 일 및 일률(파워)의 개념을 안다. |
| 3. 열린 사슬운동과 닫힌 사슬운동을 비교한다. | 14. 지렛대 및 활차의 종류와 인체의 적용을 안다. |
| 4. 자유도의 개념을 안다. | 15. 회전동역학(토크와 관성모멘트)을 안다. |
| 5. 골운동학과 관절운동학적인 움직임을 안다. | 16. 운동량의 임상적 의미를 안다. |
| 6. 블록-오목 법칙을 안다. | 17. 물체의 안정성에 영향을 주는 4가지 요소를 안다. |
| 7. 순간회전중심을 안다. | 18. 근력과 관절력을 계산할 줄 안다. |
| 8. 운동역학의 정의를 안다. | 19. 중력중심을 구할 수 있다. |
| 9. 힘의 네 가지 특성을 안다. | 20. 생체조직의 생체역학적인 특성을 안다. |
| 10. 힘을 합성하는 방법을 안다. | |
| 11. 힘을 분해하는 방법을 안다. | |

1. 운동형상학(Kinematics)

일반인들은 일상생활에서 많은 역학적 요소를 접하게 되지만, 이를 인지하지 못하는 경우가 종종 있다. 그러나 우리는 움직임을 연구하는 사람으로서 인체에 적용되는 혹은 인체에서 일어나는 힘(power), 움직임(movement), 안정(rest), 자세(position)와 그 밖의 역학적 요소에 대해서 어느 누구보다 많은 관심을 가져야 한다.

먼저, 인간의 운동에 대한 연구는 생체역학(biomechanics)이나 운동학(kinesiology)이라는 용어로 널리 알려져 있다. 이 학문은 1950년대 이후로 급속하게 발전되고 있으며 물리치료, 작업치료, 체육, 보장구 및 의족, 스포츠 의학, 정형외과학, 인체공학(ergonomics), 우주공학 등등의 분야에서 응용되고 있다.

역학을 분류하는 방법들은 다양하다. 역학은 크게 정지된 물체나 일정한 속도로 움직이는 물체를 연구하는 정역학(statics)과, 감속이나 가속으로 일어나는 운동을 연구하는 동역학(dynamics)으로 분류하기도 하고, 그림 1-1처럼 분류하기도 한다.

생체역학(biomechanics)은 역학적인 원리를 인체나 동물조직에 적용하는 학문이며, 일반적으로 근골격계의 기능에 기초를 두고 있다. 생체역학적인 원리는 정형물리치료와 스포츠치료 분야에서 평가(assessment)와 치료(treatment)에서 이용되고 있다.

1) 운동형상학의 개요

(I) 운동(Motion)

① 2차원 분석

운동형상학은 병진운동(translation(linear motion))과 회전운동(rotation(angular motion))의 견지에서 운동을 기술하는 것이며, 일반적으로는 네 가지 개념으로 기술한다: 시간(time), 변위(displacement), 속도(velocity) 및 가속도(acceleration).

먼저, 시간의 개념은 다양한 스포츠활동의 운동분석뿐만 아니라 보행분석에서 종종 이용된다. 그리고 변위는 물체의 위치 변화이며, 대개 시작지점과 최종지점 사이의 거리와 운동방향을 의미하기도 한다. 속도는 변위 변화의 비율이며, 물체가 얼마나 빠르게 움직이는가를 의미하고, 가속도는 속도의 변화로써 감속(deceleration)은 음(-)의 가속도를 나타낸다.

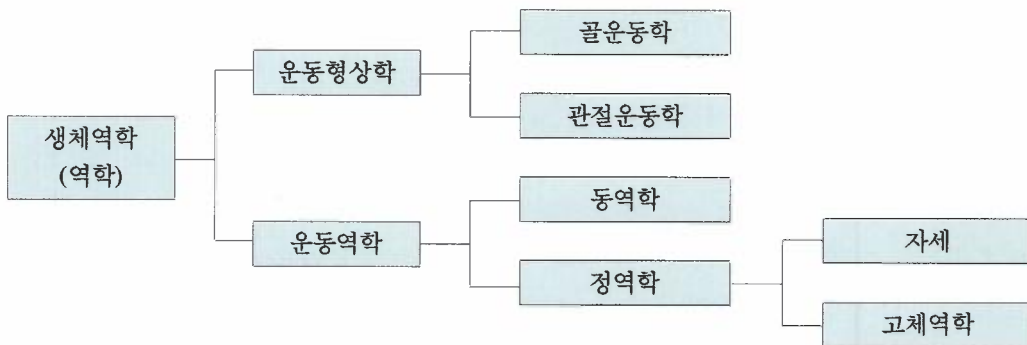


그림 1-1. 생체역학의 분류

(2) 운동 측정 (Measurement of motion)

정적인 운동의 측정은 고니오메터나 줄자 등을 이용해 운동의 변위만을 측정하는 것이고, 동적인 운동의 측정은 일반적으로 물체가 움직일 때 그 물체의 특정지점을 기록하는 2차원 분석이나 3차원 분석으로 이루어진다. 이 분석들은 고유한 장점과 단점을 모두 가지고 있다. 여기에서는 동적 운동의 측정에 대해서만 언급하고자 한다.

② 2차원 분석(관상측)

2차원 운동분석은 현재까지 쓰이는 가장 일반적인 측정기법이다. 2차원 분석은 일반적인 비디오촬영기법이나 영화촬영기법(cinematography)으로 이루어지는데, 이런 2차원적인 분석기법을 선호하는 주된 이유는 상대적으로 장비의 비용이 적을 뿐만 아니라 분석하는데 걸리는 시간이 짧기 때문이다. 그러나 정확성이 3차원 분석보다 떨어지는데, 그 중에서 정확성이 크게 떨어지는 경우는 움직이는 신체분절이 촬영방향과 수직으로 이동할 때 일어난다. 이런 이유 때문에 많은 연구자들은 2차원 분석보다 3차원 분석을 선호한다. 연구적인 입장에서 볼 때는, 위치가 중요한 정보를 주기 때문에, 3차원 분석이 더 가치가 있지만, 임상적인 관점에서 볼 때 시간, 비용 및 공간적인 문제 때문에 오히려 2차원 분석을 많이 사용한다. 보행처럼 움직임이 많은 운동에서는, 카메라를 주로 일어나는 운동방향에 수직으로 두고 촬영한다. 이렇게 카메라를 설치하면, 3차원으로 촬영한 움직임과 거의 비슷한 정보를 얻을 수 있다.

② 3차원 분석

앞에서 언급했듯이, 2차원 분석의 문제점은 촬영시각의 오류이다. 이런 문제점을 3차원 분석이 바로 잡을 수 있기 때문에 연구목적에 따라 3차원 분석이 선택된다. 3차원

분석은 서로 다른 각도에서 특정 움직임을 촬영할 수 있도록 2대 이상의 카메라를 필요로 한다. 3차원 분석을 사용했을 때 측정될 신체분절의 정확한 위치를 3개의 면에서 관찰할 수 있기 때문에 촬영시각의 오류를 배제할 수 있는 것이다. 또한, 신체분절이 특정 방향으로 회전된다 할지라도, 이 회전이 계산될 각도의 크기에 큰 영향을 주지 않는다.

컴퓨터의 출현과 용량 및 파워의 점진적인 발전으로, 3차원 분석이 기술적으로 수월해져서 주된 연구기법으로 자리잡고 있다. 그러나 많은 보급과 간편한 사용에도 불구하고, 대부분의 사람들은 3차원 분석을 여전히 임상 장비로써 이용하지 않는다. 비록 장비와 소프트웨어의 비용이 크게 떨어졌다 하더라도, 임상 장비로써 가치를 두지 않는 실정이다. 덧붙여 설명하면, 3차원 분석 장비는 이미지를 촬영하고 디지털화하거나 그 데이터를 일정 형식으로 만드는데 상대적으로 많은 공간과 시간을 요하는 편이다.

2) 축과 면

사람의 운동이나 위치는 항상 상대적으로 일어나기 때문에, 관찰하는 기준점을 먼저 설정하고 운동의 양상을 표현해야 한다. 만약 이런 기준점이 정해지지 않거나 이동하게 되면, 그 운동이나 위치를 정확하게 표현할 수 없고, 관찰자의 위치에 따라 움직이는 방향이 변하게 되어 객관화할 수도 없다. 운동이나 위치를 수치화·객관화하고, 공간에서 물체의 운동을 연구하는 학문이 운동형상학(kinematics)이다. 운동형상학은 관찰 기준점으로부터 시작된다고 생각하기 때문에, 먼저 축과 면에 대해 언급하고자 한다.

축과 면은 접근하는 학문에 따라 약간씩 차이점을 가지는데, 물리치료사는 그 차이점을 반드시 알아야 한다. 이들 축과 면은 기본축과 기본면(cardinal axis와 plane), 해부학적 축과 면(anatomic axis와 plane)으로 대별되며, 설명의 편의상 해부학적 축과 면부터 설명하고자 한다.

(1) 해부학적 축과 평면 (Anatomic Axis와 Plane)

일반적으로 해부학적 자세를 기준으로 세 개의 축과 면을 나눈다. 여기에서, 해부학적 자세란 자연스럽게 선 자세로 얼굴, 발가락과 손바닥이 정면을 향하고 있는 자세이다. 세 개의 축으로는 관상축·시상축·수직축이 있으며, 세 개의 면은 관상면, 시상면, 수평면이 있다. 그리고 특정 지점을 축으로 삼는 경우도 있다. 예를 들어, 주관절의 운동을 나타내려면, 해부학적 자세에서도 가능하지만, 주관절을 기준으로 좌표계를 짜는 것이 더 편리하다.

① 축

- **관상축** : 두개골의 관상봉합을 기준으로 만들어진 축이며, 인체의 좌·우를 통과하는 축이다. 이 축을 중심으로 일어나는 운동은 굴곡(flexion)과 신전(extension)이다.
- **시상축** : 두개골의 시상봉합을 기준으로 만들어진 축이며, 인체의 전·후를 통과하는 축이다. 이 축을 중심으로 일어나는 운동은 외전(abduction)과 내전(adduction)이다.
- **수직축** : 머리끝과 발끝을 관통하는 축으로써, 내회전(internal rotation)과 외회전(external rotation)이 일어난다.

② 면

- **관상면(전두면)** : 외전과 내전이 이 면상에서 일어나고, 시상축과 수직을 이룬다.
- **시상면** : 굴곡과 신전이 일어나며, 관상축(전두축)과 수직을 이룬다.
- **수평면** : 회전이 일어나며, 수직축과 수직을 이룬다.

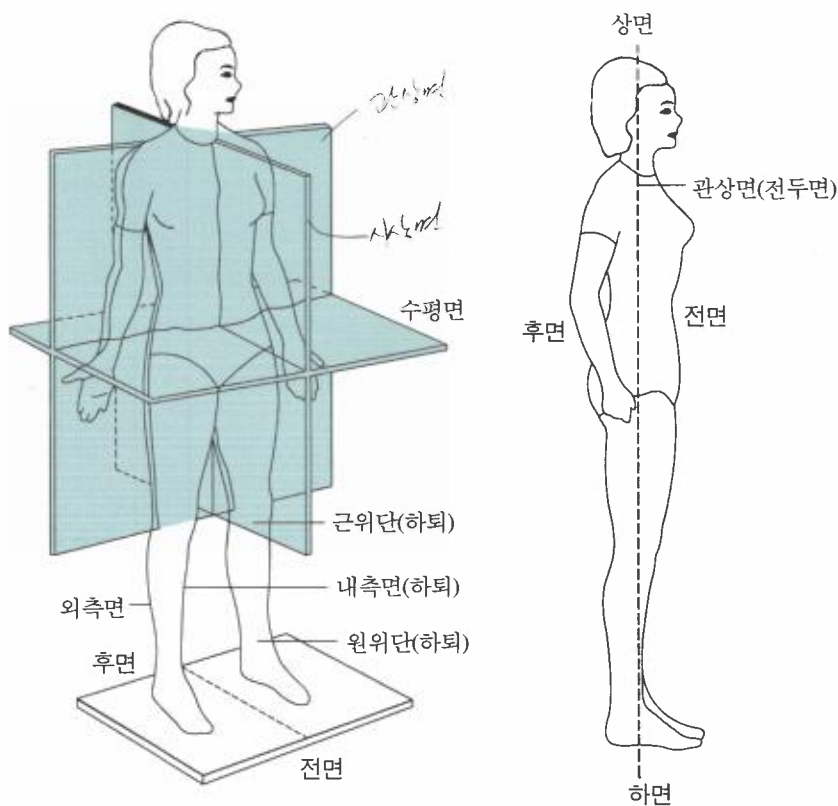


그림 1-2. 해부학적 자세와 축과 면

(2) 기본 3축과 평면 (Cardinal Axi and Plane)

기본 3축은 오른손 법칙을 따르며, 공학 및 물리학분야와 의학분야에서 다른 형태로 적용된다.

① 공학 및 물리학에서의 축과 면

- **축** : X축은 시상축에, Y축은 관상축에, Z축은 수직축에 해당한다.
- **면** : XY면은 수평면에, YZ면은 관상면에, ZX면은 시상면에 해당한다.

② 의학분야의 축과 면

물리치료분야도 대부분 이 좌표계를 이용한다.

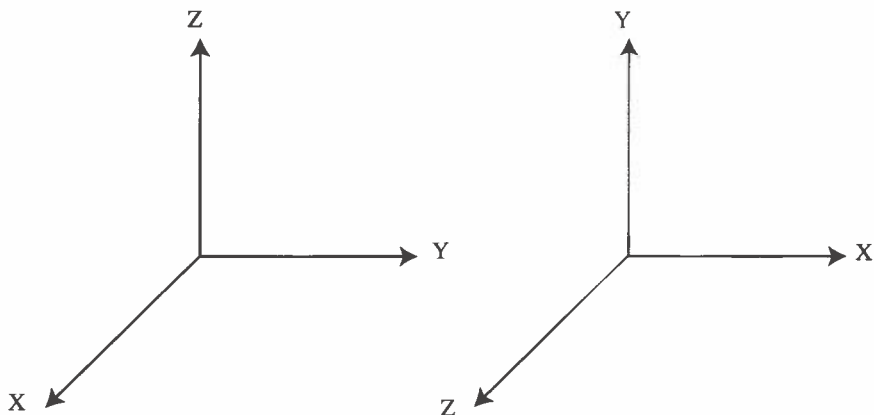
- **축** : X축은 관상축, Y축은 수직축, 그리고 Z축은 시상축에 해당한다.
- **면** : XY면은 관상면에, YZ면은 시상면에, 그리고 ZX면은 수평면에 해당한다.

③ 척추에 대한 축과 면

척추에 대한 축은 추체를 통과하는 좌표계로 나타내며, 척추의 운동은 6가지로, 그림 1-4처럼 각 축에 대해 회전운동과 병진운동이 일어난다.

④ 인체의 위치와 방향에 대한 용어

물리치료사에게 있어 인체에 대한 방향과 위치 관계는 인간의 운동과 움직임을 표현할 때 매우 중요하다.



A. 공학 및 물리학에서의 기본 3축

B. 의학분야에서 이용되는 기본 3축

그림 1-3. 기본 3축

- 인체부위에서 수평면(횡단면) 들의 위치관계를 나타내는 용어(그림 1-5)
 - 두측(cranial)/미측(caudal)
 - 두측으로(cranially)/미측으로(caudally)
- 관상면들의 위치관계를 나타내는 용어(그림 1-6)

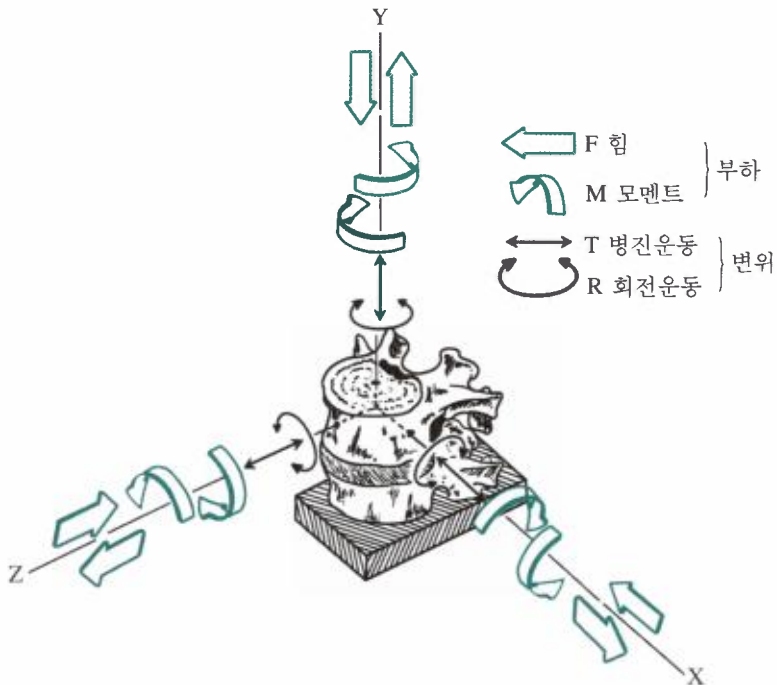


그림 1-4. 척추의 좌표계

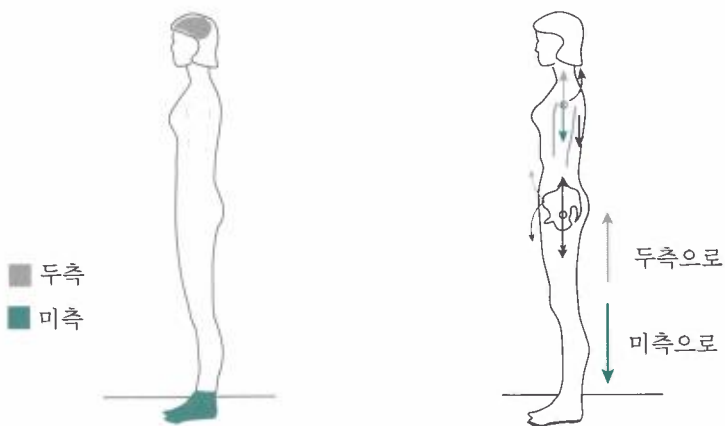


그림 1-5. 인체의 수평면에 대한 위치와 방향

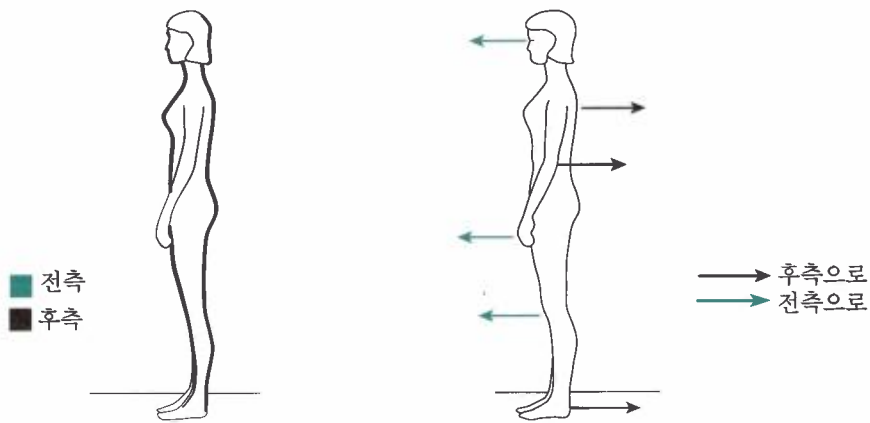


그림 1-6. 인체의 관상면에 대한 위치와 방향

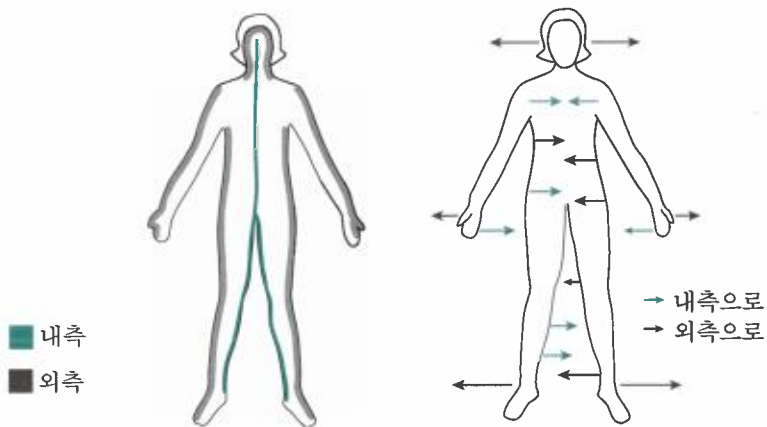


그림 1-7. 인체의 시상면에 대한 위치와 방향

- 전측(ventral)/후측(dorsal)
- 전측으로(ventrally)/후측으로(dorsally)
- 시상면들의 위치관계(그림 1-7)
 - 내측(medial)/외측(lateral)
 - 내측으로(medially)/외측으로(laterally)
- 인체의 대각선과 기능적 중심점 (functional center) : 오른쪽 견관절과 왼쪽 고관절을 잇는 가상의 선으로 긋고, 그리고 다시 왼쪽 견관절과 오른쪽 고관절을 잇는 가

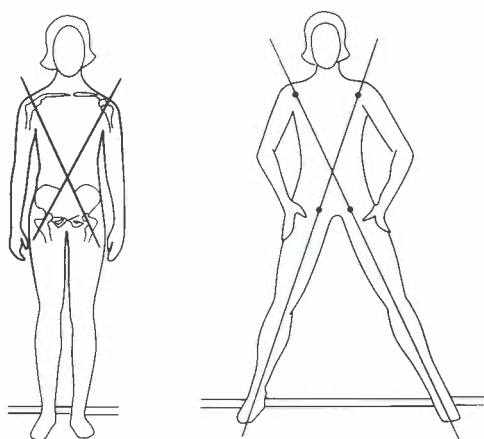


그림 1-8. 기능적 중심점과 인체 대각선

상의 선을 그어 교차되는 지점을 기능적 중심점이라고 정의한다. 기능적 중심점의 위치는 대략 배꼽 부위로써 요추 1, 2번 부위이다. 이 지점은 근위와 원위를 구분하는 기준점이 된다.

- 근위(proximal)/원위(distal) : 근위와 원위는 기능적 중심점을 기준으로 기능적 중심점에 가까운 곳을 근위라 하고, 상대적으로 먼 곳을 원위라 한다.

인체에서 근위와 원위를 상대적으로 구분할 수 있는 경로는 다섯 가지이다. 각각 경로상에서만 서로 근위와 원위를 구분할 수 있는 것이다.

- 기능적 중심점 → 흉추 → 경추 → 머리
- 기능적 중심점 → 흉추 → 오른쪽 흉쇄관절 → 오른쪽 견쇄관절 → 오른쪽 견관절 → 오른쪽 주관절 → 오른쪽 손목관절 → 오른손
- 기능적 중심점 → 흉추 → 왼쪽 흉쇄관절 → 왼쪽 견쇄관절 → 왼쪽 견관절 → 왼쪽 주관절 → 왼쪽 손목관절 → 왼손
- 기능적 중심점 → 하부 요추 → 오른쪽 천장관절 → 오른쪽 고관절 → 오른쪽 슬관절 → 오른쪽 발목관절 → 오른발
- 기능적 중심점 → 하부 요추 → 왼쪽 천장관절 → 왼쪽 고관절 → 왼쪽 슬관절 → 왼쪽 발목관절 → 왼발

3) 사슬운동(Kinematic chain)

인체 분절과 각 관절을 연결하는 가상의 고리를 사슬운동이라 한다. 인체는 두 개의 사슬운동 - 열린 사슬운동과 닫힌 사슬운동 - 으로 이루어져 있다고 볼 수 있다.

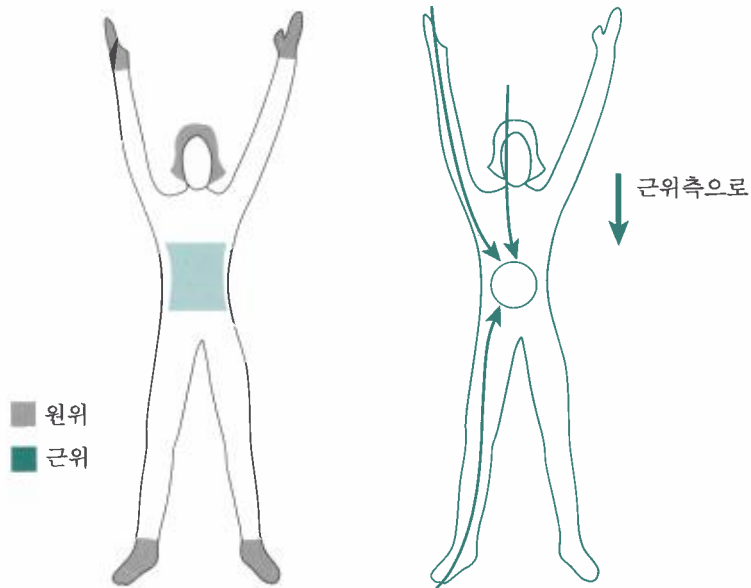


그림 1-9. 근위와 원위의 다섯 경로

(1) 열린 사슬운동 (Open kinematic chain)

원위지절이 고정되어 있지 않고 공간에 자유롭게 놓여 있는 상태를 말하며, 인체의 골격구조에서 볼 때 상지와 하지 및 척주(vertebular column)가 여기에 속한다.

열린 사슬운동의 주요 역할은 인체의 움직임이나 운동을 촉진하는 상태이고, 근육의 작용으로 볼 때는 착지점에서 기시점쪽으로 수축하는 양상을 띤다.

(2) 닫힌 사슬운동 (Close kinematic chain)

원위지절이 어떤 물체에 고정되어 있는 상태를 말하며, 인체의 골격에서 볼 때 골반대(pelvic girdle)와 흉곽(thorax), 두개골 및 척추뼈(verbebula) 등이 여기에 속한다. 이 구조물들은 하나의 환(ring)을 형성하고 있고, 생체역학적 측면에서 볼 때, 힘이나 체중을 분산하는 역할을 한다. 열린 사슬운동과는 달리, 인체의 안정성을 제공한다. 그리고 근육의 작용으로 볼 때 기시점에서 착지점쪽으로 수축하는 근육의 역작용이 여기에 속한다.

흔히 우리는, 상지는 열린 사슬운동이고, 하지는 닫힌 사슬운동이라고 생각하는데, 이 경우가 성립되는 것은 상지가 물체를 들어 올리는 등의 열린 사슬운동을 할 때를 의미하고, 하지가 닫힌 사슬운동이라는 선 자세를 취하거나 선 자세를 유지하며 운동할 때를 의미한다.

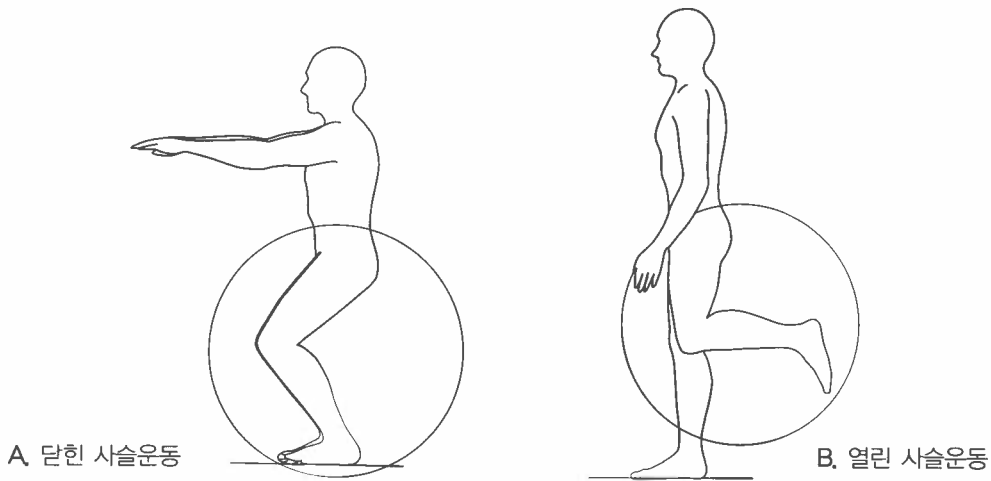


그림 1-10. 닫힌 사슬운동과 열린 사슬운동

위의 그림 1-10A의 닫힌 사슬에서 슬관절 굴곡은 고관절 굴곡과 족관절 배측굴곡을 반드시 동반하지만, 그림 1-10B의 열린 사슬운동에서의 슬관절 동작은 고관절과 족관절의 동작과 함께 일어날 수 있고 또 단독적으로도 일어날 수 있다.

4) 운동의 종류

관절의 모양이나 일치성에 의해 관절에서 일어나는 운동이 결정된다. 인체에서 일어나는 운동의 형태는 크게 회전운동(각운동)과 병진운동(translatory motion)으로 구분되며, 회전운동은 고정된 운동축을 중심으로 일어나는 각운동으로써, 골운동학(osteokinematics)으로 분류되는 굴곡/신전, 외전/내전 및 회전 등이다. 그리고 병진운동은 물체 위의 각 부분이 나란하게 이동하는 것을 말하며, 직선운동과 곡선운동이 있다. 이 병진운동은 관절운동학(arthrokinematics)적인 움직임으로써 조인트 플레이(joint play)가 여기에 속한다.

관절의 각운동이 효과적인 곡선운동으로 전환되는 인체의 능력은 자유도의 개념을 사용함으로써 명확해진다. 자유도란 무엇인가? 물체의 위치나 움직임을 나타낼 수 있는 좌표의 수, 즉 축의 개수이지만, 실제의 움직임을 표현하기 위해 움직임의 개수로도 표현된다. 자유도는 근위지절보다 원위지절로 갈수록 많아진다. 즉, 원위지절의 운동 방향은 근위지절의 자유도와 합해져 여러 방향으로 일어나게 된다.

자유도가 1인 관절은 접변관절이나 차축관절로써 주관절과 슬관절이 여기에 속하며, 자유도가 1인 주관절에는 굴곡과 신전만이 일어난다. 자유도가 2인 과상관절은 굴곡/신

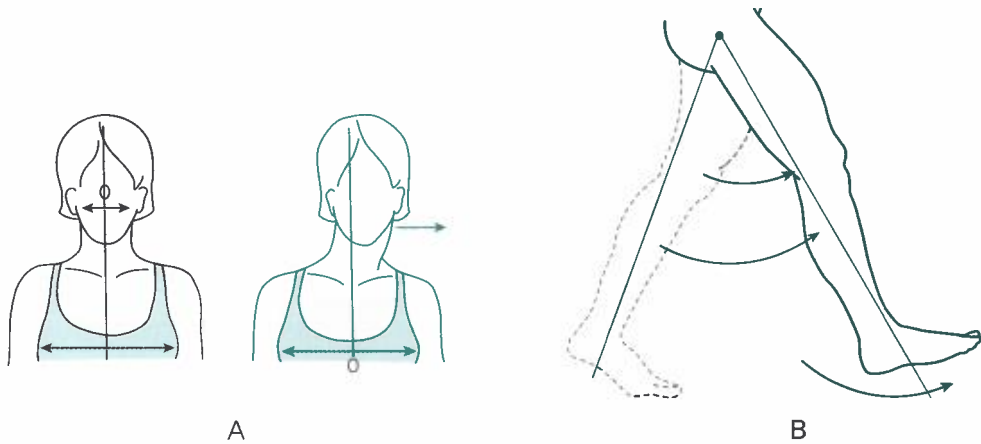


그림 1-11. 병진운동(A)과 회전운동(B)

전과 내전/외전이 일어난다. 자유도가 3인 안상관절과 구상관절에는 엄지의 수근중수관절과 견관절 및 고관절이 여기에 속하며, 굴곡/신전, 내전/외전 및 회전이 일어난다. 자유도가 증가할수록 다양한 운동이 가능하다.

자유도의 기능은 무엇인가? 어떤 관절의 움직임을 정확하게 재현하기 위해서는 자유도를 많이 가질수록 좋다. 알다시피 일반적으로 견관절과 고관절의 자유도는 3이다. 그러나 이들 관절에서 일어나는 움직임을 모두 표현하려면, 자유도 3으로는 안되며, 자유도를 6으로 해야만 가능하다. 그래서 어떤 학자들은 견관절과 고관절의 자유도를 6이라고도 한다. 척추의 움직임을 예로 들어 보자. 척추에서 일어나는 주된 움직임은 3가지 - 굴곡/신전, 측방굴곡 및 회전 - 이지만, 정확히 보면 압박/신연, 활주도 함께 일어난다(그림 1-4를 참고). 이렇듯 척추의 움직임을 정확히 표현하려면, 자유도가 3이 아닌 6으로 접근해야 한다.

5) 골운동학과 관절운동학

인체의 운동에 대한 연구는 크게 골운동학과 관절운동학으로 나눌 수 있는데, 이들 용어는 서로 대비되는 개념으로 생각할 수 있다. 골운동학은 공간에서 뼈의 운동에 대한 학문이고, 관절운동학은 인접한 관절면에서 일어나는 관절운동에 대한 학문이다.

(1) 골운동학 (Osteokinematics)

고전적인 운동학의 개념으로 고니오미터(goniometer)로 측정 가능하고, 스스로의 의지에 의해 움직임이 가능하다. 아래에서 설명될 대부분의 용어들은 크게 두 가지의 의미를

갖는데, 첫째는 일어나는 동작을 의미하고, 둘째는 동작이 끝난 상태를 의미하기도 한다.

① 굴곡(flexion)/신전(extension)

관상축을 중심으로 시상면상에서 일어나는 움직임으로 각도의 크기가 줄어드는 것을 굴곡이라고 하고, 그 반대 동작을 신전이라 한다.

② 내전(adduction)/외전(abduction)

시상축을 중심으로 관상면(전두면)에서 일어나는 움직임으로써, 신체 중심쪽으로 오는 것을 내전이라 하고, 그 반대 동작을 외전이라 한다.

③ 외전(rotation)

수직축을 중심으로 횡단면(수평면) 상에서 일어나는 움직임이며, 신체의 중심쪽으로 회전할 때를 내회전이라 하고, 그 반대 동작을 외회전이라 한다.

④ 외전(circumduction)

이 동작은 굴곡/신전, 내전/외전 등의 동작이 복합적으로 일어나는 동작을 의미하고, 면상의 움직임이 아니라, 공간상의 움직임이다.

⑤ 외내(pronation) / 회외(supination)

회전의 의미와 비슷하지만, 구분될 필요가 있어 여기에서 설명한다. 이 동작은 전완과 발에서 일어나는 회전동작으로, 먼저 전완에서 볼 때 요골과 척골이 서로 나란하게 되는 쪽으로 움직일 때를 회외라 하고, 요골과 척골이 서로 겹쳐지는 쪽으로 움직일 때를 회내라 한다. 그리고 발에서의 회외는 엄지발가락이 배측으로 회전할 때를 말하고, 반대로 엄지발가락이 저측으로 회전할 때를 회내라 부른다.

(2) 관절운동학(Arthrokinematics)

신개념의 운동학으로 각도기나 기타 도구로 측정이 불가능하며, 스스로의 의지에 의해 움직임이 일어날 수 없는 종속운동이다. 종속운동에 속하는 운동들은 조인트 플레이(joint play)와 구성운동(component motion)이 여기에 속한다.

① 조인트 플레이(joint play)

관절면에서 일어나는 운동으로, 수동적으로 일어나는 움직임이다. 조인트 플레이의

종류는 구르기(rolling), 활주(gliding), 스핀(spining), 신연(distraction) 및 압박(compression) 등이 있다. 여기에서는 구르기, 활주 및 스핀에 대해서만 언급한다.

• 구르기(rolling)

한 관절면의 특정 지점은 다른 관절면의 특정 지점과 일 대 일의 대응으로 만나면서 움직이는 것을 구르기라 한다. 이 운동은 서로 평면한 관절에서는 일어나지 않는다. 실제로, 대부분의 인체 관절면은 구르기와 활주가 순차적으로 일어나는데, 그 비율은 관절면의 일치성에 따라 좌우된다. 즉, 일치성이 좋을수록 활주가 더 많이 일어나게 된다. 만약 슬관절에서 순수한 구르기만 일어난다면, 그림 1-13처럼 탈구현상이 발생할 것이다.

• 활주(gliding)

한 관절면의 특정 지점은 다른 관절면의 새로운 지점과 일 대 다 대응으로 만나면서 일어나는 운동으로 얼음판에서 발바닥이 미끄러지는 현상이나, 자동차 바퀴가 움푹 파인 지면 틈에서 헛돌아가는 현상으로 두 가지의 양상이 존재한다. 대부분 인체에서 일어나는 활주현상은 첫 번째 현상이고, 활주되는 범위는 매우 작다. 만약 구조상의 문제로 두 번째 활주 현상이 일어날 수도 있는데, 이때는 그림 1-14C처럼 지속적으로 관절면을 압박하게 되어 관절연골의 손상을 유발할 수 있다.

• 스핀(spin)

운동분절이 고정분절을 축으로 하여 회전하는 것을 스핀이라 한다. 스핀은 운동분절에 위치한 한 지점이 고정분절 위에서 호를 그리면서 여러 지점과 만나면서 움직이기 때문에 축활주(pivot gliding)라고 한다. 그리고 스핀만 단독적으로는 거의 움직이지 않고, 구르기와 활주에 동반되어 일어난다(그림 1-15).

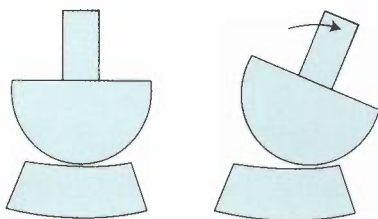


그림 1-12. 구르기

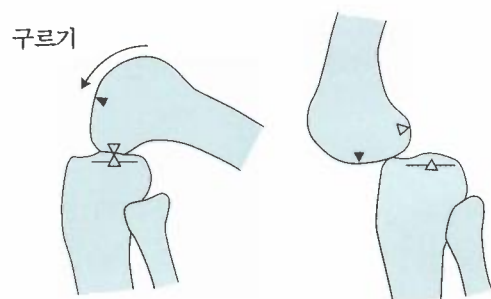


그림 1-13. 구르기에 의한 탈구현상

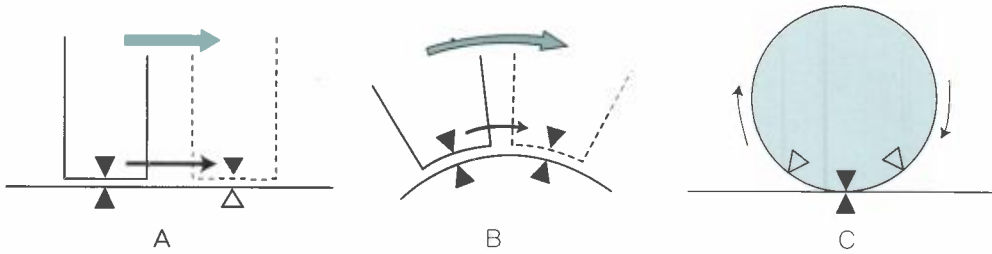


그림 1-14. 활주

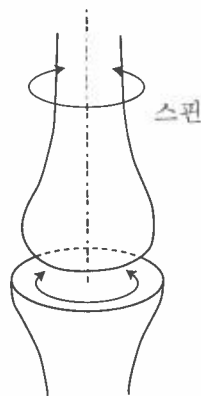


그림 1-15. 스핀

② 구성운동 (component motion)

조인트 플레이와 마찬가지로, 수의적으로는 일어나지 않지만, 수동적으로 일어나거나 혹은 능동운동과 동반되어 일어난다. 그러나 조인트 플레이와 다른 점은, 조인트 플레이는 움직이는 관절에서 일어나지만, 구성운동은 이웃한 관절에서 일어나는 움직임이다. 예를 들면, 족관절의 완전한 가동범위를 위해서는 족관절의 조인트 플레이뿐만 아니라, 경비관절의 움직임도 정상적으로 일어나야 한다. 이때 경비관절의 움직임을 구성운동이라 한다.

③ 볼록-오목법칙

MacConaill은 활액관절을 크게 난원형과 안장형으로 나누었는데, 대부분의 활액관절이 각운동을 할 때 구르는 방향과 활주하는 방향이 움직이는 관절의 모양에 따라 다르다는 것이다. 그림 1-16A에서 오목관절면이 고정되어 있고, 볼록관절면이 움직일 때 구르기의 방향과 활주의 방향은 반대이고, 그림 1-16B에서 볼록관절면이 고정되어 있고, 오목관절면이 움직일 때 구르기 방향과 활주방향이 같음을 알 수 있다.

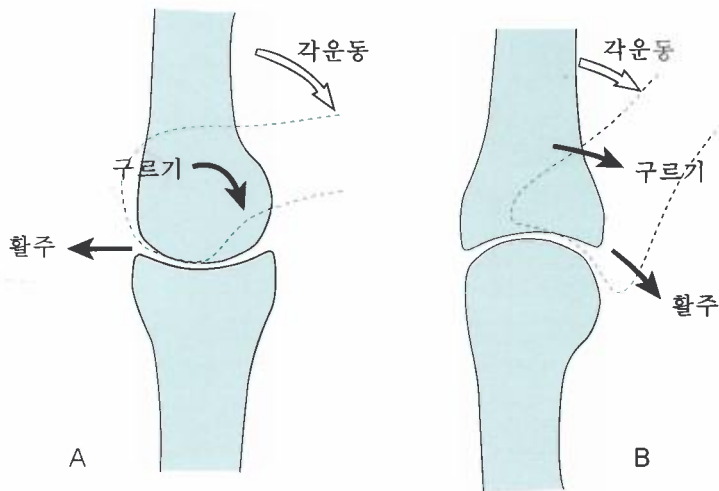


그림 1-16. 블록-오목법칙

위의 블록-오목법칙의 예외가 몇 가지 있다. 첫째, 견관절의 굴곡/신전이 일어나는 동작에서는 예외적이다. 왜냐하면, 견관절의 굴곡/신전은 스피너동작으로 일어나기 때문에 구르기와 활주의 방향을 적용할 수 없다. 둘째, 수근관관절처럼, 평면관절에서는 구르기가 일어나지 않기 때문에 적용이 예외적이다. 셋째는 고관절의 경우로, 고관절은 관절면의 일치성이 매우 좋기 때문에 거의 활주만 일어난다.

④ 관절면의 위치 (bone & joint position)

• 풀린 위치 (resting position = loose packed position)

이 자세일 때 관절낭이 가장 느슨하게 되어 있고, 또 관절을 이루는 뼈의 간격이 가장 커서 그들 사이에 많은 활액이 고인다. 임상적으로 볼 때, 이 위치는 매우 중요하다. 장기간의 석고고정을 열린 위치에서 실시해야 관절의 손상을 최소화할 수 있고, 또 석고고정을 제거한 이후에 관절가동운동을 쉽게 적용할 수 있다. 다시 말하면, 열린 위치에서 조인트플레이(joint play)가 가장 크게 일어나기 때문에, 바로 이 관절 위치에서 관절가동술(joint mobilization)을 시작한다.

• 실제 풀린 위치 (actual resting position = alternate position)

내·외적인 병리적 문제나 통증으로 열린 위치를 만들 수 없을 때, 이 자세에서 평가하거나 치료를 시작한다.

• 잠긴 위치 (close-packed position)

관절낭과 인대가 가장 인접한 위치로서 이 위치에서는 활주가 거의 일어나지 않고,

약간의 신연만이 일어날 수 있다(표 1-1).

6) 순간회전중심

관절이 움직일 때, 실제의 순간 동작에서 중심이 되는 지점을 순간회전중심(instant center of rotation, IC)라 한다. 순간회전중심은 두 인접한 뼈의 상대적인 운동과 이 뼈들이 접촉하는 지점에서 전이되는 방향을 나타내는 데 유용하다.

① IC를 찾는 방법

X-선 필름이나 그림을 통해 찾는다.

- 움직이는 뼈가 고정뼈에 대해 원래 위치에서 다른 위치로 변할 때, 움직이는 뼈의 원래 위치에서 쉽게 찾을 수 있는 2개의 특정 지점을 미리 정해 놓는다.
- 그리고 이동한 위치에서, 두 지점을 찾아서, X-선 필름이나 그림에서 원래위치와 이동한 위치를 서로 연결하여 선을 긋는다.
- 두 개의 선이 생기게 되고, 이 선들의 이등분 지점에서 각각 수직선을 긋는다.
- 이 수직 이등분선이 만나는 지점을 순간회전중심(IC)이라 한다.
- 뼈의 위치변화가 적을수록 보다 정확한 순간회전중심을 얻을 수 있다.

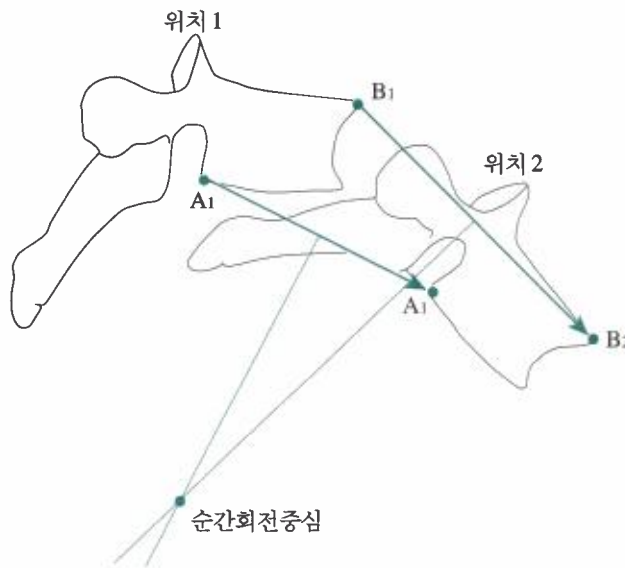


그림 1-17. 순간회전중심 구하기



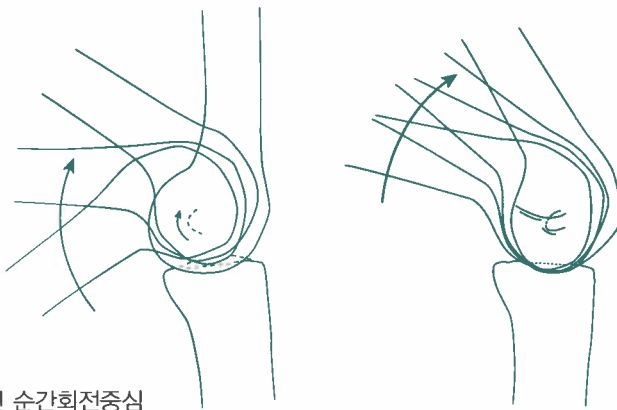
표 1-1. 상지와 하지의 잠긴 위치와 풀린 위치

joint	close-packed position	loose-position
Shoulder glenohumeral	maximal abduction and external rotation	abduction 55° horizontal adduction 30°
Elbow humero-ulnar humeroradial	full elbow extension/supination elbow flexion 90° supination 5°	elbow flexion 70° supination 10° elbow extension supination 10°
Forearm proximal radioulnar distal radioulnar	mid-pronation/supination (supination 5°) mid-pronation/supination (supination 5°)	supination supination 35° elbow flexion 70°
Hand carpo-metacarpal metacarpophalangeal (II ~ V) interphalangeal	full opposition full flexion full extension	mid-abduction and adduction flexion and extension semiflexion slight ulnar flexion slight flexion
Wrist	full extension with radial extension	mid flexion and extension mid ulnar and radial deviation
* Hip	full extension internal rotation and abduction	hip flexion to 90° abduction to 30° and slight external rotation
Knee	full extension and external rotation	flexion 25°
Ankle talocrural subtalar midtarsal	full dorsiflexion supination	plantarflexion 10° mid-inversion/eversion mid-position
Toes metatarsophalangeal interphalangeal	full extension full extension	neutral(extension 10°) slight flexion
Vertebral	maximal extension	semiflexion
Temporomandibular	mouth closed	slight opening

② 응용

그림 1-18A는 슬관절이 정상일 때 순간순간마다 순간회전중심을 이은 연결선으로 서, 부드러운 곡선을 그리고 있고, 그림 1-18B는 비정상적인 순간회전중심을 보여 주고 있다. 순간회전중심을 서로 연결해 봄으로써 관절의 이상유무를 판단할 수 있다.

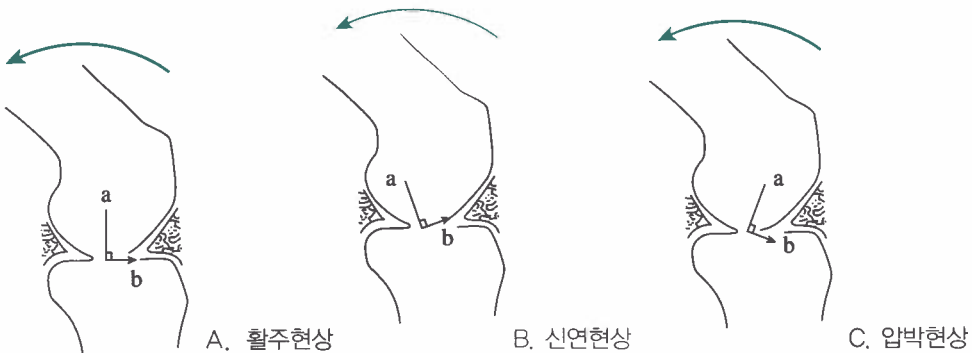
그림 1-19A는 순간회전중심에서 관절이 서로 접촉되는 지점을 선으로 잇고, 그 선에 수직되는 선을 그어 관절의 상태를 알아본다. 이때 화살표의 방향이 신전되는 쪽으로 향하는 이유는 볼록-오목법칙에 의해 관절이 굴곡할 때, 반대 방향으로 활주가 일어나기 때문이다. 그림 1-19A에서는 관절면과 나란하게 화살표가 그려져 있기 때문에 활주현상이 일어남을 알 수 있다. 그림 1-19B는 관절이 신연되는 현상을 설명하고 있다. 그림 1-19C는 압박되는 순간을 설명하고 있다.



A. 정상적인 순간회전중심

B. 비정상적인 순간회전중심

그림 1-18. 슬관절에서의 순간회전중심



A. 활주현상

B. 신연현상

C. 압박현상

그림 1-19. 순간회전중심과 관절의 상태

2. 운동역학(Kinetics)

운동역학은 운동형상학과는 달리, 주로 힘(force), 즉 물체의 움직임에 영향을 주는 힘을 다루는 과학이다. 힘은 단지 밀고 당기는 현상으로, 어떤 물체(object)가 움직이려면 힘이 그 물체를 밀거나 당겨야 한다. 그렇기 때문에 물체가 스스로 움직일 필요는 없는 것이다. 만약 물체에 어떤 힘이 작용되었지만 그 물체가 움직이지 않는다면, 그 물체는 평형(equilibrium)상태에 있는 것이며, 이것은 물체에 작용하는 동등한 크기의 다른 힘이 밀고 당기는 힘의 잠재력을 상쇄했다라는 의미이다. 이런 현상을 연구하는 학문이 공학의 한 분야인 정역학(statics)이다. 만약 물체가 평형상태에 있지 않다면, 힘이 작용될 때 물체는 움직이기 시작할 것이다. 이런 현상을 연구하는 학문이 동역학(dynamics)이다. 정형물리치료와 스포츠치료 등에서는 정역학적인 현상보다 동역학적인 현상이 더 많이 발생하기 때문에 물리치료사들은 동역학에도 많은 관심을 가져야 한다.

1) 힘

인체의 모든 자세는 힘(force)에 의해, 즉 내적인 힘과 외적인 힘 모두의 결과로써 발생하게 되고, 인체의 모든 운동도 내적인 힘과 외적인 힘이 합해져서 그 결과로 일어나는 것이다. 물리치료분야에서 반드시 고려해야 할 힘들은 다음과 같다: ① 근육의 힘, ② 중력(gravity), ③ 관성(inertia), ④ 부력(buoyant)과 ⑤ 접촉력(contact force).

먼저, 근육에 의해 발생하는 실제의 힘은 근수축의 속도, 근섬유의 길이와 같은 몇 가지의 요소에 좌우된다. 중력(gravity)은 물체 무게에 의해 발생하고 항상 수직 아래 방향으로 향한다.

관성(inertia)은 외부의 힘이 물체에 작용될 때 그 물체가 저항하는 성질로써, 멈추어 있는 물체는 계속 멈추려고 하고, 움직이는 물체는 계속 움직이려는 성질이다. 이 관성은 실제의 힘은 아니지만, 힘처럼 행동한다.

부력(buoyant)은 물 속에서 발생하는 힘으로 중력과 반대 방향으로 작용한다. 부력의 크기는 물체가 가하는 물의 무게와 같으며, 부력의 원리는 풀장(pool)에서 운동프로그램을 실행할 때 효율적으로 이용된다. 이런 물의 부력 때문에, 환자는 손상된 관절에 체중의 압박력을 줄이면서 물 속에서 운동을 할 수 있는 것이다. 환자의 허리까지 채워진 물 속에서 운동을 하면, 일반적으로 체중을 50%로 줄이면서 운동할 수 있고(그림 1-21), 가슴까지 채워진 물 속에서는 체중의 75%를 줄일 수 있다.

마지막으로, 접촉력(contact force)은 두 개 이상의 물체가 서로 접촉하고 있을 때 언제든지 존재한다. 접촉력은 반발력(reaction force)이나 충격력(impulse force)으로 작용하고,

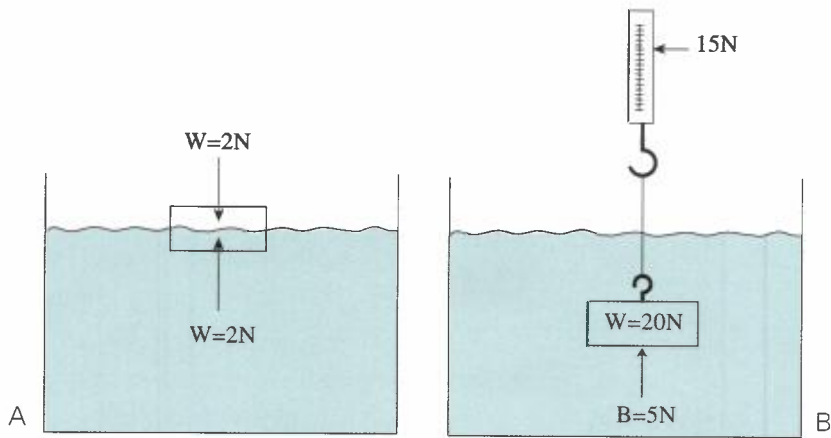


그림 1-20. 유체의 부력

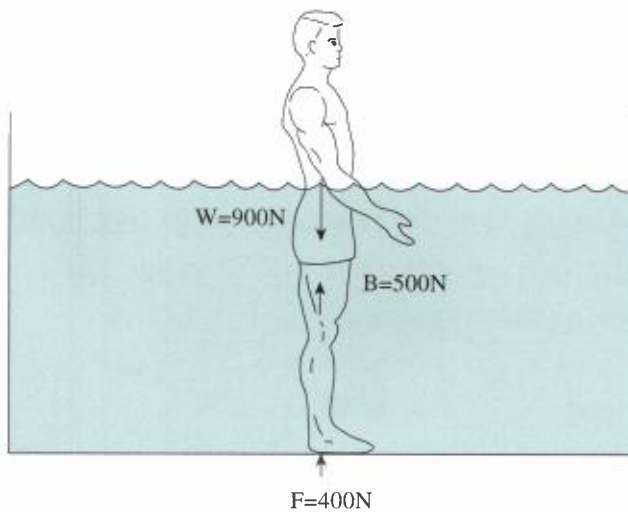


그림 1-21. 허리까지 물이 채워졌을 때의 부력작용이다. 이때 서 있는 사람의 체중이 900N이라면, 부력이 500N으로 작용하여, 풀장의 바닥에 전달되는 사람의 체중은 400N으로 줄어들게 된다.

또 어떤 경우에는 접촉면에 수직되는 힘과 평행하게 작용하는 전단력 혹은 마찰력이 합성한 힘으로 간주되기도 한다. 접촉력(F)은 물체 사이의 마찰계수(μ)에 물체의 무게(N)를 곱한 값이다. 즉, $F = \mu N$

이런 힘들이 인체에 적용되었을 때, 임상적으로 중요시해야 하는 힘들으로는 ① 관절 압박력, ② 관절견인력, ③ 지면반발력 등이 있다. 이 힘에 대해서는 '힘의 분해'를 공

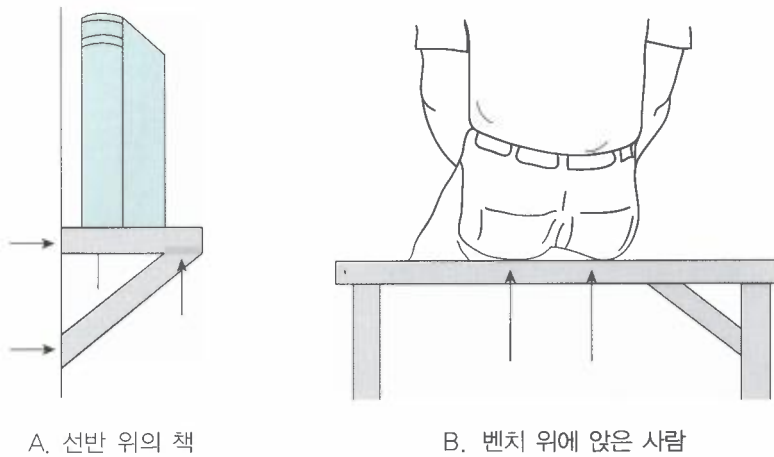


그림 1-22. 접촉력

부할 때 자유물체도(free body diagram)를 통해 공부하기로 하자.

(1) 힘의 개념

힘은 크기만 있는 스칼라량과는 다르게, 크기와 방향을 가지고 있는 벡터량으로 화살표로 표현된다. 힘의 크기는 파운드(lb), 다인(dyne), 뉴턴(N)으로 표시된다. 힘은 4가지 특성으로 설명된다: ① 크기, ② 방향, ③ 작용점, ④ 작용선.

그림 1-23은 힘의 이런 특성들을 설명하고 있다.

(2) 힘의 합성과 분해

생체역학적 문제를 해결할 때, 우리는 물체에 작용하는 모든 힘을 고려해야 한다. 이와 같은 힘의 분석에 이용되는 방법에는 힘의 합성과 힘의 분해가 있다.

① 힘의 합성

한 물체에 여러 개의 힘이 동시에 작용할 수 있는데, 이들 힘의 크기와 방향을 시각화하고 단순화하기 위해 힘의 합성을 사용한다. 힘의 합성은 힘의 방향에 따라

- 동일 면상에서 작용하는 힘의 합성,
- 공간상에서 작용하는 힘의 합성으로 나뉜다. 그러나 힘을 합성하는 방법은 모두 동일하다.

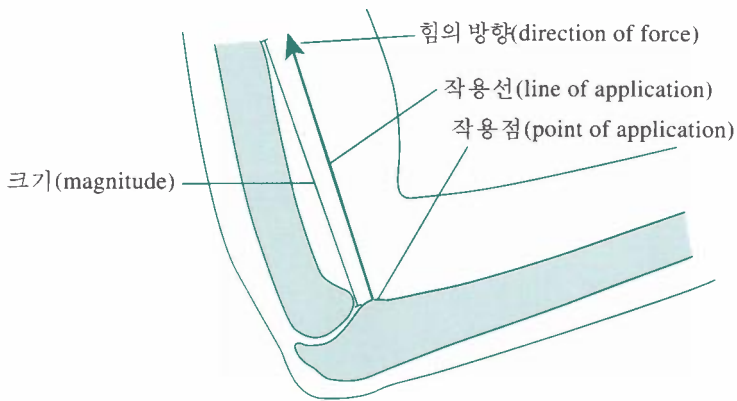


그림 1-23. 힘의 네가지 특성

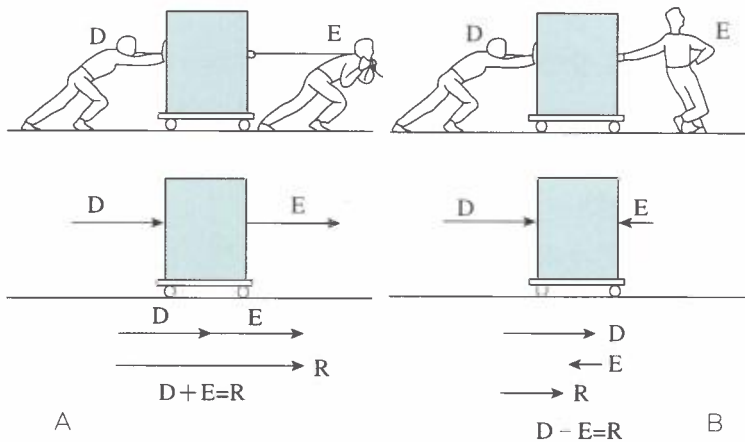


그림 1-24. 동일선상에서의 힘 합성

a. 동일면상에서의 힘의 합성

i. 동일선상에서의 힘의 합성(선형힘 체계)

줄당기기와 같이 한 선상에 있는 힘을 합성하는 방법이다. 이 경우, 힘의 방향이 서로 반대가 되므로, 양쪽 힘이 동일할 경우에는 '0' 이 된다.

실제로는 동일선상에서 두 힘이 작용하지 않지만, 동일선상으로 힘을 계산하는 경우도 있다. 이 경우, 힘의 작용선을 일치시켜야 하는데 그 방법은 평면 위치 이동법을 따르면 된다(그림 1-24).

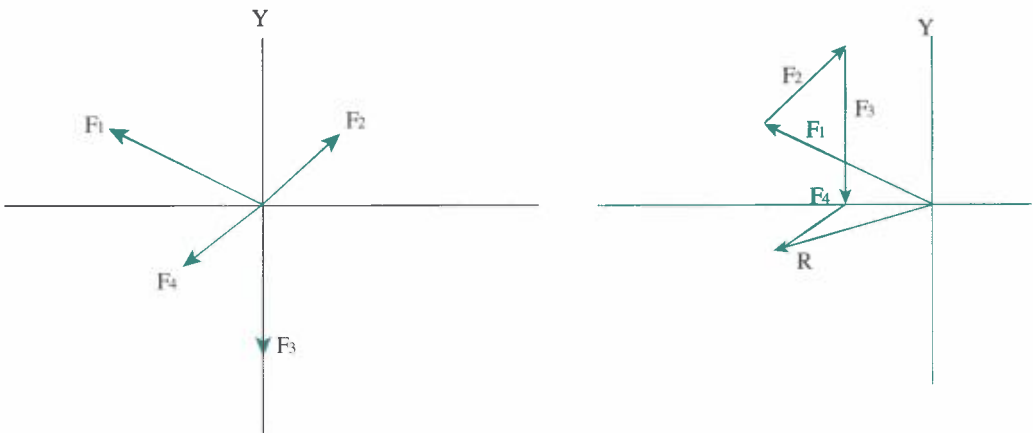


그림 1-25. 다른 선상에서의 합성

ii. 다른 선상의 힘의 합성(공점힘 체계)

세 개의 힘이 한 평면상에서 동시에 작용할 때 합성하는 방법이다(그림 1-25).

b. 공간상에서 힘의 합성

최소한 세 개의 힘이 존재하고, 동일 면이 아닌, 다른 면상에 힘이 있을 경우에 합성하는 방법으로 삼각법과 평행사변형이 있다. 삼각법과 평행사변형의 큰 차이점은 작용점의 일치에 있다. 삼각법은 두 힘의 작용점을 일치시키지 않고 합성하는 방법이고, 평행사변형은 두 힘의 작용점을 일치시키고 합성하는 방법이다. 삼각법에서 두 힘의 합성은 연결고리식으로 연결한 후, 최종 지점들을 연결하면, 힘의 작용점과 힘의 크기 및 방향을 결정할 수 있다. 이때 힘을 합성하는 순서에 관계없이 어떻게 하든 그 결과는 동일하다.

힘을 합성하는데는 힘의 크기, 작용점과 힘의 방향만 알면 된다. 즉, 힘의 숫자와는 관계없이 쉽게 합성할 수 있을 것이다. 예를 들어, 한 물체에 다섯 개의 힘이 동일한 작용점을 가지고 적용된다면, 먼저 어느 두 힘을 선택하여 평행사변형으로 힘을 합성한 후, 나머지 힘 중 하나를 선택하여 다시 힘을 합성한다. 이렇게 하나씩 하나씩 모든 힘들을 합성하면, 최종의 힘이 그 물체에 작용하는 힘이 된다. 그러나 작용점이 다를 경우에는 먼저 작용점을 일치시킨 다음, 위의 방법 대로 하나씩 하나씩 힘을 합성해도 되고, 삼각법으로 하나씩 하나씩 연결고리식으로 연결해도 된다. 물론 어느 힘부터 하든 그 결과는 동일하다. 여기에서 작용점을 일치시키는 방법과 연결고리를 연결하는 방법은 각 힘들을 평면위치 이동하면 된다.

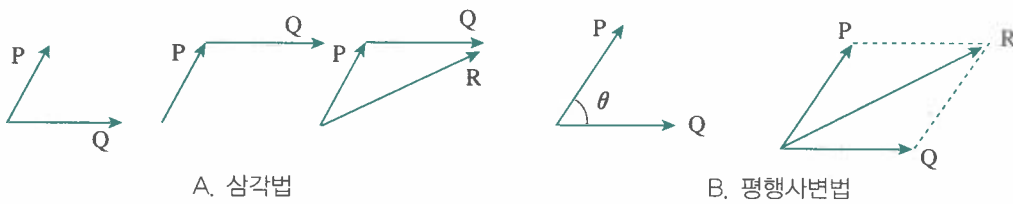


그림 1-26. 힘의 합성 방법

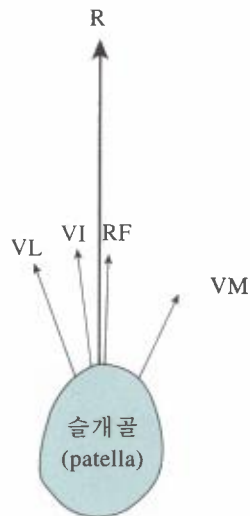


그림 1-27. 대퇴사두근의 힘 합성

인체에는 힘의 합성에 대한 예가 많이 존재하는데, 그중의 한 예가 4개의 근육들로 이루어진 대퇴사두근이며, 각 근육들이 함께 작용하여 하나의 합성 힘을 만들고 이 합성 힘이 슬개골을 잡아당긴다(그림 1-27).

② 힘의 분해

힘의 분해는 힘의 합성에 반대되는 개념으로, 어떤 힘이 인체에 미칠 때 인체에서 작용하는 힘을 알 필요가 있다. 일반적으로 물리치료분야에서는 힘의 합성보다 힘의 분해를 더 중요시하는 것 같다. 힘의 분해는 하나의 힘으로 모르는 미지의 힘을 계산하는 방법이다. 즉,

- 물체에 작용하는 회전력의 효과를 시각화하고,
- 힘에 의한 토크를 결정하고
- 미지의 근력이나 관절력을 계산하기 위해 사용한다.

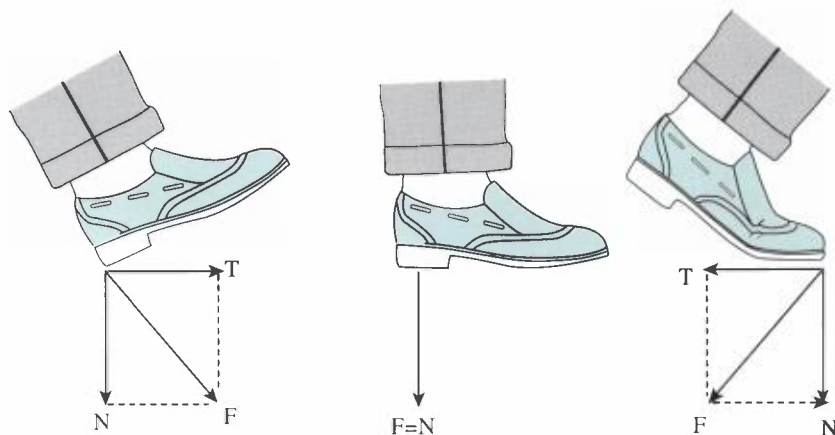


그림 1-28. 보행중 지면반발력의 힘 분해

실제로, 하나의 힘을 분해하는 방법은 무수히 많지만, 생체역학이나 운동학에서 힘을 분해하는 방법은 직각분해를 사용한다. 즉, 두 개의 힘의 성분만을 구하는 것이다. 힘의 성분으로는 수직성분(회전성분)과 수평성분(병진성분)이 있는데, 인체 분절의 경우에는 회전력과 관절압박력(경우에 따라 관절전인력)이 있다.

힘의 분해도 힘의 합성과 마찬가지로, 동일면상에서 분해하는 경우와 공간에서 분해하는 경우가 있는데, 일반적으로 동일면상에서 힘의 분해를 적용한다. 힘을 분해할 때는 원래 힘의 작용점에서 힘을 분해해야 한다.

힘 분해의 예는 걷거나 달릴 때의 상황에서 볼 수 있다(그림 1-28). 발이 지면에 닿을 때, 합성 힘(resultant force)의 한 성분은 아랫방향으로 향하지만, 다른 힘성분은 지면과 나란하게 작용한다. 그림 1-28은 걸을 때 나타나는 세 방향의 지면반발력(ground reaction)을 보여주고 있다.

단일의 힘을 두 개 이상의 여러 힘으로 나누는 것을 힘의 분해라고 한다. 그림 1-29에서 척추에 부가되는 체중을 두 개의 힘 - 전단력과 압박력 - 으로 분해할 수 있다. 그림 1-29A는 요추의 만곡이 후만되어 체중이 가해질 때는 압박력이 전단력보다 커진다. 그림 B는 정상적인 요추자세로 압박력과 전단력이 거의 동일하고, 그림 2-29C는 요추전만이 증가되어 전단력이 압박력보다 더 커짐을 보여주고 있다. 그림 1-30처럼 근육이 수축하는 힘을 분해해 보면, 한 힘은 뼈에 수직으로 작용하여 관절을 축으로 하여 뼈를 회전시키려 하고, 다른 힘은 뼈와 나란하게 작용하여 관절면을 압박하거나 신연시킨다(그림 1-30). 일반적으로 근수축의 힘이 관절에 압박력을 발생시키지만, 경우에 따라서는 신연력(distracting force)을 발생시킬 수도 있다. 대개 압박력은 관절의 안정

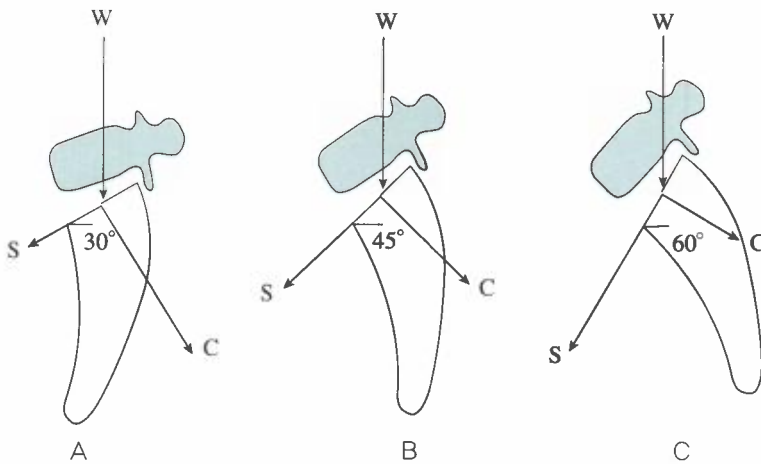


그림 1-29. 척추의 자세에 따른 힘의 분해

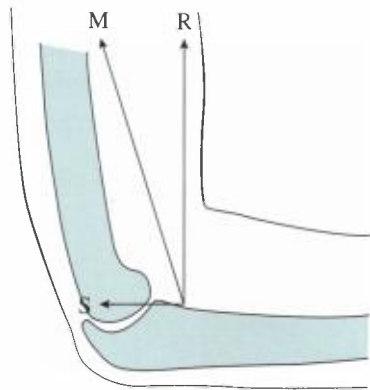


그림 1-30. 근육의 힘 분해

성을 증가시킨다. 그러나 이런 압박힘의 성분은 퇴행성 관절염의 경우 환자로 하여금 더욱 심한 통증을 느끼게 하므로 좋지 못한 힘으로 작용되기도 한다.

(2) 뉴턴의 운동법칙

① 뉴턴의 1 법칙

힘은 종종 물체를 가속시키는 실체로 정의되어 왔으며, 움직임을 내포하고 있다. 이 개념은 관성의 법칙인 뉴턴의 제1법칙으로 표현된다. 관성의 법칙이란 가만히 있는 물

체는 외부의 힘이 작용되지 않는 한 그 상태를 그대로 유지하려는 것을 말한다. 그러므로, 정지된 물체는 그 물체에 불균형적인 외력이 작용하지 않는 한 그대로 움직이지 않는다. 반대로, 움직이는 물체는 외력이 그 물체에 작용하지 않는 한 똑같은 속력과 방향으로 움직임을 그대로 유지한다.

관성효과의 예는 단거리 달리기에서 일어난다. 일단 근육들이 고관절을 굴곡시키면, 관성은 스윙하는 지절이 계속 움직이게 되는 주된 원인이다. 그러므로 다리를 감속시켜 멈추게 하기 위해서는 외력이 필요하다. 이때 외력은 슬괵근의 강한 수축으로 일어나며, 발이 지면에 닿기 바로 직전에 이 근육의 수축으로 다리가 멈추게 된다. 만약 이때 슬괵근의 근력보다 감속시키는데 필요한 힘이 더 크다면 슬괵근 스트레인이 초래된다.

② 뉴턴의 2 법칙

뉴턴의 제2법칙은 가속도의 법칙이다. 만약 외력이 어떤 물체에 작용한다면, 그 물체는 작용하는 힘에 비례하여 자신의 속도나 가속도를 가진다. 그리고 물체는 질량에 반비례적으로 가속도를 가진다. 즉, 질량에다 가속도를 곱한 힘의 공식($F=ma$)은 이런 관계를 잘 설명하고 있다. 뉴턴의 법칙에 따르면, 이 공식은 $a=F/m$ 으로 표기될 수 있는데, 이 표현이 가장 보편적인 가속도 공식이다. 이런 공식을 몰라도 가벼운 물체를 가속시키는 것보다 무거운 물체를 가속시킬 때 더 많은 힘이 소요된다는 것을 누구나 알고 있다.



그림 1-31. 관성법칙에 의해 자동차 후방 충돌시 나타나는 뇌손상기전

③ 뉴턴의 3 법칙

중력은 지구상에 있는 물체에 항상 작용하는 외력이다. 이런 중력과 균형을 맞추기 위해서, 두 번째의 외력이 존재해야 한다. 테이블 위에 놓여 있는 물체에는 적어도 두 개의 힘이 작용하고 있는데, 중력과 중력에 저항하는 테이블의 힘이 그것이다. 테이블 위의 물체와 같은 예가 “반작용의 법칙”인 뉴턴의 제3법칙을 나타내고 있다. 즉, 한 물체가 두 번째 물체에 힘을 가할 때, 언제든지 두 번째 물체는 첫 번째 물체에 크기는 같고, 방향이 반대인 힘을 작용한다. 그래서, 테이블 위의 물체를 중력이 잡아 당길 때, 테이블은 중력과 같은 힘으로 중력에 저항하게 된다. 만약 반대로 작용하는 힘이 똑같지 않거나 정확하게 반대방향으로 작용하지 않으면, 그 물체는 고정되어 있지 않고 움직이게 될 것이다.

(3) 일(work)과 파워(일률, power)

일과 일률(파워)의 개념은 힘의 개념과 다르지만, 많은 혼동을 주는 용어이기 때문에 간단하게 언급하고자 한다. 환자를 치료하거나 운동선수를 트레이닝할 때 힘의 개념으로 치료하거나 훈련할 것인지, 혹은 파워의 개념으로 할 것인지에 따라 그 방법의 다른은 물론이고, 결과도 다르게 나타날 것이다.

① 일(work)

일(W)이란 용어는 일상생활에서 다양한 의미로 사용되지만, 운동학에서의 일의 개념은 어떤 물체를 얼마만큼의 거리로 움직였는가로 정의할 수 있다.

즉, $W = F \cdot d \cos \theta$ 로 정의되고, 단위는 J이나 Nm로 표기한다.

위 공식에 따르면, 일을 하는 데는 반드시 힘(F)이 작용하고, 물체의 이동이 뒤따라야 한다. 예를 들어 설명하면, 어떤 사람이 무거운 물건을 들고 그 자리에서 10분 동안 버스를 기다리고 있다. 이 사람은 물건의 무게 때문에 많은 힘이 들었지만, 물리학적 개념으로 보면, 그 사람은 일을 하지 않은 것이다. 그 이유는 물체의 이동이 없었기 때문이다. 그리고 이 사람이 만약 10m를 이동했다 하더라도, 일을 하지 않은 것이다. 그 이유는 물체의 이동방향과 힘의 방향이 90도 즉, $\cos 90$ 은 '0' 이기 때문이다.

② 파워(일률, power)

파워(power)란 용어는 힘(force)과 일(work)의 개념과 매우 혼동되지만, 정확한 의미는 일(work)을 행하는 비율 혹은 에너지를 소비하는 비율이다. 여기에서 일(work)이란 어떤 물체를 힘(force)으로 일정거리 만큼 이동시키는 것을 의미하기 때문에, 파워(power)는

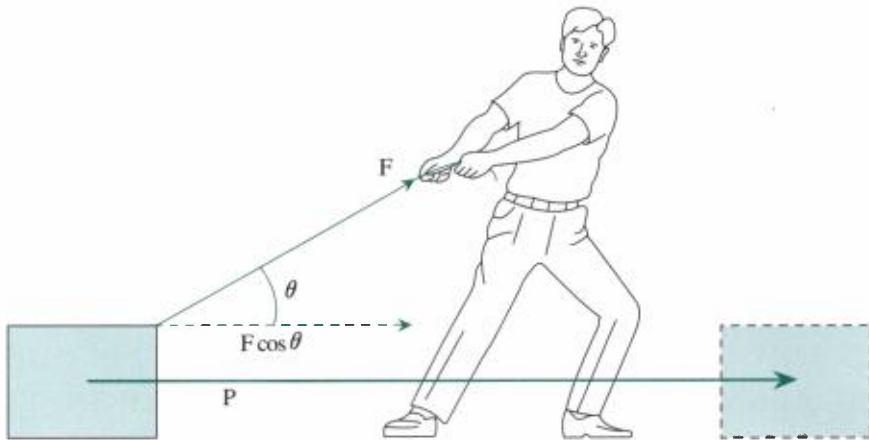


그림 1-32. 지면을 따라 상자를 끌고 있는 사람
변위를 d 라 하면, F 가 하는 일은 $W = F \cdot d \cos \theta$

힘(force)의 개념을 포함하고 있다. 그러나 파워(power)에는 힘의 요소뿐만 아니라 시간의 요소도 매우 중요하다. 위의 모든 요소를 종합해 볼 때, 파워(power)의 단위를 ft-lb/sec나 혹은 N-m/sec로 표기할 수 있다. 어떤 사람이 많은 힘을 낼 수 있다 할지라도, 그 힘을 빠르게 발생하지 않으면, 파워의 크기는 적을 수밖에 없다.

2) 지레의 원리

축을 중심으로 강체를 회전시키는 힘의 원리에 따라 조작되는 기계를 지레라 한다. 역학적으로 지레에 작용하는 힘은 3가지로, ① 축점(A), ② 무게점 또는 저항점(W), ③ 힘점(F)이다. 그리고, 축점에서 무게점까지의 거리를 무게팔(weight arm)이라 하고, 축점에서 힘점까지의 거리를 힘팔(force arm)이라 한다.

인체의 지레는 근육이 어떤 작용을 하는가에 따라 분류되는데, 이 지레의 유형은 고정되어 있는 것이 아니라, 상황에 따라 변하게 된다. 예를 들어, 동일한 근육이라도 상황에 따라 3형에서 2형으로 바뀌기도 한다.

(1) 지레의 유형

② 제1형 지레

1형 지레는 안정과 균형의 이점을 가지는 지레로 천칭이나 시소에서 볼 수 있다. 이 지레의 효과는 무게팔과 힘팔의 상대적인 길이 변화에 큰 영향을 받는다. 치료적인 면

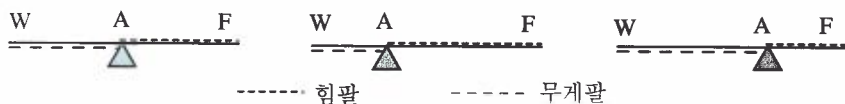


그림 1-33. 제 1형 지렛대

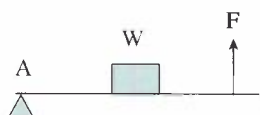


그림 1-34. 제2형 지레

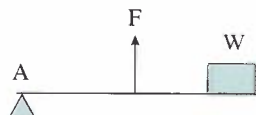


그림 1-35. 제3형 지레

에서는 그리 중요한 지레는 아니지만, 생체역학을 이해하는데 있어서는 매우 중요하다. 인체의 예를 들어 보면, 어떤 자세를 취할 때, 그 자세를 유지하는 근육들은 대부분 1형의 지레에 속한다. 왜냐하면, 자세를 안정화하는 작용을 하기 때문이다. 예를 들어, 슬관절의 신전근인 대퇴사두근의 대부분이 여기에 속하고(대퇴직근은 제외), 대둔근이나 환추후두근도 자세를 유지하는 근육이기 때문에 1형에 속한다.

그림에서 보듯이 축은 힘과 무게 사이에 항상 존재한다.

② 제2형 지레

적은 힘으로 무거운 물체를 지지하거나 움직일 수 있는 힘의 이점을 가지는 지레로서, 손수레가 좋은 예이다. 축과 힘 사이에는 항상 무게가 존재한다. 인체에서는 쉽게 볼 수 없지만, 근육이 원심성으로 수축할 때 대부분 2형으로 변하고, 상완요골근(brachio-radialis)은 구심성으로 수축할 때 2형에 속한다.

③ 제3형 지레

그림에서 보듯이, 힘점이 축과 무게 사이에 항상 위치하여 속도의 이점을 가진다. 즉, 작은 수축력으로도 큰 움직임을 일으킬 수 있다.

(2) 역학적 이득(Mechanical advantage)

힘의 효과는 두 인자- 무게와 힘-에 지배를 받는다. 무게팔과 힘팔이 축으로부터 같은 위치에 있으면, 평형을 이루게 되지만, 무게팔보다 힘팔이 더 길면, 역학적 이득을 갖는다. 역학적 이득(MA)은 W/F 이다.

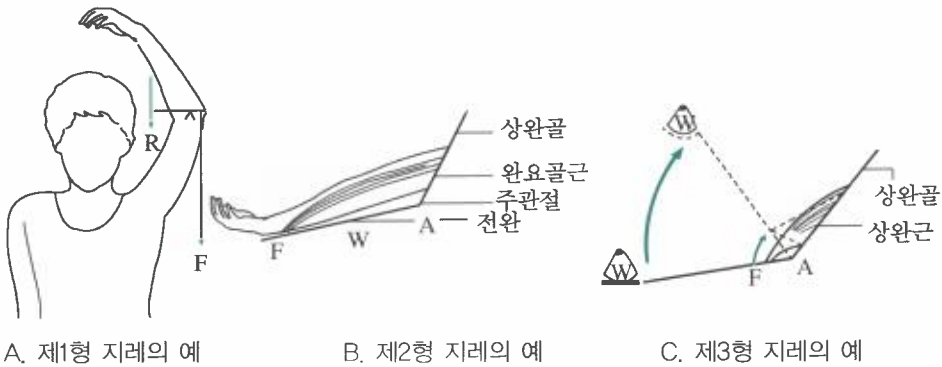


그림 1-36. 인체의 각 지레형

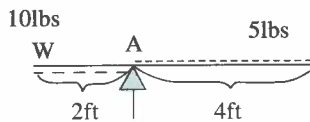


그림 1-37. 역학적 이득

(3) 활차시스템 (Pulley System)

① 고정활차시스템

힘의 크기 변화없이 힘의 방향만을 바꾸어 주는 시스템이지만, 당기는 힘의 위치를 쉽게 변화시킬 수 있는 장점을 가진다. 끈의 장력은 매달려 있는 무게에 의해 바로 결정된다. 인체에서 볼 수 있는 대표적인 고정활차시스템은 족관절 주위의 내외측과(lat. & med. malleoli)이다. 그림 1-38의 B는 건관절 신전근의 저항운동을 보여주고 있다.

② 가동활차시스템

하나의 가동활차시스템에는 두 개의 끈이 연결되는데, 그 중 하나의 끈은 고정되어 있고, 또 다른 끈은 지탱역할을 하여 활차에 매달려 있는 무게를 이 두 끈이 동등하게 배분한다. 그림 1-39A는 활차에 매달려 있는 무게가 두 개의 끈으로 분산되는 것을 보여 주고 있다. 이때 저항의 무게가 1,000N이라면, 각각의 끈에 걸리는 부하는 500N 이 된다. 여기에서 보듯, 가동활차시스템은 역학적 이득을 가지고 있다.

그리고 가동활차시스템은 힘의 이득을 위해 고정활차시스템과 연결될 수 있는데, 그림 1-39B가 이런 현상을 잘 나타내고 있다. 이 시스템에는 4개의 끈이 무게를 지지하

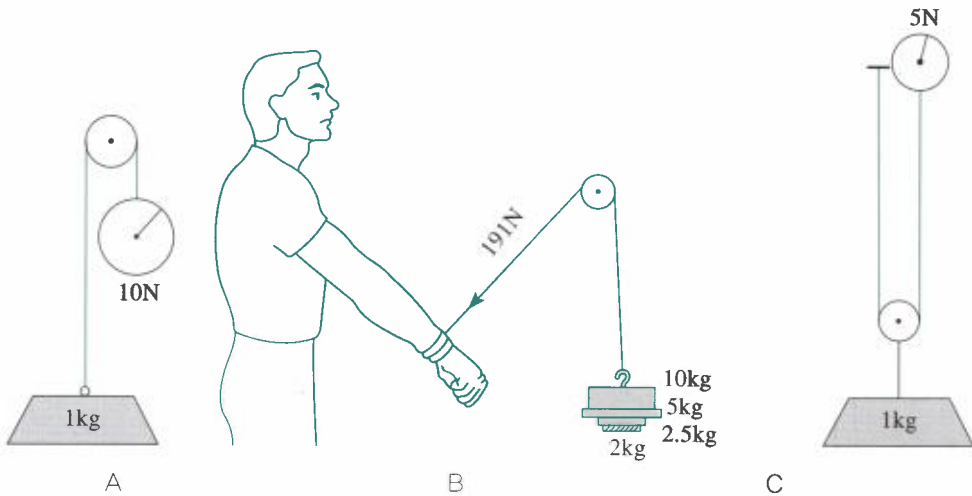


그림 1-38. A와 B는 고정활차시스템이고, C는 가동활차시스템이다.

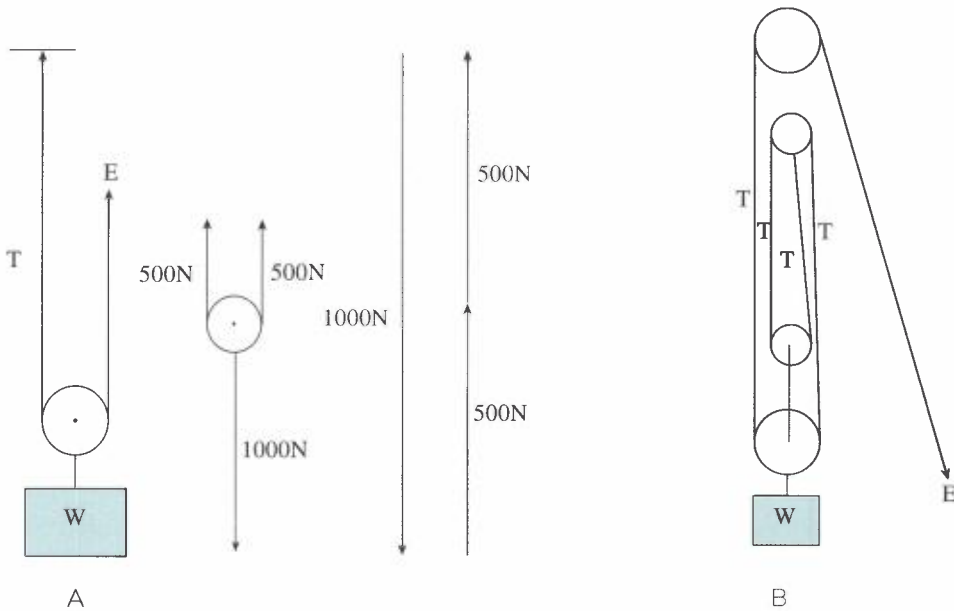


그림 1-39. 가동활차시스템

고 있다. 이 경우, 하나의 끈에 걸리는 부하는 무게의 1/4을 담당한다.

일반적으로 활차시스템은 그림 1-40처럼 견인장치나 운동기구에 많이 이용되고 있다. 이 그림에서는 두 개의 견인장치를 보여주고 있으며, 그림 1-40A는 하나의 고정 활차를 가진 견인장치를 보여 주고 있고, 그림 1-40B는 하나의 가동활차와 두 개의

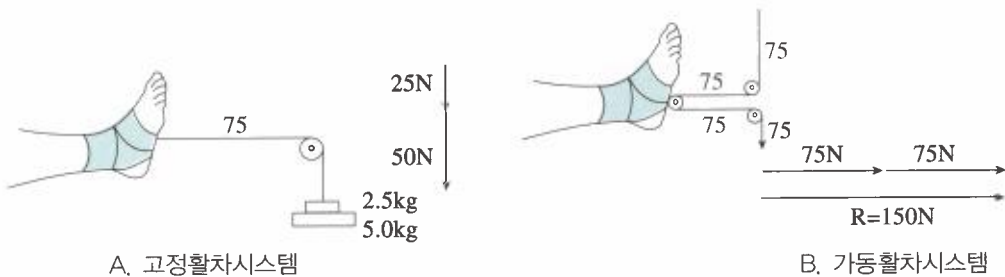


그림 1-40. 견인장치에서의 활차시스템

고정활차를 가진 견인장치를 보여주고 있다. 그림 1-40A와 B의 견인장치에서 견인되는 힘은 각각 75N과 150N을 가진다. 그림 1-40B는 두 개의 고정활차를 이용해 힘의 방향을 결정하고, 하나의 가동활차를 이용해 하지에 견인력을 가하고 있다. 이때 가동활차에 걸리는 부하는 힘의 합성을 통해 구할 수 있다.

3) 회전동역학 : 힘모멘트(토크)와 관성모멘트

회전하는 물체의 각가속도 α 는 그 물체에 가해진 토크 T 에 비례하게 되는데($\alpha \propto T$), 이것은 뉴턴의 제2운동법칙인 $\alpha \propto F$ 에 해당한다.

토크(T)와 관성모멘트(I)의 관계는, $T = I\alpha$ 으로서, 고정축을 중심으로 한 회전 운동법칙에서만 적용된다.

(1) 힘모멘트(토크)

물체에 작용하는 힘의 합이 '0' 이고, 물체의 이동은 없을지라도, 힘의 작용면에 직각인 축을 중심으로 물체를 회전시키는 원인을 힘의 모멘트(moment of force) 혹은 토크라 한다. 이때 부하(load)는 회전이 일어날 수 있는 지점으로부터 일정 거리를 두고 물체에 적용되기도 하는데, 이 회전축과 부하까지의 거리를 무게팔(lever arm of load) 혹은 모멘트팔이라고 한다. 이 부하에 의해 회전축을 중심으로 운동이 일어나게 된다. 즉, 물체의 회전운동을 일으키게 하는 능력을 '토크(torque)' 혹은 '힘모멘트' 라고 한다. 토크의 크기(T)는 힘의 크기(F)와 회전축의 작용선과의 수직거리(d)를 곱한 값으로 나타난다.

$$\text{힘모멘트는 힘의 크기} \times \text{모멘트팔} \Rightarrow T = F \perp d$$

위의 등식에서 보듯이, 작용되는 힘이 크거나 무게팔이 길면, 회전축에 대한 토크도 커진다. 지레가 균형을 유지한다는 조건 아래에서, 상대적으로 긴 지레팔(dE)에 적용된

작은 힘(E)은 짧은 지레팔의 끝(dR)에 적용된 큰 부하(R)의 토크와, 같은 크기의 토크를 만들게 된다(그림 1-41A). 그리고 반대의 경우도 같은 크기의 토크를 만들 것이다(그림 1-41B). 주로 지레의 효율성은 역학적 이득의 견지에서 측정되는데, 여기에서 역학적 이득(MA)이란 힘팔(dE, effort arm)과 무게팔(dR)과 길이 비율로, $MA = dE/dR$ 이다. 힘팔은 축과 적용된 힘 사이의 거리이고, 무게팔은 축과 부하 사이의 거리다. 만약 힘팔이 무게팔보다 크다면, 역학적 이득은 1보다 커진다. 그리고 힘팔이 무게팔보다 작다면, 역학적 이득은 1 미만으로 된다. 토크의 단위는 Nm이다.

모멘트의 방향은 힘이 물체를 회전시키는 방향에 따라 다르기 때문에 시계방향 또는 반시계방향일 수 있다. 모멘트의 방향을 결정할 때 통상적으로 오른손 법칙을 사용한다. 즉, 회전시키려는 방향으로 손가락을 거머쥐었을 때 엄지가 가리키는 방향이 모멘트의 방향이다.

그림 1-42처럼 어떤 사람이 발가락 끝으로 서 있다고 할 때, 축의 위치는 발의 볼

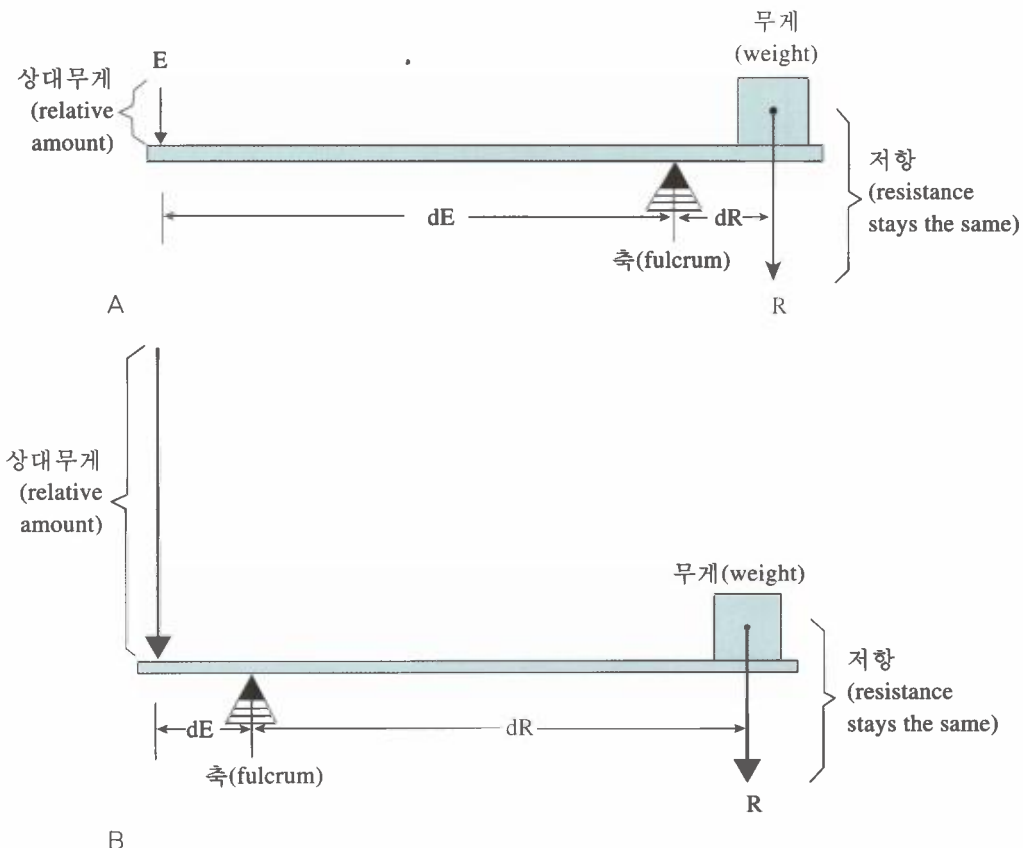


그림 1-41. 토크와 역학적 이득

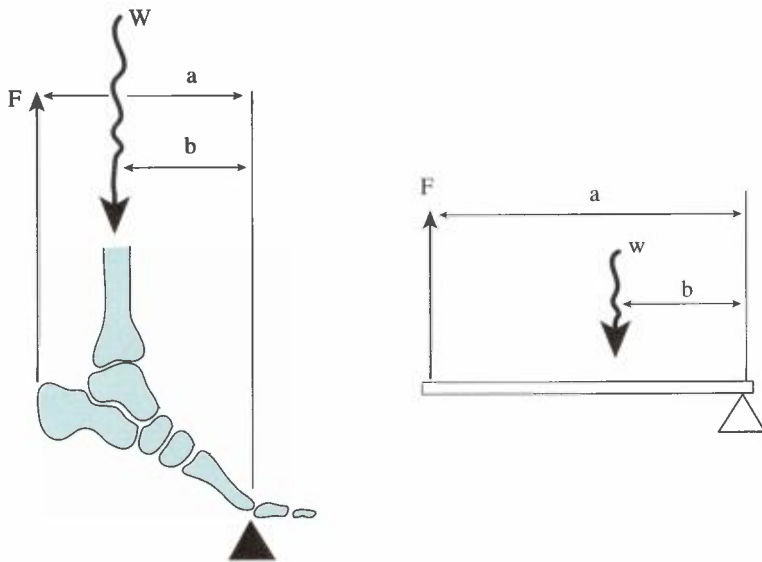


그림 1-42. 발끝으로 서 있을 때의 힘의 작용에 의한 모멘트

(ball)에 있고, 비복근을 통한 힘(F)은 발목에 작용하고, 체중(W)을 떠받치고 있다. 이때 축에서 작용력(F)까지의 거리를 a 라 하고, 체중의 작용점까지의 거리를 b 라고 하면, 시계방향의 모멘트 Fa 와 반시계 방향 모멘트 Wb 가 일어남을 알 수 있다.

(2) 관성모멘트(Moment of inertia)

물체는 물체의 형태에 따라 굽힘력과 회전력에 견디는 정도가 다르게 된다. 예를 들어 두께가 두껍고 넓은 판은 두께가 얇은 판에 비해 이 힘들을 잘 견딜 수 있다. 관성모멘트는 물체의 회전운동에너지를 의미하며, 또 물체의 모양이 그것의 강도에 영향을 주는 정도를 의미하기도 한다. 관성모멘트의 단위는 $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 이다.

대부분의 인체 분절들은 각각의 분절중심을 축으로 하여 회전하지 않고, 오히려 양단의 관절에 대해 회전운동을 한다. 생체의 관성모멘트는 관절중심에 대하여만 측정할 수 있다. 이렇게 측정된 관성모멘트와 분절중심에 대한 모멘트와의 관계를 말해주는 것이 평행축정리(parallel axis theorem)이다.

수학적인 방법으로 어떤 물체에 대해 관성모멘트를 계산할 수 있다. 원통꼴의 강체(rigid body)에서 임의의 축으로부터 r 만큼 떨어져 있고, 질량이 Δm 인 미소부분을 생각할 때, 그 축에 대한 관성모멘트는 아래와 같다.

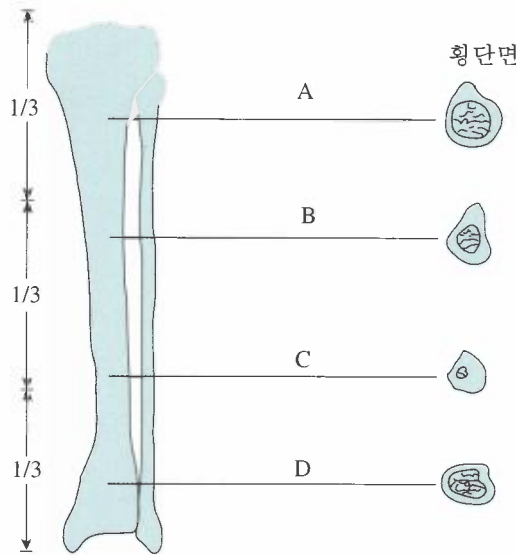


그림 1-43. 정강뼈 접합점에서의 관성모멘트

$$\text{관성모멘트}(I) = \sum r^2 \Delta m = \int r^2 dm = 2\pi\rho L \int r^3 dr = \frac{1}{2}\pi\rho L R^4 = \frac{1}{2}MR^2$$

원통꼴 강체에서의 관성모멘트는 물체의 질량에 비례하고, 거리의 제곱에 비례한다.

이러한 관성모멘트는 긴 뼈의 강도에 대한 기하학적인 영향을 기술하는 물리적 매개 변수이기 때문에, 생체역학에서 중요한 역할을 한다. 그림 1-4에서 경골의 중간과 원 위 1/3되는 부위의 피질골은 그 두께가 두껍지만, 뼈의 둘레가 작고 그 형태가 약간 삼 각형이기 때문에 이 부위의 관성모멘트가 제일 작다. 즉, 이 부위가 가장 골절되기 쉽다.

강체에 형태에 따른 관성모멘트의 공식을 알아보자(그림 1-44).

4) 운동량과 충격량

운동량(momentum)은 일반적으로 선운동량을 의미하지만, 크게 선운동량과 각운동량 으로 분류된다. 이런 분류는 운동의 형태에 따라 다른 운동량을 갖기 때문이다.

먼저, 병진운동에 의해 일어나는 선운동량(P)은 물체의 질량(m)에다 속도(v)를 곱한 값이다. 즉, $P = mv$ 이다. 단위는 $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 이다.

자동차에 비유해 설명하면, 빠르게 달리는 자동차가 느리게 달리는 자동차보다 더 큰 운동량을 가지게 된다. 그리고 같은 속도로 달리는 자동차와 트럭을 비교해 보면 당연히 트럭이 더 큰 운동량을 가지는 것이다.

회전운동을 하는 물체는 각운동량을 가지게 되는데, 각운동량(L)은 관성모멘트(I)에

물체	축의 위치	관성모멘트	선회반경
(a) 반경이 R인 얇은 고리	중심	MR^2	R
(b) 반경이 R인 균일한 원판	중심	$\frac{1}{2}MR^2$	$\frac{R}{\sqrt{2}}$
(c) 반경이 R인 균일한 구	중심	$\frac{2}{5}MR^2$	$\sqrt{\frac{2}{5}}R$
(d) 길이가 L인 균일한 막대	중심	$\frac{1}{12}ML^2$	$\frac{L}{\sqrt{12}}$
	끝	$\frac{1}{3}ML^2$	$\frac{L}{\sqrt{3}}$

그림 1-44. 강체의 형태에 따른 관성모멘트의 공식

다 각속도(ω)를 곱한 값이다. 즉, $L = I\omega$ 이다.

만약 두 물체가 충돌할 때, 충돌 이후의 합성운동량은 충돌 전의 운동량값과 같은데, 이 원리를 운동량보존의 법칙이라 한다. 간단히 말하면, 첫 번째 물체의 운동량 변화는 두 번째 물체의 운동량 변화와 같은 크기를 가지고 있으나 그 방향은 반대이다.

그리고 충격량(impulse)이란 힘(토크)에다 시간을 곱한 값으로, 운동량 변화와 같은 의미를 가진다. 만약 작용된 힘이 크거나 장시간 작용되었다면, 운동량의 증가가 일어날 것이다. 그리고 비교적 많은 시간이 물체의 운동량을 흡수하거나 감소시키는데 소요되었다면, 다소 적은 힘으로도 그 물체를 움직일 수 있을 것이다.

하계 야유회 때 주로 하는 계란받기 게임은 충격의 원리를 잘 나타내고 있다. 이 게임에서 충격을 감소시키기 위해 떨어지는 계란을 받을 때 양손을 아래에 약간 움직여 주의 깊게 받아야 한다. 정확하게 이 동작을 수행하면, 계란을 받는데 걸리는 시간이 증가하고, 그 결과로 계란에 전달되는 힘이 줄어들게 된다. 그런데 계란을 받는 시간이 충분히 길지 않으면 계란에 전달되는 힘이 너무 커져 결국에는 계란이 깨지게 된다. 충격의 또 다른 예는 자동차사고시 계기판에 발생하는 충격을 감소시키는 계기판 패드의 사용이다. 계기판 패드의 물질은 전달되는 힘을 충분히 흡수할 수 있는 물질이어서, 손상의 가능성을 크게 줄여 준다. 같은 원리의 예를 들어보면, 하지의 스트레스 골절과 스트레스 반응을 가진 환자를 위해 발 보조기 설계와 제작시에 어떤 물질을 사용해야

하는가에 있다. 일반적으로 이런 환자는 지면에 발을 내디딜 때 자신의 체중 충격을 골고루 분배하기 어렵기 때문에, 충격을 흡수할 수 있는 쿠션의 물질이 신발의 안창으로 사용되어야 한다. 또 다른 예는 슬관절을 펴고 갑자기 높은 곳에서 떨어지는 사람이다. 이때, 심한 손상이 일어날 수 있다. 왜냐하면, 신체운동량이 갑자기 중단되어 너무 큰 힘의 전달이 발생하기 때문이다. 사람이 계단이나 보도의 턱을 오르내리거나, 혹은 무릎을 펴고 걷거나 달리면, 체중부하관절에 큰 부하가 가해질 것이다. 점핑활동이나 체조활동 때 이용되는 착지 지면들은 신체운동량을 흡수할 수 있는 만큼의 착지에 걸리는 시간적 여유를 필요로 한다. 시간적 여유를 가지면 신체에 전달되는 힘이 줄어든다.

5) 정역학적인 적용

정역학의 과제는 평형상태에 있는 구조물에 작용하는 힘을 계산하는 것이다. 이 계산 기능은 여러 분야에 응용할 수 있다. 건축가나 공학자는 건물, 교량, 기계, 자동차 등과 그 밖의 구조물의 구성성분에 작용하는 힘의 계산하고, 인체의 경우에는 근육과 관절에 작용하는 힘을 아는 것이 물리치료에 있어 매우 중요할 뿐만 아니라, 운동의 연구에도 중요한 일이다. 그리고 정역학은 물체에 작용하는 몇 개의 힘을 이미 알고 있을 경우 물체나 물체 내부에 작용하는 힘을 계산할 수 있기 때문에 중요하다.

(1) 평형과 기저면

정적으로 평형한 물체는 건드리지 않으면 그 물체에 작용하는 힘의 합과 토크의 합이 각각 '0' 이기 때문에, 병진운동이나 회전운동이 일어나지 않는다. 그러나 물체가 약간만 움직여도 세 가지의 가능성이 나타난다: ① 물체가 원래의 위치로 되돌아가는 경우, 즉 안정한 평형(stable equilibrium), ② 물체가 원래의 위치에서 더 멀어지는 경우, 즉 불안정한 평형(unstable equilibrium), ③ 물체가 새로운 위치에 머물게 되는 경우, 즉 중립 평형(neutral equilibrium).

안정한 평형은 그림 1-45A처럼 줄의 끝에 매달린 공의 경우이다. 이 공은 재빨리 원래의 위치로 되돌아가게 된다. 그림 1-45B에서 연필의 경우는 원래의 위치로 되돌아가지 않고 더 멀어지는 경우이다. 중립평형의 경우는 평평한 테이블 위에 굴러가는 공의 경우이다.

물체의 안정성은 4가지 요소에 의해 좌우된다: ① 기저면 위의 중심 높이, ② 기저면의 크기, ③ 기저면 내에 중력선의 위치, ④ 물체의 무게

안정성은 중심이 낮고 기저면이 넓고, 중력선이 기저면의 중심에 놓이고, 물체의 무게가 무거울수록 좋아진다.

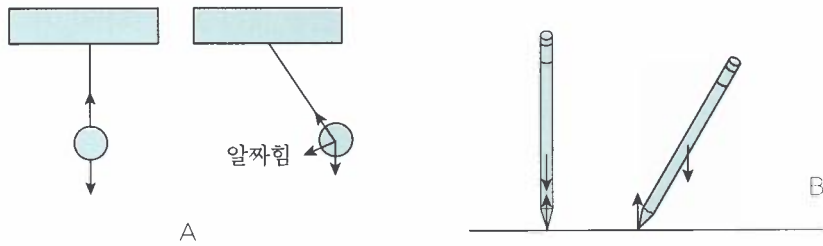


그림 1-45. A. 안정 평형 B. 불안정 평형



그림 1-46. 다양한 서기 자세에서의 기저면

안정성은 기저면을 넓게 하면 증가되는데, 만약 근력이 감소하거나, 균형을 못 잡는 환자의 경우에는 지팡이나 목발을 이용해 기저면을 넓힐 수 있다. 그리고 어떤 무거운 물건을 들어올릴 때, 기저면을 조금 넓게 하면, 기저면이 좁을 때보다 훨씬 수월하게 물건을 들 수 있다.

(2) 근력과 관절력 계산

인체에서 발생하는 힘을 구하기 위해서는 정지된 동작을 통해 그 순간의 힘을 구해야 한다. 만약 동작 중 발생하는 힘을 구하려면, 그 변수가 많아 매우 복잡하고 힘들다. 정역학적으로 구하는 힘들은 실제 힘들이 아니지만, 실제로 발생할 수 있는 최소의 힘이기 때문에 나름대로 의미를 가진다. 근력과 관절력은 직접 측정될 수 없기 때문에 간접적인 방법으로 계산해야 한다. 그러기 위해서는 몇 가지 사항을 먼저 알아야 한다.

- 평형상태에 있음을 알아야 한다. 즉, 모든 힘의 합성이 '0'이 되어야 한다.
- 토크의 개념을 알아야 한다.
- 자유물체도(free body diagram)상에 힘을 그려 넣을 수 있어야 한다.
- 근력의 힘을 알아야 그 관절에 작용하는 관절력을 알 수 있다.

이제 근력과 관절력을 구해 보자. 아래 그림들은 자유물체도에 각종의 힘들이 그려져 있기 때문에 평형의 개념과 토크를 생각하고 차근차근 계산해 보자. 먼저, 근력을 구하기 위해서는 토크의 합이 '0'임을 고려해야 한다. 그리고 관절력을 구하기 위해서는 모든 힘의 합이 '0'임을 고려해야 한다.

① 임상적인 적용

[예 1] 환자가 그림 1-47처럼 최대한 상체를 많이 굽히고 앉은 자세를 취할 때, 고관절의 굴곡 토크의 크기는 얼마일 것인가? 이때 머리와 상체는 무게는 400N이고, 이 분절의 중심은 고관절에서 0.2m 떨어져 있고, 양팔의 무게는 80N으로 그 중심은 0.5m 떨어져 있다.

[풀이] 답은 120N이다. $M = 400 \times 0.2 + 80 \times 0.5$

[예 2] 질량이 5kg인 물체를 손으로 들고 있다. 다음 각 경우에 상완이두근이 미치는 힘은 얼마인가?

- 그림 1-48의 A와 같이 팔을 뻗치고 있는 경우이고,
- 그림 48의 B와 같이 팔이 수평과 45° 를 이루고 있는 경우이다. 이때 팔과 손의 질량은 합쳐서 2kg이고, 무게중심의 위치는 그림과 같다(그림 1-48).

[풀이] 근육의 힘 F_M 과 관절에 작용하는 힘 F_J 이 포함되어 있어, 먼저 F_M 을 구한다.
 $0.05m \times F_M - 0.15m \times 2kg - 0.35m \times 5kg = 0$

$F_M = 41kg$ 이므로, $F_M = 400N$ 이다.

그림 1-48의 B에서는 근육에 대한 팔의 길이가 5cm에서 $\sin 45^\circ$ 만큼 감소했다. 즉, 3.5cm가 되었다. 그러나 아랫방향에 대한 팔의 길이도 같은 비율로 감소하기 때문에, A와 같은 결과를 얻는다. 즉, $F_M = 400N$ 이다.

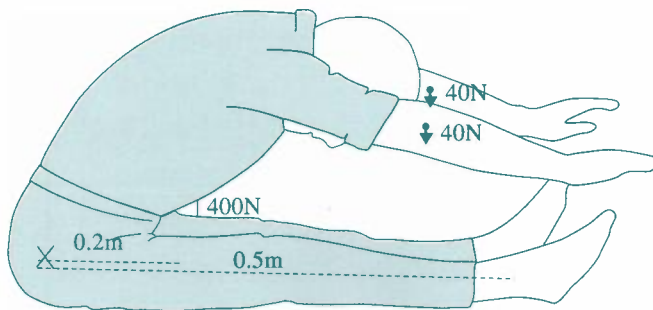


그림 1-47. 상체를 굽히는 동작을 취할 때 고관절에서 미치는 힘

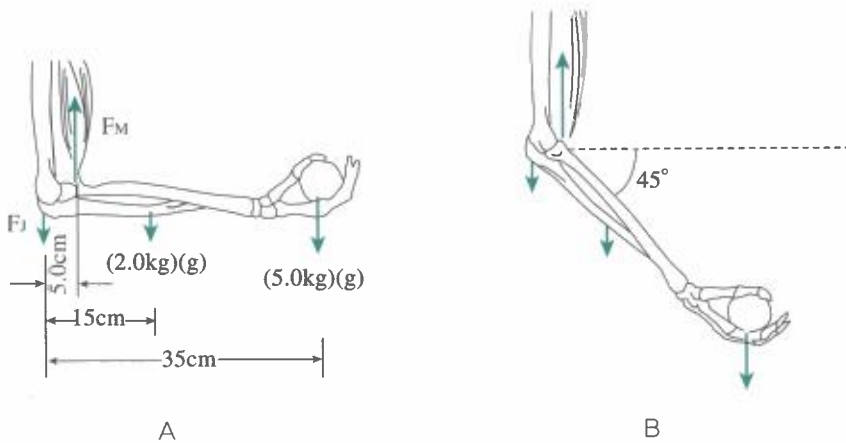


그림 1-48. 상완이두근의 작용힘

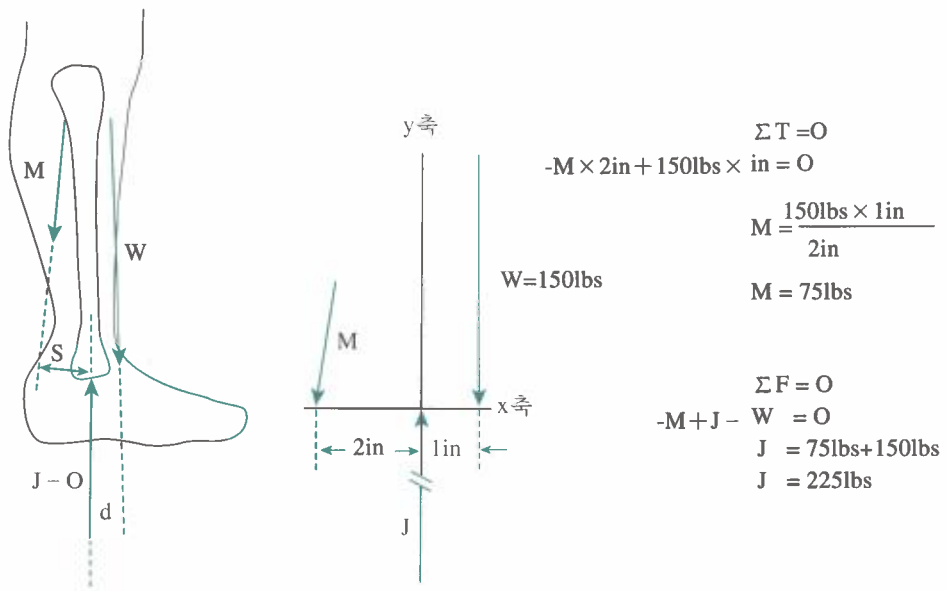


그림 1-49. 경골에 작용하는 힘

[예 3] 한쪽 다리로 서 있을 때, 체중이 150lb인 사람이 75lb의 반발력만으로 지레의 회전을 방지하는 것을 보여주고 있다(그림 1-49).

[예 4] 그림 1-50은 고관절 중둔근의 작용을 설명하고 있는데, A는 걷는 동작 중 어느 한 순간을 포착한 자유물체도이고, B는 반대쪽에 지팡이를 짚고 있는 상태이다.

그림 1-50에서 A는, 중둔근(GM)은 체중보다 더 큰 힘을 발휘하고 있고, B

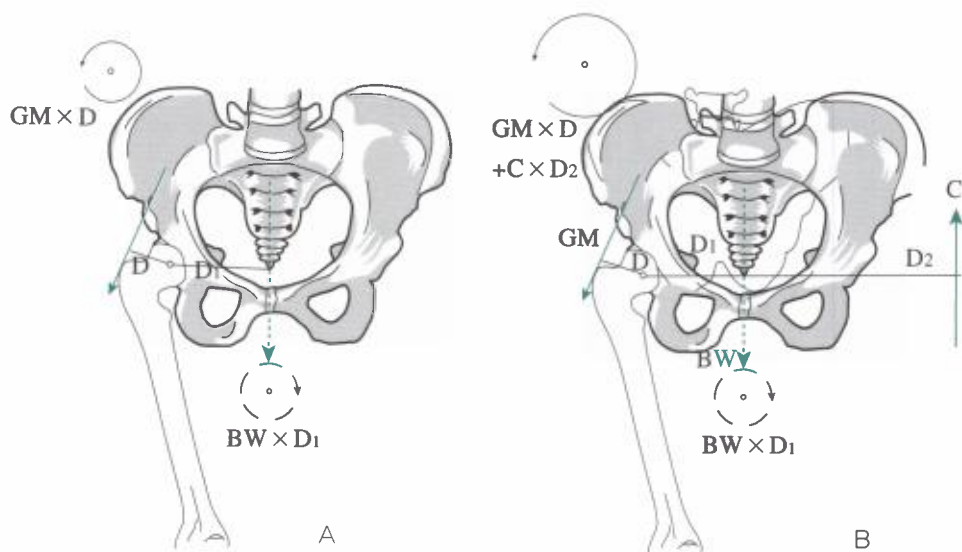


그림 1-50. 중둔근의 작용과 지팡이의 역할

의 중둔근은 A에 비해 훨씬 작은 힘을 발휘하고 있다.

중둔근이 강하게 수축할수록 고관절이 받는 압박력이 증가하므로, 만약 고관절의 압박에 문제가 있으면, 중둔근의 수축력을 줄여줄 필요가 있다. 위의 그림에서 만약 오른쪽 고관절에 문제가 있으면, 지팡이를 짚는 위치를 건측, 즉 반대측(왼쪽)으로 해야 한다.

[예 5] 그림 1-51은 중둔근(GM)의 작용을 나타내는 그림으로서 고관절의 문제로 물건을 한쪽으로 들게 될 때, 어느 쪽으로 들어야 중둔근에 의한 고관절 압박을 줄일 수 있겠는가?

[풀이] 그림 1-51은 오른쪽 고관절에 통증이 있는 경우이다. A그림은 건측(왼쪽)에 물건을 드는 경우로써, 이는 오른쪽 중둔근의 수축을 더 강하게 하여 오른쪽 고관절을 더욱 압박하게 만든다. 반대로, B의 그림은 환측과 같은 쪽으로 물건을 드는 경우로, 중둔근의 수축을 감소시켜 고관절의 압박을 감소시킨다.

(3) 중력중심

지구상에 있는 모든 물체는 중력이라는 지구의 인력을 받고 있으며, 물체의 각 지점들은 중력에 의해 지구의 중심으로 떨어지고 있다. 이들의 각 지점이 한곳으로 집중된 가상의 점을 우리는 그 물체의 중심, 혹은 중력중심이라 한다. 그리고 이 지점에서의 토크의 합은 '0'이 되고, 이 지점을 매달게 되면 완전한 균형이 이루어진다.

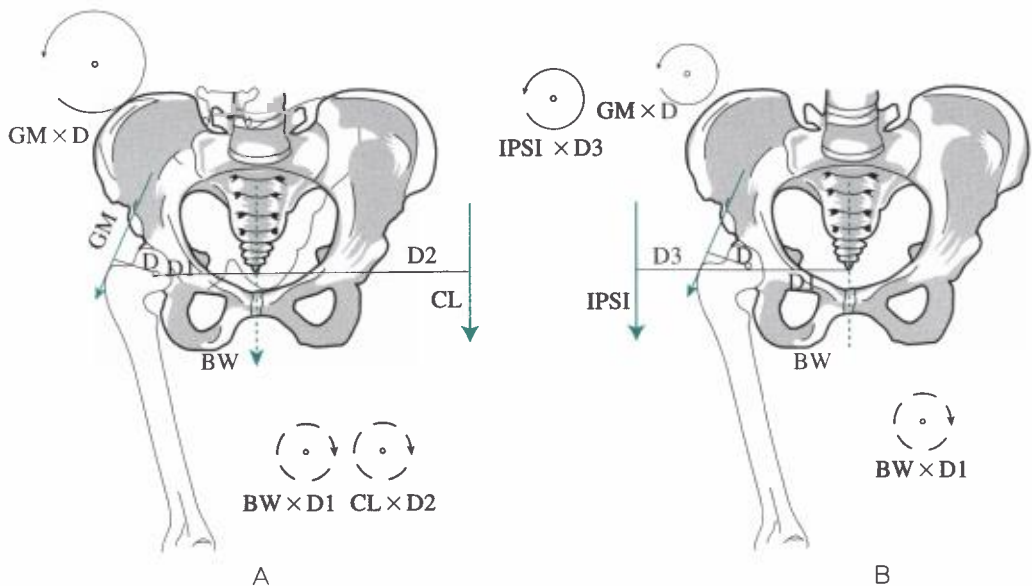


그림 1-51. 중둔근의 작용과 물건들기

인체를 측면에서 볼 때, 사람마다 다르겠지만, 일반적으로 인체 중심을 지나는 중력선은 외이, 경추의 중간부, 흉추의 중간부, 요추 중간부, 제2천추 앞, 고관절, 슬관절 그리고 족관절의 전방을 지나간다.

일반적으로 인체의 중력중심은 선 자세일 때, 제2천추 전방에 위치하고, 또 전체 신장을 기준으로 볼 때, 지면으로부터 약 55% 지점에 위치한다고 한다. 그러나 이 지점을 모든 사람에게 적용할 수는 없다. 인체중심은 사람마다, 성별마다, 인종마다 다를 것이고, 또 아동이나 성인에 따라서도 다르게 위치하기 때문이다. 그리고 그 사람의 자세나 움직임에 따라서도 수시로 인체중심이 변하게 될 것이다.

본 단락에서는 인체중심과 분절중심을 간단히 구할 수 있는 방법에 대해 언급하고자 한다. 중력중심은 그림 1-52에서처럼 강체 힘판을 사용해 쉽게 구할 수 있다. 힘판을 이용한 방법은 토크의 원리를 이용한 방법으로써, 가장 간단한 방법이며, 이 방법을 이용할 때는 두 가지 방향으로 배치하여 서로 교차되는 지점을 인체중력중심이라 한다. 즉, 누운 자세에서 위치를 결정하고, 그 다음 선자세에서 위치를 결정하여 서로 교차시키면 인체중력중심을 공간상으로 얻을 수 있다. 누운자세나 선자세에서 인체중심을 결정하는 방법이 동일하기 때문에, 여기에서는 누운자세만을 이용하고자 한다. 먼저, 힘판의 한쪽 끝을 저울 위에 올려 놓고, 다른쪽 끝은 축을 삼는다. 중력중심을 알 수 없기 때문에 대략적인 위치에 중력중심을 그려 놓고, 축에서 그 지점까지의 길이를 구하면

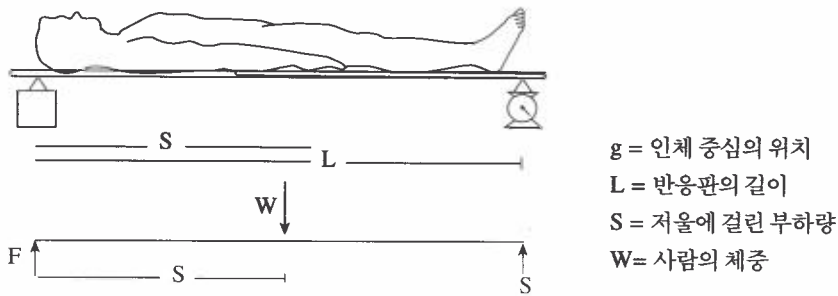


그림 1-52. 힘판을 이용한 인체중심 구하기

된다. 이때 측정자세는 해부학적인 자세를 취해야 한다. 만약 팔짱을 끼거나 머리 위에 손을 올려 놓으면, 중력중심이 변하기 때문이다.

위의 그림에서, 우리가 먼저 알 수 있는 것들은 사람의 체중, 힘판의 길이, 저울에 걸리는 부하량이고, 모르는 것은 중력중심이다.

$$\Sigma \tau = (L \times S) + (-W \times g) = 0$$

$$L \times S = W \times g$$

$$g = L \times S \div W$$

위의 공식에서, 체중에 의한 토크값이 (-)인 이유는 머리의 축에서 볼 때, 시계방향으로 회전하기 때문이고, 저울에 걸린 토크값이 (+)인 이유는 지면으로 지탱받고 있기 때문에 지면으로부터 힘이 상방으로 향하는 반시계방향으로 회전하기 때문이다.

예를 들어, 힘판의 길이가 2m이고, 사람의 체중이 70kg이며, 저울에 걸린 부하량이 35kg라면, g의 위치는? 1m이다. 즉, $g = L \cdot S / W$, 즉, g는 $2 \times 35 / 70$ 은 '1'이다.

6) 생체조직의 역학적 특성

(1) 스트레스(응력, stress)의 종류

스트레스는 정상 스트레스와 비정상 스트레스로 나누어지며, 정상 스트레스에는 장력성 스트레스와 압박성 스트레스가 있고, 비정상 스트레스에는 전단성 스트레스가 여기에 속한다. 스트레스란 어떤 물질이 외력에 반응하는 힘을 의미하며, 이는 조직 내의 표면에서 발생하는 단위면적에 대한 부하나 힘이다(그림 1-53). 장력성 스트레스(tensile stress)는 외력들이 일직선상으로 서로 멀어지는 방향으로 작용할 때 발생하며, 건(tendon), 인대, 근육 등의 생체조직들에서 많이 발생한다. 압박성 스트레스는 장력성

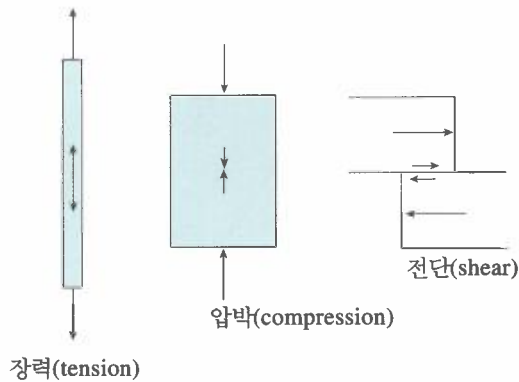


그림 1-53. 스트레스와 스트레인의 종류

스트레스에 반대되는 개념으로 뼈, 관절, 디스크 등에서 많이 발생한다. 전단성 스트레스(shear stress)는 모든 생체조직에서 발생 가능하며, 정상적으로 외력이 작용할 때보다는 비정상적으로 작용할 때에, 주로 많이 발생한다.

그러나 종종 임상가들은 치료기법으로 스트레스를 주기도 하는데, 신장기법으로써, 장력성 스트레스를 받게 하고, 압박성 스트레스로 관절활액의 유동성을 좋아지게 한다.

만약 어떤 조직에 스트레스가 발생하면, 그 조직에 변형이 발생할 수 있는데, 이를 스트레인(strain)이라 한다. 스트레인이란 부하가 적용될 때, 발생하는 변형의 크기를 의미한다. 스트레인의 종류는 스트레스의 종류에 의해 결정된다.

일반적인 역학적 스트레스의 예는 수평 빔(beam)에 부하가 가해져 굽힘 현상이 나타나는 경우이다(그림 1-54). 압박성 스트레스는 오목하게 된 빔 부위의 길이를 따라 나타나고, 장력성 스트레스는 볼록하게 된 빔 부위의 길이를 따라 나타난다. 중립축(neutral axis)은 장력성 스트레스와 압박성 스트레스가 발생하지 않는 빔의 중앙에 위치한다. 그리고 전단성 스트레스는 굽어진 빔 안에서 방향상으로 두 개가 발생하는데, 첫 번째 최대 전단력은 부하 방향과 나란하고 압박과 장력 스트레스에 수직으로 발생한다. 이런 전단성 스트레스의 결합으로 빔이 굽어지게 된다. 두 번째 전단성 스트레스는 빔의 길이와 나란하게 발생하고, 빔의 수평층을 서로 미끄러지게 만든다.

마지막 예는 물체에 작용되는 비틀림 부하(torsional loading)이다(그림 1-55). 이 비틀림 부하에서, 압박과 장력은 나선형으로 일어난다. 즉, 물체의 장축에 45도의 각도로 발생하고 서로 직각을 이루게 된다. 전단성 스트레스는 두 면상에서 일어나는데, 하나는 물체의 장축과 나란하게 일어나고, 다른 전단성 스트레스는 적용된 부하와 나란하게 일어난다. 일반적인 비틀림 손상은 나선형 골절이다. 이 골절은 스키를 탈 때 경골에서 주로 발생하고, 또 던지기할 때 상완골에서도 발생한다. 이런 손상은 하나의 스트레스

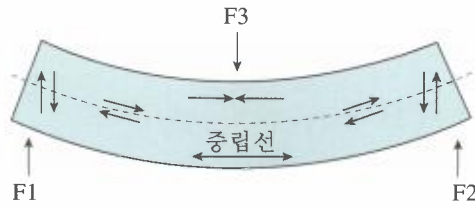


그림 1-54. 굽힘 스트레스

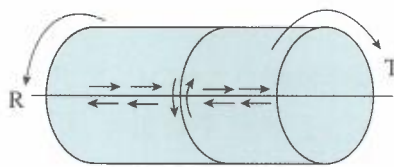


그림 1-55. 비틀림 부하

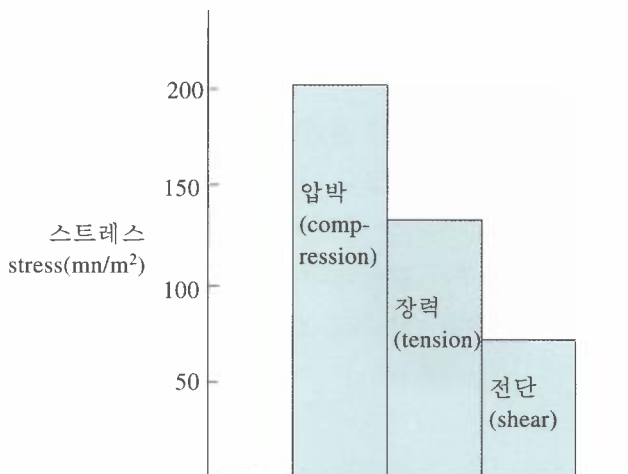


그림 1-56. 장력, 압박, 전단성 스트레스하에서 성인의 피질골의 최대 스트레스

에 의해 발생하는 것이 아니라, 생체조직에서 장력, 압박력 및 전단력 등이 한꺼번에 합해지면서 일어난다. 그리고 손상 형태와 손상 정도를 결정하는 중요한 요인이 되기도 한다. 종종 이런 손상을 치료하기 위해 부목과 보조기를 적용하여 스트레스를 줄여 주기도 한다.

그림 1-56은 장력, 압박, 전단에 대한 피질골의 최대 스트레스를 보여 주고 있다. 피질골은 장력 하에서 보다는 압박 하에서, 전단성보다는 장력성 스트레스에서 더 잘

견뎌줌을 보여 주고 있다.

(2) 스트레스-스트레인 곡선 (Stress-strain curve)

부하(스트레스)에 대한 물질의 내적 저항과, 부하로 초래되는 변형이나 길이변화 사이의 관계를 설명하기 위해 일반적으로 스트레스-스트레인 곡선이 이용된다. 스트레스-스트레인 곡선을 통해 그 물질의 역학적 특성을 알 수 있다. 이 곡선에서 일반적으로 알 수 있는 조직의 특성으로는, 강도, 탄성 범위, 탄성 한계, 가소성 범위, 항복지점, 파손, 강직도 등이다. 비록 각 물질들이 자신만의 고유한 곡선형태를 가지고 있다 할지라도, 곡선이 가지는 특성은 물질마다 비슷하다. 그림 1-57은 곡선의 첫부분이 직선형태인, 전형적인 스트레스-스트레인 곡선을 보여 주고 있다. 이 직선 부분에서 스트레인은 부하에 저항하는 물질의 능력에 비례한다. 물질의 탄성(elasticity)은 직선 부분(B)의 기울기로 계산되고, 이 부분을 탄성범위(elastic range)라고 한다. 만약 스트레스-스트레인 곡선의 탄성범위 내에서 하중이 제거되면, 물질은 원래의 크기와 형태로 되돌아온다. 몇몇 인대들은 다른 요소보다 탄력소(elastin)를 더 많이 함유하고 있어, 운동범위를 증가시키는 신장력이 좋다. 그러나 다른 인대들은 교원질(collagen)을 더 많이 가지고 있어 잘 신장되지 않는다. 물질 종류에 대한 탄성의 차이를 종종 강직도(stiffness)라고 한다. 이는 탄성범위의 기울기 증가로 강직도의 정도를 나타낸다. 기울기가 크면 클수록, 물질의 강직도가 증가한다. 스트레인이 더 이상 부하에 대해 비례하지 않는 지점을 비례한계(proportional limit, A)라 한다. 물질이 원래의 크기와 형태로 돌아오지 않는 지점을 탄성한계(elastic limit)라 한다. 두 지점은 스트레스-스트레인 곡선상에서 똑같은 지점이

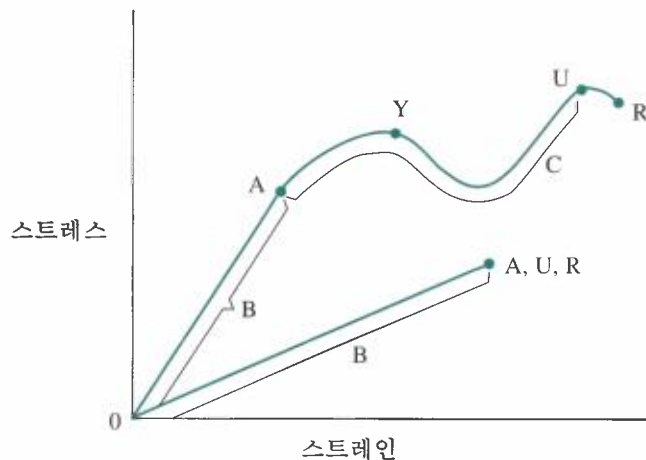


그림 1-57. 스트레스-스트레인 곡선

다. 탄성한계에서 파손지점까지의 영역은 가소성범위(plastic range, C)라 한다. 이 범위에서 변형된 물질은 영구적으로 변형된다. 유리, 금속과 같은 몇몇 물질들은 가소성범위가 작거나 없다. 플라스틱, 점토와 같은 다른 물질들은 상대적으로 큰 가소성범위를 가지고 있다. 어떤 물질들은 스트레스가 증가하지 않아도 스트레인의 증가가 일어나는 지점을 가지고 있는데, 이 지점을 항복지점(yield point, Y)이라 하고 곡선이 움푹 들어가거나 고평평부를 유지한다. 가소성범위에 있는 또 다른 지점으로는 최대강도(ultimate strength, U)와 파손지점(rupture point, R)이 있으며, 최대강도란 물체가 부하를 이겨낼 수 있는 최대부하를 말하고, 파손지점(파손강도)은 물체가 파손되는 지점을 말한다.

① 강도 (strength)

어떤 조직이 부하에 이겨내는 능력을 말하며, 일반적으로 조직이 파괴되지 않으려는 능력으로서, 스트레스(응력)에 관련하고 또 부하에 저항하는 물체의 능력이기 때문에, 물질의 강도가 강하면 강할수록 파손되지 않고 부하를 오랫동안 이겨낼 수 있다. Frankel과 Nordin은 물체의 강도를 결정하는데 3가지의 특성 - 파손되기 직전까지 물체가 저항할 수 있는 부하의 크기, 파손되기 직전까지 물체가 받는 변형의 정도, 파손되기 전까지 물체가 흡수하는 에너지의 양 - 을 제시했다.

② 탄성범위 (elastic range)

조직에 외력이 적용되었을 때 그 조직은 변형을 일으키는데, 이 범위 내에서 외력이 중단되면, 그 조직은 원래의 형태로 돌아갈 수 있는 범위를 의미한다.

③ 탄성한계 (elastic limit)

탄성범위와 가소성범위를 구분하는 지점으로 이 지점을 지나면, 외력이 제거되더라도 약간의 변형이 초래되는 한계점이다.

④ 가소성범위 (plastic range)

탄성한계에서 시작해 파손이 일어나기 직전까지의 범위로 외력이 제거되더라도, 영구한 변형이 남는 범위이다.

⑤ 항복지점 (yield point)

어떤 물질들은 스트레스가 증가하지 않아도 스트레인의 증가가 일어나는 지점을 가지고 있는데, 이 지점을 항복지점이라 한다.

⑥ 파손 (failure)

외력에 의해 조직이 완전히 파괴되는 것을 말하며, 일반적으로는 파괴 강도를 의미하기도 한다.

⑦ 강직도 (stiffness)

탄성범위 내의 기울기로 나타내며, 스트레스를 스트레인으로 나눈 값이다. 강직도가 큰 물질일수록 기울기가 크며, 기울기가 크다는 의미는 스트레스를 받더라도 스트레인이 잘 일어나지 않는다는 것이다.

⑧ 크립 (creep)

스트레스-스트레인 곡선상에서 알 수 없는 물질의 특성이지만, 임상적으로 중요한 의미를 가지기 때문에 언급하고자 한다. 크립은 역학적 변형의 한 종류로써, 작은 크기의 부하-대개 탄성범위 내와 항복지점 아래에서-가 장기간 적용되었을 때 일어난다. 크립과정은 금속이나, 생체조직과 같은 점탄성 물질에서 뚜렷히 나타나기 때문에, 생체조직을 고려할 때는 점탄성 물질이라는 조건을 갖는다. 역학적 크립은 모든 종류의 물질에서 일어나고, 부하가 가해졌을 때 일어난다. 그러나 부하가 커지면 커질수록, 그 물질은 빠르게 크립한다. 온도의 증가도 크립의 비율을 증가시키는 경향이 있다. 장기간 적용된 부하는 그 물질을 늘어나게 하고, 결국에는 그 물질이 영구적인 가소성 변형을 갖게 하거나 파손되게 한다. 종종 임상가는 이런 물질의 양상을 치료에 응용하는데, 주로 장기간 충분한 부하로 근육이나 인대조직을 늘리는 신장운동이 그 예이다. 먼저 열을 조직에 적용하면 조직의 크립이 빠르기 때문에 더욱 쉽게 신장된다.

2

운동기관의 구조와 기능

◆ 학습 목표 ◆

-
- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1. 관절의 종류를 분류한다. | 5. 뼈의 움직임에 대하여 설명한다. |
| 2. 관절의 해부학적 구조에 대해 이해한다. | 6. 관절면의 움직임에 대해 설명한다. |
| 3. 활막성 관절의 일반적 구조를 이해한다. | 7. 볼록-오목법칙을 기술한다. |
| 4. 활막성 관절의 구성요소에 대한 기능을 이해한다. | 8. 종속운동에 대하여 이해한다. |

1. 관절의 종류

관절이란 움직임 여부에 관계없이 2개 또는 그 이상의 뼈들이 결합된 부위를 말한다. 일반적으로 신체의 움직임은 각각의 관절들에 대한 뼈들의 회전운동을 통해 일차적으로 일어난다. 또한 관절들은 신체 내의 중력과 근작용에 의해 발생한 힘을 전달하고 분산시키기도 한다.

관절들의 분류, 구조 그리고 기능에 대한 학문인 관절학(arthrology)은 운동학의 전반적인 연구를 위한 중요한 토대가 된다. 노화, 장기간의 고정, 외상 그리고 질환은 관절들의 구조와 근본적인 기능에 영향을 미친다. 또한 이러한 인자들은 인간 움직임의 질과 양에도 상당한 영향을 미친다.

관절들을 분류하는데 있어 사용되는 흔한 방법 중의 하나는 주로 해부학적 구조와 그들의 가동성에 근거한 분류이다. 이러한 체계에 근거하여 인체 내에는 3가지 유형의 관절들이 존재하며 부동관절(섬유성 관절), 반관절(연골성 관절), 그리고 가동관절(활막성 관절)로 명시한다. 그러나 저자에 따라 반관절을 부동관절에 포함시켜 2가지로 분류하기도 한다. 그러나 이 책에서는 대부분의 해부학 교재에서 사용하고 있는 관절의 3가지

표 2-1. 관절의 분류

	관절물질	가동성	일차적 기능	예
부동관절	• 불규칙성 치밀 결합조직	• 거의 없음	• 기능적 단위로 뼈를 결합시킴 • 관절을 통해 힘을 분산시킴	• 두개골의 봉합 • 전완과 하퇴의 골간막 • 원위 경비관절 • 상악골과 하악골에 박혀 있는 치아
반관절	• 초자성 연골 또는 섬유연골	• 제한된 움직임이 허용됨	• 비교적 제한된 움직임과 충격 흡수의 기능을 제공함	• 흉늑관절 • 추간판 • 치골결합 • 흉골병관절
가동관절 (활막관절)	• 관절낭에 둘러싸여 있고 그 안에 활액이 차있음	• 자유로운 가동성을 보임	• 근골격계의 움직임을 위한 일차적인 중심축을 제공함	• 관절외상완관절 • 경대퇴(슬)관절 • 지질간관절 • 척추의 골단관절(면관절)

분류를 제시하고 있다(표 2-1).

1) 부동관절 또는 섬유성 관절(Synarthrosis 또는 fibrous joint)

섬유성 관절은 그 특성상 운동이 제한되어 있음에도 불구하고 골격계의 안정성에 중요한 역할을 담당하고 있으며 기능적 단위로 뼈들을 결합시키고 관절을 통해 힘을 분산시킨다. 두개골의 봉합에서 관찰할 수 있는 것과 같이 인체의 어떤 뼈들은 섬유성 관절에 의해 서로 유지된다. 부동관절로 언급되는 이러한 관절들은 뼈 사이에서 운동이 거의 발생하지 않으며 뼈들은 서로 견고하게 유지되고 있다.

섬유성 관절은 뼈와 뼈 사이가 불규칙성 치밀결합조직(dense irregular connective tissue)에 의해 연결된다. 이와 같은 형태의 관절 대부분은 관절면의 형태 및 관절면을 결합시키는 교원섬유가 짧기 때문에 가동성이 없으며, 관절강은 존재하지 않는다. 섬유성 관절은 봉합(suture), 인대결합(syndesmosis), 정식(gomphosis)으로 구분된다.

(1) 봉합(Suture)

봉합은 개개의 뼈 요소가 얇은 층의 불규칙성 치밀결합조직(dense irregular connective tissue)에 의해 연결되어 있으며, 뼈의 끝은 각지 낀 손가락 모양으로 맞물려 있거나 중첩되어 있다. 이러한 형태의 관절은 두개골에 존재하며 인접하는 뼈의 골막의 내, 외부는 관절 위에서 연속된다. 즉, 이 두 개의 층과 섬유조직은 봉합인대(sutural ligament)를 형성한다. 봉합관절은 출생시 산도를 쉽게 통과하도록 운동이 일어난다. 유아기 동안에도 약간의 운동이 허용되어 뇌의 성장과 두개골의 성장을 가능하게 한다. 성장하면서

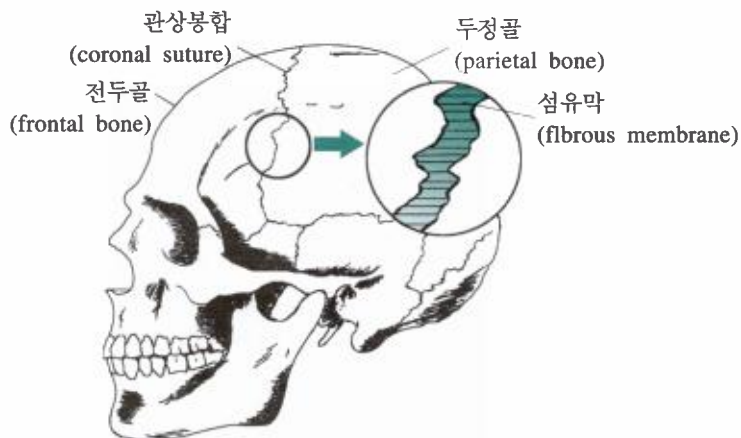


그림 2-1. 봉합. 봉합은 두개골에서 볼 수 있으며 섬유성 조직에 의해 두 뼈가 연결됨

봉합관절에 있는 뼈들은 서로 융합되는데 골결합(synostosis)이라 불리는 뼈 결합을 형성하게 되고 전혀 운동성이 없게 된다(그림 2-1).

(2) 인대결합(Syndesmosis)

인대결합은 봉합보다는 두 뼈 사이의 거리가 멀고, 섬유조직이 인대 혹은 막의 형태로 두 뼈를 연결하고 있다. 약간의 관절운동이 가능하며, 움직임의 정도는 뼈와 뼈 사이의 거리 그리고 섬유성 인대의 유연성에 따라 결정된다. 인대결합의 예로는 요골과 척골 그리고 경골과 비골 사이의 골간막(interosseous membrane), 원위 경비관절 등이 있다(그림 2-2).

(3) 정식(Gomphosis)

정식은 관절의 뼈구성이 구멍에 썩기 못(peg)을 박은 것과 같은 형태를 취하고 있으며, 인체에서 치아와 상악골 및 하악골의 치조돌기(alveolar process) 사이에 존재하는 특수한 형태의 관절이다. 정식은 치주인대(periodontal ligament)에 의해 고정되어 있다. 정식에서의 움직임은 대개 치아를 흔들리게 하는 병적인 상태를 의미한다.

2) 반관절 또는 연골성 관절(Amphiarthrosis 또는 cartilaginous joint)

반관절이라고 하는 연골성 관절은 골단판에서의 초자성 연골(hyaline cartilage)이나 치

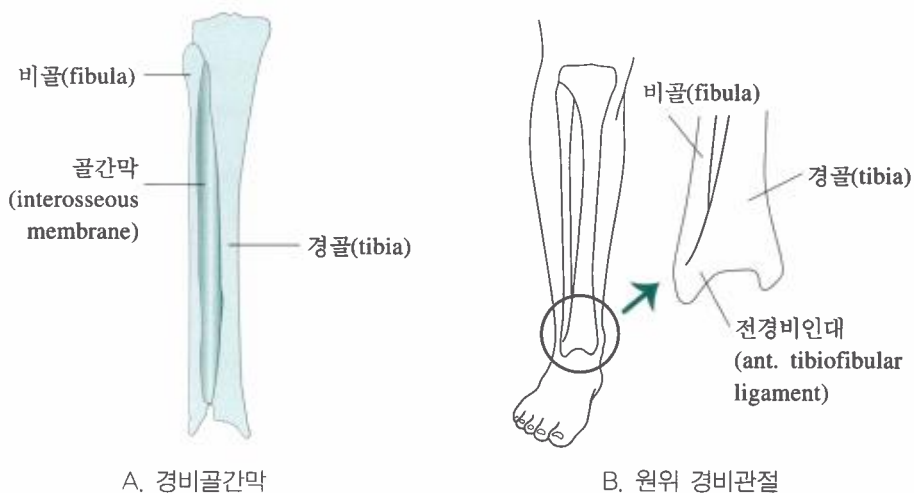


그림 2-2. 인대결합의 예. 그림 A는 막의 형태로 두 뼈의 사이를 연결하는 경비골간막이며, 그림 B는 인대의 형태로 두 뼈의 사이를 연결하는 원위 경비관절이다.

골결합부와 추간관절에서의 섬유연골(fibrocartilage)에서와 같이 관절을 이루는 연결부위의 구성요소가 초자성 연골이나 섬유연골에 의해 뼈들이 연결된 것을 말한다. 이러한 관절에서의 운동은 부동관절만큼은 아니지만 제한된 움직임이 허용된다. 연골성 관절은 연골결합(synchondrosis)과 섬유연골결합(symphysis)으로 구분한다.

(1) 연골결합(Synchondrosis)

연골결합은 초자성 연골에 의한 관절로서 제1차 연골성 관절 또는 초자성 연골관절이라고도 불린다. 이런 유형의 관절은 안정성의 제공과 작은 양의 가동성을 허락하는 동시에 관절의 성장을 허락한다. 연골결합은 골단의 성장판이나 흉늑관절에서 볼 수 있다. 골단의 성장판과 같이 장골의 정상 발달 단계에서 나타나는 이 연골결합은 일시적인 결합(temporary union)의 형태이며 초자성 연골의 특성에 따라 점차 골화하여 골결합(synostosis)으로 대체된다. 그러나 일부의 연골결합은 흉늑관절에서처럼 영구적인 연골결합의 형태도 있다. 연골결합은 약간의 움직임이 가능하다(그림 2-3).

(2) 섬유연골결합(Symphysis)

섬유연골결합은 제2차 연골성 관절이라고도 하는데 관절하는 뼈의 관절면은 얇은 초자성 연골로 덮여 있으며, 그 사이에 섬유성 연골판이 있어 두 뼈를 연결하게 된다. 흉골병(manubriosternal)관절, 치골결합(symphysis pubis), 추간판(intervertebral disc), 신생아에서의 하악결합(mandibular symphysis) 등에서 관찰된다. 이러한 형태의 관절은 약간의 움직임이 있고 강력하다. 그리고 섬유성 연골판은 탄력성이 있어서 충격을 흡수할 수

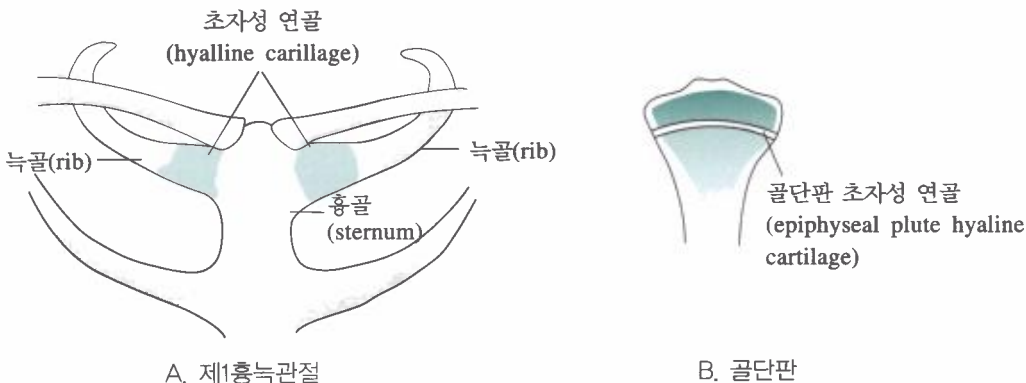


그림 2-3. 연골결합의 예. A는 첫 번째 늑골과 흉골 사이를 초자성 연골이 연결하는 것을 보여주고 있으며, B는 장골의 골단판을 보여주고 있다.

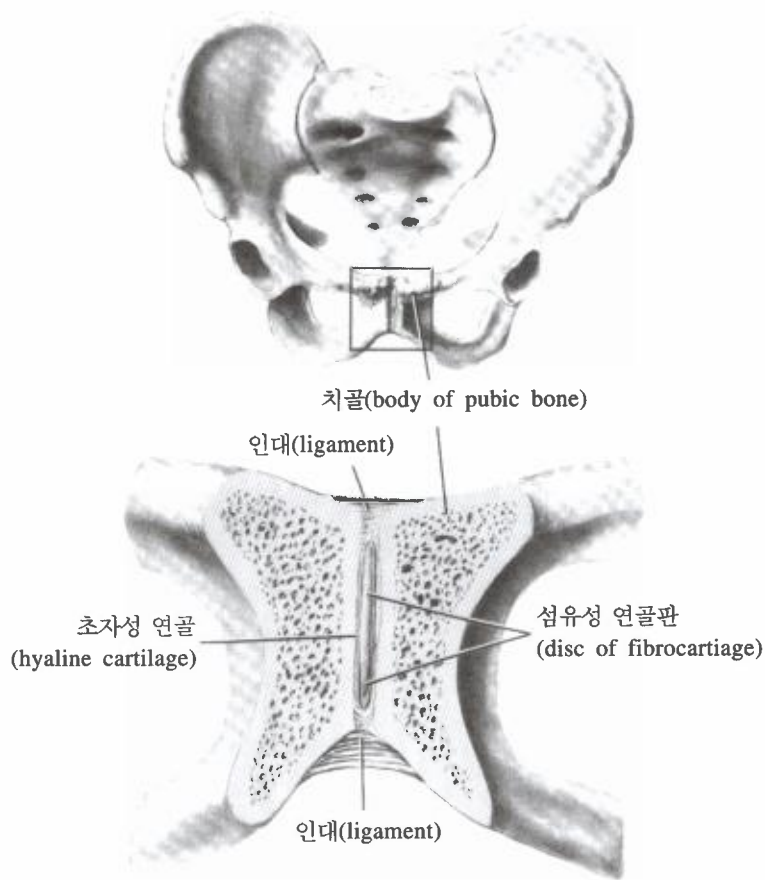


그림 2-4. 섬유연골결합의 예. 관절면은 초자성 연골로 덮여 있으며 그 사이에 연골판이 두 뼈를 연결함.

있다(그림 2-4).

3) 가동관절 또는 활막성 관절(Diarthrosis 또는 synovial joint)

활막성 관절은 골격에 존재하는 대부분의 관절이며 기능적으로 가장 중요한 관절이다. 활막성 관절은 두 관절면 사이에 공간이 있기 때문에 다른 유형의 관절들보다 운동성이 훨씬 크다. 뼈들은 관절을 에워싸는 관절낭에 의해 서로에 대해 간접적으로 연결되어 있다. 분절의 움직임은 가동관절 또는 활막성 관절의 구조와 기능에 의해 결정된다. 슬관절의 구조가 손가락 관절의 구조와 유사한 것처럼, 전형적인 활막성 관절은 관절면의 모양에 관계없이 일정한 구조를 가진다. 모든 활막성 관절은 섬유조직으로 구성된 관절낭, 관절낭에 의해 둘러싸인 관절강, 관절낭의 안쪽면인 활막, 관절면에 대해

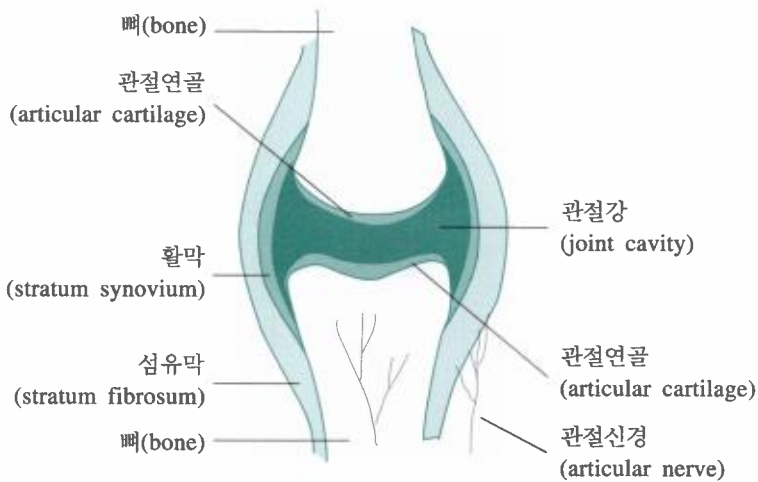


그림 2-5. 가동관절(활막성 관절)의 일반적인 구조

피막을 형성하는 활액, 그리고 관절면을 덮는 초자연골과 같은 공통된 특징을 갖고 있다(그림 2-5). 활막성 관절 중에는 섬유연골성 디스크(disk), 플레이트(plate), 또는 반월판, 관절순(labrum), 지방낭(fat pad), 인대, 건 등의 보조조직을 갖고 있으며 이것들은 관절낭 내에 있거나 직접적으로 관절에 연접해 있다. 관절면은 관절에 따라 그 크기와 형태가 다양하다. 전형적인 관절면의 형태는 오목한 관절면을 가진 뼈가 볼록한 관절면을 가진 뼈와 만나는 형상을 하고 있다.

활막성 관절은 관절면의 수 또는 관절의 복잡성에 따라 분류할 수 있다. 단순관절(simple joint)은 두 개의 관절면을 갖는 것을 말하며 그 예로는 고관절과 관절와상완관절(glenohumeral joint)을 들 수 있다. 복합관절(compound joint)은 2개 이상의 관절면을 갖고 있는 것을 말하며 주관절과 수관절에서 그 예를 볼 수 있다. 복잡관절(complex joint)은 2개 이상의 관절면과 디스크 또는 섬유성 연골에 의해 관절강이 부분적 또는 완전히 나뉘어지는 관절을 말하며, 슬관절과 측두하악관절이 그 예이다.

또한 활막성 관절은 관절면의 형태와 관절에서 허용되는 움직임에 따라 분류될 수 있는데 그 분류는 아래에서 제시된다.

(1) Gray의 관절분류(그림 2-6, 표 2-2)

① 평면관절(plane joint 또는 gliding joint)

관절의 첫 번째 유형은 족근간관절과 수근간관절에서 발견되는 평면관절 또는 활주

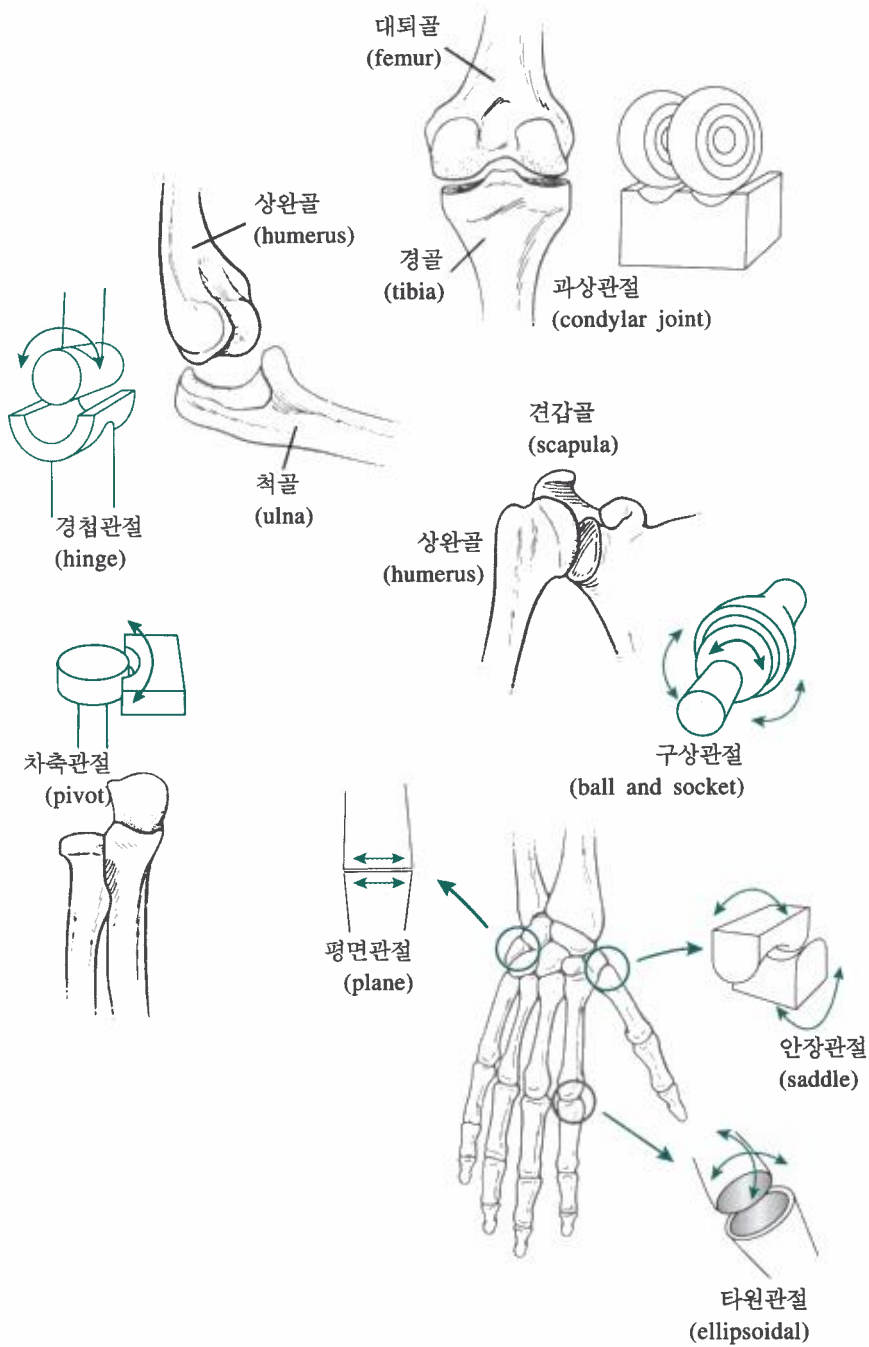


그림 2-6. Gray의 활막성 관절(가동관절) 분류. 활막성 관절의 7가지 종류를 보여준다. 무축성 관절에는 평면관절이 있으며, 일축성 관절에는 경첩관절과 차축관절이 있고, 이축성 관절에는 과상관절 · 타원관절 · 안장관절이 있고, 삼축성 관절에는 구상관절이 있다.

관절이다. 이런 유형의 관절에서 운동은 축에 대해서 발생하지 않으며 움직임이 일어나기 위해 서로에 대해 활주하는 두 개의 편평한 면으로 구성되어 있기 때문에 무축성(non-axial)이라 한다. 예를 들어, 손이 굴곡, 신전, 요측편위 또는 척측편위의 위치로 움직일 때 수근골들은 서로에 대해 활주한다. 이와 마찬가지로 발에서 족근골들은 회내와 회외를 하는 동안 서로에 대해 활주한다. 그러나 사실 평면관절의 관절면은 완전히 편평하지 않고 약간은 만곡되어 있다.

② 경첩관절(hinge joint)

경첩관절은 관절면의 한쪽은 볼록(convex)하고, 다른 한면은 오목(concave)한 형태이다. 이 관절의 구조는 속이 빈 원통형과 그 속에 있는 중심판에 의해 형성된 문의 경첩과 같은 구조를 하고 있다. 접변관절은 하나의 운동면에서 운동(굴곡, 신전)을 허용하며 단일축(uniaxial)이다. 이 관절은 관절면의 윤곽에 나선형의 변형이 있기 때문에 순수하게 원통형(cylinder) 양식으로 관절하지 않는다. 따라서 접변관절의 축주 위에서 일어나는 운동은 고유의 운동에 축회전(axial rotation)이 첨가되어 발생한다. 이러한 관절들은 강력한 측부인대를 갖고 있다. 인체에서 접변관절의 예는 발과 손에서 지절의 지절간관절과 주관절에서의 완척관절이 있다.

③ 차축관절(pivot 또는 trochoid joint)

차축관절은 하나의 원통(또는 고리)과 그 안쪽에 있는 또 다른 원통형으로 이루어진 관절이다. 운동은 안쪽 원통의 장축에 대해 일어난다. 바깥쪽 원통(또는 고리)은 고정된 안쪽 차축(pivot) 주위를 회전하거나 그 반대가 될 수 있다. 차축관절은 한 면에서의 운동(회전: 회내, 회외)을 허용하고 단일축이다. 차축관절의 예는 척골에 있는 요골절흔과 윤상인대에 의한 고리와 그 안에서 회전하는 요골두로 구성된 근위 요척관절과 반대로 환추의 전궁(anterior arch)과 횡인대가 고리를 형성하여 측추의 치돌기 주위를 회전하는 환축추관절이 있다.

④ 과상관절(condylar joint)

과상관절은 오목관절면이 매우 얇다는 것을 제외하면 구상관절과 매우 흡사한 관절이다. 이 관절에서는 한 운동면에서의 일차적 운동(굴곡, 신전)과 이 운동면에 대해 90°로 놓여있는 운동면에서의 제한된 양의 운동(회전)이 일어난다. 과상관절은 대개 2°의 자유도를 갖는다. 구상관절과 같이 3°의 자유도를 가질 수 없는 이유는 인대나 뼈의 불일치성이 이를 제한하기 때문이다. 과상관절의 예로는 슬관절과 측두하악관절이 있다.

“과(condyle)”라는 말의 어원은 ‘뼈의 둥근 융기부분(knuckle)’을 의미한다. 슬관절에서 대퇴골의 내과와 외과 그리고 측두하악관절에서 하악골의 좌·우측 과상돌기와 같이 각각 두 개의 볼록관절면을 갖고 있으며 이와 관절하는 관절면에는 두개의 오목관절면을 갖고 있다. 슬관절에서와 같이 하나의 관절낭 안에 두 개의 과(condyle)가 나란히 놓일 수도 있지만, 측두하악관절과 같이 서로 분리된 관절낭 안에 과(condyle)가 분리되어 놓일 수도 있다. 그러나 측두하악관절에서의 정상적 움직임을 위해서는 분리된 과들이 서로 같이 움직여야 한다.

⑤ 타원관절(ellipsoid joint)

타원관절은 관절면이 구형인 구상관절과 유사한 구조를 보이지만, 타원관절의 관절면 둘레는 가로 길이와 세로 길이가 서로 다른 타원형을 보인다. 즉, 달걀 모양의 볼록면과 타원형의 오목면으로 구성되어 있다. 타원관절은 두 개의 운동면(굴곡, 신전; 외전, 내전)에서 운동이 일어나며 이들 운동의 결합에 의해 회전(circumduction)을 초래하며 이축성이다. 관절면의 형태는 아주 작은 양의 축회전이 허락된다. 이 관절의 예로는 요수근관절과 중수지절관절이 있다.

⑥ 안장관절(saddle 또는 sellar joint)

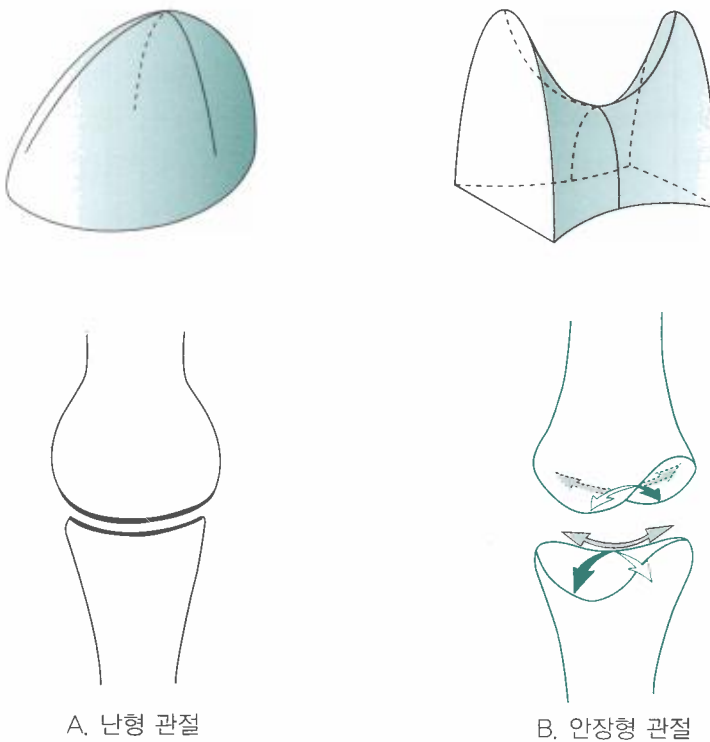
안장관절은 하나의 관절면 안에 볼록면과 오목면을 다 갖고 있는 관절이다. 한 관절면 안에 있는 두 개의 면들은 서로에 대해 거의 직각으로 놓여 있다. 안장관절의 형태는 말의 안장과 기수의 비유를 사용하면 더욱 이해하기가 쉽다. 안장을 앞에서 뒤쪽 방향으로 보면, 안장은 안장의 머리에서 안장의 뒤쪽으로 이어지는 오목면을 볼 수 있다. 안장을 측면에서 보면, 안장은 말의 등을 가로지르는 등자 가죽끈(stirrup)에 의한 볼록면을 볼 수 있다. 이러한 안장에 올라타기 위해서는 기수 또한 두 가지의 면을 갖고 있어야 하며 안장의 형태를 꼭 맞는 오목면과 볼록면을 갖고 있어야 한다. 엄지의 수근중수관절은 안장관절의 예이다. 상호간에 맞물려 있는 이 관절의 운동으로 두 개의 운동면에서의 운동(굴곡, 신전; 외전, 내전)과 작은 양의 회전운동이 일어난다.

⑦ 구상관절(spheroidal 또는 ball-and-socket joint)

구상관절은 거의 일치된 볼록-오목구조를 가진 관절면들을 갖는다. 구상관절은 3개의 운동면에서 운동(굴곡, 신전; 외전, 내전; 회전; 회전)이 허용되는 3°의 자유도를 가진 다축성 관절이다. 가동관절 중에서 가장 운동성이 크며, 고관절과 견관절은 구상관절의 예이다.

(2) MacConaill의 관절분류(그림 2-7, 표 2-2)

관절면의 일반적 형태에 근거하여 활막성 관절을 7가지로 분류하였지만, 관절면을 확대하여 보면 결코 완전하게 평평, 구형, 원통형, 원뿔형, 또는 타원형이 아닌 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 분류법으로는 서로 다른 관절면의 형태를 갖고 있으나 유사한 모양의 많은 관절면들에 대해서는 분류할 수 없게 된다. 따라서 MacConaill은 4가지 형태의



A. 난형 관절

B. 안장형 관절

그림 2-7. MacConaill의 활막성 관절 분류 A. 난형 관절로서 한면은 볼록하고 다른 한 면은 오목하다. B. 안장형 관절로서 한 면의 한 방향에서는 오목하고 다른 쪽 방향에서는 볼록한 면을 갖고 있으며, 다른 한면에서도 한쪽 방향은 볼록하고 다른 쪽 방향은 오목한 면을 갖고 있다.

표 2-2. 가동관절의 분류

MacConaill의 분류		Gray의 분류
난형관절	비수정된 난형관절	구상관절
	수정된 난형관절	차축관절, 과상관절, 타원관절
안장형 관절	비수정된 안장형 관절	안장관절
	수정된 안장형 관절	경첩관절

해부학적 만곡에 따라 난형과 안장형으로 관절면을 분류했다.

① 난형 관절(ovoid joint)

난형 구조는 계속적으로 변하는 반경을 가진 달걀 모양의 형태이다. 관절면은 모든 방향에서 볼록하거나 오목하다. 즉 한쪽 관절면은 볼록하고 다른 관절면은 오목한 형태를 말한다. 예를 들어, 관절와상완관절(glenohumeral joint)의 관절면은 각각 상완골에서는 볼록하고 견갑골의 관절와에서는 오목하다. 난형 관절에는 비수정된 난형 관절(unmodified ovoid joint)과 수정된 난형 관절(modified ovoid joint)로 나뉜다.

비수정된 난형 관절(unmodified ovoid joint)은 3개의 운동축을 가진 구상관절(ball and socket surfaces)이다. 관절와상완관절과 고관절이 그 예이다. 수정된 난형 관절(modified ovoid joint)은 형태에 있어 비수정된 난형 관절보다 조금 더 타원체(ellipsoid)이며 이축성이다. 중수지절관절(metacarpophalangeal joint)이 그 예이다.

② 안장형 관절(sellar 또는 saddle joint)

안장형 관절은 말의 안장 모양을 하고 있다. 안장형이란 한 관절면에 오목한 면과 볼록한 면을 함께 갖고 있는 것을 말한다. 즉, 관절면이 한면에서는 볼록하고 이 면의 직각 방향에서는 오목하다. 따라서 움직임은 2개의 운동면에서 일어나는데 서로에 대한 직각 방향에 있다. 관절면의 형태 때문에 축회전(axial rotation)은 일차적인 움직임에 동반된다. 이러한 축회전을 결합형 회전(conjunct rotation)이라 하고 수동 동작이나 능동 동작을 할 때 함께 자동적으로 일어난다. 이러한 결합형 회전은 임상적으로 평가할 수 있으며 중요한 기능적 가치를 갖고 있다.

비수정된 안장형 관절(unmodified sellar joint)은 이축성이며, 그 예로는 엄지손가락의 수근중수관절(carpometacarpal joint)이 있다. 수정된 안장형 관절(modified sellar joint)은 일축성으로서 경첩관절(hinge joint)의 기능을 하는데, 지절간관절(interphalangeal joint)이 그 예이다.

2. 활막성 관절의 일반적 특성

1) 관절연골

뼈의 관절면은 질긴 결합조직인 관절연골(articular cartilage)로 덮여 있다(그림 2-5). 관절연골은 초자성 연골로, 60~80%의 물로 구성된 비혈관성 물질 그리고 교원질과 프로테오글리칸 젤(proteoglycan gel)을 이루는 고형 기질로 되어 있다. 연골은 혈관공급을

받지 못하므로 관절 내의 활액에 의해 영양을 공급받는다.

연골의 성질은 점탄성 방법(viscoelastic manner)으로 부하에 반응하기 때문에 전단력에 잘 저항하도록 되어 있다. 연골은 낮거나 중간 정도의 부하에는 순간적으로 변형을 하고, 부하가 빠르게 가해지면 뻣뻣하게 반응하고 장시간 동안 변형을 한다.

연골은 스트레스와 관절면의 불일치에 따라 두께가 1~7mm 정도 된다. 예를 들어 주관절과 족관절의 연골은 매우 얇은 반면, 고관절과 슬관절에서는 두껍다. 족관절의 구조 때문에 족관절에서의 연골은 얇다. 연골에는 스트레스가 작게 가해지는 힘 분배의 효과적인 영역이 있다. 반대로 슬관절은 더 낮은 힘에 노출되어 있으나 힘 분배의 지역은 더 작아서 연골에 대해 더 많은 스트레스를 가하게 된다. 인체에서 가장 두꺼운 연골 중 하나는 슬개골의 안쪽에서 볼 수 있는데 두께가 거의 5mm이다.

연골은 관절면에 대한 부하를 고루 분포시키고 접촉 스트레스(contact stress)를 절반으로 감소시키기 때문에 관절의 기능과 안정성을 위해 매우 중요하다. 연골은 최소의 마찰과 마손(wear)으로 두 뼈 사이에서 움직임이 일어나도록 해준다.

경대퇴관절(tibiofemoral joint), 견쇄관절(acromioclavicular joint), 측두하악관절(temporomandibular joint), 흉쇄관절(sternoclavicular joint), 그리고 원위 요척관절(distal radioulnar joint)의 경우, 관절낭에 연결된 섬유성 조직인 섬유연골(fibrocartilage)이나 반월판(meniscus)인 부가적 연골이 있다. 관절 내에서 이러한 연골은 부가적인 부하 전달, 안정성, 관절면의 적합성 증진, 관절 가장자리의 보호, 그리고 관절의 윤활작용(lubrication)을 제공한다.

반월판 내의 교원섬유는 부하를 잘 견디도록 배열되어 있다. 예를 들어 슬관절에서 내측 반월판은 압박부하의 50%를 전달한다. 반월판의 단지 일부분만 제거된 경우에도 접촉 스트레스가 거의 350% 정도까지 증가된다. 예전에 반월판 열상은 전체 반월판의 제거를 의미했으나 오늘날 정형외과 의사들은 가능한 관절 내에서의 충격 흡수와 안정성을 유지하기 위해 단지 최소의 양만 제거한다.

반월판 열상은 대개 한쪽 사지에 대해 전체 체중이 가해진 상태에서 움직임의 방향이 변할 때 발생한다. 반월판에 압박과 긴장을 유발시키는 이러한 움직임은 섬유연골을 열상시킨다. 실제 열상과 관련해서는 통증이 없으나 말초 부착위치는 자극부위이며 민감성을 초래한다.

2) 관절낭(Joint capsule)

활막성 관절 안에 있는 뼈의 끝부분은 한쪽 뼈에서 다른 뼈로 뻗어 있는 막, 즉 관절낭에 의해 연결되어 있다(그림 2-5). 이 관절낭은 주로 교원질로 구성된 백색결합섬유

조직(white connective fibrous tissue)으로 되어 있다. 골막의 연속구조인 관절낭은 관절을 보호하고, 관절낭에서 인대로 알려진 두꺼운 부분은 부가적인 지지가 요구되는 곳에 있다. 관절낭은 관절의 관절 간 부분을 형성하게 되며 그 안은 관절강이 되고 감소된 대기압을 갖고 있다. 비록 연부조직 부하를 계산하기 어렵더라도 관절낭은 관절에 가해지는 부하의 일부분을 지지해준다.

관절낭의 비가동은 관절낭 조직의 역학적 특성을 변화시켜서 관절의 뻣뻣함(stiffness)을 초래한다. 게다가 관절낭에 대한 손상은 대개 외부에서도 촉진할 수 있는 두께 증가의 발달이나 섬유성 부분을 초래한다. 이처럼 관절에 어떤 손상이 가해지면 막의 비후와 활액의 점도 변화가 두드러진다. 활액은 관절낭 구획을 채우게 되어 관절 내 압력을 증가시키고 관절에서의 통증을 유발한다. 의사들은 압력을 경감시키기 위해 관절을 배액시키며, 종종 활액에 혈액이 있는 것을 발견하게 된다.

관절낭은 두 개의 막으로 구성되어 있는데, 섬유층인 바깥 쪽의 외벽과 활막층인 안쪽의 내벽으로 되어 있다.

(1) 섬유막(Fibrous membrane)

관절낭의 외층인 섬유막은 전형적인 교원섬유들로 구성되어 있는 치밀섬유조직이다(그림 2-5). 관절을 이루는 양쪽 뼈의 끝을 완전히 에워싸고 있는데 사피섬유(Sharpey's fiber)에 의해 양쪽 뼈의 골막에 부착되고 관절을 통과하는 인대와 근건 구조들에 의해 강화된다. 섬유막은 혈관화가 부족하지만 많은 관절수용기를 갖고 있다. 관절수용기들은 관절의 상황에 관한 정보를 중추신경계에 전달한다. 중추신경계는 관절수용기에서 보내온 정보를 분석하여 관절에서 필요한 운동성과 안정성에 대처하도록 관절 주위의 협응된 근활동으로 반응한다. 관절수용기로부터 들어온 정보는 중추신경계가 관절구조에 대한 보호를 제공하고, 관절의 조절된 움직임을 생산하고, 그리고 정적 또는 동적인 자세를 위한 관절위치의 감각을 제공하기 위해 필요하다.

(2) 활막(Synovial membrane)

활막은 관절의 윤활작용과 영양공급을 위해 활액을 분비하는 혈관화된 결합조직이다(그림 2-5). 관절낭의 내층인 활막은 섬유막과 같이 섬유조직으로 구성되어 있으나 그보다 세포성분이 더 많으며, 혈관이 좀더 풍부하게 분포되어 있다. 특히, 활액세포(synoviocyte)라고 불리는 특수화된 세포가 있어 활액의 구성요소인 하이알루로네이트(hyaluronate)를 합성한다. 활막은 혈관분포는 많으나 신경분포는 빈약하다. 이것은 통증에 대해 둔감하지만 열 혹은 냉에 대해 반응하여 혈관의 확장과 축소를 일으킨다.

3) 활액(Synovial fluid)

활액은 활막성 관절, 활액낭(bursa), 그리고 건초(tendon sheath)의 강(cavity) 안에서 볼 수 있다. 활막성 관절에 있는 활액은 투명하거나 옅은 노랑색을 띄고 있으며 안정시 약간의 알칼리성(운동시에는 약간 감소됨)을 보이는 점성의 물질이다. 슬관절과 같이 큰 관절에서도 뺄 수 있는 양이 0.5mL 이하일 정도로 활액의 양은 적다.

활액은 점성의 물질이다. 이 점성은 많은 양의 하이알루로네이트(hyaluronate)를 포함하고 있는 복합 거대분자인 하이알루로노프로테인(hyaluronoprotein)의 존재와 관계된다. 활액의 다른 구성성분은 혈장의 것과 비슷하다. 활액은 체중 등과 같은 하중에 의해 생산되는 전단력에 대항하는 능력이 있다. 활액의 점성은 관절의 움직임 속도나 전단율에 반비례한다. 전단율이 낮을수록 활액은 높은 점성을 보이고, 전단율이 증가할수록 점성은 극적으로 떨어진다. 관절의 움직임이 느릴수록 활액의 점성은 증가되어 운동에 대한 저항을 좀더 제공한다. 그리고 관절의 움직임이 빠를수록 활액의 점성은 감소되어 운동에 대한 저항도 감소된다. 따라서 관절의 움직임이 느릴수록 활액의 점성은 증가되어 체중지지 능력은 최대가 되고, 관절의 움직임이 빠를수록 체중지지 능력은 감소된다. 그리고 활액의 점성은 온도와 pH의 변화에 민감하다. 온도와 pH가 높을수록 점성은 감소되고, 낮을수록 증가된다. 활액의 탄력성도 온도와 pH에 따라 그 점성과 유사하게 변화한다. 그러나 전단율에 대한 반응에 있어, 전단율이 증가할수록 탄력성도 증가됨을 보인다.

4) 인대(Ligament)

인대는 관절생리학상 중요한 역할을 담당하고 있다. 그 이유는 관절에서 일어나는 운동이 보통 일차적으로 관절면의 형태에 달려 있으나, 인대는 때로 이 운동을 안내하거나 허용된 운동의 양을 제한함에 있어서 근육을 보조해 주기 때문이다. 인대는 관절이 갖는 힘의 중요한 원천이며 이 힘은 평상시 관절에 가해지는 압력을 견디는데 필요한 힘보다 크다(그림 2-5).

인대는 뼈와 뼈를 연결시키며 교원섬유, 탄력섬유, 그리고 세망섬유로 구성되어 있다. 교원섬유는 장력부하(tensile load)와 전단부하를 조절하기 위해 인대 내에 배열된다. 그 중에서도 장력부하에 대해 가장 적절한 반응을 보인다. 인대는 관절낭 인대, 외관절낭 인대(extracapsular ligament), 또는 내관절낭 인대(intracapsular ligament)가 될 수 있다. 견관절낭의 전면에 있는 관절와상완인대(glenohumeral ligament)와 같이 관절낭 인대는 단지 관절낭의 벽이 비후해진 것이다. 외관절낭 인대는 관절의 외부에 놓여 있다. 인체의 수많은 관절 중에서 발견되는 측부인대는 외관절낭 인대의 예이며, 대표적인 것으로

슬관절의 비골측(외측) 측부인대를 들 수 있다. 마지막으로 내관절낭 인대는 슬관절에 있는 십자인대와 고관절 내에 있는 대퇴골두 인대와 같이 가동관절 내부에 위치한다.

인대는 시간에 대해 더 강해지고 더 뻣뻣하게 됨으로서 인대에 가해진 부하에 반응한다. 또한 인대의 힘(strength)은 비가동에 의해 빠르게 감소된다. 인대에 가해진 장력손상(tensile injury)을 염좌(sprain)라 하며, 그 심각도에 따라 3등급으로 나누는데 섬유 부분 단열(1°), 안정성의 일부 상실을 동반한 단열(2°), 관절의 안정성 상실을 동반한 완전 단열(3°)로 구분한다.

모든 관절의 가동범위의 끝부분에서는 대개 동작을 멈추게 하는 인대의 긴장이 있다. 인대의 기능이 관절동작을 안정화시키고, 조절하고, 제한하는 것이기 때문에 인대에 대한 어떤 손상은 관절동작에 영향을 미치게 된다.

5) 가동관절의 안정성(Stability of the diarthrodial joint)

가동관절의 안정성은 관절면의 구조, 관절을 둘러싸는 인대, 관절낭, 관절을 지나가는 건, 중력, 그리고 음압에 의해 만들어진 관절 내 진공에 의해 제공된다. 고관절은 근육, 관절낭, 인대의 좋은 지지를 갖고 있기 때문에 인체에서 가장 안정된 관절 중의 하나이다. 고관절의 구조는 뼈와 뼈의 접촉 정도가 높아서 관절면 사이가 일치한다. 그러나 고관절에 있어 대부분의 안정성은 중력의 영향과 관절 내 진공으로부터 얻게 된다. 만약 지지인대와 근육과 같은 다른 모든 구조들이 제거되어도 관절 내 음압은 관절 내에서 대퇴를 잡아올려주기에 충분하다. 반대로 견관절의 안정성은 단지 관절을 둘러싸는 관절낭과 근육에 의해 제공된다. 또한 견관절의 관절면은 상완골두의 작은 부분만이 관절와강과 접촉함으로써 제한된다.

6) 가동관절의 퇴행(Degeneration of the diarthrodial joint)

가동관절 내의 구조적 손상은 고부하 상황에 있거나 혹은 장시간 부하가 반복될 때 발생할 수 있다. 관절연골은 특히 살아가는 동안 상당히 마모되는 부위이다. 관절에 대한 어떤 외상이나 반복된 마모는 효소의 퇴행(enzymatic degradation), 프로테오글리칸의 상실, 그리고 역학적 작용에 의한 실질적 물질의 제거가 있는 지점에서 관절물질에 변화를 초래한다. 이것은 연골 내 거친 부위(rough spot)의 성장을 통해 접촉면의 감소와 연골의 침식을 초래한다. 거친 부위는 균열로 발전하게 되며, 결과적으로는 충분히 깊어져서 연골하 뼈가 노출된다. 관절 내와 주위에 골증식체(osteophytes)나 낭종(cysts)이 형성되면 이것은 퇴행성 관절질환이나 골관절염의 시작이다.

골관절염은 연골하 또는 관절 밑 망상골에서 처음으로 발달하는 것으로 추정하고 있

다. 관절에서 뼈를 덮는 연골은 얇다. 따라서 밑에 있는 연골하 뼈가 관절 내의 부하에 대한 충격을 흡수한다. 관절에서의 반복적인 부하나 동등하지 못한 부하를 통해 연골하 뼈는 미세골절을 입게 된다. 미세골절이 치유될 때 연골하 뼈는 더 뾰뚱해지고 충격을 흡수하는 능력이 감소됨에 따라 이 역할을 연골로 전가시키게 된다. 연골은 이러한 과부하의 결과로 악화되고 골체는 접촉 면적을 증가시키기 위해 골증식체의 형태로 둔다. 골관절염은 관절에서의 과이완성, 골다공증의 정도, 또는 신체활동의 정도와 관계가 없다고 보여왔다. 그러나 손상된 관절은 더 빠른 비율로 악화되고 골관절염으로 발전할 가능성이 더 증가한다.

활액과 연골은 관절에서 영양과 노폐물을 교환하기 위해 부하와 압박을 필요로 하기 때문에 골관절염은 비가동(고정)을 통해서도 유발될 수 있다. 단지 30일 동안의 비가동에 의해 골관절염의 초기 형태로 발전된다. 다행히도 이 과정은 활동을 회복하게 되면 다시 호전될 수 있다.

가동관절에서 다른 구조에 대한 손상도 또한 매우 심각해질 수 있다. 관절낭에 대한 손상은 보다 많은 섬유성 조직의 형성과 관절낭의 가능한 신장을 초래할 것이다. 반월판에 대한 손상은 불안정성, 관절가동범위의 상실, 그리고 관절로의 활액삼출(종창)의 증가를 일으킨다. 활액막에 대한 손상은 혈관분포의 증가를 유발하고 조직의 점진적인 섬유증을 만들게 되어, 결국에는 활액막의 염증이나 만성 활액막염을 유발하게 된다. 놀랍게도 이러한 손상반응의 대부분은 관절의 비가동에 의해 재현될 수 있으며, 이것은 유착, 가동범위의 상실, 그리고 활액막염을 초래한다.

7) 잠긴 위치와 풀린 위치

움직임이 가동범위를 통해 일어날 때 실제 접촉 영역은 가동범위에 따라 관절면 사이에서 다양하게 변화한다. 관절 위치가 두 개의 인접한 뼈에 가장 잘 들어맞는 자세에 있을 때, 그리고 두 개의 관절면 사이의 접촉면이 최대일 때를 잠긴 위치(close-packed position)라 한다. 잠긴 위치는 인대와 관절낭이 긴장되어 있고 그 힘이 관절을 통해 전달되는 최대의 압박 위치이다. 잠긴 위치의 예로는 슬관절의 완전 신전, 수관절의 신전, 지절간관절의 신전, 그리고 발의 최대 배굴 등이다. 잠긴 위치는 관절면이 최대로 접촉되어 있고 관절낭과 인대가 가장 긴장되어 있는 위치이기 때문에 관절면 들이 견인을 통해 분리될 수 없으며 병진적 활주(translatory gliding)는 최소가 된다. 잠긴 위치에서 관절이 매우 안정적이거나 그 구조가 긴장되어 있고 관절면이 서로 압박되어 있어 손상받기 쉽다. 무릎을 완전히 신전한 상태에서 무릎이 타격 당했을 때와 같이, 특히 외부에서 가해진 힘에 의해 타격당했을 때 관절은 손상받기 쉽다(그림 2-8).

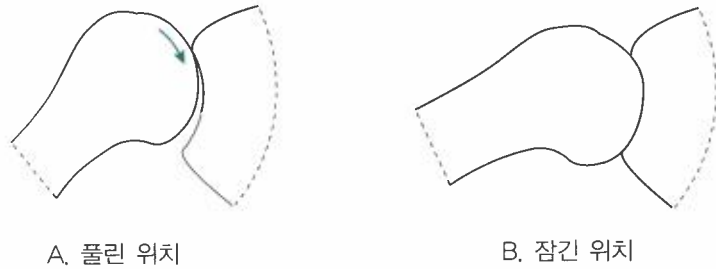


그림 2-8. 관절의 위치

잠긴 위치를 제외한 다른 모든 관절위치는 풀린 위치(open or loose-packed position)라 하는데 두 관절면 사이의 접촉면이 잠긴 위치보다 적고 접촉면이 자주 변하기 때문이다. 풀린 위치에서는 뼈가 활주(sliding)하고 구르기(rolling)가 더 쉽다. 이 위치는 관절 내의 지속적인 움직임을 허용하고 관절 내 마찰을 줄인다. 비록 풀린 위치가 잠긴 위치보다 덜 안정적이지만 가동성 때문에 쉽게 손상되지는 않는다. 풀린 위치는 관절낭이 최대로 이완되어 있고 최대의 용적을 가지며 관절면은 최소로 접촉하고 있기 때문에 조인트 플레이(joint play)가 가장 크게 일어날 수 있다(그림 2-8).

8) 관절혈관과 관절신경

관절 주위 동맥총(arterial plexus)이 관절에 혈액을 공급한다. 여기에 관절동맥이 분지되면서 섬유막을 관통하여 활막에 이르게 되며, 관절 주위와 관절 내부에서 풍부한 문합(anastomosis)을 이루며 서로 교통한다. 관절정맥은 동맥과 나란히 주행하며, 섬유막과 활막에도 존재한다. 림프관은 활막에 존재하며, 혈관을 따라 심부절로 유출된다(그림 2-9).

관절에는 관절신경이 풍부하게 분포되며, 신경종말(nerve ending)은 섬유막과 활막에 위치한다. 관절에 분포하는 신경은 바깥면의 피부와 관절을 움직이는 근육에 분포하는 신경에서 기원한다. 이것이 힐튼 법칙(Hilton's Law)이다. 관절에는 유수신경섬유와 무수신경섬유가 모두 존재하며, 각각의 감각 정보에 일치하는 다른 신경말단을 가진다. 감각 정보의 주된 두가지는 통증과 고유수용성이다. 유수신경섬유는 Ruffini ending과 small lamellated corpuscle 등을 가지며, 관절의 운동과 위치에 관한 정보를 제공한다. 무수신경섬유와 미세하게 유수화된 신경섬유는 자유신경종말로 통증을 매개하는 것으로 생각된다.

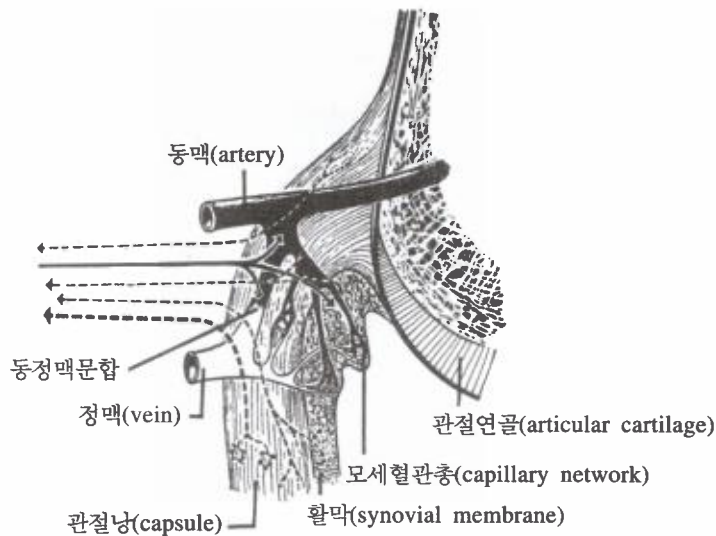


그림 2-9. 활막성 관절의 혈관과 신경에 대한 도식도. 동맥이 골단, 섬유막, 활막에 공급되는 것과 동정맥 문합을 보여준다. 신경은 1. 섬유막과 활막으로부터의 감각신경(주로 통증), 2. 자율신경(혈관으로의 절후교감신경), 3. 혈관 외막으로부터의 감각신경(통증과 기능이 알려지지 않은 다른 것들을 전달), 4. Ruffini ending과 small lamellated corpuscles로부터의 고유수용성 섬유를 포함하고 있다.

3. 관절운동(Joint motion)

일반적으로 해부학적 움직임이란 기본적인 운동면(시상면, 전두면, 횡단면) 내에서 근육에 의한 사지의 대단위 움직임을 말한다. 이런 전통적인 운동학 용어는 해부학자와 생체역학자에게는 만족할 만 하지만 작은 움직임을 다루는 물리치료사에게는 더 세부적인 용어를 필요로 하게 된다. 따라서 운동학이란 용어는 뼈와 관절의 개별적인 움직임으로 세분하여 설명하게 된다. 골운동학(osteokinematics)은 뼈들의 움직임에 대한 학문이며, 관절운동학(arthrokinematics)은 관절의 움직임에 대한 학문이다.

1) 골운동학

골운동학(osteokinematics)은 뼈의 전반적인 움직임을 말한다. 해부학적 뼈의 움직임은 운동면 내에서 운동축을 중심으로 일어나는 회전운동(rotation)이다(그림 2-10). 이러한 뼈의 움직임에는 굴곡(flexion), 신전(extension), 외전(abduction), 내전(adduction), 회전(rotation), 측굴(sidebending), 회내(pronation), 회외(supination), 그리고 회전

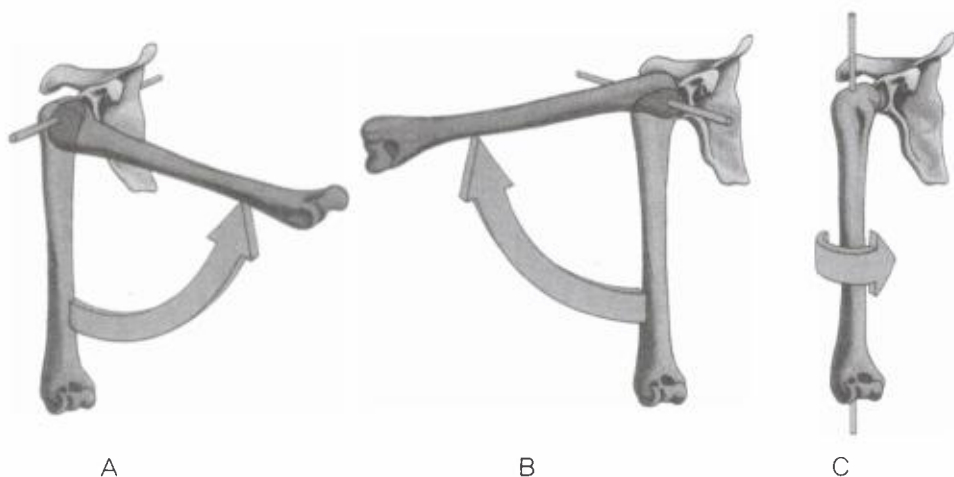


그림 2-10. 기본적인 운동면과 축에서 일어나는 해부학적 뼈의 움직임에 대한 견관절의 예.
A. 전두축(frontal axis) B. 시상축(sagittal axis) C. 장축(longitudinal axis)

(circumduction)이 있다. 그러나 뼈에서 일어나는 복잡한 움직임을 정확하게 분리하여 설명하기에는 운동면 내에서 운동축을 중심으로 한 움직임인 회전운동이라는 용어로 설명하기에는 적당치 않아 스핀(spin)과 스윙(swing)이라는 용어를 사용하게 된다.

(1) 스핀

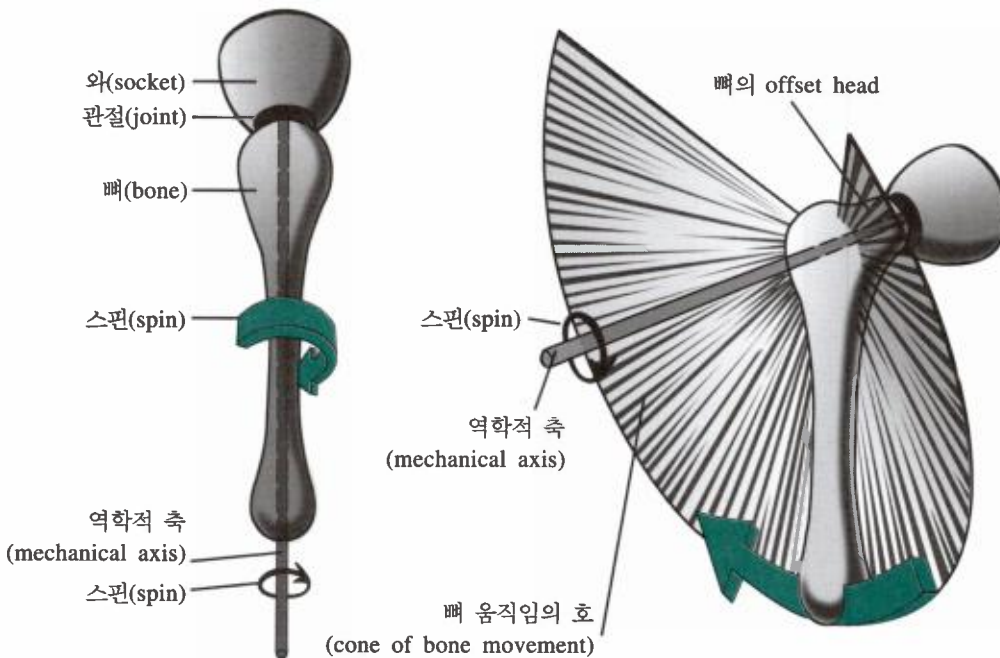
스핀(spin)은 고정된 역학적 축(stationary mechanical axis)을 중심으로 뼈가 회전하는 순수한 운동이다. 이러한 운동은 시계 방향이나 시계 반대 방향으로 움직일 수 있으며, 어떠한 다른 형태의 움직임도 동반하지 않는다. 스핀이 일어날 때 고정된 역학적 축이 운동의 중심이 되고, 그대로 뼈의 어떤 지점은 원의 호를 그리게 된다(그림 2-11).

(2) 스윙

스핀 이외의 다른 모든 움직임을 스윙(swing)이라 한다. 스윙에는 기본형 스윙(cardinal swing)인 순수한 스윙(pure swing)과 순수하지 않은 아치형 스윙(arcuate swing)이 있다.

순수한 스윙(기본형 스윙)은 뼈가 스핀을 동반하지 않은 상태에서 움직이는 것을 말하며, 기본적인 운동면 중의 어떤 한 운동면(시상면, 전두면, 또는 횡단면)에서만 움직이므로 어떤 두 점 사이를 뼈가 이동할 때 최단거리로 움직이게 된다.

순수하지 않은 스윙(아치형 스윙)은 뼈가 스윙할 때 기본적인 운동면의 안쪽과 바깥쪽을 서로 오가면서 움직이는데 이때 동시에 스핀이 동반된다. 따라서 뼈가 두 점 사이를



A. 대칭적인 뼈에서의 스핀

B. 비대칭적인 뼈에서의 스핀

그림 2-11. 스핀, 역학적 축 주위에서 뼈가 회전하는 스핀을 보여주고 있다.

움직일 때 순수한 스윙에서는 최단거리를 움직이나 순수하지 않은 스윙에서는 최단거리보다 더 먼 거리를 움직이게 된다(그림 2-12).

2) 관절운동학

관절운동학(arthrokinematics)은 뼈가 움직일 때(골운동학) 관절 내의 관절면에서 일어나는 움직임을 말한다. 어떠한 사람이 육안적으로 관찰할 수 있는 외적 움직임을 수행할 때 물리치료사는 골운동을 관찰하게 되는 것이며, 이러한 골운동이 일어나는 동안 관절의 내부에서는 관절운동이 일어난다. 이러한 관절면의 운동에는 구르기(rolling), 활주(gliding), 스핀(spin)이 있다.

(1) 스핀

스핀(spin)은 고정된 역학적 축 주위에서 일어나는 회전을 말하며 골운동학에서의 스핀과 비슷하다. 뼈의 스핀에서는 축의 밖에 있는 뼈의 어떤 지점이 원의 호를 그리는 것과 비슷하게, 관절면에서 스핀이 일어날 때는 관절면 위에 원의 호를 그리게 된다.

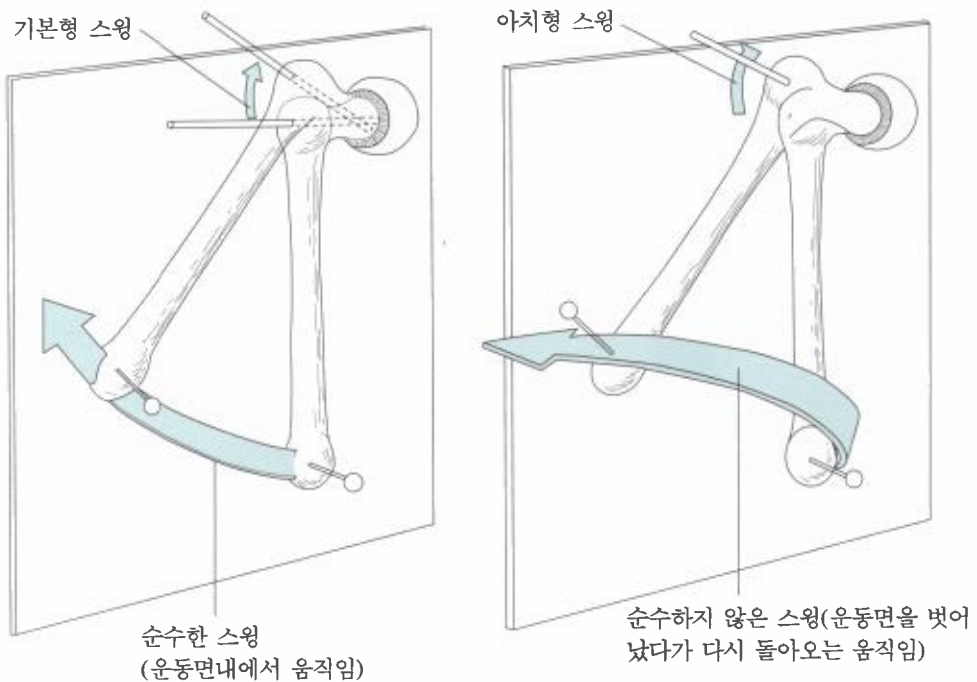


그림 2-12. 스윙. A. 순수한 스윙으로 역학적 축이 하나의 운동면에서 움직이며 뼈의 이동거리는 최단거리이며 스핀을 동반하지 않는다. B. 순수하지 않은 스윙으로서 뼈가 운동면을 벗어났다가 다시 돌아오는 운동이며 뼈의 이동거리는 최단거리보다는 더 먼 거리를 움직이며 스핀을 동반한다.

스핀이 관절 내에서 단독으로 일어나기는 어려우며 활주와 구르기가 동반되어 발생한다. 인체의 관절에서 스핀이 일어나는 예로는 고관절의 굴곡과 신전, 견관절의 굴곡과 신전, 그리고 완요관절의 회내와 회외시 관절면에서 볼 수 있다(그림 2-13).

(2) 구르기

구르기(rolling)는 한 관절면에 있는 새로운 한 점이 마주보는 다른 관절면의 새로운 한 점과 만나는 것을 말한다. 관절면에서의 구르기가 발생하기 위해서는 관절면의 표면이 서로 일치하지 않아야 한다. 즉, 한 관절면은 편평하고 다른 한 관절면이 곡선이 있거나 아니면 두 관절면이 곡선이 있더라도 곡선의 반지름이 서로 일치하지 않을 때 구르기가 일어난다. 관절면에서 구르기가 일어나는 동안 뼈에서는 스윙이 일어나는데, 구르기의 방향은 스윙하는 뼈의 방향과 항상 같다. 따라서 관절면이 불룩하거나 오목하던간에 관절면의 모양에 관계없이 뼈의 움직임 방향과 같다. 정상적인 관절이라면 구르기만 단독으로 발생하지 않고 활주와 스핀이 동반된다. 뼈의 움직임 동안 단지 구르기만

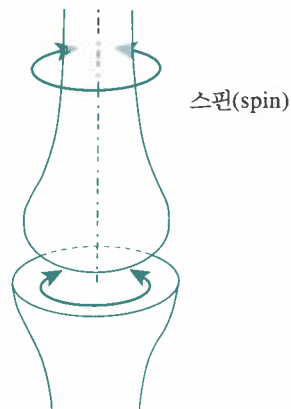


그림 2-13. 스핀. 고정된 역학적 축주위에서 일어나는 회전인 스핀을 보여준다. 뼈의 스핀이 일어나는 동안 관절면에서도 관절면 위에 원의 호를 그리는 스핀이 일어난다.



그림 2-14. 구르기 A. 한 관절면에 있는 새로운 한 점이 마주보는 다른 관절면의 새로운 한 점과 만나는 것을 보여준다. B. 고정되어 있는 오목한 관절면에 대해 볼록한 관절면이 구르는 것을 보여준다. C. 고정되어 있는 볼록한 관절면에 대해 오목한 관절면이 구르는 것을 보여준다. 구르기의 방향은 관절면의 모양에 관계없이 뼈의 방향과 같다.

일어난다면 관절은 손상받을 수 있다. 활주가 일어나는 방향에 있는 관절면은 서로 압박되며, 반월판과 같은 관절 내 구조물들이 그 사이에 끼이게 되어 손상이 유발된다(그림 2-14).

(3) 활주

활주(gliding)는 한 관절면에 있는 같은 점이 마주보는 다른 관절면의 새로운 점과 만나는 것을 말한다. 순수한 활주가 일어나기 위해서는 일치된 관절면을 갖고 있어야 하는데 관절면이 둘 다 편평하거나 곡선이 일치되어 있을 때 이러한 움직임이 발생한다.

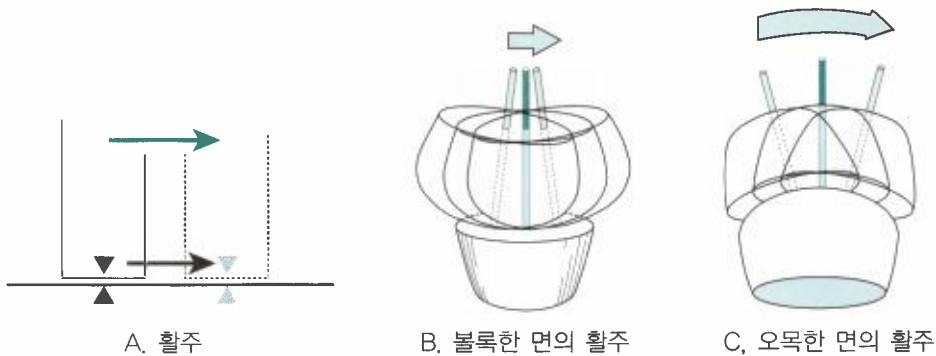


그림 2-15. 활주 A. 한 관절면에 있는 같은 점이 마주보는 다른 관절면의 새로운 점과 만나는 것을 보여준다. B. 고정된 볼록한 관절면에 대한 오목한 관절면의 활주를 보여준다. 활주의 방향과 뼈의 방향이 같다. C. 고정된 오목한 관절면에 대한 볼록한 관절면의 활주를 보여준다. 활주의 방향과 뼈의 방향은 반대이다.

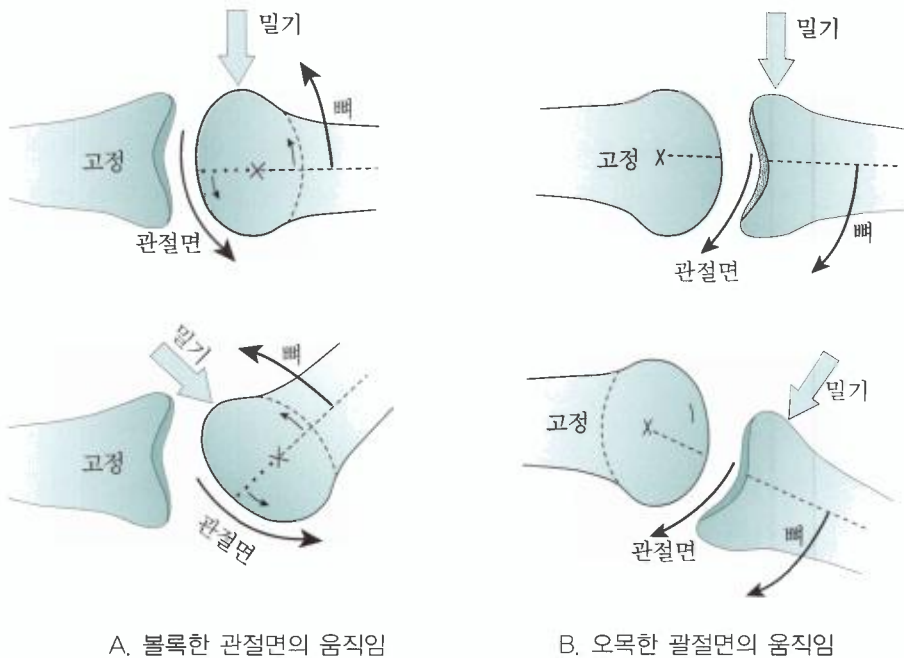
따라서 인체에는 완전히 일치하는 곡선의 관절면이나 편평한 관절면을 갖고 있지 않기 때문에 순수한 활주는 일어나지 않는다. 관절면에서 활주가 일어나는 방향은 움직이는 관절면이 오목(concave)인지 아니면 볼록(convex)인지에 따라 뼈의 운동 방향과 같기도 하고 달라지기도 한다. 볼록한 관절면이 움직인다면 뼈의 운동 방향과 반대 방향으로 활주하고 오목한 관절면이 움직인다면 뼈의 운동방향과 같은 방향으로 활주한다. 이러한 역학적 관계를 볼록-오목법칙(convex-concave rule)이라 한다(그림 2-15).

(4) 구르기-활주의 결합

구르기-활주는 구르기와 활주의 복합 형태로서 불일치한 곡선으로 된 관절면 사이에서 가능하다. 인간의 관절면은 완전히 일치하는 것이 아니므로 관절의 운동은 이러한 구르기-활주의 결합형태로 일어나게 된다. 구르기와 활주는 대개 같이 일어나지만 그렇다고 항상 비슷한 비율로 일어나는 것은 아니다. 예를 들어 슬관절 굴곡의 첫 15%까지는 순수한 대퇴골의 후방 구르기가 일어나고, 그 이후에 전방활주가 나타나기 시작하여 구르기와 활주가 동반되며, 마지막에 구르기는 없어지고 전방활주만이 남게 된다.

(5) 볼록-오목법칙

구르기에 있어 구르기의 방향은 관절면의 모양에 관계없이 뼈의 움직임 방향과 항상 같다. 예를 들어, 발이 지면에 고정되어 있는 상황에서 슬관절이 신전으로 움직일 때 대퇴골은 항상 전방으로 구르기를 한다. 그리고 슬관절이 굴곡으로 움직인다면 대퇴골은 후방으로 구르기를 한다.



A. 볼록한 관절면의 움직임

B. 오목한 관절면의 움직임

그림 2-16. 볼록-오목법칙 A. 볼록한 관절면이 고정된 오목한 관절면 위를 움직일 때이다. 관절면의 방향과 뼈의 방향은 반대이다. B. 오목한 관절면이 볼록한 관절면 위를 움직일 때이다. 관절면의 방향과 뼈의 방향은 같다.

그러나 활주의 방향은 움직이는 쪽의 관절면 모양에 따라 달라진다. 두 가지 모양의 관절면에 대해 생각해 볼 수 있는데, 한 관절에서 한쪽 관절면은 볼록하고 다른 관절면은 오목할 때 움직이는 관절면의 모양에 따라 그 방향이 달라질 수 있다.

위와 같이 관절면의 모양과 활주의 방향과의 관계를 볼록-오목법칙이라 한다. 오목한 관절면이 고정되어 있는 볼록한 관절면에 대해 움직일 때, 활주는 뼈의 움직임 방향과 같다. 볼록한 관절면이 고정되어 있는 오목한 관절면에 대해 움직일 때, 활주는 뼈의 움직임 방향과 반대로 일어난다(그림 2-16).

관절의 저운동성을 병진적 활주기법을 이용하여 치료하고자 할 때 한쪽 뼈는 고정하게 되고 다른 한 뼈를 움직이게 된다. 따라서 물리치료사는 뼈의 움직임뿐만 아니라 관절면의 상대적 움직임에 대해서도 관심을 기울여야 한다.

3) 종속운동

근육의 수축력에 의해 수의적으로 움직이는 골운동학적 움직임을 생리적 움직임이라 하는데 이러한 생리적 움직임이 일어나는 동안 관절면에서는 관절운동학적 움직임이

일어나며, 이 두가지 움직임은 동시에 일어나게 된다. 관절의 주변 조직과 관절 내의 움직임은 정상적인 가동범위를 위해서는 필요하나 독립적으로는 일어날 수가 없다. 그러나 어떤 외력이 직접 움직이고자 하는 관절에 적용되었을 때 관절면이 독립적으로 움직일 수 있으며, 관절복합체의 어떤 한 관절이 골운동을 하는 동안 관절복합체 내의 다른 관절에서도 독립적인 운동이 일어날 수 있게 된다. 이처럼 검사자에 의해 적용된 힘에 의해 생산된 관절면의 움직임(조인트 플레이)과 정상적인 기능적 움직임을 수행하기 위해 일어나는 관절면의 움직임(구성운동)을 종속운동(accessory motion)이라 한다. 종속운동에는 조인트 플레이(joint play)와 구성운동(component motion)이 있다.

(1) 구성운동

종속운동의 한 형태인 구성운동(component motion)은 특정 능동 동작을 촉진하기 위해 관절 복합체 내에서 일어나거나 관계되는 관절에서 일어나는 움직임을 말하며, 골운동학적 움직임의 생산과 직접적인 관계가 있는 움직임을 말한다. 구성운동은 능동운동을 동반하지만 수의적인 조절을 받지 않는다. 예를 들어 관절와상완관절(glenohumeral joint)에서 상완골이 외전을 할 때 견갑골은 회전과 거상뿐 아니라 후방경사가 일어난다. 즉, 견관절복합체에서 관절와상완관절의 상완골이 외전이라는 골운동학적 움직임이 촉진되기 위해서는 견흉관절(scapulothoracic joint)에서의 견갑골 움직임이 있어야 하는 것이다. 이러한 견흉관절에서의 움직임은 수의적 조절에 의해서 일어나는 것이 아니라 관절와상완관절의 정상적인 기능적 움직임을 수행하기 위해 요구된다.

(2) 조인트 플레이

종속운동의 한 형태인 조인트 플레이는 외력에 대한 반응으로 일어나는 관절 내 움직임을 말한다. 조인트 플레이는 병진적 뼈의 움직임(translatory bone movement)이 수행되는 동안 관절에서 일어나는 움직임을 설명하기 위해 사용되는 용어이다. 조인트 플레이는 물리치료사에 의한 수동검사나 치료적 움직임으로서 수행된다. 조인트 플레이를 시행하기 위해서는 치료면(treatment plane)에 대한 뼈의 병진적 움직임이 있어야 하는데, 치료면이란 오목한 관절면을 지나는 가상의 면으로서 볼록한 뼈에 있는 회전의 축을 지나는 선에 대해 직각으로 놓여 있다. 3가지의 기본적 조인트 플레이 움직임에는 견인(traction), 압박(compression), 그리고 병진적 활주(translatory gliding)가 있다.

병진적 뼈의 움직임 방향이 치료면에 대해 수직 방향으로 멀어지는 것을 견인이라고 하고, 가까워지는 것은 압박이라 하며, 치료면에 대해 평행하게 움직이는 것을 병진적 활주라 한다. 견인시에는 관절면의 분리가 일어나고 압박시에는 관절면을 서로 누르게 된

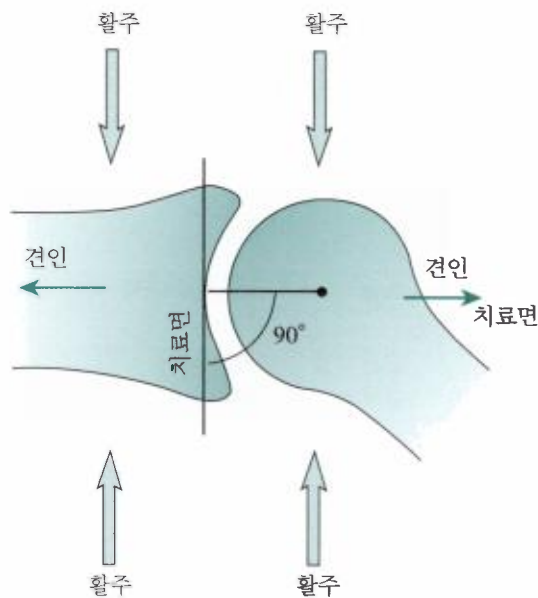


그림 2-17. 조인트 플레이. 조인트 플레이에 의한 관절면의 움직임을 보여준다. 치료면에 대해 수직 방향으로 멀어지는 견인과 가까워지는 압박, 그리고 평행하게 움직이는 병진적 활주를 보여준다.

다(그림 2-17).

물리치료사에 의해 조인트 플레이가 실시되기 위해서는 관절을 안정위치에 놓고 치료면에 대해 실시한다. 이때 물리치료사는 조인트플레이를 실시할 관절면이 오목인지 아니면 볼록인지를 숙지하고 있어야 한다(표 2-3).

표 2-3. 관절면의 형태, 안정위치, 그리고 치료면

관절	볼록관절면	오목관절면	안정위치	치료면
흉쇄관절	쇄골	흉골	해부학적 자세	흉골에 놓임
견쇄관절	쇄골	견봉	해부학적 자세	견봉에 놓임
관절와상완관절	상완골	관절와	견관절의 55° 외전과 90° 수평내전, 전완은 수평면에 놓임	견갑면에서의 관절와에 놓임
완요관절	상완골	요골	주관절 신전, 전완 회외	요골두에 놓이며 요골의 장축에 대해 수직
완척관절	상완골	척골	주관절 70° 굴곡, 전완 10° 회외	주두와에 놓이며 척골의 장축에 대해 45° 임

표 2-3. 관절면의 형태, 안정위치, 그리고 치료면 (계속)

관절	볼록관절면	오목관절면	안정위치	치료면
요척관절(근위)	요골	척골	주관절 70° 굴곡, 전완 35° 회외	요골절흔에 놓이며 척골의 장축에 평행함
요척관절(원위)	척골	요골	10° 회외	요골에 놓이며 요골의 장축에 평행함
요수근관절	근위수근골	요골	요골과 3번째 중수골이 일직선	요골에 놓이며 요골의 장축에 수직임
중수지절관절	중수골	근위지절	약간 굴곡	근위지절에 놓임
지절간관절	근위지절	원위지절	약간 굴곡	근위지절에 놓임
고관절	대퇴골	관골구	고관절의 30° 굴곡, 30° 외전, 약간 외회전	관골구에 놓임
경대퇴관절	대퇴골	경골	25° 굴곡	경골의 고평부위에 놓임
슬개대퇴관절	슬개골	대퇴골	슬관절의 완전 신전	대퇴구를 따라 놓임
거퇴관절	거골	mortise	10° 저축굴곡	mortise의 전후방향에 놓임
거골하관절	종골	거골	내반과 외반의 중간위치	거골에 놓이며 발바닥에 평행함
족근간관절	근위관절면	원위관절면	발의 이완	원위분절에 놓임
중족지절관절	족근골	근위지절	약간 신전	근위지절에 놓임
지절간관절	근위지절	원위지절	약간 굴곡	원위분절에 놓임

3

근육의 구조와 기능

◆ 학습 목표 ◆

1. 근섬유의 특성을 설명한다.
2. 근수축의 종류를 비교한다.
3. 근육을 기능적으로 분류한다.
4. 문합형 근육과 분출형 근육의 특성을 비교한다.
5. 능동적 결핍과 수동적 결핍을 예를 들어 비교한다.
6. 근력에 관계되는 요인을 열거한다.
7. 수축의 종류에 따라 발생하는 근력을 비교한다.
8. 근육의 길이-장력관계를 비교한다.
9. 근육의 수축속도-장력관계를 비교한다.
10. 인체 주요 근육의 토크곡선을 작성하여 최대 토크점을 확인한다.
11. 근육의 길이와 지레팔의 변화에 따른 임상적인 문제점을 파악한다.

1. 근육의 구조

골격근은 관절과 마찬가지로 신체의 가동성과 안정성을 위한 기능을 한다. 근육은 신체 지레에 작용하는데 회전(rotatory)성분과 병진(translational)성분으로 구성된다. 회전성분은 관절축을 중심으로 움직임을 발생시키거나 조절함으로서 신체 지레의 가동성 기능을 하며, 병렬성분은 - 항상 그런 것은 아니지만 - 관절면에 가해지는 외적인 힘이나 관절면의 압박에 대한 저항력을 발생시켜 안정성 기능을 수행한다. 인체는 근육의 작용이 없이는 중력을 이기고 몸을 지지하거나 동작을 유발할 수 없다.

골격근은 근육조직(수축성)과 결합조직(비수축성)으로 구성된다. 근육조직은 수축성(contractibility)과 흥분성(irritability)의 특성이 있다. 수축성은 근육이 장력(tension)을 발생시키는 능력이며, 흥분성은 화학적·전기적 또는 기계적 자극에 대한 반응성이다. 또한 근육조직은 다른 생물학적 조직과 같이 수동부하가 가해졌을 때 점탄성(viscoelasticity)을 가진다.

1) 근섬유의 구성

골격근은 다수의 근섬유(muscle fiber)로 구성된다. 단일 근육은 결합조직으로 둘러싸인 근섬유(세포) 그룹인 다수의 근속(fasciculi)을 포함한다(그림 3-1A). 근섬유의 배열, 수, 크기 및 유형은 근육마다 다양하지만 각각의 근섬유는 근섬유막(sarcolemma)이라는 세포막으로 싸인 단일 근세포이다(그림 3-1B). 신체의 다른 세포와 같이 근섬유 또한 세포질(cytoplasm)로 구성되는데 이것을 근형질(sarcoplasm)이라고 한다. 근형질은 근섬유의 수축성 구조인 근원섬유(myofibril)(그림 3-1C)와 세포대사에 필요한 리보솜, 글리코겐(glycogen), 미토콘드리아 등의 근원섬유가 아닌(nonmyofibril) 구조물을 함유하고 있다.

근원섬유는 근세사(myofilament)로 구성되는데 굵은 근세사와 가는 근세사가 있다(그림 3-1D). 가는 근세사는 액틴(actin)이라는 단백질로 구성되며, 굵은 근세사는 마이오신(myosin)이라는 단백질이다. 이 두 근세사의 상호작용은 근수축을 발생시키는데 필수적이다. 가는 근세사는 액틴분자가 두 개의 사슬모양 띠를 형성한다. 구형의 단백질 분자인 트로포닌(troponin)은 두 개의 액틴 띠 사이의 패인 부분에 위치하며, 트로포마이오신(tropomyosin)이라는 단백질은 각각의 트로포닌 분자에 부착한다(그림 3-2A). 트로포닌과 트로포마이오신 분자는 액틴과 마이오신 근세사의 결합을 조절하는 중요한 역할을 한다.

굵은 근세사는 액틴에 비해서 크고 긴 마이오신 분자로 구성된다(그림 3-2B). 마이오

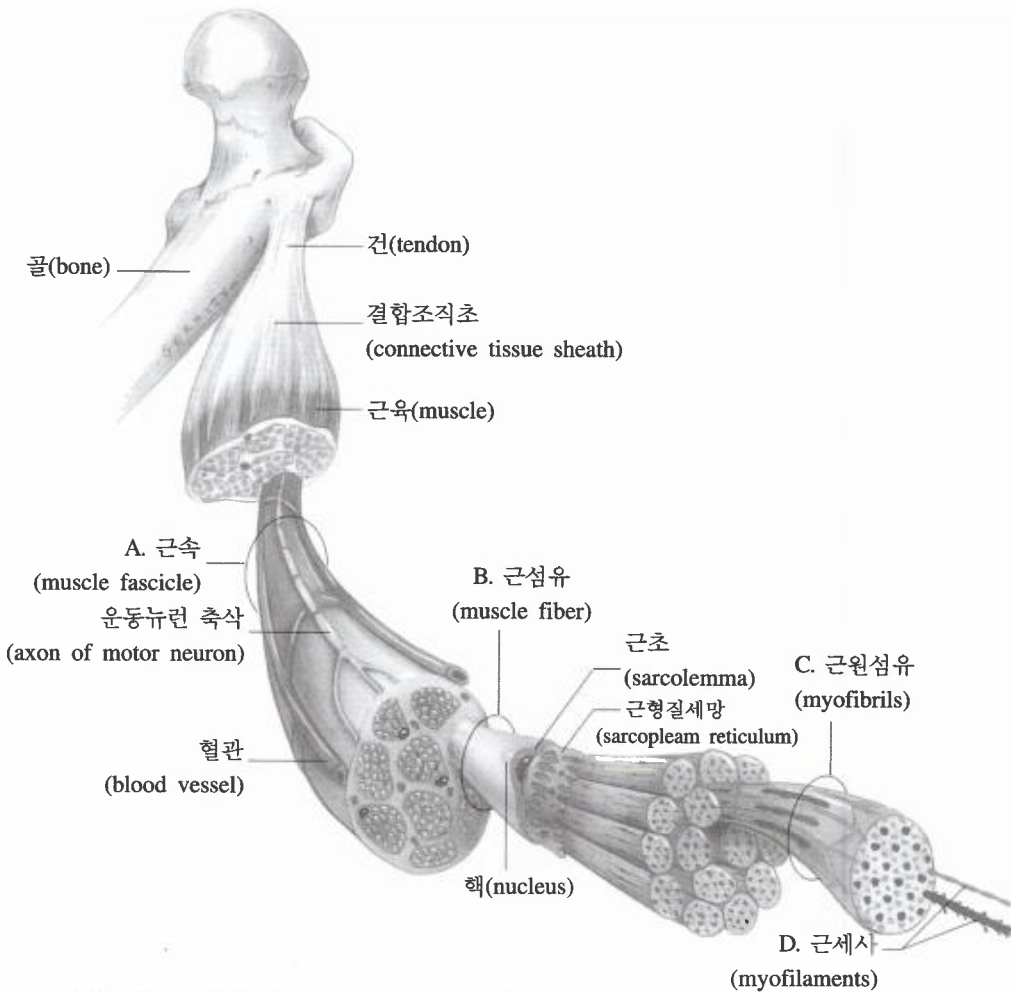


그림 3-1. 근섬유의 구성

신 근세사는 중간 부분이 비교적 직경이 굵으며, 구형의 팽창대가 있는데 이것을 마이오신 머리 그룹(head group)이라고 한다. 이 머리 그룹은 회전이 가능하며 액틴과의 결합을 위한 부위로서 근수축과 이완의 중요한 역할을 한다. 근세사를 현미경으로 관찰하면 그림에서 보는 것과 같이 액틴과 마이오신은 구분이 가능할 정도로 서로 다른 형태를 나타낸다. 그래서 골격근을 횡문근(striated muscle)이라고도 한다. 근원섬유에서 근세사의 배열을 모식적으로 나타낸 것이 그림 3-3이다.

근섬유는 또 다른 몇 개의 단백질로 구성된다. 이 중에 몇몇은 근섬유의 골격구조로 작용하며, 데스민(desmin)과 같은 단백질은 근섬유와 인접한 섬유로 힘을 전달한다. 티틴(titin)이란 단백질은 근수축을 하는 동안 굵은 근세사의 위치를 유지하고 수동장력을 발생시키는데 중요한 역할을 한다. 티틴(titin)은 굵은 근세사의 길이방향으로 부착되어

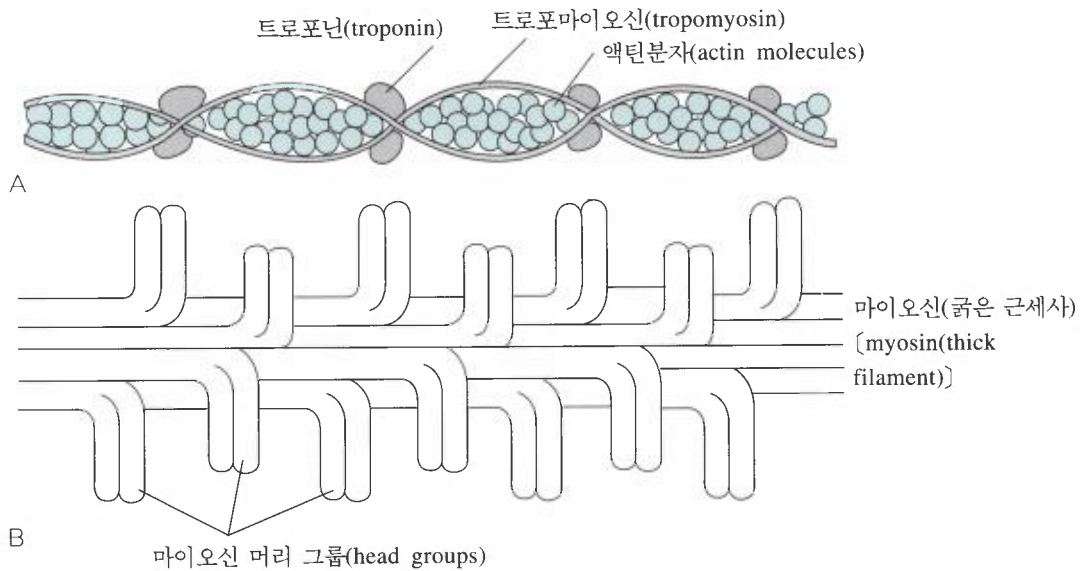


그림 3-2. 근세사(myofilament) A. 액틴 분자는 등근 모양을 하고 있다. 트로포닌 분자는 구형으로서 액틴 분자의 두 가닥 끈 사이의 패인 부분에 위치한다. 트로포마이오신 분자는 가는 형태이며 액틴 가닥과 함께 주행한다. B. 마이오신 근세사의 머리그룹이 구형으로 팽창된 모습이다.

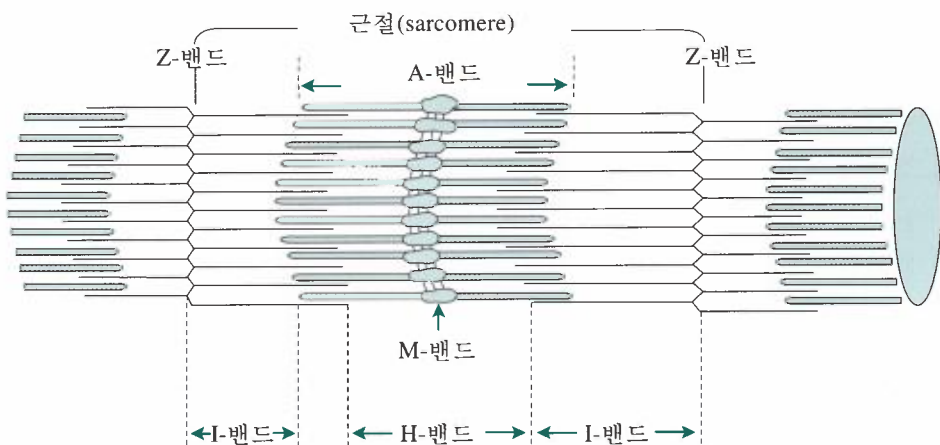


그림 3-3. 휴식시 근육의 근원섬유. 근절은 근원섬유의 한 부분으로서 Z밴드 사이에 위치한다. 근절의 A밴드는 마이오신과 액틴 근세사가 중첩된 부분이다. A밴드에서 중첩되지 않고 마이오신 근세사만이 있는 부분을 H영역이라고 한다. M밴드는 H영역의 중간 부분에 위치하면서 마이오신 사이가 연결되어 있다. I밴드는 액틴 근세사만이 있는 부분이다.

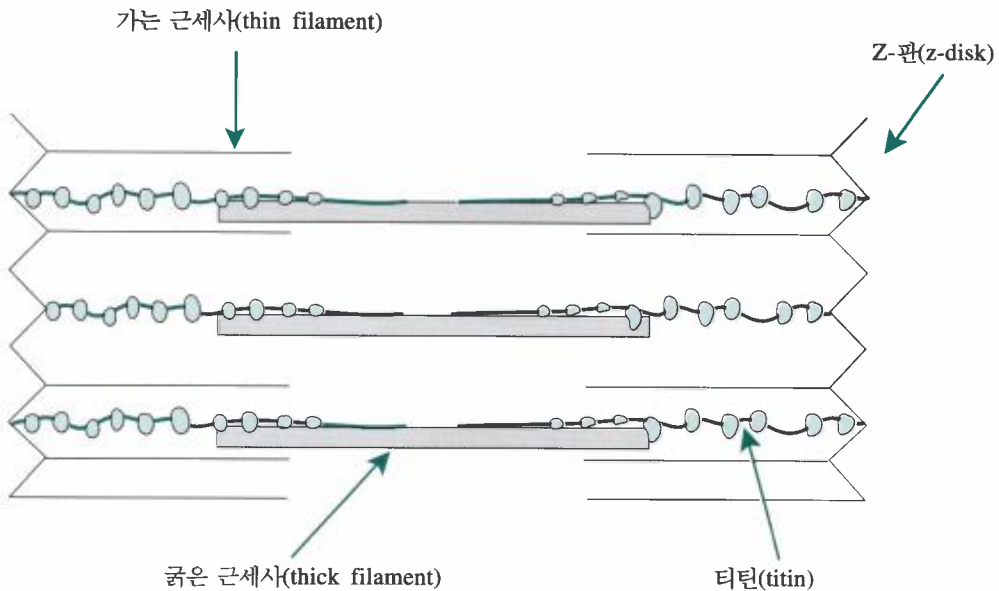


그림 3-4. 굵은 근세사와 가는 근세사 및 티틴과의 관계를 나타낸 근절(sarcomere)

있는 큰 단백질로서 굵은 근세사와 Z선 사이를 연결한다(그림 3-4).

2) 수축단위

그림 3-3에서와 같이 Z선과 Z선 사이의 근원섬유를 근절(sarcomere)이라고 한다. 근원섬유에 일정한 간격으로 위치하고 있는 Z선은 근절의 경계선이며 가는 근세사를 연결하는 역할을 한다. 근절 내에 있는 밴드(band)와 영역(zone)은 굵은 근세사와 가는 근세사의 배열을 구분하는데 도움이 된다. 근절의 영역 중에서 굵은 근세사의 전체길이 부분과 조금의 가는 근세사 부분을 불균등성(anisotropic) 또는 A밴드라고 한다. 액틴근세사만이 있는 부분을 균등성(isotropic) 또는 I밴드라고 한다. 불균등성(anisotropic)이나 균등성이라는 용어들은 현미경상에서 빛이 비추졌을 때 보이는 형태와 명암에 따라서 명명된 것이다. 굵은 근세사(A밴드)의 중간 부분 중에서 가는 근세사와 겹치지 않는 부분을 H영역이라고 한다. H영역의 중간 부분은 비교적 넓게 퍼진 형태를 나타내는데 이곳을 M밴드라고 한다. M밴드에는 작은 구조적 단백질이 있어서 상하 굵은 근세사들끼리 연결하는 역할을 한다.

근수축을 유발하는 근절에서의 굵은 근세사와 가는 근세사의 상호작용은 운동종판(motor end plate)에 신경임펄스가 전도됨으로서 시작되는데, 이것은 전기임펄스 또는 활동전위(action potential)를 유발하여 근섬유에 전달한다. 활동전위는 칼슘이온을 유리시

켜 트로포닌이 트로포마이오신 분자의 위치를 변화시킴으로 인해 액틴의 수용기 부위를 확보하여 마이오신 머리 그룹이 액틴에 부착하기 용이하도록 한다. 이러한 근세사의 연결을 연결교(cross-bridge)라고 하며, 이것은 능동 근장력(active muscle tension)의 기본 단위이다(그림 3-5).

능동 근장력의 발생기전은 연결교 주기(cross-bridge cycle)라고 명명된다. 휴식시의 연결교는 가는 근세사에 부착하지 않는다. 칼슘이온의 유입에 대한 반응으로 트로포마이오신이 위치를 옮기게 되면서 가는 근세사에 마이오신 머리 그룹이 부착하기 위한 자리를 마련하게 된다. 마이오신은 마이오신 머리 그룹에 부착되어 있는 무기성 인산염(inorganic phosphate(Pi))과 아데노신 이인산(adenosine diphosphate(ADP)) 복합체에 의해서 가는 근세사인 액틴과 친화성이 아주 뛰어나다. 마이오신 머리 그룹에 있는 효소인 마이오신 ATPase는 ATP가 가수분해되어 ADP+Pi로 되는 과정에 촉매작용을 한다. 마이오신 머리 그룹에서 ADP+Pi가 유리될 때 가는 근세사가 굵은 근세사의 사이로 미끄러져서 이동하도록 마이오신 머리 그룹은 회전운동을 한다.

회전운동 후에는 마이오신 머리 그룹이 ATP와 높은 친화력을 가지면서 다른 ATP와

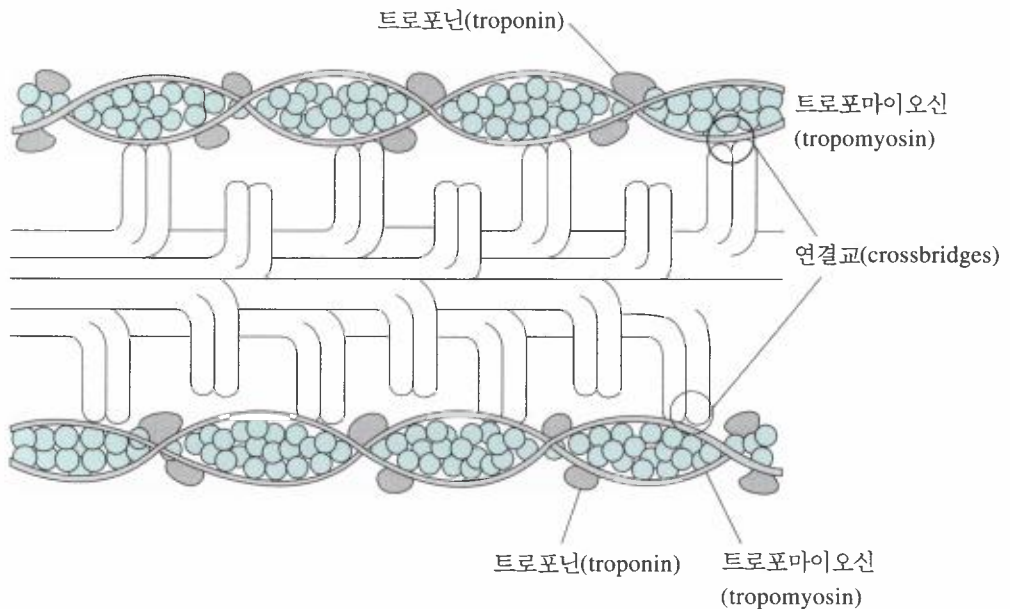


그림 3-5. 연결교(cross-bridge) 형성. 마이오신 머리 그룹은 트로포마이오신이 가리고 있던 액틴의 부착 부위에서 트로포마이오신이 움직이면서 드러남에 따라 그 부위에 부착하게 된다. 가는 액틴근세사는 마이오신 머리 그룹의 운동에 의해 당겨진다. 그림에서는 두 개의 연결교만이 나타나지만 근수축 동안에는 많은 부위에서 연결교가 형성된다.

결합함으로써 인해 연결교의 유리를 일으킨다. 이러한 연결교 순환은 초기자극(활동전압)이 지속되고 칼슘이 공급되며 ATP공급이 유지되는 동안에는 지속된다.

각각의 근절에서 나타나는 연결교의 형성과 재형성은 가는 근세사가 굵은 근세사의 사이로 미끄러짐을 유발하여 근섬유의 단축과 함께 장력을 발생시킨다. 충분한 수의 근절이 능동적으로 단축되거나 근섬유의 한쪽 끝이나 양쪽 끝이 움직일 수 있다면 근섬유는 단축(수축)될 것이다. 근육의 능동적 단축을 구심성 수축(concentric contraction) 또는 단축 수축(shortening contraction)이라고 한다. 반면에 가는 근세사가 굵은 근세사쪽으로 계속해서 당기는 상황 하에서 근육의 길이가 늘어나는 것을 원심성 수축(eccentric contraction) 또는 lengthening contraction이라고 한다. 원심성 수축은 굵은 근세사에서 가는 근세사의 사이에서 벗어나면서 연결교가 파괴된 후 또 다른 연결교를 형성하는 순환을 되풀이하면서 근육의 길이가 늘어난다. 장력은 연결교를 재형성하는 근육에 의해서 발생된다. 원심성 수축은 외적인 힘(중력)에 의해서 발생된 움직임에 능동적으로 저항할 때마다 발생한다. 외적인 힘과 동일한 정도로 발생된 근력은 근섬유의 길이를 변화시키지 않는다. 이렇게 근육의 길이변화가 없는 근섬유의 수축을 등척성 수축(isometric contraction)이라고 한다.

다음은 근절의 관점에서 본 근수축에 대한 중요한 요인들에 대한 요약이다.

- 연결교가 형성될 때마다 장력은 발생한다.
- 칼슘의 유입은 근수축을 유발한다.
- ATP 가수분해는 연결교 순환주기의 연료이다.
- 구심성 수축은 가는 근세사가 굵은 근세사쪽으로 당기면서 연결교를 형성, 파괴, 재형성한다.
- 원심성 수축은 가는 근세사가 굵은 근세사로부터 벗어나면서 연결교를 파괴, 재형성, 파괴를 되풀이한다.
- 등척성 수축에서는 근섬유의 길이는 동일하다.

3) 운동단위

근절이 근육의 장력을 발생시키는 기본단위이지만 좀더 실제적이면서 넓은 개념의 근장력 발생 단위를 운동단위(motor unit)라고 한다. 근수축을 유도하기 위해 근섬유에 도달한 자극은 알파 운동신경원(alpha motor neuron)이라는 신경을 따라서 전파된다(그림 3-6). 알파 운동신경원의 세포체는 척수 회색질의 전근에 위치한다. 신경세포인 축삭(axon)은 세포체에서 근육으로 뻗어나가면서 수개에서 수천 개의 작은 가지를 내며 갈라지기도 한다. 각각의 작은 가지들은 단일 근섬유의 근섬유막(sarcolemma)에 근접한

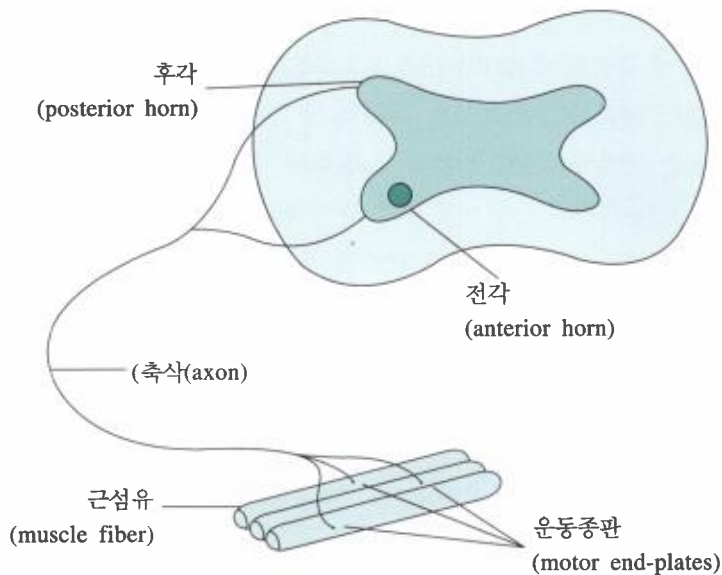


그림 3-6. 알파 운동신경원(α motor neuron). 세포체는 전각에 있는 검은 점으로 표시하였다.

운동종판에 종지한다. 축삭의 가지들이 종지한 모든 근섬유들은 세포체와 축삭과 함께 단일 운동단위의 부분이다.

세포체에서 축삭을 따라 운동종판으로 전파된 신경임펄스는 근섬유의 근섬유막에서 탈분극을 일으켜서 활동전압을 발생시키는데 이것은 근섬유막의 외부 표면을 따라서 전파되고 근섬유의 내부로는 가로세관(transverse tubules)이라고 불리는 좁은 구형의 관을 따라서 전파된다. 두 개의 가로세관이 A밴드와 I밴드의 연결부위에 있는 각각의 근절에 위치한다. 칼슘저장성이 뛰어난 근형질세망(sarcoplasmic reticulum)은 근원섬유들의 사이 공간을 채우고 있는 문합성 막채널(anastomosing membranous channel)로 구성되어 있으며, 가로세관에 가까이 위치하는 막채널의 부위에는 큰 주머니 모양의 종말수조(terminal cisterna)를 형성한다. 두 개의 종말수조와 중간 부위의 가로세관을 합하여 muscle triad라고 하며, 종말수조와 가로세관 사이의 연결부위를 junctional feet라고 한다. 활동전압이 가로세관에 도달하면 근형질세망에 있던 칼슘이 근원섬유로 유리된다. 하지만 가로세관의 활동전압이 근형질세망에 있는 칼슘을 유리하는 기전은 현재까지 명확하지 않다. 칼슘이온의 유리는 액틴-마이오신 연결고 활동을 유도하며 근장력을 일으킨다. 근섬유막이 탈분극 후에 전기적으로 안정되면 칼슘이온은 근형질세망의 막에 있는 특이한 단백질(calcium activated ATPase enzyme)에 의해서 다시 근형질세망으로 유입되면서 근섬유는 이완된다. 운동단위는 발화(firing) 직후에 잠복기를 거침으로 인해

탈분극 주기(depolarization cycle)와 장력발생의 반복을 위해서는 회복시간이 필요하다. 그러므로 운동단위의 발화주기에는 재활성화되기 전에 회복시간이 필요하다.

운동단위는 알파운동신경원과 이것이 신경지배하는 모든 근섬유로 구성된다. 근육의 수축은 다수의 운동단위가 비동시적(asynchronously)이면서 반복적으로 발화하여 발생한다. 근수축의 양은 발화된 운동단위의 수 또는 발화주기의 변화에 의해서 달라질 수 있다. 근육의 운동단위 수와 구조는 근육마다 다양하다.

운동단위는 신경원의 세포체 크기, 축삭의 직경, 근섬유의 수 및 근섬유의 유형에 따라서 달라진다. 이러한 구조적인 다양함은 운동단위의 기능에 직접적인 영향을 미친다. 작은 세포체를 가진 운동단위가 있는 반면 큰 세포체를 가진 운동단위가 있기도 하다. 작은 세포체를 가진 운동단위의 축삭은 직경이 작다. 직경이 작은 축삭으로 전달되는 신경임펄스는 큰 직경의 축삭으로 전달되는 신경임펄스보다 전파속도가 느리다. 그러므로 작은 직경의 운동단위는 큰 직경의 운동단위보다 근섬유에 자극이 도달하는데 걸리는 시간이 길다.

운동단위의 크기는 운동단위가 함유하고 있는 근섬유의 수에 의해서 결정된다(그림 3-7). 근섬유의 수는 둘 또는 셋에서 수천 개에 이르기까지 다양하다. 섬세한 운동을 조절하거나 작은 운동에 관계된 근육은 작은 운동단위를 가진다. 반면에 힘의 증가나 큰 운동에 관여하는 근육은 운동단위가 크며, 세포체와 축삭의 직경 또한 크다. 눈운동을 조절하는 작은 근육의 운동단위는 6개의 근섬유만을 함유하고 있는 반면에 비복근

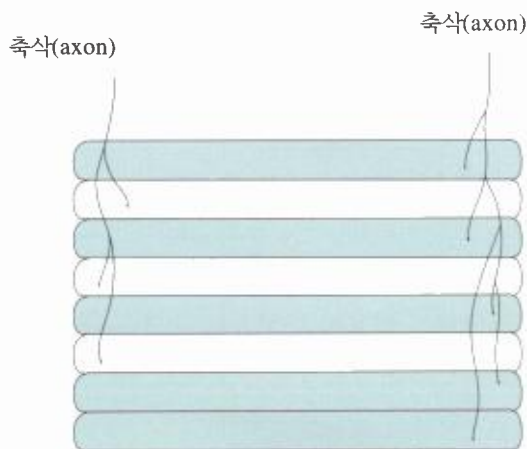


그림 3-7. 운동단위의 크기. 함유하고 있는 근섬유의 수에 의해서 결정된다. 큰 운동단위는 수천 개의 근섬유를 함유하고 있는 반면, 작은 운동단위는 단지 세 개의 근섬유만을 가지고 있는 경우도 있다. 그림에 보면 단일 축삭이 신경지배하는 근섬유들은 서로 인접해 있지 않는 경우도 있다.

의 운동단위는 2,000개의 근섬유를 함유하고 있다. 주로 운동단위에 함유된 근섬유의 수가 많은 근육들은 운동단위당 근섬유가 적은 근육보다 운동단위의 수가 적다. 목에 넓게 분포하고 있는 광경근(plastysma)은 약 25개의 근섬유로 구성된 비교적 작은 운동단위의 근육이지만 이 근육의 전체에 함유된 운동단위의 수는 총 1,000개에 달한다. 반면에 비복근은 운동단위당 근섬유의 수가 약 2,000개이지만 근육 전체에 함유된 운동단위는 약 600개 정도의 적은 수를 가진다. 대부분의 근육은 큰 운동단위와 작은 운동단위가 혼합되어 있다.

근육이 활동을 시작할 때는 신경계에 의해서 세포체의 크기가 작고 운동섬유의 수가 적은 운동단위가 자동적으로 먼저 점증(recruitment)된다. 작은 운동단위는 큰 운동단위보다 작은 장력을 발생시키며, 에너지 소모도 작은 것으로 미루어 볼 때 작은 운동단위부터 점증되는 방식은 에너지 보존을 위한 것으로 생각된다. 작은 운동단위만으로 과제를 수행할 수 있다면 큰 운동단위의 점증은 필요하지 않다. 그런데 작은 운동단위만으로 과제를 수행하지 못할 경우에는 보다 큰 운동단위가 점증된다. 이러한 점증방식은 단순히 에너지 보존의 측면뿐만 아니라 과거의 경험, 과제의 특성(얼마나 빨리 반응해야 하며 필요한 힘의 양), 근육작용의 형태(구심성, 원심성 또는 등척성) 및 관절 주변 근육들의 작용기전 등과 같은 모든 사항들에 기초한다. 점증방식은 하나의 근육이 아닌 어떠한 과제를 수행하는데 필요한 관절 주변의 모든 근육으로부터 운동단위가 선택되는 것이다. 운동단위의 발화빈도 또한 힘의 조절에 영향을 미친다. 근력발생과 관련된 점증과 발화빈도는 근육마다 다양하다. 작은 원위근육들은 발화빈도에 의한 영향을 많이 받는 반면에 큰 근위근육들은 운동단위의 점증에 의해서 영향을 많이 받는다.

위에서 언급한 것을 정리해보면, 근육의 장력에 영향을 미치는 요인들은 다음과 같다.

- 근섬유의 수(자극에 대한 반응에 영향을 미친다)
- 축삭의 직경(신경임펄스의 전도속도에 영향을 미친다)
- 운동단위의 발화빈도(근육의 전반적인 반응에 영향을 미친다)

이러한 요인 외에도 운동단위가 함유한 근섬유의 유형은 근육반응에 영향을 미칠 수 있다. 단일 운동단위에 함유된 모든 근섬유들은 동일한 형태이지만, 근육 내의 근섬유들은 운동단위에 따라서 다양하다.

4) 근섬유의 유형

사람의 골격근은 주된 세 가지 형태의 근섬유가 다양한 비율로 존재한다. 이러한 근섬유의 유형들은 조직화학적, 대사적, 형태적 그리고 기계적인 특성으로 구분된다. 근

표 3-1. 골격근 섬유의 유형별 특징

Type	Fast-twitch Glycolytic (type II b)	Fast-twitch Oxidative Glycolytic (Type II a)	Slow-twitch Glycolytic (Type I)
Feature			
Muscle color	White	Red	Red
Diameter	Large	Intermediate	Small
Capillary	Sparse	Dense	Dense
Myoglobin content	Low	Intermediate	High
Contraction	Fast	Fast	Slow
Rate of fatigue	Fast	Intermediate	Slow
Motor unit size	Large	Intermediate to large	Small
Axon conduction velocity	Fast	Fast	Slow
Mitochondria		Intermediate	Large amount

Type II b fiber = fast-twitch white fiber = fast-twitch fiber

Type II a fiber = fast-twitch red fiber = intermediate fiber

Type I fiber = slow-twitch red fiber = slow-twitch fiber

섬유의 유형에 대한 명칭이 여러 문헌에서 상이하게 사용되고 있기 때문에 표 3-1에서는 각각의 근섬유에 대한 특성뿐만 아니라 여러 명칭에 대해서도 언급하였다. 여기에서는 세 가지의 주된 근섬유 유형을 I 형(느림), II A(중간), II B(빠름)로 언급하였다. 이러한 구분법은 다양한 산성과 혐기성 조건 하에서 근원섬유의 ATPase 활동에 따라 구분하는 가장 일반적인 방법으로서 근섬유를 설명하는데 사용된다. 이 구분법에 의해서는 중간섬유의 유형을 여러 가지로 구분한다. 또 다른 방법으로는 대사효소(metabolic enzyme)에 대한 근육의 반응을 통해서 구분하기도 한다. 이 방법으로는 세 가지 주된 섬유 유형으로 fast-twitch glycolytic(FG), fast-twitch oxidative glycolytic(FOG), 그리고 slow-twitch oxidative(SO)로 구분한다.

각각의 인체 골격근은 세 유형의 섬유를 각각 가진 운동단위들로 구성되지만 어떤 한 근육에 있는 각각의 섬유 유형에 할당된 운동단위의 수는 개인별로 차이가 크다. 이러한 개인별 근섬유의 변이는 유전적으로 결정되는 것으로 생각된다. 부검을 통한 연구에 의하면 외측광근, 대퇴직근, 삼각근, 비복근은 II 형 섬유가 50%, I 형 섬유가 50%이며, 슬괵근은 55%의 II 형 섬유와 45%의 I 형 섬유로 구성되는데, 개인 간의 차이가 거의 없는 편이다. 젊은 사람의 근육 생검을 통한 연구에 의하면 외측광근은 54%의 II 형 섬유와 46%의 I 형 섬유로 구성되어 있다. 이러한 차이가 미약하다 해도 노화와 함께 근섬유는 II 형 섬유의 수와 크기는 감소하는 추세로 변한다. 이러한 변화는 근섬유

비율에 대한 여러 연구에서 밝혀진 바 있다.

반면에 가자미근은 I 형 근섬유가 II 형 근섬유보다 약 2배 가량 많이 함유하고 있다. 가자미근과 같이 II 형 근섬유에 비해 I 형 근섬유의 비율이 높은 근육은 I 형 근섬유의 특성상 쉽게 피로해지지 않기 때문에 지속적인 근활동을 할 수 있다. 이런 근육들은 신체의 안정성을 유지하는데 도움이 되기 때문에 안정성(stability) 근육, 자세(postural) 근육, 긴장성(tonic) 근육이라고 한다. 가자미근의 비교적 작고 느린 운동단위(작은 세포체, 작은 직경의 축삭, 운동단위당 적은 수의 근섬유)는 신체의 균형과 중력 저항에 필요한 근장력을 위해서 기립자세 동안 거의 지속적인 능동적 활동을 보인다. II 형 근섬유의 비율이 높은 상완이두근과 같은 근육들은 운동성(mobility) 근육, 비자세성(nonpostural) 근육, 위상성(phasic) 근육이라고 명명된다. 이런 근육들은 관절가동범위가 큰 동작을 유발하는데 작용한다. II 형 근섬유는 I 형 근섬유에 비해서 자극에 빨리 반응하며 쉽게 피로해지는 특성이 있다. 고강도 운동을 간헐적으로 실시한 후에는 II 형 근섬유의 비율이 높은 근육은 I 형 근섬유의 비율이 높은 근육보다 피로가 많이 쌓이며 회복도 늦게 된다. 마라톤이나 수영선수와 같이 유산소대사를 주로 하는 운동선수들은 I 형 근섬유의 비율이 높을 때 유리하며, 단거리 선수나 역도 선수와 같이 무산소대사를 주로 하는 사람들은 II 형 근섬유의 비율이 높을 때 유리한 경향이 있다.

5) 근육의 외형에 따른 분류

대부분의 인체 근육들은 거의 같은 비율의 속근섬유(제II 형 근섬유)와 서근섬유(제I 형 근섬유)로 구성되어 있다. 그러므로 근육의 기능을 한 가지 특성만으로 결정해서는 안된다. 사실상 전체 근육의 외형은 근섬유의 유형보다 더 중요할 수가 있다. 골격근의 외형을 설명하는 데는 힘의 축에 대한 섬유의 배열형태(amount of pennation), 근섬유의 길이, 근육의 부피 그리고 생리적 횡단면적(physiological cross-sectional area, PCSA) 등이 포함된다. 이러한 구조적 다양성은 근육의 모양과 크기뿐만 아니라 골격근의 기능에도 영향을 미친다.

각각의 근섬유는 전체 길이의 약 반까지 단축될 수 있다. 따라서 근절을 많이 함유한 긴 근육은 짧은 근육에 비해 단축길이가 더욱 길어질 수 있다. 예를 들면 6cm의 근섬유는 3cm까지 짧아질 수 있지만 4cm의 근섬유는 2cm까지만 짧아질 수 있다. 이러한 예에서 나타나는 특성은 긴 근섬유를 가진 근육이 짧은 근섬유로 구성된 근육보다 빠지레를 움직이는 길이가 길며 그 범위가 넓다는 사실에서도 확인된다. 하지만 근섬유의 길이와 빠지레를 움직이는 거리는 항상 직접 연관을 가지는 것은 아니다. 근섬유의 배열과 모멘트 팔(moment arm, MA)의 길이가 근섬유 길이-근육수축 정도의 관계에 영향

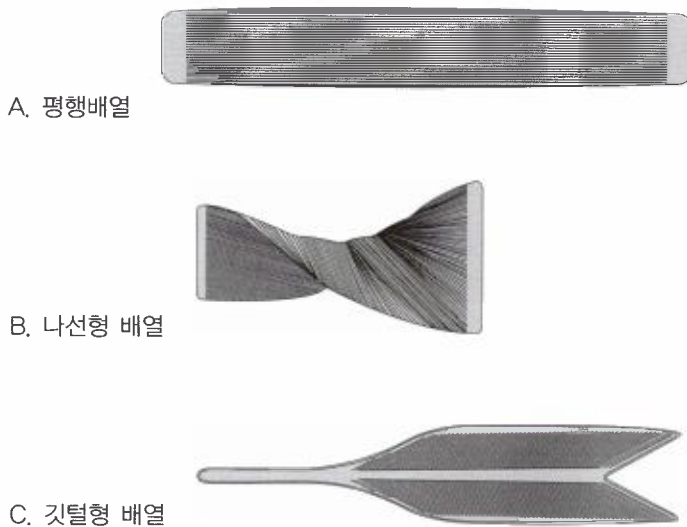


그림 3-8. 근육의 배열

을 미치므로 근섬유의 길이와 모멘트의 팔도 고려되어야 한다.

근육이 발생시키는 힘의 양은 그 근육에 평행하게 배열된 근질의 수와 직접적으로 비례한다. 다시 말하면 근섬유의 크기가 커지거나 근섬유의 수가 많아지면 힘 발생 능력이 증가된다. 생리적 횡단면적(PCSA)은 근섬유의 주행과 직각방향으로 측정한다.

근섬유의 길이와 마찬가지로 근속(근섬유 그룹)의 배열 또한 근육마다 다양하다. 근속(fasciculi)은 근육의 장축과 평행하거나(그림 3-8A), 장축에 나선 모양을 하거나(그림 3-8B), 장축에 일정한 각을 형성하기도 한다(그림 3-8C). 근섬유에 평행한 근속은(장축에 평행) 띠 모양(strap) 또는 방추상(fusiform) 근육이라고 명명된다. 흉쇄유돌근과 같은 띠모양 근육은 근속이 길며 근육의 전체 길이에 걸쳐 뻗어있다. 하지만 복직근과 같은 띠모양 근육은 근속이 섬유성 교선(fibrous intersections)으로 나누어져 있다. 방추상 근육은 전부는 아니지만 대부분의 경우 근육의 전체 길이에 걸쳐 뻗어있다. 일반적으로 평행하게 배열된 근섬유를 가진 근육들은 깃털 모양(pennation) 근육을 제외한 동일한 횡단면적을 가진 근육보다 큰 가동범위를 유발시킨다.

근육의 장축에 비스듬히 배열된 근섬유를 가진 근육을 새의 깃털 모양과 비슷하다고 하여 반익상(unipennate), 익상(bipennate), 또는 다익상(multipennate) 근육이라고 하는데, pennate라는 말은 라틴어의 깃털(feature)이라는 용어에서 유래되었다. 깃털 모양(pennate), 근육의 근속을 구성하는 근섬유들은 띠 모양 근육에 비해서 근섬유가 짧고 많다. 장무지굴근(flexor pollicis longus)과 같은 반익상근육은 중간힘줄(central muscle

tendon)의 한 방향으로 비스듬히 부채꼴 모양으로 근육을 구성한다. 비복근과 같은 익상 근육은 중간힘줄의 양 방향으로 비스듬히 근육을 구성한다. 삼각근과 같은 다익상근육은 근육이 여러 개의 힘줄을 비스듬히 덮고 있다. 깃털 모양 근섬유의 비스듬한 배열 각도는 근섬유의 길이와 전체 근육이 뼈성분을 움직일 수 있는 거리 사이의 직접적인 연관성이 없도록 만들며, 근육의 장축을 따라 발생하는 힘의 양도 감소된다. 깃털 모양 근육이 발생시킨 힘의 한 부분만이 뼈지레를 움직이는 데 이용된다. 사실상, 근육의 장축에 대한 근섬유의 배열각도가 클수록 힘줄에 가해지는 힘은 작아진다. 이러한 근력의 감소는 깃털 모양 각도의 코사인(cosine) 기능이다. 대부분의 인체 근육은 휴식시 30° 보다 작은 각도의 깃털 모양의 각도를 가진다. 그러므로 힘줄에 작용하는 근력은 최대 13%까지 감소된다($\cos 30^\circ = .87$). 최근의 연구들에 의하면 관절각도가 변하거나 근수축 동안에는 깃털 모양 각도가 더욱 비스듬하게 되어서 힘줄에 가해지는 힘에 영향을 미친다. 이러한 힘줄에 가해지는 힘의 감소는 깃털 모양 근육의 많은 근섬유로 인한 생리적 횡단면적의 증가로 인해 상쇄된다. 깃털 모양으로 인한 힘의 감소에도 불구하고 비복근과 같은 깃털 모양 근육은 힘줄의 부착부위로 많은 양의 힘을 전달할 수 있다.

6) 근육 결합조직

신체의 다른 연부조직과 마찬가지로 근육과 근섬유도 결합조직에 의해 둘러싸여서 지지되고 있다. 개별 근섬유들의 근섬유막(sarcolemma)은 근내막(endomysium)이라는 결합조직으로 싸여 있으며, 근섬유 그룹은 근주막(perimysium)이라는 결합조직으로 덮여 있다. 이러한 근내막과 근주막은 근외막(epimysium)이라는 결합조직 외초(outer connective tissue sheath)로 덮여 있는데 이것은 전체 근육을 감싸고 있다(그림 3-9). 힘줄에서부터 연속된 외부초는 근육의 양끝 뼈에 부착된다. 힘줄은 Sharpey 섬유를 형성하면서 뼈에 부착되고 이것은 골외막(periosteum)과 연결된다.

근육과 연관된 다른 결합조직으로는 근막(fasciae), 건막(aponeurosis) 그리고 초(sheath)의 형태를 한다. 근막은 표층과 심층으로 두 층을 형성한다. 영성한 조직으로 구성된 표층 근막(superficial fasciae) 영역은 진피 바로 아래에 위치한다. 이 영역은 절연체와 같은 역할을 하면서 피부의 가동성을 담당하는 곳으로서 목의 광경근(platysma)과 같은 피부근육을 함유하고 있다. 심부 근막(deep fasciae) 영역은 교양질 섬유가 치밀하고 규칙적으로 배열되어 있다. 심부 근막은 근육과 뼈에 부착하며, 띠(tract or band)와 지대(retinacula)를 형성하기도 한다. 예를 들면 하지의 심부 대퇴근막은 장경인대(iliotibial tract or band)를 형성한다. 이 띠는 하지의 두 근육이 하퇴를 당기는 힘을 전달하는 역할을 한다(그림 3-10). 지대(retinacula)는 근막이 부분적으로 두꺼워진 것으로서 뼈의 양

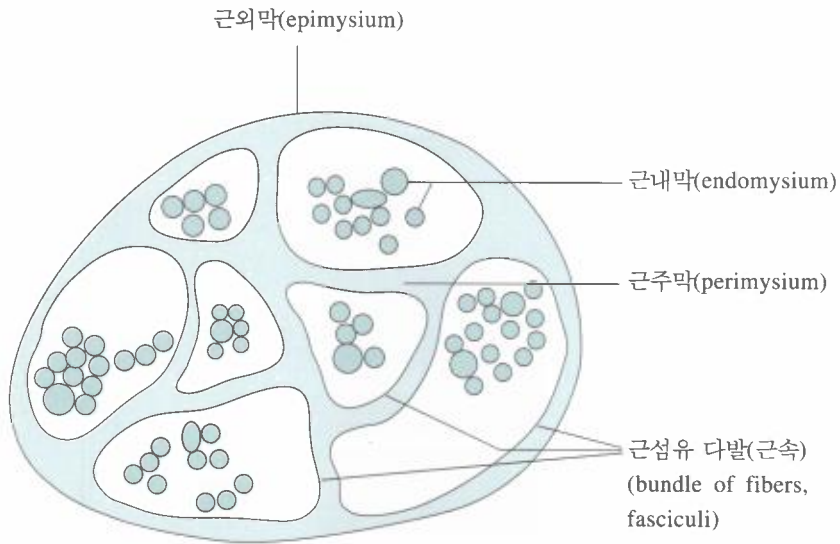


그림 3-9. 근육 결합조직. 근육 결합조직의 단면적을 도식적으로 나타낸 이 그림은 근주막(perimysium)이 근외막의 외부층과 어떻게 연결되어 있는가를 보여주고 있다.

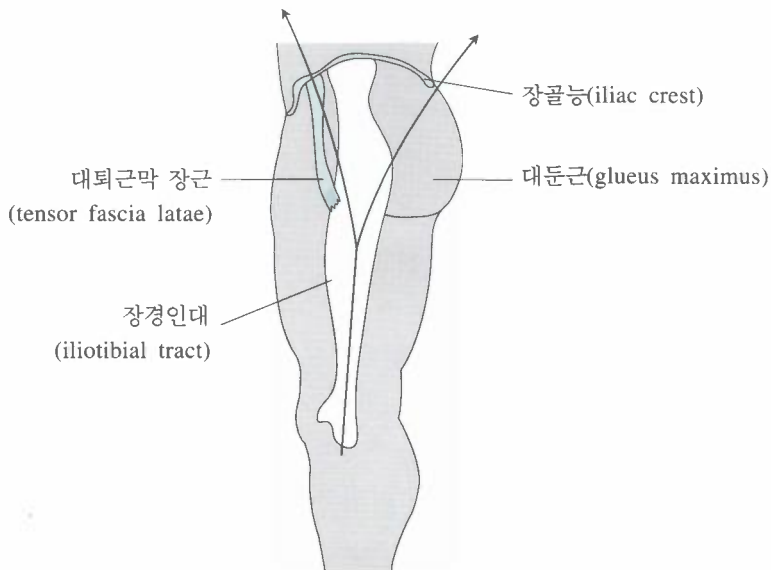


그림 3-10. 장경인대(iliotibial band). 왼쪽 하지의 외측면을 보면 장골능에서 무릎관절의 외측면에서 연결된 깊은 근막성 장경인대가 있다. 오른쪽 화살표는 대둔근의 당김작용을 나타낸 것이고, 왼쪽 화살표는 대퇴근막장근의 당김을 나타낸다.

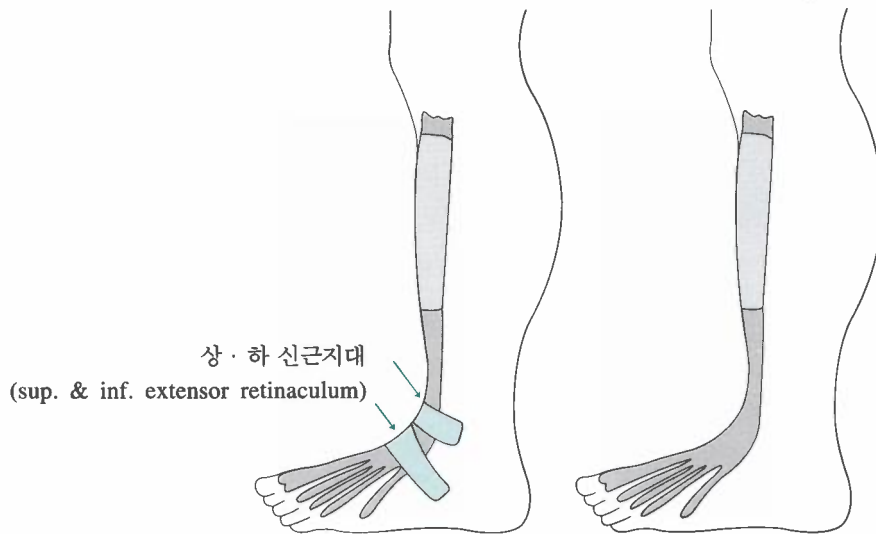


그림 3-11. 지대(retinacula). A. 상·하 지대의 정상위치를 나타내고 있으며 하퇴 신전근의 힘줄이 지나가는 터널을 형성한다. B. 지대가 손상되어 찢어지거나 제거되면 힘줄은 앞쪽으로 이탈하게 된다.

끝에 부착되어 있다(그림 3-11A). 지대에 의해 형성된 터널 또는 뼈섬유성 경로는 근육이 작용하는 동안 힘줄이 제자리에서 이탈하는 것을 방지한다(그림 3-11B). 때때로 심부 근막은 건막과 구별하기가 애매하기도 하다. 주로 건막은 근육, 근막, 뼈, 연골에 직접 또는 간접적으로 부착되어 있으며 흰색의 치밀한 교양질 섬유로 되어 있다. 건막은 부착된 부위로 근육이 발생시킨 힘을 전달하는 역할을 한다.

근육의 모든 결합조직은 서로 연결되어 근육의 수동적 탄력성분으로 구성된다. 근육을 둘러싼 결합조직과 근섬유막, 탄력성 단백질 티틴(titin) 그리고 기타 구조물(즉 신경과 혈관)을 근육의 병렬탄력요소(parallel elastic component)라고 한다. 근육의 길이가 짧아지거나 길어질 때 이 조직들의 길이도 변하는데 이것은 근수축 단위와 평행하기 때문이다. 예를 들면 방추상 근육의 근외막을 이루고 있는 교양질 섬유는 근절이 휴식시에는 느슨하지만 근절의 길이가 늘어나면 이와 함께 팽팽하게 된다. 근외막은 길이가 늘어남에 따라 더 이상 늘어나지 않으려는 저항으로 작용하면서 경직된다. 근외막의 길이 신장에 따른 저항 증가는 근섬유 다발의 과다신장을 방지하며, 힘줄의 장력발생에 기여하기도 한다. 근절이 휴식시 위치보다 짧아질 때 병렬탄력요소 내의 교양질 섬유는 주름을 형성하듯이 느슨해진다. 휴식시 교양질에 있을 수 있는 모든 장력은 근절이 짧아짐에 따라 감소된다. 앞에서 제시한 많은 근육의 탄력요소들에서 나타날 수 있는 수동

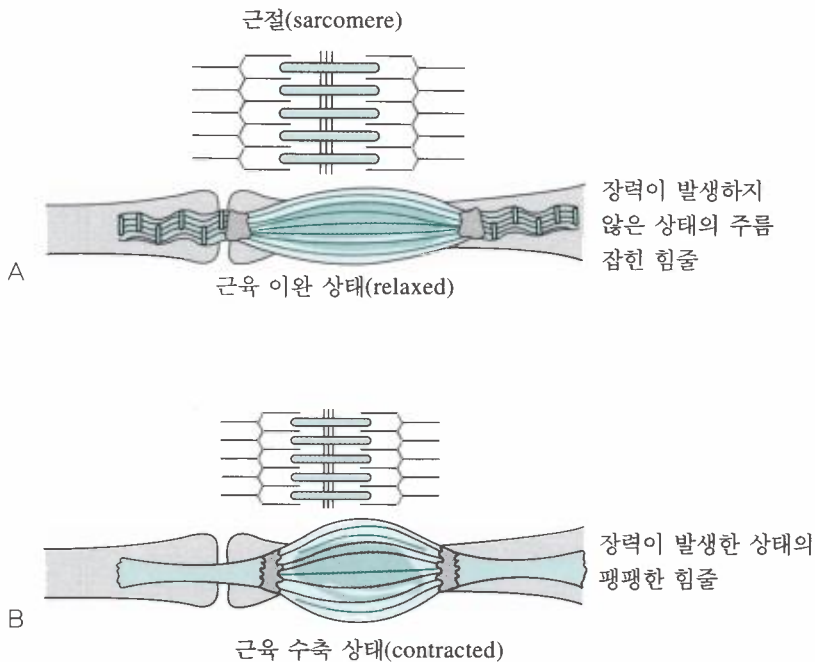


그림 3-12. 연속 탄성 성분(series elastic component). A. 힘줄이 느슨하게 이완된 상태를 나타내고 있다(교양질 섬유에 주름이 형성). 근육그림 위의 근절은 굵은 근세사와 가는 근세사가 약간의 연결교를 형성하면서 최소한의 중첩을 나타내고 있다. B. 능동적으로 단축된 근육 위치에서는 힘줄이 장력 하에 있는 상태로서 주름이 없이 팽팽하다. 근육그림 위의 근절은 근세사의 중첩부분, 즉 연결교가 넓다.

장력의 증가 또는 감소는 전체 근장력에도 영향을 미친다.

근육의 힘줄(tendon)은 수축성 요소의 연속성(series) 기능을 한다고 생각된다. 이것은 근육이 능동적으로 장력을 유발할 때 힘줄도 장력을 받는다는 것을 의미한다. 근육의 수축성분이 능동적으로 수축할 때 힘줄을 당기는 작용을 한다. 이러한 근육의 당김작용이 힘줄을 거쳐 뼈지레에 전달되기 위해서는 느슨한 힘줄을 당기는 데 충분한 힘이 있어야 된다(그림 3-12). 다행히도 힘줄의 탄성(compliance)은 상대적으로 작다(근육의 약 3%). 그러므로 대부분의 근력은 뼈지레를 움직이는 데 이용될 수 있으며 힘줄을 신장시키는 데 낭비되지는 않는다. 힘줄은 근육이 원심성 수축으로 뼈지레의 움직임을 제어하면서 조절할 때에도 장력 하에 있다. 근육이 완전히 이완된 상태거나 상대적으로 짧은 위치에 있을 때에만 힘줄이 받는 장력은 감소한다.

2. 근육의 기능

1) 근장력 (Muscle tension)

근육의 가장 중요한 특성은 장력을 발생시키고 뼈지레에 힘을 작용시킬 수 있는 능력이다. 장력은 능동과 수동으로 구분하며 전체장력은 능동과 수동성분을 합한 것을 말한다. 전체장력은 벡터양으로서 ① 크기, ② 두 개의 작용점(근위와 원위 근육부착점), ③ 작용선, ④ 당김방향을 가진다. 작용점, 작용선, 당김방향은 근력을 구성하는 주된 요인이지만 이후부터는 근력 또는 전체 근장력이라고 불리는 것의 구성성분을 결정하는 요인에 대해서 논하고자 한다.

(1) 수동장력

수동장력이란 근육의 비수축성 성분에서 발생시킨 장력을 말한다. 병렬탄성성분(parallel elastic component)의 수동장력은 조직의 느슨한 길이를 넘어서까지 길어진 근육에 의해서 발생한다. 병렬탄성요소에서의 수동장력은 근육이 신장되거나 느슨하게 되었을 때 근육이 발생한 능동장력을 포함하기도 하지만 근육이 단축되었을 때에는 전체 장력에 영향을 미치지 않는다. 근육이 능동적 수축을 하는 동안 발생한 전체 장력은 비수축성(수동) 장력에 수축성(능동) 장력을 합한 것이다.

(2) 능동장력

능동장력이란 근육의 수축성 성분에서 발생시킨 장력을 말한다. 근육의 능동장력은 연결교의 형성과 굵은 근세사와 가는 근세사의 운동으로 시작된다. 근육이 발생시킬 수 있는 능동장력의 양은 근육의 신경학적 요인과 기계적 특성에 따라 달라진다. 능동장력의 양을 조절할 수 있는 신경학적 요인들에는 발화된 운동단위의 주기, 수, 크기가 포함된다. 능동장력을 결정하는 기계적인 특성으로는 등척성 길이-장력관계와 힘-속도관계가 있다.

(3) 등척성 길이-장력관계

근육생리에서 가장 근본적인 개념 중의 하나로서 근섬유의 등척성 장력발생과 근절의 길이와의 직접적인 관계이다. 이 관계의 규명은 근수축의 활주설(sliding filament theory)을 지지하는 중요한 증거이다. 등척성 근절 길이-장력관계는 실험적으로 통제된 상황 하에서 단일 근섬유를 통한 실험을 통해서 결정되었다. 최대 등척성 장력을 발생시킬 수 있는 가장 적절한 근절의 길이가 있다(그림 3-13). 근섬유는 가장 적절한 근절

의 길이에서 최대 등척성 장력을 발생시키는데, 이는 굵은 근세사와 가는 근세사가 근절 내에서 연결교를 최대로 많이 만들 수 있도록 위치하기 때문이다. 적절한 길이에서 길어지거나 짧아진 근섬유는 자극에 대한 능동장력의 발생능력이 감소한다(그림 3-13). 근섬유가 적절한 길이를 넘어서 길어지면 굵은 근세사와 가는 근세사 사이의 중첩이 작아져서 연결교의 형성이 적어진다. 하지만 근육이 신장되면 병렬요소에 의한 수동탄력성 장력은 증가한다. 이러한 수동장력은 능동장력에 더해져서 전체 장력을 나타낸다(그림 3-13).

근육이 적절한 근절의 길이에서 짧아졌을 때에도 등척성 장력이 감소한다. 근절이 짧아지면 Z밴드 사이의 길이가 감소하며 근세사끼리 서로 맞물리게 한다. 이러한 굵고 가는 근세사들끼리의 맞물림은 마이오신 분자의 연결교 형성을 방해해서 능동장력을 감소시킨다. 근섬유가 최대장력을 발생시킬 수 있는 근절의 길이범위는 매우 작아서 적절한 길이 주변의 $0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 전후이다.

근육의 길이-장력관계에 대한 실제적인 예로서 손가락굴곡근은 손목, 수근중수관절, 중수지절관절 및 지절간관절을 지난다. 만약 손가락굴곡근이 짧아지면 이 근육이 지나가는 모든 관절들이 동시에 굴곡될 것이다. 이 근육이 지나가는 모든 관절이 동시에 굴곡되면 손가락굴곡근은 짧아져서 장력을 발생시키는데 장애가 생긴다(그림 3-14A). 이렇

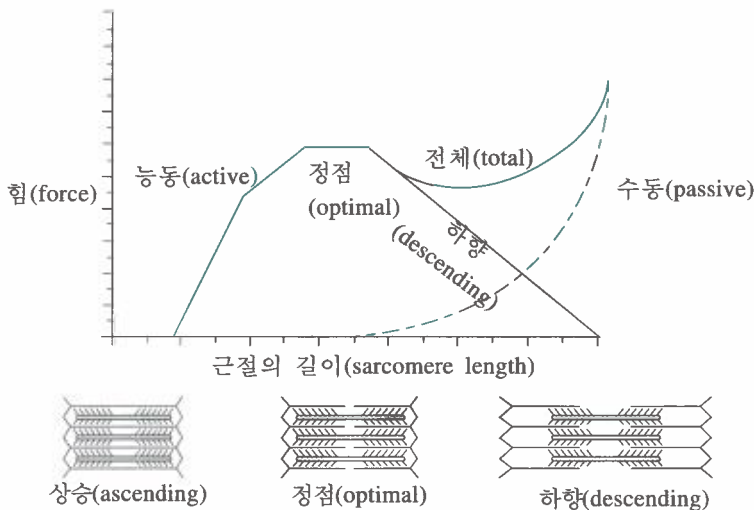


그림 3-13. 골격근 근절의 길이-장력관계. 능동, 수동, 전체 곡선을 보여준다. 최대능동장력이 발생된 능동곡선의 정점부분은 근절길이임을 나타낸다. 등척성 장력은 근길이가 길어짐에 따라 감소하는데 이것은 연결교의 수가 적기 때문이다. 근길이가 짧아짐에 따라 장력은 감소하는데 이것은 가는 근세사의 맞물림 때문이다. 근신장에 따른 수동장력의 증가는 점선으로 나타내었다. 수동장력과 능동장력의 합은 근섬유의 전체 창력이다.

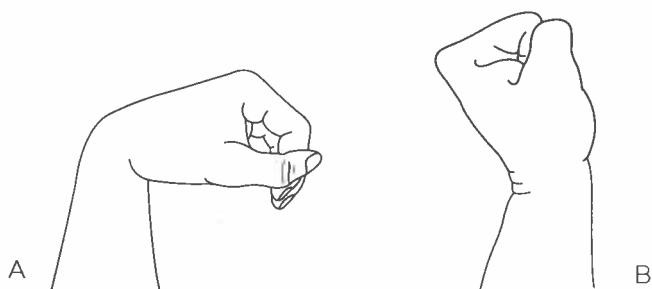


그림 3-14. 근단축으로 인한 능동장력의 감소. A. 그림과 같은 상태에서 주먹을 쥐려고 하면 손가락은 굴곡근이 손목과 손가락 부분에서 짧아져서 힘들다. 또한 손가락 신전근도 과도하게 길어져서 동작을 제한하게 된다. B. 굴곡근과 신전근의 길이-장력관계는 손목이 약간 신전된 위치에서의 안정성으로 인해 향상된다.

게 의도한 동작을 일으키는 주동근의 길이가 부적절하여 정상적인 장력발생 능력에 손상이 가해진 상태를 능동불충분(active insufficiency)이라고 한다. 정상적인 손가락 굴곡근의 수축은 수근관절신전근에 의해 수근관절이 약간 신전된 상태에서 일어나는 것이 장력발생에 유리하다. 손목신전근이 손가락굴곡근의 작용에 의한 손목굴곡이 되지 않게 하여 적절한 근길이를 유지하게 된다(그림 3-14B).

* 근절의 길이-장력관계에서 반드시 알아야 할 것은, 이 관계는 등척성 수축을 통해서 측정된 것으로서 엄밀히 말하면 등척성 수축에만 적용되어야 한다. 또한 근절의 신장과 단축에 대한 전범위는 실험적으로 사용된 단일 근육에서만 가능하다. 근절의 길이는 근육이 발생시키는 장력에 영향을 미치는 동적 수축(구심성, 원심성 수축)을 하는 동안 확연히 변한다. 하지만 동적 수축을 하는 동안의 길이-장력관계는 길이뿐만 아니라 속도가 근장력에 미치는 영향을 측정하기 위하여 힘-속도관계를 반드시 함께 고려해야 한다.

(4) 힘-속도관계

근육이 발생시키는 장력에 영향을 미치는 또 다른 요인 중의 하나로서 근세사의 내부 단축속도가 있다. 내부 단축속도란 근세사들끼리 서로 미끄러져 중첩이 되면서 연결교를 형성했다가 재형성하는 비율을 말한다. 힘-속도관계는 근수축 속도와 발생된 힘과의 관계를 설명하는 것으로서 구심성과 원심성 수축 동안 발생하는 여러 가지를 설명할 수 있다. 실험을 위해서 적출된 근육을 통해 힘-속도관계를 알아본 바로서 근수축 속도는 가해진 부하를 이기고 들어올릴 수 있는 기능이지만 임상적 견지로는 반대로 설명할 수도 있다(힘의 발생은 근수축 속도의 기능이다(그림 3-15)). 최대 내부 단축속도는 근섬유가

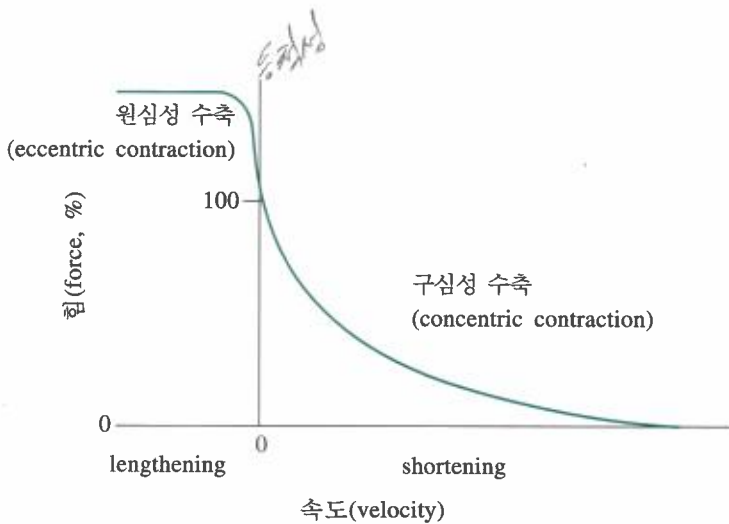


그림 3-15. 골격근의 힘-속도(force-velocity) 곡선. 최대단축속도에서는 힘이 발생하지 않는다(다시 말하자면 최대단축속도는 근육에 가해지는 부하가 없을 때 나타난다). 단축속도가 감소함에 따라 근육이 발생시킬 수 있는 힘은 증가한다. 단축속도가 0이면 등척성 수축을 한다는 것을 의미한다. 근육이 능동적으로 길어질 때 힘은 급격하게 증가하여 정점을 이룬다.

뼈지레의 부착점에서 분리되었을 때와 같이 근세사의 미끄러짐을 방해하는 저항이 작용하지 않을 때 발생한다. 그러나 이런 경우에는 저항이 없기 때문에 장력도 발생하지 않는다. 바꾸어 말하자면 등척성 수축의 경우와 같이 뼈지레의 운동을 방해하는 저항이 가시적인 근육의 단축을 방해할 때 장력은 발생한다. 구심성 수축에서 단축속도가 감소하면 근육의 장력은 증가한다. 등척성 수축에서는 단축속도가 0이며 구심성 수축보다 장력의 발생이 크다. 원심성 수축에서는 근육의 늘어나는 속도가 증가하면 장력은 더욱 증가한다. 이러한 관계는 실험을 위해서 적출된 근육에 부하를 가했을 때에만 보이는 관계가 아니라 뼈지레를 움직이는 정상근육에서도 어느 정도 나타난다.

앞서 언급을 하였지만 동적수축 동안에 길이-장력관계는 반드시 힘-속도관계와 함께 고려되어야 한다. 왜냐하면 근절의 길이뿐만 아니라 수축속도 또한 근장력의 발생에 주된 영향을 미치기 때문이다. 근장력의 발생에 대해서 등척성 길이-장력관계만으로 간단히 설명해서는 안된다. 예를 들면 빠른 단축속도는 근절의 길이와는 무관하게 근장력이 작게 발생한다. 대부분의 인체운동은 일정한 수축속도로 발생하지는 않으며, 힘은 변화된 속도와 변화된 근절길이에 따라서 다양하게 변하기 때문에 사실상 복잡하다. 요약해 보면 근육의 능동장력은 다음의 요인들에 의해서 조절될 수 있다.

- 장력은 운동단위의 발화빈도가 증가하거나 발화된 운동단위의 수가 증가함에 따라 많이 발생된다.

- 장력은 많은 근섬유의 수가 많은 운동단위의 점증됨으로 인해 증가한다.
- 연결교의 수가 증가할수록 장력은 증가한다.
- 생리적 횡단면적이 큰 근육은 작은 근육에 비해서 장력의 발생이 크다.
- 구심성 수축(active shortening) 속도가 느릴수록, 원심성 수축(active lengthening) 속도가 빠를수록 장력의 발생은 증가한다.

길이-장력관계와 힘-속도관계라는 중요한 두 가지 근육의 기계적 특성에 대한 기본적인 이해를 통해서 임상적인 상황에 적용할 수 있다.

(5) 근작용의 유형

근육의 작용(수축)은 등척성 수축(일정한 길이) 및 구심성 수축(짧아짐 수축)과 원심성 수축(늘어남 수축)으로 구성된 동적수축으로 설명된다. 등장성 수축(isotonic contraction)이란 용어는 생리적으로 불가능한(unphysiologic) 일정한 장력을 뜻하기 때문에 여기에서는 사용하지 않겠다. 근육에서 발생하는 장력은 일정하게 조절되거나 유지되지 못한다. 그러므로 근작용의 유형은 등척성, 구심성, 원심성으로 구분하기로 한다. 다른 두 가지의 근작용 유형으로서 등속성(isokinetic)과 등관성(isoinertial)이 있는데 뒤에서 언급 하겠다.

앞서 구심성, 등척성, 원심성 근수축에 대해서는 근절의 수준에서 일어나는 운동으로 언급하였다. 뼈에 부착된 근육이 부하를 충분히 이길 만큼 힘을 발생시켜 움직임이 유발될 때 구심성 수축(concentric contraction)이 일어나서 근육이 부착된 뼈의 양끝이 근육의 중심부로 당긴다(그림 3-16). 주로 기능적인 동작을 하는 동안에는 근육의 한쪽 부착부위는 고정점 역할을 하게 되고, 다른 한쪽은 자유롭게 움직이게 된다. 근위부가 고정이 되고 원위부가 움직이게 되면 근작용은 원위 뼈성분을 당기게 된다(그림 3-17A). 반면에 원위부가 고정이 되고 근위부가 움직이게 되면 근위부의 부착부위가 원위

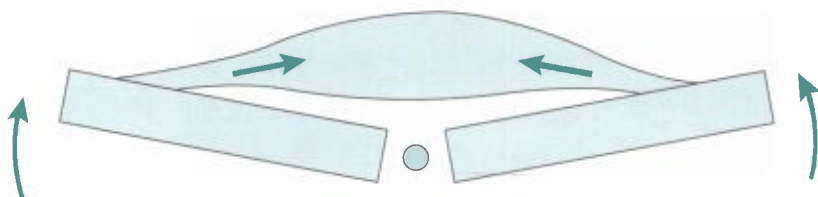


그림 3-16. 구심성 근수축(concentric contraction). 근육이 장력을 발생시키면 양쪽의 뼈 부착부위를 당기는 작용을 한다.

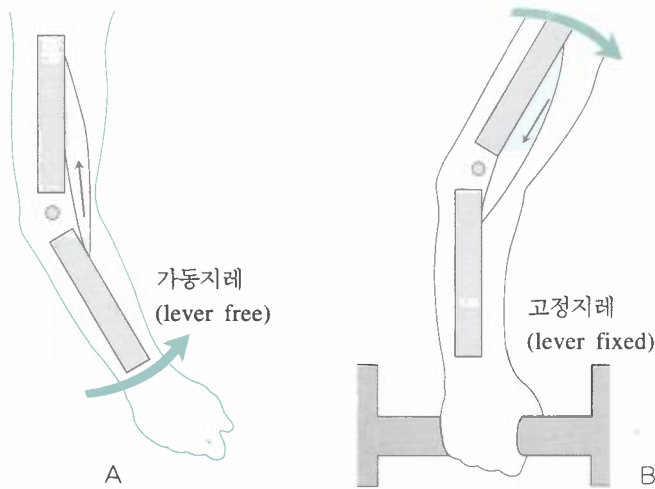


그림 3-17. 구심성 수축의 정상작용과 반대작용. A. 근위의 뼈지레가 고정되고 근력 토크가 중력저항을 극복할 정도로 발생하면 가동성 원위 뼈지레의 움직임이 일어난다. B. 역작용에서는 원위 뼈지레가 고정될 때 근위 뼈지레의 움직임이 일어난다.

부쪽으로 당기게 될 것이다.

구심성 수축을 하는 동안 근육에 의해서 수행되는 일(work)은 근육이 당기는 방향으로 어느 정도의 길이만큼 뼈지레를 움직인다. 일에 대한 공식은

$$W = F \times d (W : \text{일}, F : \text{힘}, d : \text{거리})$$

원위부와 근위부의 근육부착부가 고정이 되고 근육이 발생시킨 힘이 저항이 가진 힘과 동일할 때 근원섬유의 수준에서는 단축이 일어났지만 가시적인 근육길이의 변화는 없다. 관절각도의 가시적인 변화가 없을 때의 근육작용을 등척성 수축(isometric contraction)이라고 한다(그림 3-18). 등척성 수축은 근육이 발생시킨 힘(F)으로 지레를 이동시킨 거리(d)가 없으므로 기계적인 일은 수행하지 않은 것이다. 등척성 수축은 양쪽 뼈지레가 고정되어 수축하는 동안 움직임이 없기 때문에 움직인 거리는 0이다. 하지만 연결교를 형성하기 위해서 에너지는 소모된다.

근육이 발생시킨 힘과 합성력이 지레에 가해진 저항력을 상쇄시키지 못할 때 근육은 원심성 수축(eccentric contraction)을 일으킨다. 원심성 수축은 근육의 당김 방향과 반대로 움직이려는 뼈지레의 움직임을 조절하는 제어기와 같은 작용을 한다. 컵을 든 손이 얼굴에서 테이블로 움직일 때 주관절 굴곡근은 중력으로 인한 손의 움직임을 조절하기 위하여 원심성 수축작용을 한다(그림 3-19). 이때 근육은 중력에 대한 저항으로 작용하

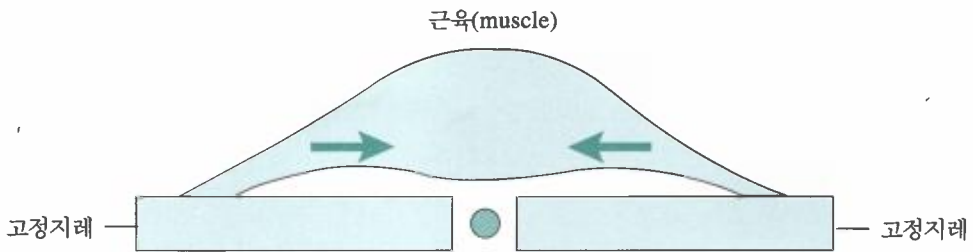


그림 3-18. 등척성 수축(isometric contraction). 근위와 원위 뼈지레 양쪽 모두 고정되어 근육의 능동 장력이 발생하더라도 가시적인 동작이 일어나지 않는다.

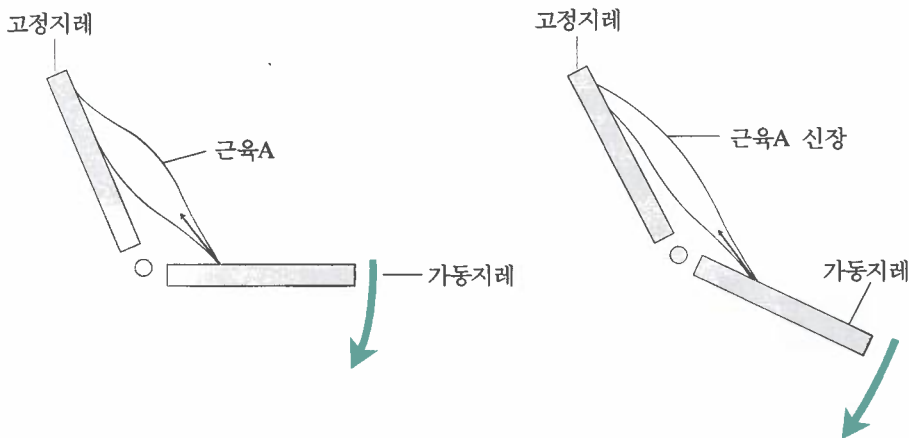


그림 3-19. 원심성 수축. 능동장력이 계속적으로 유지되는 동안 근육이 늘어난다.

며 팔꿈치 관절을 중심으로 움직이는 전완/손은 2형 지렛대를 형성한다. 구심성 근육작용과 마찬가지로 원심성 근육작용도 원위부나 근위부 모두 움직임을 일으킬 수 있다. 원심성 수축 동안에 행해진 기계적 일은 근육에 가해진 근육이 지 근육에 의한 일이 아니기 때문에 음의 일이라고 불린다. 원심성 수축은 동일한 크기의 부하가 적용된 구심성 수축에 비해서 에너지가 적게 소모되는데 이것은 구심성 수축에 비해서 원심성 수축 시에 활성화되는 운동단위의 수가 적기 때문이다.

근육이 발생시키는 장력의 양은 근수축 유형에 따라서 달라진다. 등척성 수축은 구심성 수축보다 장력을 많이 발생시킨다. 일반적으로 원심성 수축으로 인한 장력은 등척성 수축의 장력보다 크다. 하지만 이러한 관계가 모든 근육의 전체 가동범위에서 적용되는 것은 아니다. 구심성 수축이 원심성 수축에 비해서 장력의 발생이 많은 부분적인 요인으로서 연결교가 부착되고 분리되는 기계적 요인이나 근신경 활성화의 변화가 있다.

장력의 크기

원심성 > 등척성 > 구심성

(6) 조절된 상황 하에서의 근작용(등속성 운동과 검사)

과학기술의 진보와 더불어 근육기능에 영향을 미치는 여러 변수들을 조작하고 조절할 수 있는 운동 및 검사 도구가 개발되었다. 등속성 운동과 검사 및 등속성 근수축은 뼈성분의 각속도가 미리 설정되어 관절가동범위의 전체에 걸쳐 일정하게 유지된다. '등속성 수축'의 개념은 근수축의 한 유형이라기보다는 외부장치에 의해 조절되는 근수축 방식이라고 할 수 있다. 일정한 속도를 유지하기 위해서는 등속성 기계에 의해서 발생된 저항이 모든 가동범위에서의 근육토크와 직접적으로 비례해야 한다. 그러므로 근육이 발생시킨 토크가 증가하면 저항도 비례적으로 증가해야 한다. 저항은 Biodex, Cybex, KINCOM, Orthotron 등과 같은 등속성 기계에 의해 조절된다.

인체 기능을 평가해 본 경험이 많은 치료사는 뼈지레의 각속도를 자신의 손으로 조절하기 위하여 환자의 가동범위 전반에 걸쳐 근육이 발생하는 토크에 비례하는 저항을 적용한다. 도수근력검사에서 평가자는 평가를 받는 대상자의 가동범위 전반에 걸쳐 구심성 근수축에 대한 도수저항을 적용한다. 평가자에 의해 적용된 저항은 전체 가동범위의 각 지점에서 근육이 발생시킨 토크와 비례해서 일정하게 적용되어야 한다. 만약 평가자가 대상자의 토크 출력과 동일한 저항을 성공적으로 적용하였다면 일정한 각속도로 가동범위운동이 일어날 것이다. 하지만 평가자의 손으로 조절된 각속도와 저항은 등속성 기계에 의해 적용된 일정함에는 미치지 못한다. 더구나 도수저항은 기계저항과는 달리 정량화하지 못하는 단점이 있다.

등속성 운동의 장점으로는 가동범위운동을 하는 동안 근육이 발생시킨 토크의 변화를 조절할 수 있다는 것이다. 기계가 설정한 속도에 맞게 운동을 하면 등속성 도구는 모든 가동범위지점에서 근육이 발생시킨 토크에 비례한 저항을 적용할 수 있다. 예를 들어 등속성 도구를 이용한 가동범위운동을 할때 최소의 토크를 발생시키는 지점에서는 이에 비례한 최소의 저항이 적용되며, 최대의 토크를 발생시키는 지점에서는 최대의 저항이 적용된다.

빠른 각속도의 구심성 수축으로 얻어진 최대 등속성 토크는 느린 각속도에 의한 최대 등속성 토크보다 적다. 이러한 수축속도의 증가에 따른 각속도의 감소는 근육의 힘-속도 관계에 의한 결과라고 생각된다. 사실상 등척성 토크는 등속성 구심성 토크보다 크다. 그러므로 구심성 등속성 수축의 각속도가 0에 가까울수록 등속성 토크는 커진다.

등속성 도구는 근육이 상이한 수축속도에서 발생시킬 수 있는 토크의 크기를 측정하거나 근력훈련 또는 한 근육군과 다른 근육군의 근력을 비교하는데 널리 이용된다. 어떤 등속성 도구는 원심성 근육토크를 검사하기도 한다. 물건을 들어 올리는 동안 등근육과 팔근육의 강도를 등척성 검사와 등속성 검사로 비교해보면 물건을 들어올리는 가

동범위의 전반에 걸쳐 근육의 최대 등척성 강도와 최대 등속성 강도 사이에는 유의한 차이가 있다. 등척성 강도가 등속성 구심성 강도에 비해 확연히 높게 나타나며, 구심성 등속성 강도는 물건을 들어올리는 속도가 증가할수록 작아지는 경향이 있다. 직업상 물건을 들어올리는 동작을 하는 경우에는 움직임의 속도가 일정한 등속성이기 못하므로 물건 들어올리기와 같은 작업에 대한 등속성 검사와 운동은 부적절할 수도 있다. 하지만 이 분야는 최근에 집중적인 연구가 진행되고 있다. 최근의 한 연구에 의하면 등속성 검사와 운동은 기능적 과제를 수행하는데 특이한 점이 있으며 기능적 활동의 훈련효과가 뛰어나다고 하고 있지만 그렇지 않은 연구결과도 있다.

(7) 능동 근장력에 영향을 미치는 요인

능동장력은 전체 장력의 한 부분이며, 전체 장력은 근육의 빠지레를 움직이는 능력 중의 한 성분이다. 능동장력은 전체 장력의 성분 중에서 가장 중요한 변수이다.

근육이 얼마나 빨리 최대장력을 발생시키는가는 다음의 요인들에 의해서 영향을 받는다.

- 운동단위의 점증순서: 느린 전도속도를 가진 운동단위가 일차적으로 점증된다.
- 운동단위의 근섬유 유형: II 형 근섬유를 가진 운동단위는 I 형 근섬유를 가진 운동단위보다 빨리 최대장력을 발생시킨다: 연결교의 형성, 파괴, 재형성의 비율은 다양하다.
- 근섬유의 길이: 긴 섬유는 짧은 섬유에 비해서 단축속도가 빠르다.

능동장력의 양은 다음의 요인에 의해 영향을 받는다.

- 운동단위의 크기: 운동단위가 클수록 장력발생이 크다.
- 근육의 횡단면에서 근섬유의 수와 크기: 발화된 운동단위가 많을수록 장력이 크다.
- 운동단위의 발화주기: 운동단위의 발화주기가 높을수록 장력이 크다.
- 근질의 길이: 적절한 길이에 가까울수록 등척성 장력은 크다.
- 섬유배열: 깃털 모양 섬유배열은 근섬유의 수가 많아서 평행배열 근육보다 장력이 크다.
- 근수축 유형: 등척성 수축은 구심성 수축보다 장력이 크며, 원심성 수축은 등척성 수축보다 장력이 크다.
- 속도: 구심성 수축에서 단축속도가 증가할수록 장력의 발생은 감소한다. 능동적 신장수축속도가 증가할수록 장력은 증가한다.

3. 근육의 구분

근육의 이름은 그 근육의 모양(능형근, 삼각근)이나 위치(대퇴이두근, 전경골근)에 의하거나 위치와 기능이 조합된 이름(장지굴근 또는 단무지굴근)도 있다. 근육군은 근육이 수행하는 작용 또는 특정한 동작을 하는 동안의 역할에 따라서 범주화된다. 근육을 작용 중심으로 범주화했을 때 관절을 굴곡시키는 근육군을 굴곡근(flexor)이라고 한다. 또한 신전과 회전을 유발하는 근육을 각각 신전근(extensor)과 회전근(rotator)이라고 한다. 근육을 역할(role)에 따라 범주화하면 어떤 동작을 하는 동안 특정한 역할을 나타내는 용어로서 표현한다. 역할을 지칭하는 용어는 그 근육이 수행하는 동작(굴곡, 신전)에 의하지 않고 근육이 수행하는 역할에 따른다.

주동근(prime mover, agonist)이란 용어는 움직이고자 하는 동작을 유발하는 근육을 명명한다. 굴곡을 할 때 굴곡근이 주동근이 되며 이와는 반대동작을 하는 근육(신전근)을 길항근(antagonist)이라고 한다. 길항근은 주동근이 작용할 때 반대되는 작용을 하지 않지만 잠재적으로 반대동작을 할 수 있는 특성이 있다.

주동근이 동작을 하고자 할 때 길항근은 억제된다(상호억제: reciprocal inhibition). 만약 주동근이 작용할 때 길항근이 동시에 수축하면 동시수축(co-contraction)이 발생한다 (그림 3-20). 관절 주변근육의 동시수축은 관절의 안정성에 도움이 되기도 한다. 근기능 조절에 영향을 미치는 장애가 있을 때 나타나는 불수의적 동시수축은 의도한 운동을 방해하는 경우도 있다.

주동근의 동작을 돕는 근육을 협력근(synergist)이라고 한다. 협력근은 주동근의 동작시에 직접적으로 도움을 주거나 간접적으로 특정 부분을 고정하거나 불필요한 동작을 방지하는 역할을 한다. 때때로 두 근육의 협력작용이 순수동작을 유발할 때도 있는데,

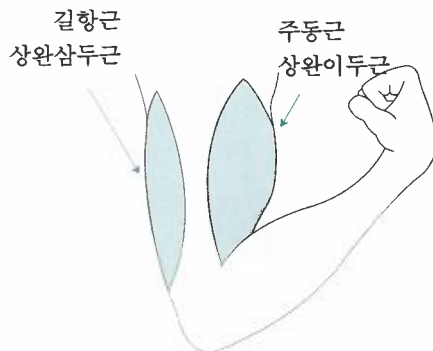


그림 3-20. 주동근과 길항근의 동시수축

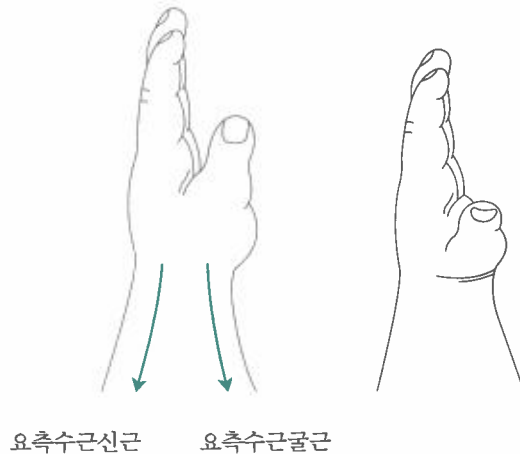


그림 3-21. 협력성 근활동(synergistic muscle activity). 요척수근굴근과 요척수근신근이 함께 작용하면 손목관절의 요측편위를 유발한다.

예를 들면 손목의 요측편위(외전)가 그 예이다. 손목의 요측 굴곡근인 요척수근굴근(flexor carpi radialis)은 단독으로 작용하여 손목굴곡과 요측편위를 유발한다. 손목의 요측 신전근인 단/장요척수근신근(extensor carpi radialis brevis/longus)은 단독으로 작용하여 손목신전과 요측편위를 유발한다. 손목신전근과 굴곡근이 함께 작용하면 굴곡근의 굴곡작용은 신전근의 작용에 의해 중화되어서 결과적으로 손목의 요측편위를 유발하는 주동근 역할을 한다(그림 3-21). 이 예에서 나타난 요측편위에 대한 길항근은 손목의 척골측에 있는 손목굴곡근과 신전근이 된다(척측수근신근(extensor carpi ulnaris)과 척측수근굴근(flexor carpi ulnaris)).

근육들을 굴곡근과 신전근 및 주동근과 길항근 등의 용어를 사용하여 기능적으로 범주화함으로써 많은 근육들을 설명하고 그 동작을 기술하는데 도움이 된다. 하지만 근육은 역할이 변할 수 있다. 이러한 역할의 확연한 변화에도 불구하고 비슷한 기능을 하는 근육들은 외형도 유사한 특성을 가지고 있다. 그 이유는 근육의 외형이 잠재적인 근력과 근수축 속도를 결정하는 중요한 요인이 되기 때문인 것으로 생각된다. 하지만 이러한 사실은 최근에 되어서야 몇몇 연구에 의해서 기능적 근육군이 비슷한 외형을 하고 있다고 밝혀졌다. 동물과 사람을 이용한 연구들에서 이 예들을 볼 수 있다. 하지의 슬관절 신전근들은 근섬유의 길이가 길고 생리적 횡단면적이 작은 슬관절 굴곡근에 비해서 근섬유의 길이가 짧고 생리적 횡단면적이 크다. 발목관절의 저측굴곡근은 근섬유의 길이가 짧고 생리적 횡단면적이 큰 반면에 배측굴곡근은 근섬유의 길이가 길고 생리적 횡단면적이 작다. 상지에서 보면 손가락굴곡근은 긴 근섬유와 큰 생리적 횡단면적을 가

지고 있어서 짧은 근섬유와 작은 횡단면적의 손가락신전근과는 반대이다.

관절을 지나는 근육의 주행방향 또한 근육을 세분하여 그룹화하는데 이용된다. 근육의 모멘트 팔(moment arm, MA) 길이는 근섬유의 길이와 함께 관절토크를 결정하고, 관절가동범위를 결정하는데 중요한 요소가 된다. 근섬유의 길이에 대한 모멘트 팔에 대한 비율은 관절토크와 관절가동범위를 결정하는데 어떠한 요인이 중요한 역할을 하는가를 밝히는 방법이다. 예를 들면 근섬유 길이에 대한 모멘트 팔의 비율이 높은 손목신전근은 손목굴곡근에 비해서 근섬유의 길이가 모멘트 팔보다 관절토크와 관절가동범위를 결정하는데 보다 중요한 역할을 한다.

비록 골격근이 일반적으로 기본 구조를 가지고 있다고는 하지만 근섬유의 수, 크기, 배열 그리고 유형에 따라서 근육 간에 다양한 차이를 보인다. 그러므로 근육을 단지 몇몇 그룹으로 세분화하려는 시도는 부적절하다. 근육작용을 설명하는 보다 적절한 방법으로 특정한 운동과제를 함께 수행하는 근육그룹보다는 운동단위의 구성요소들에 대한 근거에 기초하여 운동단위 개념을 이용할 수 있다. 하지만 운동단위의 세분화를 널리 이용하거나 받아들이기에 앞서 이 분야에 대한 보다 많은 연구가 선행되어야 할 것이다.

4. 근육의 기능에 영향을 미치는 기타 요인

근육의 기능에 영향을 미치는 많은 요인들에 대해서 앞서 언급하였는데 이것들 이외에도 다음과 같은 요인들이 고려되어야 한다.

- 관절의 유형과 근육의 부착위치(types of joints and location of muscle attachments)
- 근육이 가로지르는 관절의 수(number of joints)
- 수동불충분(passive insufficiency)
- 감각수용기(sensory receptors)

1) 관절의 유형과 근육의 부착위치

관절은 그 구조와 유형에 따라서 근육이 수행하는 동작의 유형(굴곡과 신전)과 관절가동범위 등의 기능에 영향을 미친다. 근육이 유발하는 관절의 동작은 그 근육의 위치와 작용선에 의해 결정된다. 일반적으로 상지관절, 체간의 관절, 고관절 등의 앞쪽을 지나는 근육들은 굴곡근이며, 이 관절들의 뒤쪽을 지나는 근육들은 신전근들이다.

바깥쪽과 안쪽에 위치하는 근육들은 각각 외전근과 내전근으로 작용하면서 회전근으로 이용되기도 한다. 원위부착부가 관절축에 가까이 위치하는 근육(분출형 근육, spurt muscle)은 주로 큰 가동범위를 나타낸다. 반면에 원위부착부가 관절축에 멀리 위치하는

힘 : 무항력 > 복굴력
속도 : 복굴력 > 무항력

상완요골근과 같은 근육(무항력 근육, shunt muscle)은 대부분의 힘이 관절면을 압박하는 방향으로 작용하기 때문에 관절의 안정을 위해서 작용한다. 전체 관절가동범위에서 근력의 회전성분과 압박성분은 변하므로 관절의 안정성도 따라서 변하게 된다. 근육의 압박성분이 가장 큰 시점에서 관절 안정성이 최대가 된다.

관절에 작용하는 특정 근육군은 동일관절에 작용하는 다른 근육군보다 많은 토크를 발생시킬 수 있다. 주동근-길항근의 비율이 비정상화되면 근육 불균형을 유발하여 관절 손상의 위험성이 높아지게 된다. 정상관절의 주동근-길항근 강도 비율은 관절 손상에 대한 치료계획을 수립하는데 기초가 된다. 예를 들면 견관절이 손상되면 손상전의 관절 상태인 굴곡근-신전근 강도의 비율을 같게 하는 것이 치료목표가 된다.

2) 관절의 수

많은 기능적 운동들은 하나 또는 다수의 관절을 지나는 근육들의 조합에 의해 조절된 관절들의 협응된 운동을 통해서 이루어진다. 의미있는 움직임을 하기 위해서는 특정 과제를 수행하기 위해 필요한 근력을 최소화하기 위한 움직임의 조절되어야 하며(최소 운동단위활동) 이로 인해 근피로를 최소화한다. 이러한 운동조절 전략은 운동을 효율적으로 수행하기 위한 것이다.

효율적인 운동 패턴을 위해서는 단일관절근육과 다관절근육의 조화된 노력이 있어야 한다. 근육이 지나는 관절의 수는 그 근육의 기능에 영향을 미친다. 단일관절근육은 주로 구심성 수축과 등척성 수축을 위한 힘을 유발하기 위하여 점증된다. 이러한 점증방식은 한 관절에서 간단한 운동을 수행할 때 주로 보이지만 다관절에서의 운동시에도 이용된다. 반면에 다관절근육은 동적운동을 하는 동안에 토크의 섬세한 조절을 위해서 점증되는 경향이 있는데 구심성 근수축보다는 원심성 근수축시에 더욱 그러하다. 다관절근육은 많은 축을 중심으로 보다 복잡한 동작을 하는 동안 점증되는 경향이 있다. 예를 들면 전완의 회외를 겸한 주관절 굴곡운동은 상완이두근(다관절근육)이 이용되는데 상완근(단관절근육)의 보조를 받는다. 이것은 요골이 상완이두근에 부착되어서 회외 작용을 하는 반면에 상완근은 척골에 부착되어서 주관절의 굴곡작용을 한다. 단일관절운동을 위해서는 단관절근육이 점증되는데, 이는 다관절근육의 점증은 근육이 지나는 다른 관절에서 발생하는 동작을 방지하기 위하여 부가적인 근육이나 운동단위의 이용이 필요하기 때문이다. 예를 들면, 전완의 회내상태에서 주관절의 굴곡은 상완이두근이 아닌 상완근이 주동근으로 작용한다.

다관절근육은 이 근육이 지나지 않는 관절의 운동을 보조하는 방식으로 단관절과 다관절근육이 함께 작용하기도 한다. 예를 들어 의자에서 서기 동작에는 슬관절과 고관절

의 신전이 필요하다. 고관절의 신전은 단관절 신전근(대둔근)과 다관절 신전근(슬관절)의 활성화가 있어야 한다. 이와 동시에 슬관절의 신전은 단관절 신전근(내·외·중간광근)과 다관절 신전근(대퇴직근)이 활성화되어야 한다. 여기에서 볼 수 있는 흥미있는 현상은 의자에서 일어서는 동작에는 슬관절의 단관절 신전근이 고관절 신전을 보조한다는 것이다.

3) 수동불충분

테이블 위에 주관절이 있고 전완이 테이블에 직각으로 위치하면서 손목은 굴곡이 된 자세에서는 손가락이 자연스럽게 신전된다(그림 3-22A). 손가락의 신전은 손가락신전근의 길이가 너무 과도하게 늘어나 적절한 길이를 유지하지 못하기 때문이다. 이러한 부적절한 근육길이 상태를 수동불충분(passive insufficiency)이라고 한다. 손목근육의 신장으로 발생한 수동장력의 증가는 손가락을 신전시키는데, 이것을 근육의 힘줄작용(tendon action) 또는 tenodesis라고 한다. 반면에 손목을 신전하면 손가락은 굴곡되는 경향이 있다(그림 3-22B). 이러한 손가락의 굴곡은 손가락굴곡근이 과도하게 신장되어 부적절한 길이를 한 결과이다.

정상적인 상황 하에서 단관절근육은 전체 관절가동범위를 움직이는데 부적절한 길이를 거의 나타내지 않는다. 두 관절 또는 다관절근육은 이 근육이 지나는 모든 관절에서 동시에 발생하는 전체 관절가동범위의 운동을 허용하기 위한 신전성 또는 불충분한 길

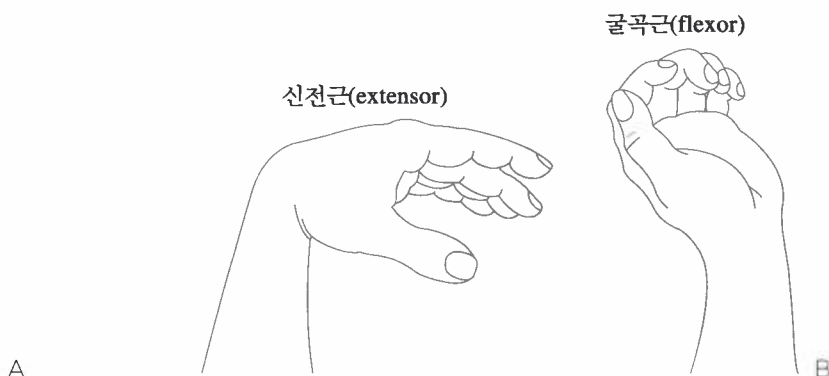


그림 3-22. 수동불충분. A. 손가락신전근들은 손목관절이 굴곡하는 동안 손목과 손가락을 따라 길이가 늘어남에 따라 수동불충분이 된다. 수동적 장력이 발생하고 이것으로 손가락이 신전된다(tenodesis). B. 손가락 굴곡근들은 손목관절이 신전하는 동안 손목과 손가락을 따라 길이가 늘어남에 따라 수동불충분이 된다. 손가락굴곡근들에서 수동불충분이 발생하고 이것으로 손가락이 굴곡된다.

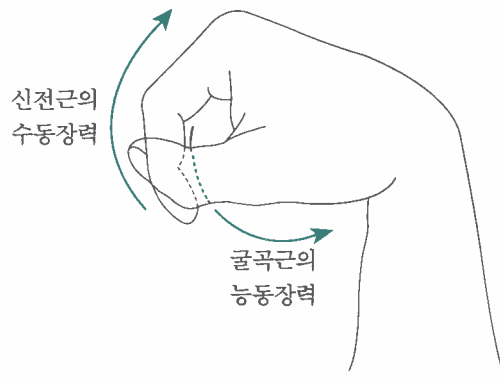


그림 3-23. 수동적 근육 신장에 따른 수동장력의 증가. 손목관절을 완전 굴곡시킨 상태에서 주먹을 쥐려고 할 때 손가락과 손목굴곡근의 능동단축으로 인해 손가락신전근의 수동적 신장이 일어난다. 이러한 손가락굴곡근의 부적절한 길이는 손목과 손가락의 전범위 동작을 방해하고, 주먹을 쥐려고 하는 손가락굴곡근의 능력에 수동적인 제한을 가한다.

이를 가끔씩 나타낸다. 신장된 근육에서 나타나는 수동장력은 뼈지레의 동작을 제한하거나(수동저항토크 = 근작용력(effort force)의 토크) 또는 관절의 한 분절이 고정되어 있지 않다면 수동적 근육장력이 발생하는 방향으로 뼈지레를 당기는 작용을 하기에 충분하다. 만약 수동적 근육장력의 방향으로 뼈가 당겨가지 않으면 근육은 과도한 신장으로 인해 손상될 수도 있다. 대개의 경우 통증은 위험한 신장범위에 대한 신호이며 이로 인한 능동적 근수축은 근육을 보호하기 위한 작용이다.

관절의 한쪽 면에 있는 다관절근육이 과도하게 단축되면 반대쪽의 다관절근육은 과도하게 늘어나게 된다. 이러한 예로 손가락굴곡근이 단축되는 동시에 비활성 손가락신전근은 이 근육이 지나는 모든 관절에서 수동적으로 신전된다. 신전근이 손목과 손가락의 수동적 저항을 나타내는 동시에 손가락굴곡근은 동작을 취하기 어렵게 된다(그림 3-23). 손가락굴곡을 하기 전에 취한 손목의 굴곡으로 인한 신전근의 부적절한 길이는 손가락을 신전하는 방향으로 당기는 경향을 나타낸다. 수동근의 과도한 길이 신장과 능동근의 수축이 함께 나타날 때에는 근기능에 악영향을 미치며, 이런 자세는 일상생활에서는 거의 나타나지 않으나 스포츠활동에서는 종종 보이는 자세이다.

4) 감각수용기

근육의 기능에 중요한 영향을 미치는 두 개의 감각수용기로서 골지건기관(Golgi tendon organ, GTO)과 근방추(muscle spindle)가 있다. 근육힘줄 연결부의 힘줄에 위치하는 골지힘줄기관은 장력에 민감하며, 능동적 근수축이나 과도한 수동적 근신장에 의해

활성화된다. 골지힘줄기관이 흥분되었을 때 근육을 억제하기 위한 정보를 신경계로 전달한다.

2~10개의 특이한 근섬유(추체 내 섬유, intrafusal fiber)가 결합조직초(connective tissue sheath)로 둘러싸인 모양으로 구성된 근방추는 근육 전체에 걸쳐 산재되어 있다. 이 섬유들은 근섬유(추체외 섬유, extrafusal fiber)가 신장되는 길이와 속도에 민감하다. 근방추는 근육이 신장됨에 따라 활성화되어서 근육의 신장상태에 대한 정보를 뇌(소뇌)에 전달하고, 근섬유가 짧아지면 근길이의 신장에 대한 정보를 뇌에 전달하지 않는다. 이렇게 뇌에 전달되는 신호가 감소하면 고위중추는 근방추의 추체 내 섬유로 정보를 전달하여 재차 근육의 길이변화에 반응할 수 있도록 근육의 길이를 원상태로 복귀시킨다.

검사용 해머로 근육힘줄을 두드렸을 때 근방추는 근육이 수축되는 정보를 보내는 작용을 한다. 힘줄을 두드림에 의한 근육의 빠른 신장은 근방추를 활성화하여 근육의 짧은 수축에 의한 예상치 못한 근방추 정보에 반응하게 된다. 이러한 반응은 여러 이름으로 불리게 되는데 예를 들면 심부힘줄반사(deep tendon reflex, DTR), 근방추반사(muscle spindle reflex, MSR) 또는 간단히 신장반사(stretch reflex)라고 한다. 골지힘줄기관과 근방추는 근육의 길이 변화를 감지하여 근육의 손상을 방지하는데 도움이 된다.

신장반사는 근육의 손상을 방지하는데 도움이 되지만 유연성이나 관절가동범위의 회복을 위한 근육신장 치료 프로그램에는 문제가 되기도 한다. 근육을 의도적으로 신장시키는 동안 나타나는 근수축 또는 운동단위의 반사적 활성화는 신장에 저항으로 작용하여 이를 어렵게 하거나 불가능하게 하기도 한다. 신장을 하는 동안에 나타나는 반사작용이나 운동단위의 활성화를 방지하는 신장기법이 여러 방면으로 연구되고 있다. 근육의 비수축성 성분도 신장에 대한 저항으로 작용하므로 근신장 치료시 고려되어야 한다.

관절낭과 인대에 있는 수용기는 감지된 신호를 중추신경계로 전달하여 근활동에 영향을 미친다. 관절낭의 부종이나 압박으로 인한 유해자극은 근육의 반사를 억제시킬 수 있다. 감각수용기가 근활동에 미치는 영향들도 앞서 언급한 불수의적 근기능 조절에 영향을 미치는 요인에 포함되어야 한다.

2부

각 관절별 임상운동학

4장 · 견부 복합체 / 117

5장 · 주관절 / 142

6장 · 손목, 손 / 153

7장 · 고관절과 골반 / 195

8장 · 슬관절 / 219

9장 · 발목과 발 / 237

10장 · 머리, 목, 체간 / 261

4

견부 복합체

◆ 학습 목표 ◆

1. 기능적 관절과 순수관절을 확인한다.
2. 견갑골운동과 상지 운동 간의 관계를 분석한다.
3. 회선근개의 견관절 안정기능을 설명한다.
4. 회선근개의 견관절 외전에서의 기능에 대하여 설명한다.
5. 견관절 외전의 기전을 분석한다.
6. 관절와상완리듬에 대하여 기술한다.
7. 각 근육의 작용선을 도해한다.
8. 견갑골 근육 중 couple force로 작용하는 근육을 분석한다.
9. 몸통 들기동작을 분석한다.
10. 머리 뒤로 손을 가져가는 동작을 분석한다.
11. 미는 동작을 분석한다.
12. 당기는 동작을 분석한다.
13. 던지기 동작을 분석한다.
14. 근육마비로 인한 운동장애를 기술한다.

1. 기능적 관절과 순수관절

견부 복합체는 견갑골 · 쇄골 · 상완골로 구성되어 있으며, 이 세 개의 뼈에 의해 관절이 형성된다. 견부 복합체에 있는 관절을 살펴보면 견갑골의 관절와(glenoid fossa)와 상완골두(humeral head)에 의해 형성된 관절와상완관절(glenohumeral joint), 견봉(acromion)과 쇄골(clavicle)의 외측단에 의해 형성된 견쇄관절(acromioclavicular joint), 쇄골의 내측단과 흉골(sternum)에 의해 형성된 흉쇄관절(sternoclavicular joint)이 있다. 이 세 관절은 뼈와 뼈가 만나서 이루는 실제 관절이며, 순수관절이라 한다. 그러나 어깨나 팔 운동에 있어 기능학적인 움직임으로 설명되는 관절이 있다. 여기에는 견갑골과 흉곽에 의해 형성된 견갑흉곽관절(scapulothoracic joint, ST)과 오구견봉궁과 상완골두에 의해 형성된 공간이 있는데, 이것을 오구견봉궁(coracoacromial arch) 혹은 상완상관절(suprahumeral joint), 삼각근하관절(subdeltoid joint)이라고도 한다.

(1) 견관절 복합체의 순수 관절

- 관절와상완관절(GH joint) *glenohumeral jt*
- 견쇄관절(AC joint) *acromioclavicular jt*
- 흉쇄관절(SC joint) *sternoclavicular jt*

*Scapula
+ clavicle
= ST joint*

(2) 견관절 복합체의 기능 관절

- 견흉관절(ST joint) *scapulothoracic jt*
- 오구견봉궁(coracoacromial arch) $\Rightarrow$ 상완상관절(suprahumeral joint) $\Rightarrow$ 삼각근하관절(subdeltoid joint)

2. 각 관절에서 발생하는 운동

(1) 견흉관절 (Scapulothoracic joint)

이 관절은 실제 해부학적인 관절이 아니므로 관절낭이나 연골, 활막조직이 없다. 그러나 Kapandji는 이 관절을 가상관절의 2개 '공간'으로 나누어 설명하였다(그림 4-1).

① 견갑골과 전거근 사이의 공간

후외측은 견갑하근에 싸여 있는 견갑골과 전내측은 흉곽 전내측면에 부착하는 전거근에 의해 형성된다.

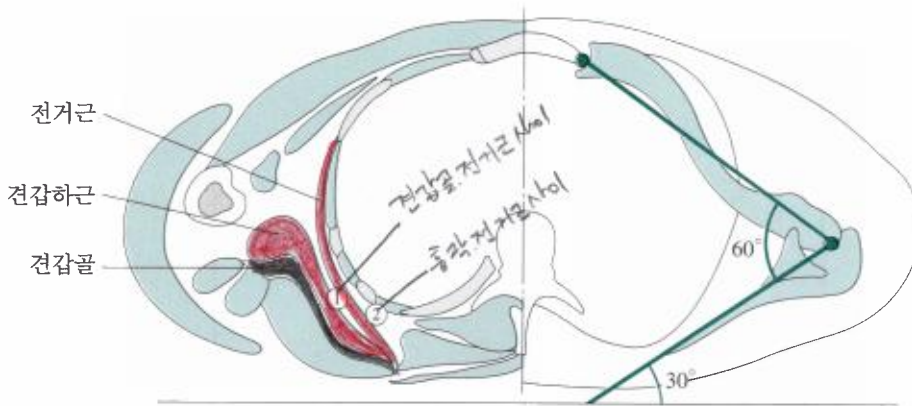


그림 4-1. 견흉관절. 견갑골과 전거근 사이 공간 흉곽과 전거근 사이 공간

② 흉곽과 전거근 사이의 공간

내측 앞쪽은 흉벽(늑골과 늑간근)과 후외측은 전거근에 의해 형성된다.

우측 단면은 견갑대의 기능적인 그림으로 견갑골은 전두면과 30° 각도를 이루고 쇄골은 견갑골과 60° 각도를 이룬다(그림 4-1).

③ 견갑골의 운동

정상적으로 견갑골의 위치는 흉곽후면 제2번 늑골에서 제7번 늑골 사이에 있고, 견갑하각은 제7에서 8흉추 극돌기의 높이에 해당하며, 견갑극의 내측단은 제3흉추 극돌기와 일치한다. 견갑골 내측연은 흉추 극돌기에서 5~6cm 떨어져 있다(그림 4-2). 흉곽 위에서 견갑골의 운동은 거상-하강(elevation-depression), 외전-내전(abduction-adduction), 상-하방회전(upward-downward rotation)이 있다.

(2) 상완상관절 (Suprahumeral joint)

여러 개의 이름을 가진 이 관절은 견흉관절과 같이 기능적 관절에 속한다. 이 관절은 상완골두와 오구상완인대, 견봉에 의해 오구견봉궁을 형성한다(그림 4-3). 이것은 상완골두가 상방으로 전위되는 것을 막아주고, 견봉하점액낭, 극상근건, 관절와상완관절낭의 상부, 상완이두근건 부위를 보호한다.

(3) 관절와상완관절

관절와상완관절(glenohumeral joint)은 자유도 3을 가진 활막성 관절(synovial joint)이고, 전형적인 구상관절이다. 이 관절은 상완골두와 견갑골의 관절와에 의해 형성된다(그

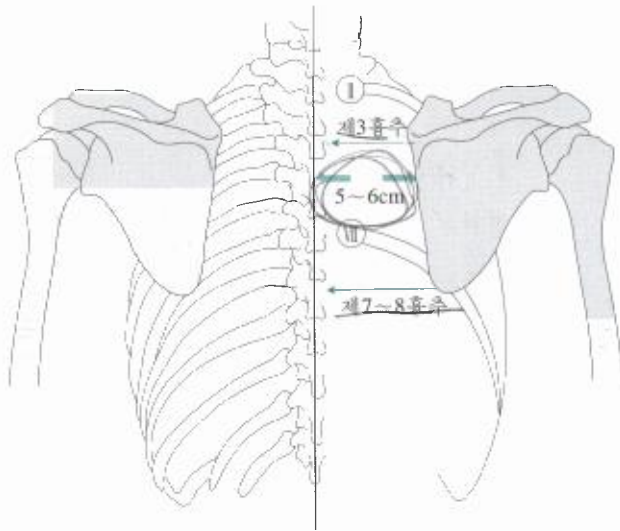


그림 4-2. 흉곽 후면에서 견갑골의 위치



그림 4-3. 상완상 관절. 전방으로 오헤돌기, 후방으로 견봉, 상방에 오구견봉인대에 의해 형성된다.

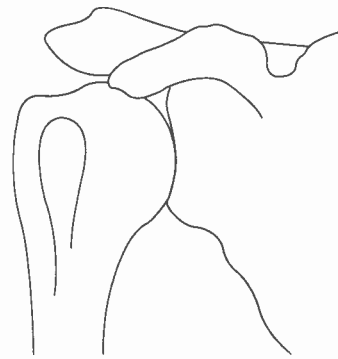


그림 4-4. 관절와상완관절. 상완골두와 견갑골의 관절와에 의해 형성

림 4-4). 이 관절은 선천적으로 불안정하고, 인체 어느 관절보다 큰 운동을 가진다. 부가적으로, 관절와상완관절은 인체에서 가장 탈구가 잘 되는 관절이다.

관절와상완관절의 안정성은 관절순, 관절와상완인대, 관절낭인대와 같은 연부조직과 뼈의 구조물로 강화되어 있다. 관절와상완관절은 구상 모양이기 때문에 어깨에 많은 운동성을 제공한다.

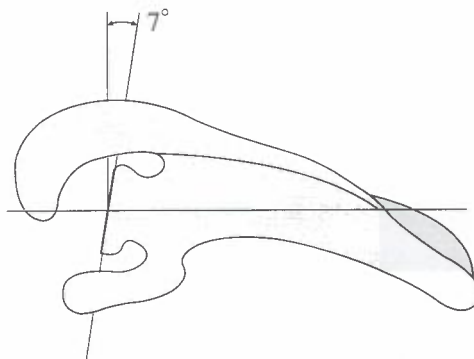
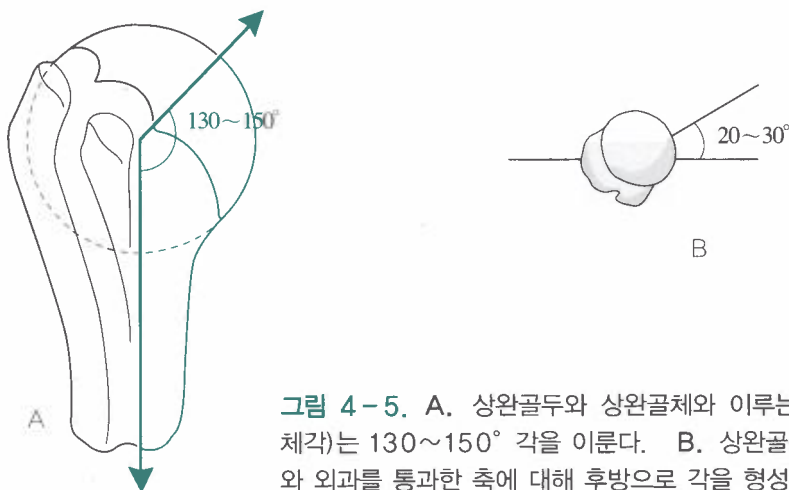
① 관절면 (articular surface)

a. 상완골두 (head of humerus)

상완골두는 반구형의 볼록한 관절면을 가지고 있고, 방향은 상방 · 내측 · 후방을 향한다. 이 관절면은 상완골체에 대해 $130 \sim 150^\circ$ 기울어져 있고 경체각, $20 \sim 30^\circ$ 후경 (retroversion)되어 있다. 후경과 상완골두와 견갑와의 후방경사 (posterior tilt)는 관절의 안정성을 제공한다(그림 4-5). 상완골두의 이러한 후경은 견갑골의 전방경사에 대응하여 관절면의 집합성을 이루게 한다.

b. 관절와와 관절순 (glenoid fossa and Labrum)

관절와는 서양배 모양으로 상부 절반이 하부 절반 면보다 20% 더 크다. 견갑골 면에서 수직면에 대해 약 7° 후경되어 있다(그림 4-6). 하지만 견갑골 면이 관상면에 대해



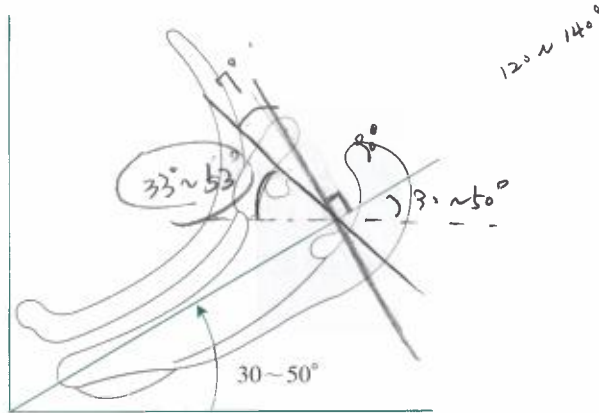


그림 4-7. 견갑골면은 인체 관상면에 대해 전방으로 약 30~50° 각을 형성한다.

전방에 위치하기 때문에 관절와는 인체 관상면에 대해 30~50° 전염(anteversion)된다(그림 4-7). 관절와는 정상적으로 견갑골이 중립자세에서 있을 때, 약 5° 상방을 향한다. 이러한 상방경사는 관절와상완관절의 후방 안정성에 큰 기여를 한다. 상완골두의 관절면은 관절와에 비해 3~4배 더 크다.

관절와 소켓의 깊이는 상하 방향에서 9mm, 전후 방향에서는 5mm로 측정되었다. 관절와 소켓의 전체 깊이 중 50%는 둘러싸고 있는 관절순에 의해서이고, 나머지 50%는 뼈와 관절연골의 적합성에 의해 제공된다.

② 견부 관절낭과 인대 (shoulder capsule and ligaments)

견부 관절낭은 크고 느슨하며 장황해서 정상적으로 큰 관절와상완운동을 일으킨다. 어깨 관절낭은 각기 다른 힘과 다른 방향으로 된 다층의 콜라겐 섬유다발로 구성되어 있다. Gohlke 등은 하부 관절와상완인대 복합체를 보강하는 밀집된 콜라겐의 방향에 의해 전하부 관절낭이 가장 두껍고 강한 부위라고 발표하였다. 관절낭 콜라겐 섬유 방향은 전방, 내측으로 꼬여져 위치하게 된다(그림 4-9). 따라서 회전력(rotational force)은 섬유 내에서 장력을 일으키고, 이것은 관절면에 압박을 일으키고 관절이 중심화하게 한다. 관절낭 내의 많은 섬유다발들은 뼈와 뼈를 연결하기 위해 보다 둥근 형태를 만든다. 이것은 관절낭의 용적에 중요한 영향을 끼친다. 이런 둥근 콜라겐 섬유들은 자극과 긴장을 흡수하는 중요한 역할을 한다. 나선형 모양과 교차연결된(cross-linked) 관절낭의 콜라겐 구조는 관절의 안정성을 제공하는 것을 도와준다. 신연력(distractive force)은 관절낭의 장축신장의 증가로 발생하게 되어 실린더를 압축하게 되고, 더 큰 관절의 압박

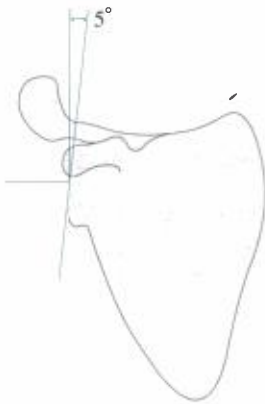


그림 4-8. 견갑골은 약 5° 상방을 향한다.



그림 4-9. 관절낭 섬유 배열. 전내측으로 꼬여 있다.

과 관절 내 음압효과를 일으키게 한다.

관절낭은 관절의 안정성에 기여하는 관절낭인대에 의해 보장되어 있다. 이들 관절낭 인대의 크기, 힘, 방향은 매우 다양하다. 어깨 전방 부분에 있는 관절낭인대로는 관절와상완인대가 있다. 이 인대는 상부, 중부, 하부 관절와상완인대로 구분한다. 상부 관절와상완인대는 상완이두근 장두 앞쪽에서 나와 상완골 소결절 상부에 정지한다. 이 인대는 외전 0°에서 관절와상완관절의 안정성을 담당한다.

중부 관절와상완인대는 상부 관절와상완인대의 바로 아래 혹은 견갑와 경(glenoid neck)부근의 관절순에서 기시한다. 이 인대는 견갑하근의 건을 가로질러 상완골의 소결절 내측에 부착한다. 중부 관절와상완인대는 0°, 45°, 90°에서 이차적으로 작용한다.

하부 관절와상완인대 복합체는 관절순 하부 혹은 견갑와 경에서 기시하여 상완골 해부경에 정지하는 인대로 그물침대 모양으로 하부에서 상완골두를 지탱한다. 이 부분은 전방섬유(anterior band), 후방섬유(posterior band), 액와낭(axillary pouch)의 세 부분으로 나뉜다.

(4) 견쇄관절 (Acromioclavicular joint)

쇄골의 외측 부분과 견봉에 의해 형성되는 관절이다. 이 관절은 쇄골 관절면이 크기와 모양이 다양하고, 관절 내 디스크가 존재한다.

견쇄관절 관절낭은 흉쇄관절의 관절낭 보다 더 느슨해서, 견쇄관절에서 더 많은 운동이 일어나고, 탈구의 가능성도 높다. 견쇄관절을 지지하는 3개의 중요한 인대에는 원추인대(conoid ligament)와 능형인대(trapezoid ligament)가 있는데 이를 합쳐 오구쇄골인대

(coracoclavicular ligament)라 한다. 나머지 하나는 견쇄인대(acromioclavicular ligament)이다. 원추인대와 능형인대를 통해서 견갑골운동이 쇄골에 의해 중재된다.

쇄골의 회전은 견쇄관절에서 중요한 운동이다. Steindler는 쇄골의 회전이 세 개의 축 주위에서 일어난다고 설명하였다. 장축회전(longitudinal axial rotation), 전인과 후인에 대한 수직축(vertical axis), 거상·하강에 대한 수평축(horizontal axis, 그림 4-10) 모두 원추, 능형, 견쇄인대에 의해 조절된다.

∴ 자유히 3이다
(평면 관절 이지만)

① 견갑골 익상(winging of the scapula)

이 운동은 견봉쇄골관절에서 일어나는 운동으로 수직축(vertical axis) 주위에서 일어난다. 익상(winging)이란 용어는 거의 견갑골의 내측연이 병적인 후방전위를 설명하기 위해 사용되었다. 하지만, 일반적으로 인체의 어깨운동에서 관찰되는 것으로 어깨의 굴곡, 외전 운동시 견갑골 내측연이 후방 전위되어 견갑골이 둥근 모양의 흉곽에 접촉하여 상방 회전함으로써 발생하는 것이다(그림 4-11). 만약, 견갑흉곽관절의 외전운동에서 순수한 전위운동만 발생할 경우 견갑골은 척추에서 멀리 떨어지게 되고, 견갑와는 외측으로 향할 것이다.

② 견갑골의 티핑(tipping of the scapula) = scapula tilt

이 운동도 견봉쇄골관절에서 일어나는 작은 운동이다. 이것은 관상축(coronal axis) 주위에서 상각이 전방으로 움직이는 동안 하각의 후방 움직임을 관찰할 수 있다(그림 4-12).

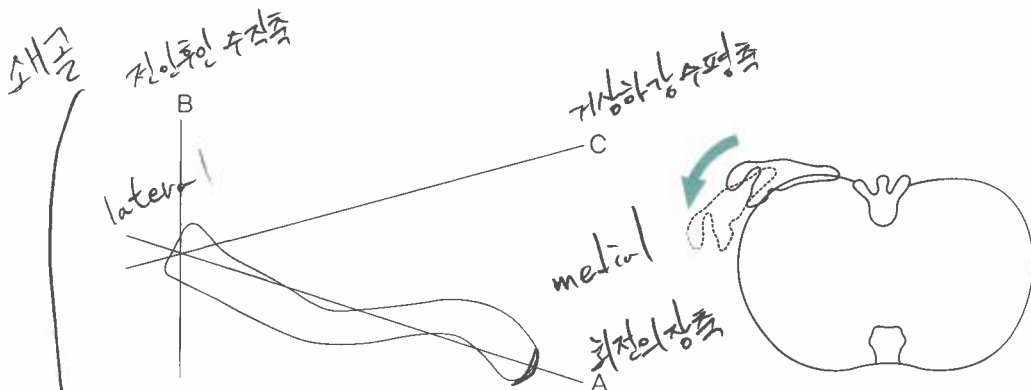


그림 4-10. A. 회전의 장축 B. 전인과 후인의 수직 축 C. 거상과 하강의 수평 축. 견갑골의 흉골단은 왼쪽이다.

그림 4-11. 정상적인 견갑골 외전은 견갑골의 익상이 동반된다.



그림 4-12. 정상적인 견갑골 외전은 견갑하각의 후방이동이 동반된다.

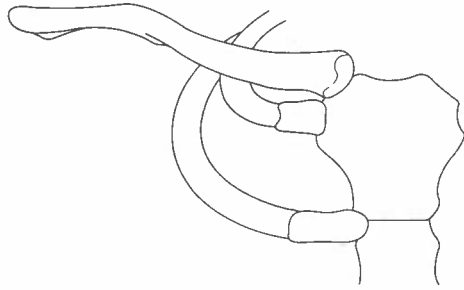


그림 4-13. 흉쇄관절

(5) 흉쇄관절 (Sternoclavicular joint)

흉쇄관절은 견갑대와 축성 골격(axial skeleton)을 연결하는 유일한 관절이다(그림 4-13). 안장관절로 여기서는 전인. 후인이 일어난다. 관절은 관절 디스크, 관절낭, 인대와 주위에 보강하는 근육에 의해 안정되어 있다. 디스크는 관절과 함께 묶여져 있고, 관절을 두 개의 강(cavity)으로 나눈다. 관절낭은 관절을 둘러싸고 있으며, 전방과 후방 부분이 가장 두껍다. 디스크에서는 쇄골쪽의 관절낭 부분이 더 느슨해서 디스크, 흉골, 제1늑골 사이의 관절낭보다 많은 운동성을 가진다. 쇄골간인대는 관절낭의 전방과 후방을 보강한다. 늑쇄인대는 쇄골과 제1늑골을 연결한다. (자유투 3 (쇄골의 움직임이 자유도 3))

3. 견갑골과 견관절에 작용하는 근육의 해부학적 작용

(1) 승모근 (Trapezius muscle)

승모근은 3부분으로 되어 있다. 상부, 중부, 하부섬유가 있고 흔히 독립적인 기능을 한다.

① 상부섬유

편측으로 작용하면 그쪽 부분의 어깨가 거상되고 목과 머리가 동측으로 외측 굴곡되고, 머리가 반대쪽으로 회전하는 것을 돕는다. 양측이 작용하면 머리와 목을 신전시킨다.

다. 일반적으로 서있는 동안 상지의 무게를 운반하는 것을 돕거나 팔을 늘어뜨린 상태에서 물건을 잡고 있는 것을 돕는다. 견갑거근과 전거근이 결합하여 상부 승모근은 견갑골의 견갑와를 상방 회전시키는데 필요한 상부 짝힘을 형성한다.

② 중부섬유

중부섬유는 견갑골을 내전, 즉 견갑골의 내측연을 추골의 극돌기쪽으로 2~3cm 당겨 **후인**시킨다. 또한, 어깨의 운동범위 마지막에서 굴곡·외전을 돕고, 견갑와를 상방으로 기울이게 하여 견갑골의 회전을 돕는다.

③ 하부섬유

하부섬유는 견갑골을 후인하고, 견갑골의 내측연을 하, 내측으로 끌어 당겨 견갑와를 상방 회전시킨다.

(2) 능형근 (Rhomboid muscle)

능형근은 견갑골을 내전, **거상**시킨다. 견갑골 내측연 하부쪽에 부착하는 대능형근은 견갑골 하각을 상내측으로 끌어 당겨 견갑골을 거상시켜 견갑와를 아래로 향하게 한다. 이들 근육들은 견갑골을 후인된 자세에서 고정하여 팔을 강하게 내전, 신전하는 것을 돕는다.

근전도상으로 이들 근육들은 중부 승모근 섬유들처럼 어깨의 굴곡보다 외전시 더욱 활발하다고 발표되었다. 능형근의 근전도활동은 어떤 운동이건간에 160°와 180° 사이에서 급격히 증가하였다.

(3) 견갑거근 (Levator scapulae)

이 근육은 C1~4 경추 횡돌기에서 견갑골 상각에 부착되어 있어, 견갑골에서 경추의 주행경로를 보면 상내전방을 향하고 있어, 경추의 동측 회전과 견갑골을 거상한다. 견갑거근, 능형근, 광배근은 견갑골의 견갑와를 하방으로 회전시킨다.

(4) 전거근 (Serratus anterior)

이 근육은 팔의 굴곡과 외전을 돕는다. 이 근육은 2부분으로 나누어지며 상부섬유는 수평과 동시에 전방에 놓여 있고, 하부섬유는 전하측으로 비스듬히 달린다. 대부분 미측 (caudal)섬유의 수축은 견갑골을 회전시켜 견갑와를 상방으로 향하게 한다. 전거근은 부하를 주지 않은 상태에서 팔을 거상할 때는 작용하지 않고, 30°에 도달할 때 시작된다.

(5) 소흉근(Pectoralis minor)

소흉근은 견갑골을 전하방으로 끌어내리며, 이 근육에 의해 어깨가 하강된다. 이 근육이 수축하게 되면 견갑골의 내측연을 들어 올리고, 하각을 늑골에서 멀어지게 한다(견갑골의 익상).

(6) 쇄골하근(Subclavius muscle)

하내측으로 비스듬히 달려 거의 쇄골과 평행하다. 쇄골 내측단을 아래로 끌어내려 흉쇄관절의 접합성을 높여 준다.

(7) 대흉근(Pectoralis major)

대흉근은 쇄골 부분과 흉골 부분의 2개의 섬유 방향으로 나누어진다. 대흉근의 모든 섬유들은 팔을 강하게 내전하는 동안 함께 수축하고, 대원근, 소원근, 삼각근의 전방, 후방섬유와 견갑하근, 삼완삼두근의 장두에 의해 보조를 받는다. 견갑골의 전인시 전거근, 소흉근, 쇄골하근이 대흉근을 보조한다.

(8) 극상근(Supraspinatus muscle)

극상근은 팔을 외전시키고, 견갑와 안쪽으로 상완골을 당기게 하고, 팔을 체간 옆에 둘 때 상완골두의 하방전위를 막는다. 삼각근 중부섬유와 상부 승모근은 팔 외전시 극상근과 협력작용을 한다. 나머지 회전근개 근육인 극하근, 소원근, 견갑하근은 외전동안 견갑와에 상완골두를 안정화되도록 하여 극상근을 보조한다.

(9) 극하근(Infraspinatus muscle)

극하근은 모든 팔 자세에서 팔을 외회전시키고, 팔을 상방운동하는 동안 견갑강 내에 상완골두를 안정화하도록 도와준다. 극하근은 소원근과 삼각근 후부섬유와 평행하게 배열되어 있어 팔의 외회전 기능을 한다. 극하근과 소원근은 거의 작용이 비슷하지만, 지배신경이 다르다. 극하근은 또한 팔을 외전·신전하는 동안 견갑강 내에 상완골두를 안정하게 해서 극상근과 다른 회전근개 근육의 작용을 보조한다.

(10) 견갑하근(Subscapularis muscle)

견갑하근이 단독으로 작용하게 되면 팔은 내전, 내회전시키고, 견갑와 내에 상완골두를 유지하도록 도와준다. 외전하는 동안 견갑하근의 하강작용(depressor action)은 삼각근에 의해 일어나는 상방전위력에 대항하는 힘을 일으키게 하는 중요한 역할을 한다.

대원근이 견갑하근의 기능에 가장 가깝게 짝을 이루는 강한 협력근이다. 광배근, 대흉근 또한 팔을 내전, 내회전시키며 견갑하근과 협력작용을 할 수 있다.

4. 회전근개의 견관절 안정기능

관절와상완관절 외전에 대해 일차적인 운동역할을 하는 것은 삼각근과 극상근이다. 또한 삼각근섬유는 관절와상완관절굴곡의 주요 운동 요인이다. 팔을 들어올릴 때 삼각근에 의해 상완골두가 상방전위된다. 만약, 이를 막아주는 힘이 인체에서 발생하지 않는다면 상완골두 위에 있는 조직학적 구조물들(극상근, 관절낭 인대, 점액낭 등)이 압박을 받게 된다. 따라서, 팔을 들어올릴 때 삼각근에 의해 발생된 힘을 막아주는 힘이 필요하다. 그림 4-14는 팔을 체간에 두고 있을 때 삼각근의 작용선을 보여준다. 근육 작용선(F_D)은 그것의 전위요소(ftd)와 회전요소(frd)로 나누어지는데 전위요소가 훨씬 크다.

극상근, 극하근, 소원근, 견갑하근은 회전근개를 구성하는 근육이다. 이 근육들은 관절와상완관절의 정적, 동적 안정기능을 제공해 준다. 극하근, 소원근, 견갑하근의 작용선을 보면 그림 4-14와 같다. 이들의 힘을 분석하면, 회전하려는 힘(fr)이 있는데 이 힘은 회전뿐 아니라 견갑와에 상완골두를 압박해주는 역할도 한다.

회전근개근육들이 관절와상완관절의 압박에도 중요하지만, 회전근개근육들의 안정화시키는 기능과 동등할 만큼(혹은 더) 중요한 기능은 근육의 음성적인(하방) 전위력(ft)이다. 회전근개의 세개의 음성적인 요소들의 전체 힘의 합이 삼각근의 양적인 전위력을

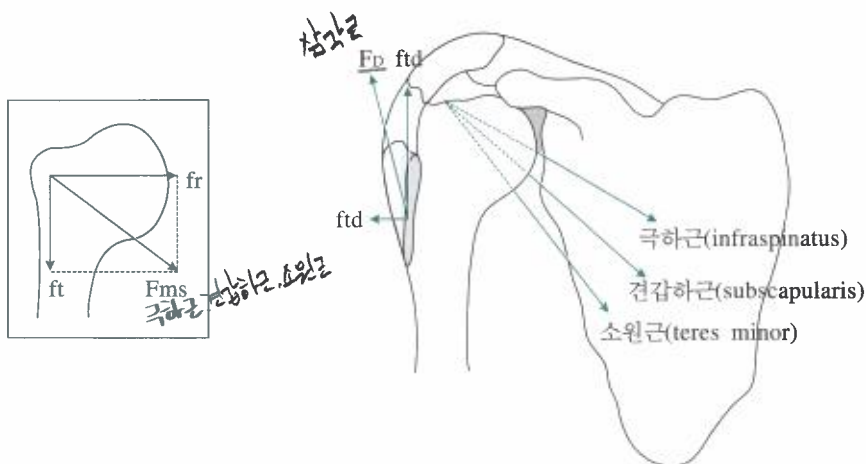


그림 4-14. 삼각근(F_D)과 회전근개 건의 짝힘. 극하근, 견갑하근, 소원근 전체의 힘(F_{ms})은 삼각근의 양성적 전위 요소(ftd)를 거의 상쇄시키는 음성적 전위요소(ft)를 가진다.

거의 상쇄할 수 있다. 회선근개 힘 중에서 전위 요소는 상완과 견갑 사이의 전단력을 감소시킨다. 상완골두에 대해 결과적으로 발생되는 상방 전위력 혹은 전단력(삼각근 힘 더하기 회선근개 힘)은 관절와상완관절 거상 약 45° 일 때 가장 크고, 관절와상완운동 60° 일 때 전단력과 압박력이 같다. 관절와상완관절이 거의 완전범위에 도달할 때에는 전단력은 무시된다.

극상근 또한 회선근개 근육이지만, 극상근의 작용선은 회선근개 다른 근육에서 보여지는 음성적(하방) 요소보다 양성적(상방) 전위요소를 가진다. 주어진 이 근육의 당김선에서 극상근은 삼각근을 억제하지 못한다. 하지만, 다른 회선근개 근육처럼 회전요소가 강한 압박력을 일으키기 때문에 관절와상완관절의 안정성에 매우 효과적이다.

5. 회선근개의 견관절 외전에서의 기능

회선근개를 구성하는 근육들이 삼각근 및 극상근의 협동운동에 대단히 중요한 역할을 하고 있을 뿐만 아니라 삼각근의 효율에도 중요하다는 것이 근래에 확실해졌다(Inman).

외전을 할 때(그림 4-15) 삼각근 D에 의해 표출되는 힘은 종축성분 D_r 로 분해된다. 이 성분 D_r 에 의한 상지의 중량 P(그의 중심에 작용)의 종축성분 P_r 을 뺀 결과의 힘 R가 상완골두에 작용한다. 이 힘 R가 견갑관절와에 대해 상완골두를 압박하는 힘 R_c 와 골두를 상외측으로 탈구하려는 경향이 있는 힘 R_i 로 분해된다. 만약 회전근(극상근, 견갑하근, 소원근)이 이 점에서 수축하면 이들의 합력 R_m 은 탈구력 R_i 와 정면으로 대립하고 상완골두의 상외측탈구를 방지한다(그림 4-15). 따라서, 상지를 내리는 경향이 있는 힘 R_m 과 삼각근의 거상성분 D_t 는 외전을 인도하는 기능적 단위로서 작용하게 된다. 회전근에 의해 발생하는 힘은 60° 외전 때에 최대이다.

외전을 시작할 때(그림 4-16) 극상근의 수직성분 E_t 는 삼각근의 수직성분 D_t 보다 크지만 지레팔은 짧다.

극상근 수평성분 E_r 은 상완골두를 강력히 견갑관절와로 압박하기 때문에 그 의의는 삼각근의 수평성분 D_r 에 의해 일어나는 골두의 상방탈구력에 대항하는 것이다. 따라서, 극상근은 어깨 관절면을 서로 똑바른 위치로 유지해주는 회전근의 작용을 강화한다. 따라서 이 근육은 관절낭의 상부섬유를 긴장시켜 상완골두의 하방탈구에 대항한다.

6. 견관절 외전기전

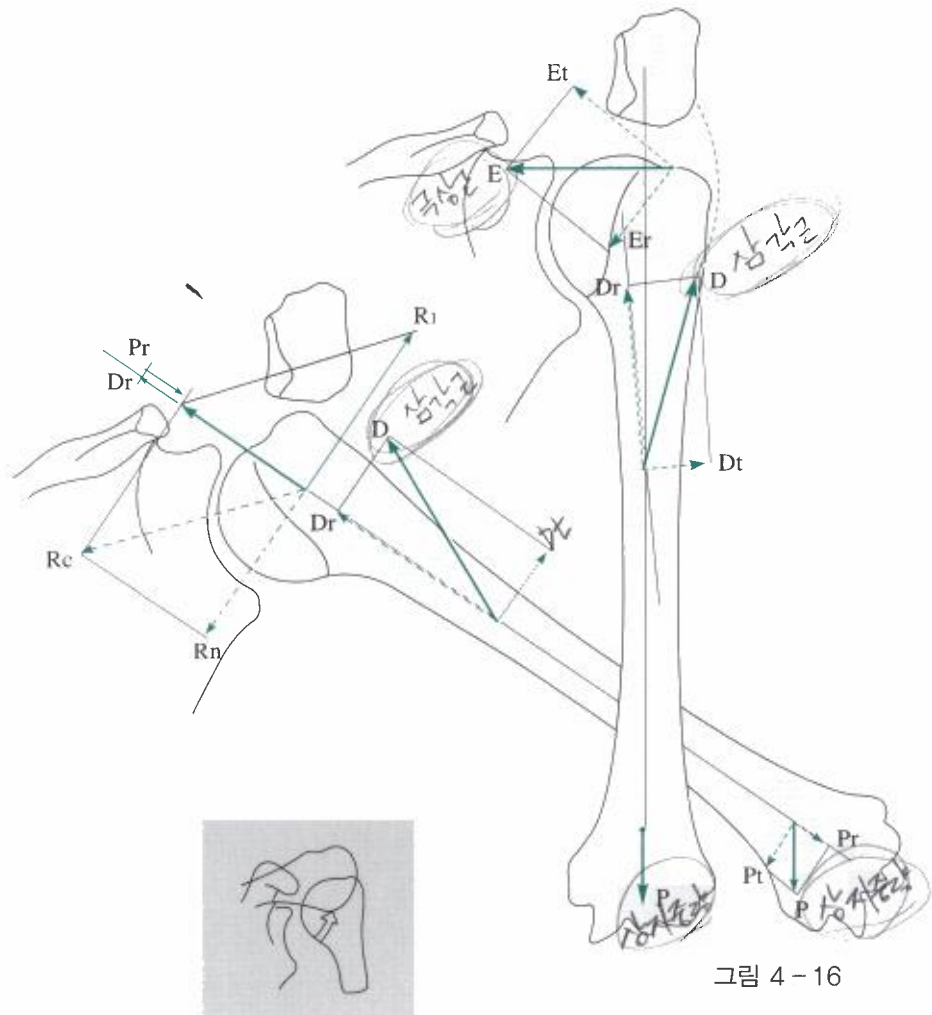


그림 4-15

그림 4-16

그림 4-15. 견관절 외전분석

그림 4-16. 관절와상완의 외전 초기단계에서 삼각근의 작용력(D)은 견갑와 바깥쪽에 위치한다. 이런 힘은 극상근(S)과 극하근(I)의 수평압박력에 의해 조절된다. 최종 작용력(R)은 관절의 안정성을 위해 관절와 내에 알맞게 위치하게 된다.

어깨 거상은 3가지 단계로 나눌 수 있다. 거상의 첫 번째 단계는 0~60°이다. 중간 혹은 '위험단계'는 60~140°이다. 거상의 마지막 단계는 140~180°이다. 운동의 각

단계에 따른 특이성으로 정확한 근육의 기능과 관절운동이 정상적으로 통증없이 자유로이 운동이 일어나야 한다. 어깨 거상에 대한 각 단계에 대한 정확한 요인들의 분석은 어깨 기능장애의 임상적 관리의 성공을 결정할 것이다.

(1) 거상의 시작단(0~60°)

세 가지 모든 관절운동학적 운동은 관절와상완관절에서 일어나지만 똑같은 비율로 발생하지 않는다. 이들 운동 - 구르기(roll), 스핀(spin), 활주(glide) - 들은 커다란 상완골과 작은 관절순에 관절하는 면에 이 점을 가지게 한다. Saha, Sharkey와 Marder는 외전시 상완골두와 견갑와 사이의 접촉 부위에 대해 연구하였다. 이 연구에서 상완골두의 접촉 부위가 30°에서 중심이 되고 120°에서 1.5mm 상방으로 이동하였다. Poppen과 Walker 또한 외전에 대한 회전의 순간 중심을 연구하였다. 그들은 외전 처음 30°와 종종 30°와 60° 사이에서 견갑와에서 상완골두가 3mm 상방 이동한다고 발표하고, 이것은 구르기 혹은 활주라 하였다. 극상근의 EMG 활동은 초기에 긴장이 발생하여 관절와상완관절면에 대해 압박력을 일으킨다.

삼각근 또한 거상 초기에서 EMG 활동이 일어났다. 견갑하근, 극하근, 소원근은 거상 초기 상완골을 안정화하는데 중요한 역할을 한다. Kadaba 등은 근내삽입전극(intramuscular wire electrode)을 이용하여 견갑하근의 상부와 하부의 EMG 활동을 측정하였다. 거상 초기에 상부 견갑하근의 EMG 활동은 시작 초기에 더 큰 반면, 하부 견갑하근은 90° 거상함에 따라 증가하였다.

거상 초기에 삼각근의 당김은 상완골두에 상방 전단(shear)을 일으킨다. 이러한 전단력은 외전 60°에서 최대가 되고, 회선근개의 수평 압박력에 의해 조절되게 된다. 견갑하근의 주요기능은 상완골두를 하강시키고, 삼각근의 상부 이동을 조절하는 것이다. 60°(외전)에서 하방력은 상지 무게의 최대 약 9.6배 혹은 체중의 0.42배에 달한다. 견갑하근, 극하근과 광배근은 90° 각도에서 견갑와 면에 작은 지레팔을 형성하여 관절에 대해 압박력을 일으킨다.

견갑골의 운동은 견쇄관절과 흉쇄관절의 운동에 의해 일어난다. 어깨 외전은 쇄골의 거상을 동반한다. 흉쇄관절의 거상은 팔 거상 초기 동안 가장 뚜렷이 나타난다. 어깨 외전 각 10°마다 4°의 흉쇄관절의 운동이 있다. 견쇄관절은 주로 30° 이전과 135° 이후에 주로 움직인다.

(2) 거상의 중간 혹은 위험 단계(60~140°)

거상의 중간 혹은 위험 단계는 관절와상완관절에서 과도한 힘에 의해 시작된다. 이전

에 살펴보았듯이, 삼각근의 전단력은 거상 60°에서 최대이다.

관절와상완관절의 동적 안정성은 전단력과 압박력의 균형에 의해 확립된다. 위험단계의 초기에서 동적 안정성은 통증 없이 운동이 더 일어나기 전에 시작되어야만 한다. 앞에서 보았듯이, 견갑하근의 하부섬유는 외전 90°에서 더 많은 활동을 보였다. 삼각근은 외전 약 110°에서 최대 EMG 활동에 도달하고 최고 높이를 유지한다. 극상근 EMG 활동은 거상 약 100°에서 최고이고 그 범위를 지나서는 급격히 감소한다. 견갑하근의 활동은 실질적으로 130° 이후에는 감소하고, 거상 130° 이후에는 전방인대가 지탱하게 된다.

상완골두는 견갑와에 대해 1~2mm 상방, 하방 움직임이 있다. 거상 60° 이후 상방, 하방의 상완골두 움직임은 반대 방향으로 일어나는 구르기와 활주를 말하고, 뼈의 스핀을 일으킨다. 앞에서 보았듯이, 상완의 외회전은 팔의 거상(외전)에 중요하다.

Bagg와 Forrest는 20명을 평가하여 관절와상완운동의 3가지 뚜렷한 패턴을 발견하였다. 각 패턴은 견갑골 운동에 대한 상완의 여러 가지 비율을 가진 3가지 단계를 가진다. 가장 일반적인 패턴은 20.8~81.8° scaption까지 견갑골 운동의 매 각도에 대해서 3.29°의 상완운동을 가진다. 상완은 81.8°와 139.1° 사이에서 scaption에 대해 0.71° 감소한다. 따라서, 상대적으로 가장 큰 견갑골 회전은 팔 외전 80°와 140° 사이에서 일어난다. 견갑확장운동에 대한 관절와상완의 비는 거상 중간단계 동안 0.7대 1로 측정된다.

견갑골의 운동은 견쇄관절과 흉쇄관절의 운동에 의해 일어난다. 이들 두 관절의 상대적인 기여는 회전의 순간 중심이 놓여 있는 부위와 관련하여 운동의 전 범위에서 변한다. 외전의 중간단계 동안 견갑골의 회전순간중심(ICR)은 AC 관절쪽으로 이동하기 시작한다. SC 관절에서의 쇄골의 거상은 SC 관절에서 견갑골의 회전과 결합하여 정상적인 견갑골운동을 촉진한다. 쇄골의 회전은 쇄골의 장축에서 일어나기 때문에 움직임은 SC 관절의 적은 운동과 더불어 AC 관절에서 일어날 수 있다. 크랭크 축과 같은 역할을 하는 두 번 굽어진 쇄골은 AC 끝에서 거상과 회전을 일으킨다. AC 관절에서의 견갑골 회전은 거상 60°와 90° 사이에서 시작된다. 쇄골의 거상은 상완 외전 120°와 150° 사이에서 끝난다. AC 관절에서 쇄골거상은 견갑골 회전을 최대한 허용한다. 거상 약 150°에서 견갑골의 회전순간중심은 AC 관절과 일치하게 된다.

(3) 거상의 마지막 단계(140~180°)

거상의 마지막 단계 동안 견갑확장 운동에 대한 관절와상완운동은 3.49 : 1로 상대적으로 많은 관절와상완운동이 나타난다. 견갑골의 회전순간중심은 상·외측으로 재위치한다. 상부 승모근의 회전력 팔의 길이가 감소하여 견갑골을 지탱한다. 견갑골 회전순

간중심의 새로운 위치는 중부 승모근이 하방 견갑회전에 대한 일차적인 운동요소가 되게 한다. 하부 승모근과 전거근은 상방 회전근으로 상부, 중부 승모근에 대항하는 작용을 하여 거상 마지막 단계 동안 활동이 계속 증가한다.

상완이 거상의 마지막 운동범위에 도달함에 따라 견갑골에서 상완골을 떼어 놓아야만 한다. 앞에서 보았듯이, 견갑흉곽에 대한 관절와상완의 비가 3.49대 1이었다. 광배근, 대흉근, 극하근, 견갑하근의 좋은 신장성은 견갑골에서 상완골을 분리하기 위해서 중요하다. 흔히, 상완의 수동거상시 견갑골의 부풀어 오름이 외측에서 관찰된다. 부풀어 오르는 것은 일반적으로 하각이고, 이차적으로 견갑골의 전인을 증가시킨다. 이들 근육들의 부적절한 신장은 거상 마지막 범위에서 정상적으로 우세한 상완골의 운동을 막는다. 게다가, 제한적인 상완 수동거상은 흉곽거상을 볼 수 있다. 만약, 상완과 흉곽을 연결하는 근육이 충분히 유연하지 않다면, 모두 끝에서 운동이 일어날 것이다. 광배근과 대흉근은 상완과 흉곽을 연결한다. 상완에서 흉곽의 부적절한 분리는 수동 거상의 마지막 범위에서 과도한 흉곽의 운동을 일으키게 할 것이다.

7. 관절와상완 리듬

견갑대의 비정상적이고 통증을 느끼는 운동을 임상적으로 평가하는데 있어서 정확한 운동과 견갑대의 모든 요소들을 이해해야 정상적인 운동에서의 비정상적인 변위를 확인할 수 있다. 이런 견갑골과 상완골의 조절을 관절와상완 리듬(scapulothoracic rhythm)이라 부른다

팔을 외전하는 과정에서 상완골에 대한 견갑골의 비율이 2 : 1로 일어난다. 팔의 외전 때 15° 운동 동안 관절와상완관절에서 10°, 흉곽에 대한 견갑골 회전이 5°가 일어난다. 이러한 비율은 전체 외전범위 동안 부드럽게 협응된 패턴으로 일어나는데 팔이 90°에 도달할 때, 60°는 관절와상완관절에서 일어나고, 견갑골에서 30° 회전이 일어난다 (그림 4-17).

이 법칙은 모든 외전 각도에서 2 : 1의 비율로 나타나지 않기 때문에 반박을 받아왔다. 예를 들어, 외전 15~30° 동안에 견갑골은 지지기반으로 고정되어 있고, 그 외전 각도를 지나서 움직이게 된다. 리듬의 가장 중요한 측면은 두 요소의 균형잡힌 운동이고 약 2 : 1 관계가 있다는 것이다.

팔을 0° 자세로 체간 옆에 둔 고정된 안정자세에서 흉벽에 대해 점차 회전하게 될 때, 자발적인 관절와상완관절의 균형잡힌 운동이 있다. 이 운동은 견갑와에 대해 상완골두가 약간 하방 활주된 외전이다. 상완의 외전은 그것의 장축에 대해 상완의 외회전이 동

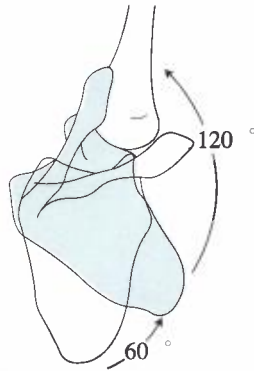


그림 4-17. 관절와상완리듬

반된다.

회전근개 근육은 - 극상근, 극하근, 소원근 - 상완을 외전시키고, 또한 상완골을 외회전 시키며, 견갑하근은(내회전근) 이완된다. 견갑골 외전 회전 근육들 - 승모근과 전거근 - 은 수축하고, 반대쪽 능형근과 견갑거근은 이완된다. 대흉근 또한 내회전근으로 외회전될 때, 이완한다.

8. 각 근육의 작용선

① 외전시 작용하는 근육(그림 4-18)

외전 초기($0 \sim 90^\circ$)에는 삼각근, 극상근이 팔을 거상하고, 중기단계($90 \sim 150^\circ$)에서는 승모근 상부섬유, 하부섬유와 전거근이 견갑골을 상방 회전시킨다. 외전 끝 범위에서는 척추기립근에 의해 체간이 신전, 측굴이 발생한다.

② 굴곡시 작용하는 근육(그림 4-19)

굴곡 초기($0 \sim 50 \sim 60^\circ$)에는 삼각근 전부섬유, 오목완근, 대흉근의 쇄골섬유가 작용을 하고, $60 \sim 120^\circ$ 에서는 승모근 상부섬유, 하부섬유와 전거근이 작용한다. 굴곡이 더 증가할 경우($120 \sim 180^\circ$)에는 척추기립근에 의해 체간의 측굴이 발생한다.

③ 팔의 회전근(그림 4-20)

팔의 회전근에는 내측 회전근과 외측 회전근으로 나뉘어진다.

내측 회전근에는 광배근, 대원근, 극상근, 대흉근에 의해 이루어지고, 외측 외전은

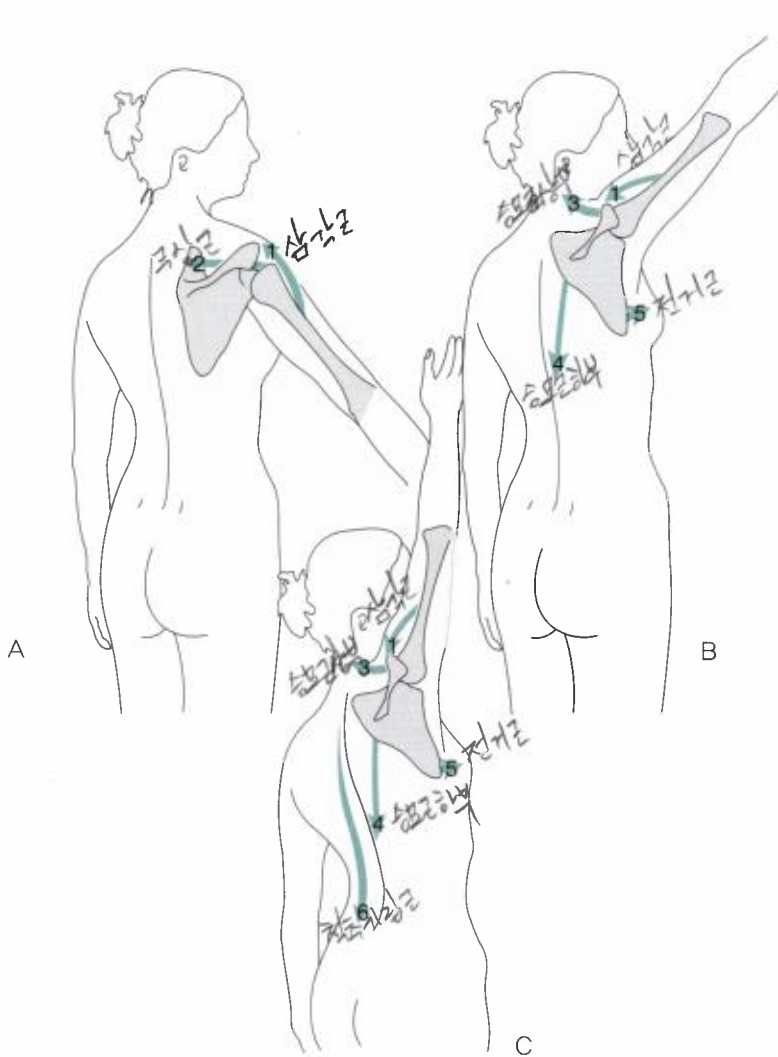


그림 4-18. 어깨 외전

극하근 · 소원근에 의해 일어난다.

④ 팔의 내전(그림 4-21)

팔을 내전할 경우 대원근, 광배근, 대흉근, 능형근에 의해 이루어진다.

⑤ 팔의 신전(그림 4-22)

팔을 신전할 경우 어깨관절에서는 대원근 · 소원근 · 삼각근 후부섬유가 작용하고, 견흉관절에서는 능형근 · 승모근 중부 섬유와 광배근이 작용하게 된다.

*

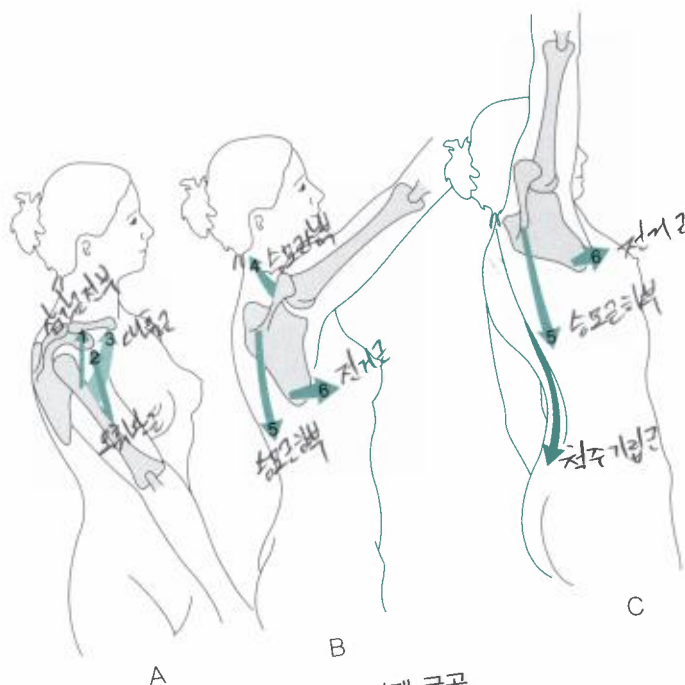


그림 4-19. 어깨 굴곡

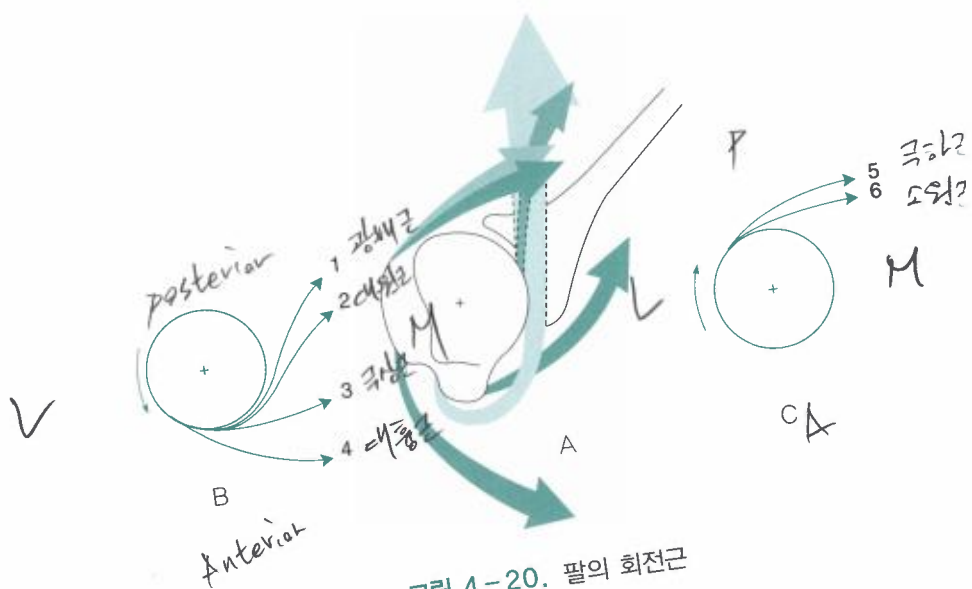


그림 4-20. 팔의 회전근



그림 4-21. 팔의 내전

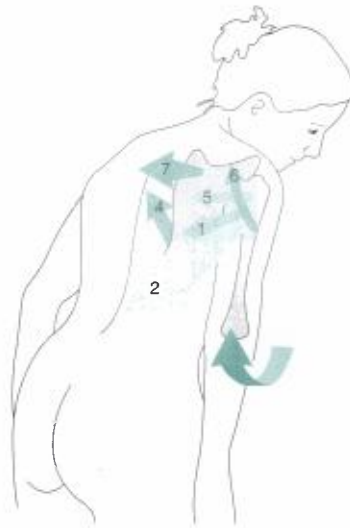


그림 4-22. 팔의 신전

9. 견갑골 근육 중 짝힘으로 작용하는 근육

견갑흉곽 관절은 실제적인 해부학 관절이 아니지만, 중요한 생리학적 관절로 견갑대 운동에 상당한 기여를 한다. 견갑골은 오목하고, 볼록한 흉곽에 관절한다. 견갑골은 견쇄관절과 오구전봉인대를 제외하고는 흉곽에 연결되는 뼈나 인대가 없다. 견갑골은 주로 근육에 의해 안정되어 있다. 견갑골 회전근의 중요성은 관절와상완의 운동성과 안정성에 필수적 요소로 인식되어 있다. 그로 인해, 관절와상완관절의 기저면과 운동성은 견갑골과 상완골과의 관계에 의존된다. 견갑골과 상완골은 어깨운동 동안 안정성을 유지하기 위해 계속 변화하는 위치에 순응해야만 한다.

견갑골에 작용하는 어깨 근육의 짝힘을 살펴보면 견갑골의 상방 회전운동에 관여한다. 여기에 작용하는 근육은 승모근 상부섬유, 하부섬유, 전거근이다. 그림 4-23A는 견갑골 회전축이 0~30° 외전에서 견갑골에 작용하는 짝힘이다. 이 단계에서 견갑골의 상방 회전을 위해 승모근 상부섬유의 힘(F_{UT})과 전거근의 힘(F_{SA})이 짝힘을 이룬다. 이 범위를 지나게 되면 그림 4-23B에서 보듯이 승모근 하부섬유의 힘(F_{LT})에 의해 견갑골 상방회전이 일어나게 된다.

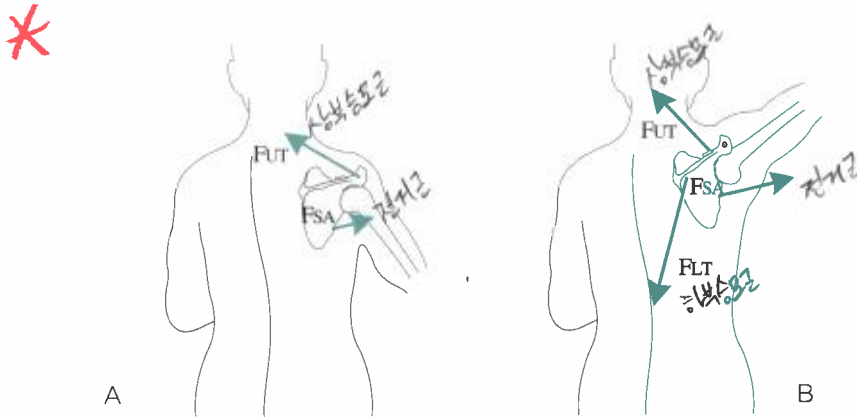


그림 4-23. 견갑골 근육의 짝힘. A. 0~30° 견갑골 회전 축. B. 30~60° 견갑골 회전 축(FUT: 상부 승모근의 힘, FLT: 하부 승모근의 힘; FSA: 전거근의 힘)

10. 몸통 들기 동작 분석

팔굽혀펴기에서 몸통 들고 내리는 동작은 어깨의 폐쇄성 운동이다. 상완삼두근은 주 관절굴곡과 신전에 작용을 한다. 이러한 주관절의 운동을 위해서는 손과 손목이 지면에 잘 고정되어야 하고, 관절와상완관절과 견갑골 또한 안정성을 유지해야 한다. 팔굽혀펴기에서 몸통을 내리는 경우 주관절굴곡, 관절와상완관절 외전, 견갑골 상방회전이 일어난다. 이때 주관절굴곡은 상완삼두근의 원심성 수축이 발생한다. 관절와상완관절에서는 회선근개근육이 견갑와에서 상완골두의 이탈을 막기 위해 수축해야 하며, 견갑골에서는 전거근과 승모근 상·하부섬유들에 의해 상방회전이 일어난다.

몸통을 들어올리는 경우 상완삼두근의 주관절 신전근으로 구심성 수축을 하고, 관절와상완관절에서는 상완골의 상방 이동을 막기 위해 회선근개 근육들이 견갑골과 상완골 사이의 안정성을 담당하게 된다.

11. 밀거나 당기는 동작 분석

(1) 당기기 (Pulling)

물건을 잡아당기는 경우 두 가지 연쇄운동을 생각할 수 있다.

머리 위에 놓인 줄을 아래로 당기는 동작은 주관절굴곡, 관절와상완관절의 내전, 신전이 일어나고 견갑골 내전과 하방회전을 일으키는 개방성 연쇄운동이다. 이때, 주관절 굴곡근인 상완이두근과 관절와상완관절 내전근인 광배근, 대흉근과 신전근인 삼두근의

장두, 삼각근 후부섬유가 작용을 하고 견갑골의 하방과 하강근(소흉근과 능형근)을 필요로 한다.

턱걸이와 같은 운동을 수행할 때는 폐쇄성 운동이 일어난다. 주관절은 굴곡되며, 관절와상완관절은 내전·신전·내회전, 견갑골은 내전·하방회전되거나 하강된다. 이들은 모두 구심성 수축을 한다. 하지만 턱걸이 상태에서 내려올 때는 주관절신전, 관절와상완관절굴곡, 외전 견갑골 하방회전, 거상시키기 위해 원심성 수축을 한다(주관굴곡근, 관절와상완관절의 신전근, 내전근, 견갑골의 하방회전근과 하강근).

(2) 밀기 (Pushing)

앉은 자세에서 몸통을 들어 올리는 것은 어깨의 폐쇄성 운동 방법이다. 이러한 몸통 들기 동작이 필요한 환자는 대부분 하반신마비 환자이다. 이들은 자신의 몸을 들어올리거나 휠체어에서 매트나 침상으로 이동하기 위해 팔을 사용하여 몸통들을 수행한다.

다른 방법은 휠체어나 앉은 상태에서 몸통들을 수행하는 것이다. 손을 지면에 고정 한 후 몸통을 들어 올릴 때는 주관절신전, 견관절내전, 견갑골의 후인과 하강이 필요하다.

이 동작에서 이들은 원심성 수축을 한다.

그림 4-24는 하반신마비 환자가 침상에서 몸통을 드는 모습이다. 여기서 또한 중요한 것이 머리-둔부와 관계이다. 머리-둔부를 이용할 경우 척수손상을 가진 사람은 반대편에 있는 그의 머리를 움직여 둔부를 들어올린다. 이렇게 하기 위해서, 어깨를 축으로 하게 되고, 이것은 제1형 지레의 역할을 하게 된다.

몸통 내리기에서는 몸통을 들 때 사용되었던 상완삼두근, 대흉근, 광배근, 대원근, 삼각근후부, 소흉근, 능형근, 승모근 등의 근육이 원심성 수축을 하여 주관절굴곡, 관절와상완관절의 외전, 견갑골의 거상과 외전이 일어난다.

12. 근육마비로 인한 변형 및 운동장애

(1) 전거근 마비 = winging scapula 클록에 비유. (상승)

전거근 마비시 견갑골은 흉곽에 고정되지 못하고 견갑골 내측연이 척추에서 떨어져 익상 모양을 취하게 된다. 전거근 마비시 승모근이 견갑골을 회전하기 위해 보상작용을 한다. 특히, 상부섬유와 하부섬유가 두드러지게 작용한다. 그러나 5~6회 운동을 반복 하면 근육의 피로로 팔을 어깨 위로 들어올리는 정도가 감소하게 된다.

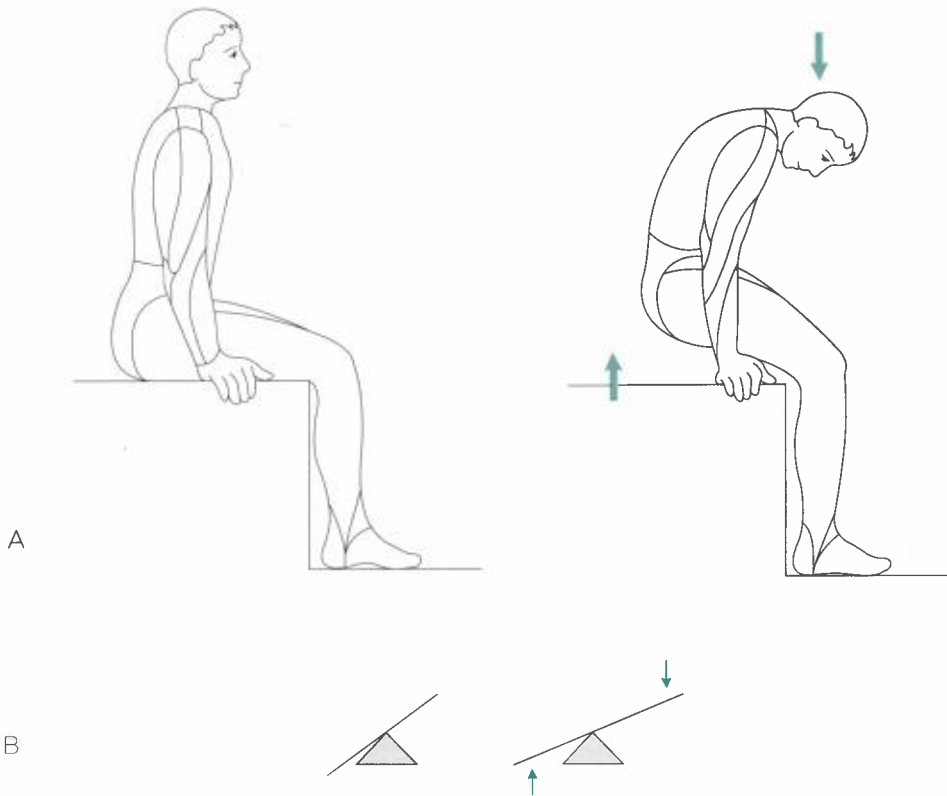


그림 4-24. 머리-둔부 관계. A. 척수손상 환자는 팔을 축으로 해서 머리를 아래로 내려 엉덩이를 들어 올린다. B. 제 1형 지레

(2) 승모근 마비시 외전의 영향.

승모근의 격리된 마비는 목 부근 수술시 부신경이 손상되어 일어난다. 마비시 외전과 굴곡상태에서 거상하는 능력이 감소된다. 승모근이 마비되었을 때는 굴곡보다 외전이 더 많이 영향받고, 전거근이 마비되었을 때는 외전보다 굴곡이 더 많은 영향을 받는다.

기능적으로 승모근이 마비된 사람은 견갑골을 후인시킬 수 없다. 그러나 견갑거근, 전거근, 삼각근, 대흉근을 상용하여 팔을 부분적으로 올릴 수 있다.

(3) 전거근과 승모근 마비시

견갑골의 내측연의 익상이 나타나게 되고, 능형근이 약하거나 그렇지 않을 수 있다. 견봉 끝이 외전, 하강된다. 하각은 내측으로 회전되어 거상된다. 이 경우 견갑골의 안정성이 결여되어 팔을 들 수 없다. 견갑골이 하방회전과 외전을 일으키기 때문에 팔을 들어 올릴 때 삼각근에 의해 수행되는 견관절 90° 외전운동은 훨씬 어려워진다.

13. 각 관절운동의 끝 느낌

관절와상완관절의 정상적인 운동제한은 인대나 수동적인 근육의 팽팽함 때문이다. 그래서, 끝 느낌은 모두 팽팽하다. 상완골 대결절이 견봉돌기에 부딪힐 때에도 끝 느낌은 중간에 끼여드는 연부조직 때문에 팽팽하게 느껴진다. 견관절의 관절낭 패턴은 외전, 내회전 다음에 외회전에 가장 큰 제한을 나타낸다. 이들 각각의 운동은 정상적으로 조직이 신장되는 듯한 끝 느낌을 갖는다.

14. 관절의 보조운동 (Accessory motion)

흉쇄관절과 견쇄관절에서는 수동적으로 작은 활주운동이 일어난다. 흉쇄관절에는 쇄골의 전후방·상하방운동이 있으며, 견쇄관절에는 쇄골의 전후방·상하방운동이 있다.

관절와상완관절에는 느슨한 관절낭 때문에 정상적으로 상완골두가 원위와 외측으로 1~2cm 보조운동이 있고, 상완골의 전후방활주와 상하방활주도 있다.

어깨에서 발생하는 작은 활주운동과 회전운동으로 커다란 운동범위를 일으킬 수 있다. 일반적으로 관절와상완관절의 상방활주는 외전 초기에 일어나고, 외전 90° 이후에서는 하방활주가 일어난다.

5

주관절

◆ 학습 목표 ◆

1. 운동축을 확인한다.
2. 주관절굴곡의 주동근을 서로 비교한다.
3. 상완이두근과 회외근을 서로 비교한다.
4. 원회내근과 방형외내근을 서로 비교한다.
5. 상완삼두근과 주근을 서로 비교한다.
6. 주관절에서 작용하는 다관절 근육의 최소, 최대 길이를 근길이 검사에 적용한다.
7. 다음 운동에서 주동근, 길항근, 협력근 관계를 분석한다.
8. 주관절에서 다음 동작을 분석한다.
9. 대흉근의 주관절 신전기능을 적용한다.
10. 말초신경 손상으로 인한 운동장애를 확인한다.

1. 주관절과 요척관절의 운동축

주관절은 세 개의 관절로 구성된 활막성 관절로 상완척골(humeroulnar), 상완요골(humeroradial)과 상부 요척관절(superior radioulnar)로 구성되며, 관절낭과 관절강이 이들에 의해 연결된다. 상완척골관절은 척골의 활차절흔과 상완골의 활차 사이에 의해 형성된 단축성 경첩관절(hinge joint)이다. 척골의 활차절흔은 시상면에서는 오목하고 전두면에서는 볼록하다. 활차는 상완골 내측과의 전방, 하방, 후방을 덮는다.

상완골의 활차는 비대칭적이다. 활차의 이런 비대칭은 완전한 운동범위에 필요한 조인트 플레이(joint play)를 일으킨다. 또한, 다음에 따르는 부가적인 움직임을 일으킨다. 약간의 꺾이는 동작(척골은 굴곡하는 동안 약간 회외되고, 신전하는 동안 회내된다)과 상완골과 척골 모두에 대해 요골두의 외전, 내전, 활주가 일어난다.

완전 신전과 굴곡에서 주두는 활차와 접촉되지 않는다. 이러한 범위가 회내, 회외에 필요한 조인트 플레이 움직임을 만드는 것이다. 척골은 초기 굴곡에서 내측으로 5° 내 회전하고, 굴곡 마지막에서 외측으로 5° 회전한다.

상완골의 활차는 척골의 활차절흔과 관절하며, 소두는 요골두와 관절한다. 그러므로 주관절의 이 두 관절은 굴곡신전에 함께 작용하며, 그 축은 활차와 소두의 중심을 연결하는 선에 의해 표시된다(그림 5-1).

요척관절에서 일어나는 회내, 회외운동은 요골과 척골 사이에 2개의 분리된 관절, 즉

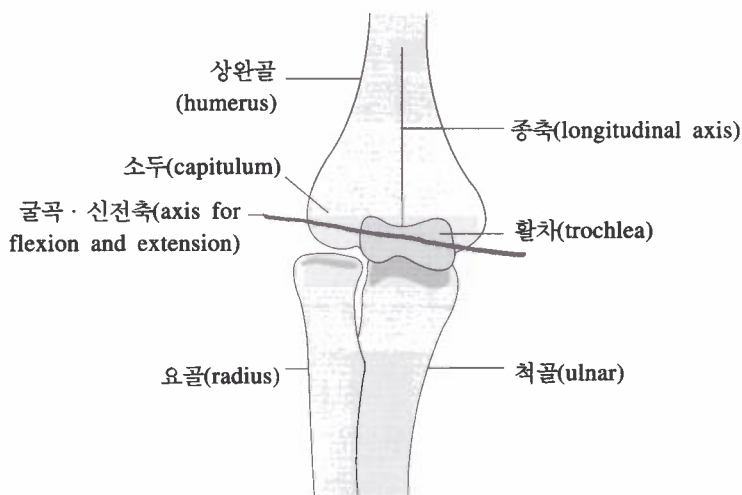


그림 5-1. 굴곡과 신전을 위한 운동축. 운동축은 상완골의 장축을 가로지르는 선에서 활차의 중간에서 위치한다.

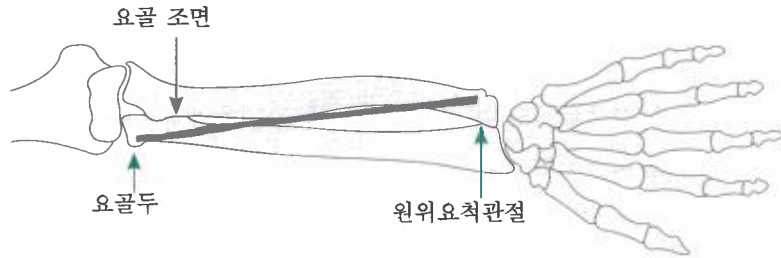


그림 5-2. 전완의 회내와 회외 축은 근위로는 요골두, 원위로는 척골두를 통과한다(1자유도의 운동)

근위, 원위 요척관절이 있기 때문에 가능하며, 이 두 관절은 함께 단축성 관절(uniaxial joint)로 작용된다. 요척관절의 운동축은 요골두의 중심과 척골두의 중심을 통과하는 선으로 표시된다(그림 5-2).

주관절과 요척관절은 모두 단축성 관절이다. 주관절의 운동축은 관절을 구성하는 뼈의 골간을 횡으로 지나지만 요척관절의 운동축은 골간에 거의 평행하다. 여기서 주관절의 운동축은 상완골의 장축에 수직이 아니다. 그 이유는 활차가 소두보다 더 원위로 뻗어 있기 때문이다. 그러므로 주관절 신전, 전완회외에서 전완은 상완골에 대해 외측으로 편위되며 이를 운반각(carrying angle) 혹은 주각(cubital angle)이라 한다. 이 각은 남자보다 여자가 약간 더 크며 남자는 평균 5° 이며, 여자는 $10\sim 15^{\circ}$ 이다. 운반각의 증가는 좌우 비교하여 한쪽이 더 클 경우는 비정상이며, 이 각의 크기가 평균보다 증가했을 때를 외반주(cubitus valgus)라 부른다.

2. 주관절과 요척관절에서 발생하는 운동과 운동량

주관절과 요척관절에서 일어나는 운동은 각각 굴곡-신전과 회내-회외이며 운동의 양을 결정하는데는 여러가지 요소가 있다. 이 요소들은 능동, 수동 등의 운동의 형태, 전완의 위치, 견관절의 위치가 포함된다.

먼저 굴곡은 주관절 신전상태에서 전완이 상완에 가까워지면서 일어나는 동작으로 운동범위는 평균 145° 이고 정상범위는 $120\sim 160^{\circ}$ 이다. 일반적으로 상완과 전완 사이 근육의 접촉에 의해 제한되며 끝 느낌은 부드러운 느낌이다. 전완의 위치도 굴곡운동범위에 영향을 미치는데 전완이 회내 혹은 회내와 회외 중간 위치에 있을 때 운동범위는 전완이 회외되었을 때보다 조금 작다. 견관절의 위치도 견관절과 주관절을 지나는 두 관절근육에 의한 수동 불충분(passive insufficiency) 때문에 주관절 굴곡운동범위에 영향을 미친다.

두 번째 **신전**은 상완골과 전완골의 장축이 일직선상에 위치할 때를 기준으로 해서 운동범위는 약간의 편차가 있지만 0° 이다. 근육질이고 인대가 매우 강한 사람은 신전이 약간 적고, 허약한 사람은 정상적으로 과신전 5° 혹은 그 이상이다.

회내·회외운동 범위를 측정할 때 **주관절은 90° 굴곡하여 몸통 옆에 고정하여 측정하고, 전통적으로 그 범위는 전완의 중간자세에서 회외 90° 회내 90° 로 간주된다.** 만일 주관절을 신전자세로 측정한다면 견관절의 내회전, 외회전이 동시에 일어나게 되어 전완에서의 순수한 회내·회외 운동범위를 측정하기 어렵다.

3. 주관절과 전완에 작용하는 근육의 해부학적 작용

(1) 상완이두근

상완이두근(biceps brachii)의 기시는 장두와 단두로 나눌 수 있는데, 장두는 견갑골의 관절와 결절상부에서, 단두는 견갑골의 오구돌기에서 기시하여 상완의 중앙에서 서로 연합하여 요골결절에 강한 건으로 정지하는 동시에 다른 섬유들은 전완의 굴곡근위에 있는 근막과 섞여 내측으로 들어가 이두근 근막에 정지한다. 근피신경(C5, C6)의 지배하에 견관절에서 팔의 굴곡, 팔의 외회전 상태에서 어깨의 외전을 보조하고, 손이 회외된 상태에서 주관절이 굴곡하며, 주관절이 약간 굴곡된 상태의 회내된 위치에서 손의 강한 회외작용을 한다.

상완이두근은 상완근, 상완요골근과 협력적으로 주관절에서 전완을 굴곡시키고, 회외근과는 회내된 손을 회외시키며, 삼각근 전방섬유와 극상근과는 어깨에서 팔의 외전시

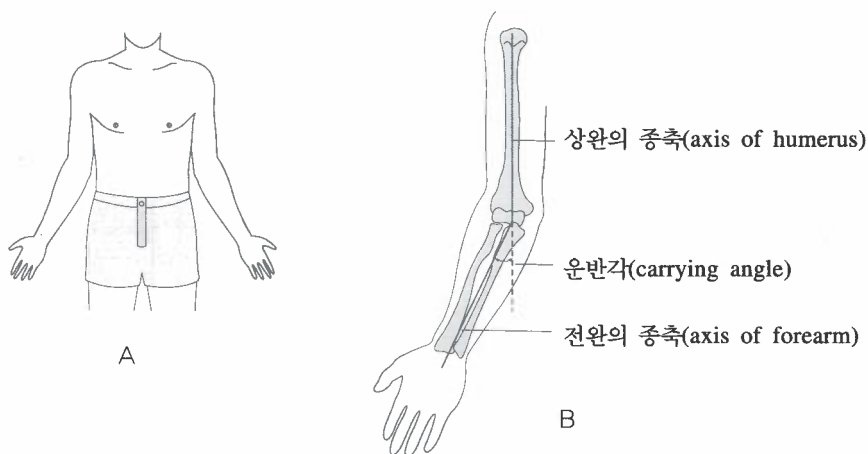


그림 5-3. 전완의 회내와 회외 축은 근위로는 요골두, 원위로는 척골두를 통과한다(1자유도의 운동).

키는 작용을 한다. 오구상완근은 어깨 내전에 대해 단두를 도와준다.

(2) 상완근

상완근(brachialis)은 상완골 전면하 1/2에서 기시하여 척골의 구상돌기에 정지하는 근으로 근피신경(C5, C6)의 지배를 받는다. 이 근육은 상완이두근, 상완요골근과 회외근과 협력작용을 하여 주관절 굴곡근으로 작용한다. 차를 운전하는 동작 동안 상완근은 일반적으로 근전도 활동이 낮지만, 상대적으로 지속됨을 보여준다.

(3) 상완요골근

상완요골근(brachioradialis)은 상완골의 외측상과에서 기시하여 요골의 경상돌기에 정지하는 근으로 요골신경(C5, C6)의 지배를 받는다. 이 근육은 팔꿈치에서 전완을 구부리게 한다. 이 근육은 문합형 근육(shunt muscle)에 속한다. 이 근육의 수축은 팔꿈치의 빠른 운동 동안 원심력에 의해 주관절이 이간(distraction)되는 것을 막는다. 반면, 상완이두근과 상완근은 분출형 근육(spurt muscle)으로 주관절 이간의 조절없이 팔꿈치의 빠른 움직임을 가속시킨다.

(4) 상완삼두근

상완삼두근(triceps brachii)은 기시가 세 가지로 나누어지는데 장두는 견갑골의 하관절와 결절에서, 내측두와 외측두는 상완골에서 각각 기시하여 척골의 주두돌기에 정지한다. 요골신경(C5~C8)의 지배를 받으며 주관절 신전, 견관절 신전의 해부학적 작용이 있다.

상완삼두근의 모든 부분은 팔꿈치에서 전완을 신전시키지만, 내측두가 가장 초기 그리고 가장 큰 활동을 나타낸다. 장두의 견갑골 부착지점은 관절와상완관절 작용에 영향을 끼친다. 근전도 연구에서 팔을 옆에 두고 있을 때, 견봉쪽으로 상완골두를 거상시키려는 장두 단독의 활동이 나타났다.

(5) 주근

주근(anconeus)은 상완의 외측상과에서 기시하여 척골의 주두 외측면에 정지하는 근으로 요골신경(C6, C7)의 지배를 받아 팔꿈치에서 전완의 신전에 대해 상완삼두근을 보조한다. 근전도상에서 주근, 회외근, 상완삼두근 내측두는 손을 회내, 회외하는 동안 주관절을 안정시키는 데 함께 작용한다.

(6) 원회내근

원회내근(pronator teres)은 상완골의 내측상과와 척골의 구상돌기에서 기시하여 요골 외측면 중간부위에 정지하며, 정중신경(C6, C7)의 지배 하에 요척관절의 회내, 주관절 굴곡의 작용을 한다. 이 근육은 방형회내근을 보조하고, 빠른 움직임과 저항에 대항한다. 원회내근은 또한 주관절에서 굴곡을 보조하지만, 저항에 주어질 때만 작용한다.

(7) 방형회내근

방형회내근(pronator quadratus)은 척골하단의 전면에서 기시하여 요골의 전면에서 정지한다. 정중신경분지(C7~T1)의 지배를 받아 요척관절의 회내작용을 한다.

(8) 회외근(supinator)

회외근은 상완골의 외측상과와 척골의 회외근능에서 기시하여 요골의 내측과 하상완이두근 결절에 정지한다. 요골신경분지(C5, C6)의 지배를 받으며, 요척관절의 회외작용을 한다. 상완이두근은 전완이 적어도 주관절에서 약간 굴곡되거나 회외에 대한 저항을 극복하려는 힘을 필요로 할 때 주관절 회외를 돕는다. 그러나 주관절이 신전되어 있다면 상완이두근의 보조는 극히 적다. 상완척골관절의 전방 관절낭 앞쪽에 부착되는 회외근 섬유는 주로 회외보다 주관절 굴곡에 기여한다.

4. 주관절굴곡의 주동근

주관절굴곡 주동근에는 상완근, 상완요골근, 상완이두근의 세 근육이 있다. 이들 각 근육들은 주관절에서 회전의 내-외측 축에 대해 전방으로 지나가는 힘을 일으킨다. 먼저 상완근은 기시, 정지적 측면에서 견관절이나 전완의 위치나 상태에 관계없이 운동성이거나 힘적인 면에서 효과적으로 작용한다. 상완요골근은 주관절 축으로부터 멀리 떨어져 정지하므로 문합형 근육으로 분류되어 관절의 안정성에 기여하는 근육이며, 역시 견관절의 상태와는 무관하다. 상완이두근은 관절축 근처에 정지하므로 분출형이며 관절 운동성을 위한 근육으로 생각된다. 또, 저항이 있을 때는 언제라도 크게 작용하며 전완의 모든 위치에서 작용한다. 유일하게 주관절 굴곡근 중 견관절의 상태에도 영향을 받는 근육이다. 예를 들어 견관절이 완전 굴곡된 위치에서 완전 주관절굴곡을 시도했을 때 능동 불충분이 된다.

상완이두근은 손가락을 입으로 가져가는 동작과 같이 동시적인 굴곡과 회외동작을 수행할 때 근전도상으로 최대 수준을 일으킨다. 전완 회내를 유지한 상태에서 시행되는

굴곡에서 상대적으로 낮은 근전도 활동이 나타난다.

상완근은 상완이두근 아래에 놓여있는 근육으로 상완골 전방부에서 기시하여 근위 척골의 원위부에 정지한다. 상완근은 7cm^2 생리적 횡단면(physiologic cross-sectional area)을 가지며 주관절을 가로지르는 어떤 근육보다 가장 크다. 이에 비해, 상완이두근 장두는 횡절제 면적이 2.5cm^2 밖에 되지 않는다. 이러한 생리적 횡단면을 기초로 상완근이 주관절을 가로지르는 근육에서 가장 큰 힘을 일으키는 것으로 예상된다.

상완요골근은 주관절 근육 중 가장 긴 근육이다. 상완요골근의 최대 단축은 완전한 주관절 굴곡과 거의 중립위치에서 전완의 회전을 일으킨다. 근전도상에서 상완요골근은 큰 저항에 대항해서 빠른 운동에 대한 주요 주관절굴곡근이며, 전완의 전-외측 부분에서 쉽게 촉진할 수 있다.

5. 상완이두근과 회외근, 원회내근과 방형회내근, 상완삼두근과 주근의 비교

(1) 상완이두근과 회외근

회외근은 주관절 근위부에 부착된다. 이 섬유는 원층은 상완골의 외측과와 외측 측부인대, 윤상인대에서 기시한다. 심부섬유는 척골 근처에서 기시한다. 이 두 섬유들은 요골 근위 1/3 지점에 정지한다. 회외근은 주관절 각도, 속도, 작용하는 힘에 관계없이 전완이 회외하는 동안 상당한 근전도 활동을 일으킨다. 신경계통은 회외 동작만을 요구하는 적은 힘을 요구하는 작업에서는 회외근을 일반적으로 동원한다. 상완이두근 또한 주요한 회외근으로, 정상적으로 큰 힘을 필요로 하는 회외동작에서 작용한다. 중증도 혹은 큰 힘을 요구하는 회외동작에서는 상완이두근이 상당한 근전도 활동을 나타낸다. 상완삼두근이나 삼각근 후부섬유와 같은 부가적인 근육들이 어깨나 팔에서 원하지 않는 상완이두근의 작용을 조절하는데 필요하다.

상완이두근은 전완의 강력한 회외근이다. 상완이두근은 회외근에 비해 생리적 횡단면이 3배나 된다. 회외근으로써 상완이두근의 주요 역할은 특히, 주관절 90° 상태에서 빠르고, 강한 회내-회외 동작 동안 상완이두근을 촉진함으로써 검증할 수 있다. 전완이 회내됨에 따라 상완이두근의 건은 요골 근위부 주위를 감싼다. 완전 회내 위치에서 상완이두근의 능동적인 수축은 회외 방향으로 요골을 회전(spin)시킬 수 있다.

상완이두근의 회외근으로써의 효율성은 주관절이 90° 굴곡되었을 때 가장 크다. 주관절 90° 상태에서 시행되는 회외 토크는 주관절 완전 신전 때보다 두 배 가량 크다. 주관절 90° 각도에서 상완이두근의 건은 요골에 대해 90° 각도로 정지한다. 이러한 생체

역학적 상태는 전완의 회전축 각도에서 500N의 힘을 발휘한다. 하지만, 주관절 굴곡 30° 각도에서는 250N의 힘을 발휘한다.

(2) 원회내근과 방형회내근

방형회내근은 전완 전방부의 원위부에 위치한다. 이것은 편평하고, 사각형의 근육으로 척골과 요골 원위 1/4 부근 사이에 부착된다. 근위부에서 원위부 전체 방형회내근은 약간 비스듬한 각을 가지지만, 원회내근과 같이 상당한 각을 이루지는 않는다. 이 근육은 효과적인 토크 생산과 원위 요척골관절의 안정 요인으로 작용하기에 생체역학적으로 잘 만들어져 있다. 방형회내근은 전완의 회전축에 거의 수직으로 배열되어 있어, 회내 토크를 발생하게 된다. 또한, 이 근육은 척골두에 대해 직접적으로 요골의 척골절흔을 압박한다. 이러한 압박은 원위 요척관절 안정화에 중요한 요인을 제공하고, 회내 동안 지속적으로 작용한다.

원회내근은 힘의 요구나 주관절 굴곡 정도에 상관없이 모든 회내 움직임 동안 가장 활발하고 지속적으로 사용되는 회내근이다.

원회내근의 일차적인 기능은 회내작용이고, 이차적으로 주관절굴곡근이다. 이러한 원회내근은 강한 회내작용 동안 가장 큰 근전도 활동을 일으킨다. 상완삼두근은 원회내근의 중요한 협력근으로 주관절 굴곡에 대해 원회내근을 중립시키는 데 작용한다. 또한, 원회내근은 근위 요척관절의 안정성에 관여하고, 방형회내근은 원위 요척관절의 안정성에 관여한다.

(3) 상완삼두근과 주근

상완삼두근과 주근은 둘 다 주관절 신전근이며, 관절을 보호하는 역할을 한다. 전자가 후자보다 횡단면이 5배, 단축거리는 2배 정도이며, 실질적으로 주관절이 신전하는 힘의 비율도 삼두근이 주근보다 2배 정도 강하다.

6. 주관절에 작용하는 다관절 근육의 최소, 최대 길이의 비교

주관절에 작용하는 다관절 근육에는 상완이두근과 상완삼두근의 장두, 원회내근이 있다. 여기서, 이두근은 견관절, 주관절, 요척관절의 세 관절을 지나고 삼두근의 장두와 원회내근은 각각 견관절과 주관절, 주관절과 요척관절의 두 관절을 지난다. 이 근육들은 관계되는 각 관절에 작용이 있고, 또 각 관절의 자세에 의해 영향을 받는다.

근육의 최소 길이는 능동 불충분(active insufficiency)이라는 결과를 얻게 되는데, 근육

의 길이가 최소가 될 경우 길이-장력곡선의 가장 낮은 점에 해당하므로 수축력이 약하게 되기 때문이다.

이 두 근육의 능동 불충분 자세는 손바닥을 어깨 위로 넘겨 등에 닿게 하는 동작, 즉 최대의 견관절굴곡, 주관절굴곡, 전완을 회외할 때이고, 삼두근의 장두는 주관절과 견관절의 신전, 원회내근은 주관절굴곡과 회내 때이다. 인체는 운동을 할 때 능동 불충분 상태를 방지하고 적절한 길이 장력관계를 유지하려고 한다. 그래서, 이 두 근육의 견관절 과신전과 결합된 주관절굴곡은 운동범위의 많은 부분에서 적절한 장력을 유지한다. 삼두근 장두의 견관절굴곡과 결합된 주관절신전은 역시 적절한 장력을 유지하게 된다. 이러한 굴곡과 신전의 결합은 톱질하기, 밀걸레 청소하기, 빗자루 쓸기, 공 던지기 등 대부분의 기능적 활동에 교대로 사용된다.

근육이 최대 길이로 늘어나는 경우는 모든 길항작용이 완전범위까지 일어난 때이다. 이두근은 견관절 과신전과 주관절 신전, 전완의 회내 때이며, 삼두근의 장두는 주관절 굴곡과 견관절 굴곡이 동시에 일어날 때, 원회내근은 주관절 신전과 전완의 회외에서 최대 길이가 된다. 이러한 자세는 다관절 근육의 비정상적인 단축과, 근육이나 근육의 부착부가 손상을 받았는지를 평가하는데 필요하다. 근육에 구축이 있거나 단축되었다면 수동관절운동의 마지막 부분이 비정상적으로 제한되고 끝 느낌은 팽팽할 것이다. 또, 근육이 손상을 받으면 관절운동이 완성되기 전에 통증이 있고 끝 느낌은 텅빈 느낌일 것이다.

7. 주관절과 전완의 운동시 각 근육의 주동근 길항근 협력근 관계

해부학적 근육작용은 근육이 홀로 작용하고 근위부착부가 고정되고 원위부착부에서 운동이 일어나며 중력이나 가벼운 저항에 대해 구심성 수축을 한다는 것을 전제로 한다 (개방성 연쇄). 그러므로 주동근, 길항근, 협력근의 의미는 힘과 운동이 일어나는 상황에 따라 변한다. 이두근과 삼두근은 서로 길항작용으로 기술하였지만 강한 쥐기에서는 손목이나 손가락의 굴곡근, 신전근이 강하게 수축할 때 주관절의 움직임을 안정시키기 위해 협력근으로 동시에 수축한다. 또, 문 손잡이를 돌리거나 드라이브를 사용하는 것 또한 이두근과 삼두근의 협력작용을 나타내는데 삼두근은 회외나 회내에 참여하는 이두근과 원회내근의 주관절굴곡을 방지하여 주관절을 안정시킨다.

8. 주관절의 폐쇄성 연쇄운동

주관절의 폐쇄성 연쇄운동에는 턱걸이(pull-ups)나 물구나무서서 팔굽혀펴기에서처럼 손이 고정되고 어깨가 손에 가깝게 또는 멀리 움직이는 것이다. 턱걸이의 경우 주관절 굴곡근들의 구심성, 원심성 수축에 의해 몸을 올리고 내린다. 반대로, 거꾸로 물구나무선 자세에서의 팔굽혀펴기는 삼두근의 원심성 수축에 의해 주관절이 굴곡되고, 구심성 수축에 의해 신전되는 것이 조절된다. 위의 예에서 견관절과 주관절의 복합작용이 다관절 근육의 적절한 길이-장력관계를 유지한다.

상완골과 척골이 상대적으로 고정된 상태, 즉 주관절과 손목관절을 신전한 상태에서 상지를 통해 체중부하를 하는 경우 관절와상완관절은 부분적으로 내회전 위치를 취한다. 지면에 대해 요골과 손을 완전히 고정된 상태에서 전완의 회전은 상완골과 척골의 외회전운동에 의해 발생된다. 극하근은 상대적으로 고정된 견갑골에 대해 상완을 회전시키는 반면, 방형회내근은 상대적으로 고정된 요골에 대해 척골을 회전시킨다.

9. 대흉근의 주관절 신전기능

C6 신경근 수준 이하의 운동과 감각기능이 없는 C6 사지마비 환자는 체간 전체 마비와 상지의 부분적인 마비가 있다. C6 사지마비 환자는 전완 신전근의 마비를 동반하기 때문에 직접적인 주관절 신전기능은 소실된다. 앉은 자세, 옷입기, 휠체어나 매트에서 앉은 자세를 취하기 위해서는 주관절신전이 필수적으로 필요하다. 따라서, 이러한 마비환자에게서 주관절신전을 하기 위해서는 다른 근육의 대체 기능을 요하게 된다.

대흉근은 주관절을 지나지는 않지만 폐쇄성 연쇄, 즉 바닥에 손을 짚은 상태에서 견관절을 내전함으로써 주관절을 신전할 수 있다. 대흉근은 정상이며, 상완삼두근은 마비가 된 척추손상환자가 가벼운 물체를 밀거나 문을 닫을 때 주관절이 굴곡된 채로 손을 물체 위에 놓고 대흉근을 수축시켜 주관절을 신전한다. 이 작용은 엎드린 자세에서 팔을 펴면서 몸통을 들어 올릴 때 관찰할 수 있다.

10. 말초신경손상으로 인한 운동장애

먼저 요골신경의 마비는 상완삼두근, 회외근 이하 신전근들의 마비를 초래할 수 있으므로 강한 주관절신전이나 전완회외를 할 수 없으며 손목의 하수(wrist drop)를 초래할 수 있다. 특히 상완삼두근의 마비는 효과적인 밀기나 고기를 자르는데 필요한 만큼 손

을 아래로 누를 수가 없다. 다음 근파신경의 손상은 상완이두근, 상완근의 마비를 초래할 수 있다. 상완요골근과 원회내근에 의해 주관절의 굴곡은 할 수 있지만 약화된다. 이들 근육은 주관절 신전에서 굴곡을 위한 지레가 좋지 않기 때문에 이러한 사람은 팔을 흔들어 운동의 모멘트로 사용한다. 그런 다음 전완근육은 지레가 좋아지는 굴곡 90°에서 주관절을 유지할 수 있다. 정중신경의 마비는 원회내근과 방형회내근의 마비를 초래하여 전완의 회내 힘이 약해지면서 열쇠를 돌리거나 물건을 들고 있기가 어렵다.

11. 각 관절운동의 끝 느낌

주관절 굴곡운동의 끝 느낌은 상완과 전완 사이 근육의 접촉에 의해 제한되는 부드러운(soft end-feel) 느낌이다. 신전운동의 끝 느낌은 척골의 주두와 상완골의 주두와가 서로 부딪치는 딱딱한(hard end-feel) 느낌이다. 전완의 회내는 주관절의 모든 위치에서 요골과 척골의 접촉으로 한계가 결정되고 후요척인대와 주관절의 내측측부인대의 후섬유의 장력에 의해 범위가 결정된다. 회외는 전요척인대와 사위인대의 수동장력에 의해 제한을 받아 범위가 결정된다.

12. 관절의 보조운동 (Accessory motion)

상완척골관절은 경첩관절이 변화된 것으로 척골의 오목 활차와(concave fossa)는 주관절의 굴곡과 신전시 척골이 움직이는 것과 같은 방향으로 활주한다. 굴곡시에는 척골의 활차융기가 활차구를 활주하여 완전굴곡시 관상돌기가 관상돌기와의 밑바닥에 닿게 된다. 신전시 활주는 주두돌기가 주두와에 들어갈 때까지 계속된다. 여기서 약간의 내외측 활주가 척골에서 일어나는데, 이것은 주관절의 완전한 가동범위를 허용한다. 상완요골관절은 경첩차측관절로써 볼록한 소두에 대한 오목한 요골두는 요골이 움직이는 방향과 같은 방향으로 활주하고 전완이 회내와 회외할 때 요골두는 상완골 소두에 대한 축회전(spin)을 한다. 근위 요척관절에서는 상완골의 소두에 대한 요골두의 배-복측 활주가 수동적으로 발생되는데 정상적인 보조운동의 결정은 근육이 이완된 자세를 취해야 한다.

가장 역학적으로 안정된 자세는 주관절에서는 신전이고, 요척관절에서는 5° 회외이다.

6

손목(Wrist), 손(Hand)

◆ 학습 목표 ◆

1. 각 관절에서 발생하는 운동을 확인한다.
2. 손목과 손에 작용하는 근육의 해부학적 작용을 확인한다.
3. 손목의 굴곡-신전축을 확인한다.
4. 쥐는 동작을 분석한다.
5. 손을 펴는 동작을 분석한다.
6. 총지신근과 총양근의 작용을 설명한다.
7. 손의 동작에서 수동적, 능동적 결핍을 이해한다.
8. 손목의 건 작용에 대하여 설명하고 임상적으로 응용한다.
9. 무지와 소지의 운동에 손목관절근육의 협력작용을 설명한다.
10. 손의 쥐는 유형을 파악한다.
11. 말초신경 손상으로 인한 운동장애를 확인한다.
12. 요골 혹은 정중신경 손상시의 쥐는 방법에 대하여 설명한다.
13. 손의 변형을 확인한다.

손은 어깨에서 시작하는 지렛대의 역학적 사슬(mechanical chain) 중에서 마지막 고리(final link)이다. 정밀한 기계처럼 그 구조와 기능이 매우 복잡하며 잡는 기능뿐 아니라 섬세한 기능을 수행하고 세밀한 감각을 수용하며 정교한 숨씨를 나타낼 수 있는 기관으로 손의 기능을 담당하는 뇌의 피질부분이 다른 부분에 비해 상당히 넓은 것을 보면 손이 얼마나 정밀을 요하는 기관인지를 알 수 있다. 손목관절(wrist)은 구조적으로 매우 안정성이 있고 손에 광범위한 운동성을 제공한다. 비록 손목관절을 단순히 자유도 2의 과상관절(condyloid joint)로 분류하지만 실제로는 15개의 뼈와 17개의 관절, 폭 넓은 인대계로 구성된 매우 복잡한 구조이다. 손은 자유도가 높기 때문에 360° 회전이 가능하고 동측의 전완과 상완을 제외한 몸의 모든 부위에 닿을 수 있으며 상지의 원위관절로서 일차적 효과기(effector)의 기능을 하고 손짓(gesture), 접촉(touch) 등을 통하여 감정을 표현하는데 사용되기도 한다.

1. 각 관절에서 발생하는 운동

1) 요수근관절

타원형의 요수근관절(radiocarpal joint)은 요골 원위단의 오목한 관절면과 주상골(scaphoid), 월상골(lunate), 삼각골(triquetrum)의 볼록한 관절면으로 형성된다(그림 6-1). 삼각형의 섬유성 연결인 디스크가 요골 원위단과 척골 경상돌기, 삼각골(triquetrum)에 붙어있다. 디스크는 요골(radius)과 척골(ulnar)을 함께 동여 매고 원위요척관절(distal radioulnar joint)과 척골을 요수근관절과 분리시킨다. 손목에서의 굴곡(flexion), 신전(extension), 요측편위(radial deviation), 척측편위(ulnar deviation)의 일부가 요수근관절에서 일어나는데 요수근관절의 운동은 요골과 요척골 디스크상에서 근위수근골의 활주가 대부분이다. 수근골(carpal bone) 들의 볼록한 면이 오목한 원위 요골면과 요척 디스크위를 활주하기 때문에 근위 수근골열의 활주는 손의 운동방향과 반대이다(그림 6-2). 요수근관절에서의 운동은 능동과 수동적인 힘의 독특한 결합에 의해서 일어난다. 수근골의 근위열에는 직접적으로 작용하는 근력이 없기 때문에 근위 수근골들은 요골과 실질적인 근력이 작용하는 원위 수근골들 사이에서 역학적인 연결 역할을 한다.

(2) 중간수근관절 (Midcarpal joint)

중간수근관절은 해부학적 단위라기보다는 기능적인 단위이다. 중간수근관절은 수근골의 근위열과 원위열 사이에 형성된다. 주상골(scaphoid)이 대능형골(trapezium) · 소능형골(trapezoid) · 유두골(hamate)과 관절하고, 월상골(lunate)은 유두골과 삼각골

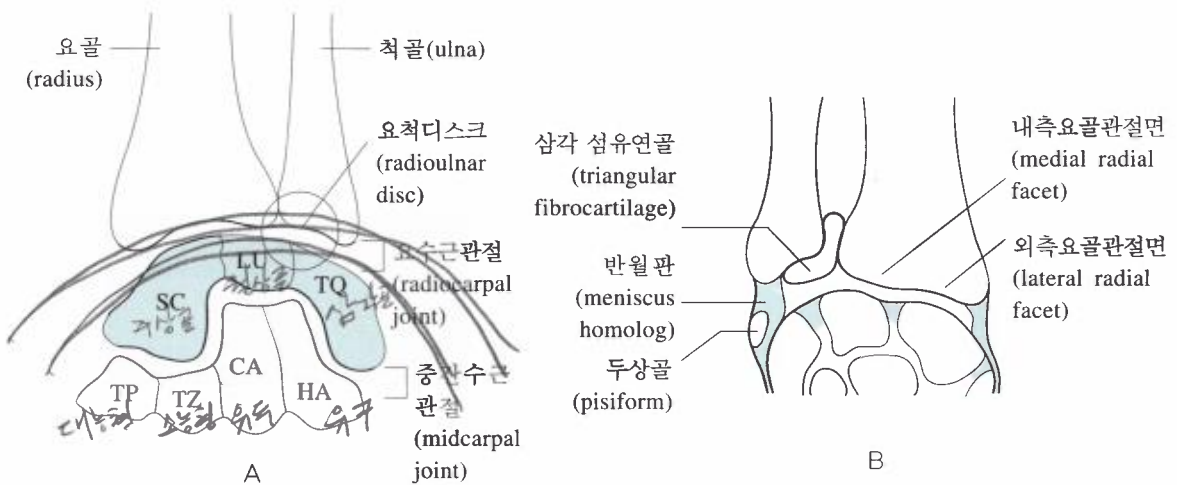


그림 6-1. A. 요골수근관절은 요골과 요척 디스크, 주상골, 월상골, 삼각골로 구성되어 있다. 중수관절은 주상골, 월상골, 삼각골과 대,소능형골, 유두골과 유구골로 구성되어 있다. B. 요골수근관절의 근위면은 원위요골의 내측과 외측 관절면(facet)과 섬유연골 또는 요척 디스크에 의해 형성된다.

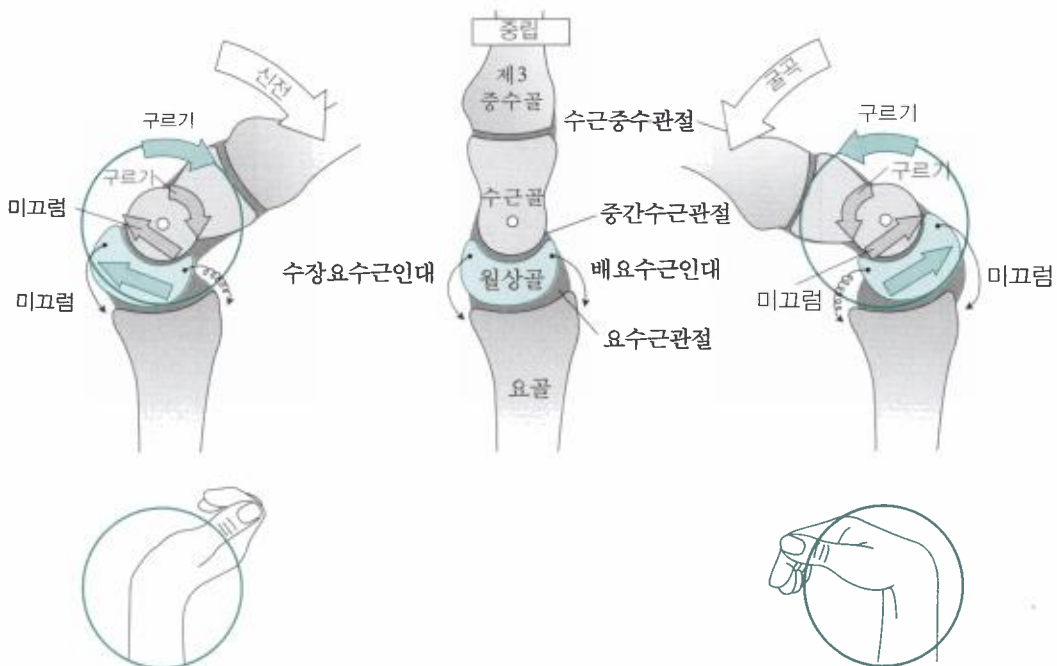


그림 6-2. 손목 복합체에서의 관절 운동(굴곡/신전). 수근골의 활주방향은 손의 운동방향과 반대이다.

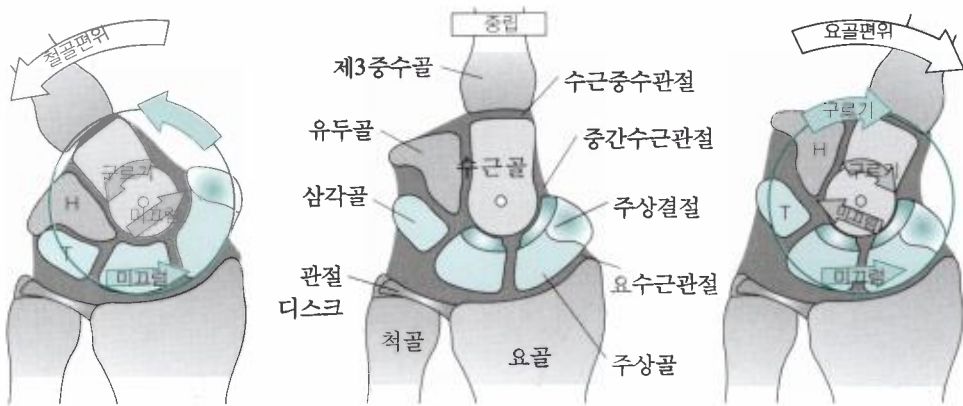


그림 6-3. 손목 복합체에서의 관절운동(요측/척측편위)

(triquetrum) · 유두골과 관절하고, 삼각골의 손바닥면과 접하고 있는 두상골(pisiform)은 중간수근관절에 포함되지 않는다. 중간수근관절의 관절면은 서로 상호적으로 볼록-오목면으로 되어 있으며 손목관절의 굴곡, 신전, 요측편위와 척측편위의 운동이 일어난다(그림 6-3).

(3) 수근중수관절 (Carp-Metacarpal joint)

손가락들의 수근중수관절(CMC)은 수근골 원위열과 제2번에서 제5번 중수골저(base of metacarpals)와 서로 관절면을 구성하고 있다(그림 6-4). 제 2~4 수근중수관절은 1°의 자유도를 가진 평면활액관절(plane synovial joint)이므로 굴곡, 신전이 일어난다. 제5수근중수관절은 안상관절(saddle joint)이어서 2°의 자유도를 가지고 있으며 굴곡, 신전뿐만 아니라 제한된 외전, 내전도 일어난다. 비록 각 관절에서의 운동은 적지만 이 운동

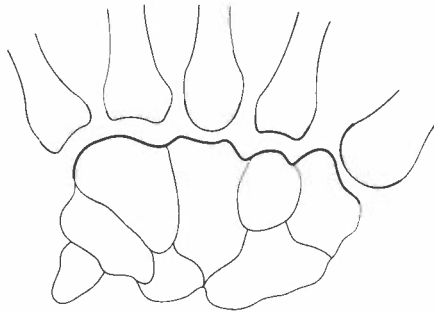


그림 6-4. 수근중수관절 : 두 번째에서 다섯 번째 중수골과 원위 수근골열 사이의 관절

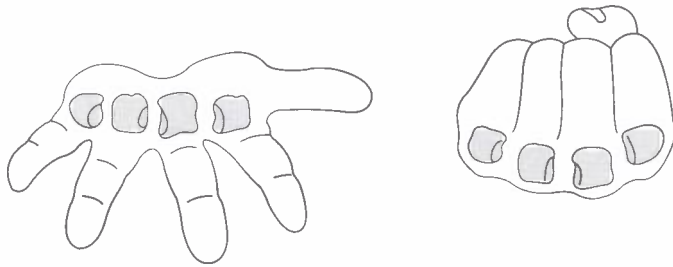


그림 6-5. 횡수근궁의 유연함을 보여주는 중수골두의 배열 : 주먹을 쥐었을 때와 손을 폈을 때 3번째 수근중수관절은 안정되어 있는 반면 2,4,5번째 관절은 운동성이 증가되어 있다. 그러므로 손가락을 펴면 물체를 잡기 편하도록 손가락이 벌어지고 쥐게 되면 손가락이 서로 가까워져 쥐는 힘을 증가시킨다.

은 손의 기능에 중요하고 주먹을 쥐었다가 펼 때 횡수근궁(transverse arch of hand)의 모양에 큰 변화를 줄 수 있다(그림 6-5).

무지(thumb)의 수근중수관절은 무지중수골의 기저와 대능형골에 의해 형성되고 관절면은 오목 볼록한 면을 동시에 가진 안상관절이다. 안정된 상태에서 안상관절은 단지 2개의 자유도를 가지지만 관절낭이 느슨해지면 10~15°의 회전도 가능하다. 이 관절에서의 운동은 굴곡과 신전, 내전과 외전, 대립(opposition)과 정복(reposition; retroposition)이 있다.

↳ necessary motion으로 내외전 운동

(4) 중수지절관절 (Metacarpophalangeal joint, MCP/MP)

과상관절(condyloid joint)로 중수골의 볼록한 골두와 근위지절골(phalanx)의 기저부에 오목한 면이 관절을 형성하며 자유도 2를 가지는 관절이다(그림 6-6). 지절 관절면은 섬유성 연골인 수장판(volar plate)에 의해 연장되는데 이 수장판은 아주 단단하며 딱딱하지 않은 섬유연골로서 관절이 굴곡할 때 막 부분이 접혀 중수골 아래 근위부로 미끄러져 들어가 적은 관절면을 가진 지절골이 큰 운동범위의 운동을 가능하게 한다(그림

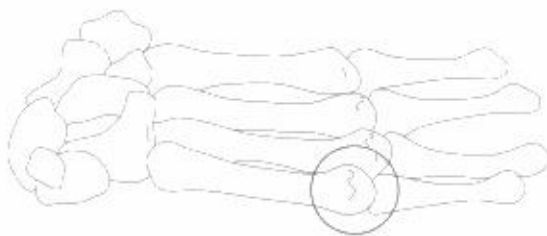


그림 6-6. 중수지절관절. 손의 장측면은 중수골의 장두와 작은 근위 지절저부 사이의 관절

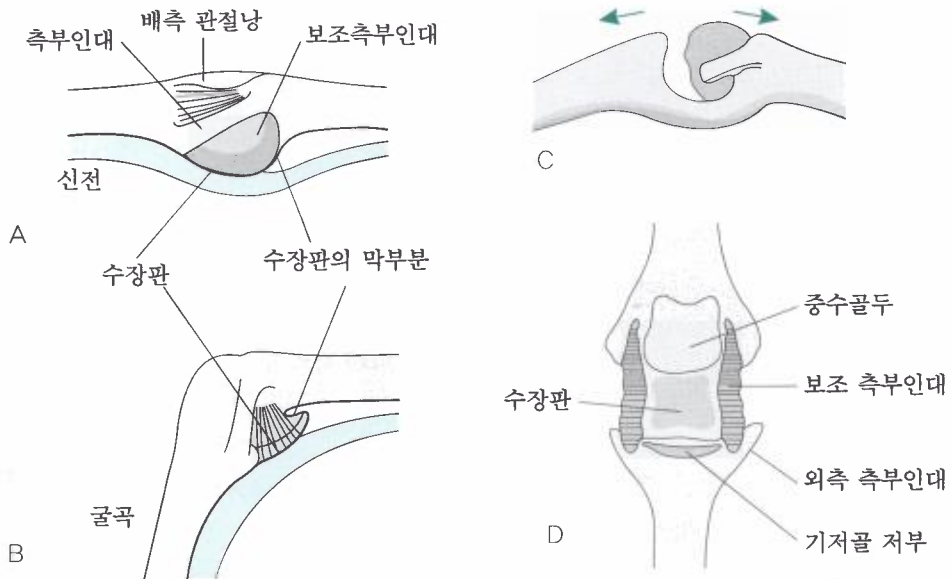


그림 6-7. A, B. 중수지절관절의 관절낭과 인대 C, D. 관절낭, 인대 절단을 통한 수장판 관찰

6-7). 중수지절관절은 굴곡과 신전운동은 물론 손가락을 신전시킨 상태에서 양 옆쪽으로 움직이는 운동이 가능하다. 그러나 손가락을 굴곡시킨 상태에서는 측부운동이 거의 불가능하다. 무지(thumb)에서는 2개의 종자골(sesamoid bone)이 수장판의 장축에 붙어있고 그들은 척골측으로는 무지내전근, 제1배측골간근, 요골측으로는 단무지굴근, 단무지외전근의 부착부 건위에 놓여있다. 종자골은 지절골의 기저부에 합해지는 몇몇 인대뿐만 아니라 중수골에 내측, 외측인대를 가지고 있다. 종자골의 기전은 정확한 집기를 위한 무지의 동적 회전을 발생시킨다.

(5) 지절간관절 (Interphalangeal joint, IP)

지절간관절(IP)은 중수지절관절(MCP)과 달리 경첩관절(hinge joint)이고 굴곡과 신전만 이루어진다. 2~5번째 손가락에는 2개의 지절간관절(IP)이 있고 근위지골간관절(PIP), 원위지골간관절(DIP)이라 한다. 이 관절은 지골두와 원위지골의 저부로 구성된다. 지절간관절은 순수한 활액 경첩관절(synovial hinge joint)로서 자유도가 1이다. 지절간관절은 중수지절관절과 유사한 수장판 기전이 있으며 멈춤고삐인대(check rein ligament)가 과신전을 방지한다. 무지는 단지 2개의 지절골을 가지고 있어 하나의 지절간관절만 존재한다.

2. 손목과 손에 작용하는 근육의 해부학적 작용

손의 기능은 복잡하고 여러 가지 이유로 인하여 이해하기가 어렵다. 첫째, 손은 작지만 하나의 손상이 다른 여러 곳에 영향을 주는 상호 연관된 구조로 다양한 목적을 가진 기관이다. 둘째, 높은 운동성과 안정성을 가지고 순간적으로 기능전환이 가능하다. 셋째, 대부분의 근육이 다관절 근육이고 그들이 통과하는 모든 관절에 영향을 주게 된다. 넷째, 손은 강하게 연결된 자동적인 해부학적 신경생리화적인 협력체제를 구축하고 있어서 마음대로 분리할 수 없다. 근육의 기능을 이해하기 위한 가장 기초는 근육의 해부학적 작용에 대하여 아는 것이다.

(1) 손목관절에 작용하는 근육

- 장요측수근신근(extensor carpi radialis longus) ①
- 단요측수근신근(extensor carpi radialis brevis) ②
- 척측수근신근(extensor carpi ulnaris) ③
- 요측수근굴근(flexor carpi radialis) ④
- 장장근(palmaris longus) ⑤
- 척측수근굴근(flexor carpi ulnaris) ⑥

① 장요측수근신근과 단요측수근신근

완요골근(brachioradialis)에 덮여 있고 상완골외측상과(lateral epicondyle of humerus)의 바로 위와 외측 근간중격(intermuscular septum)에서 크게 기시하는 근육은 장요측수근신근이다. 이 근육의 최하부섬유는 다른 천층의 근군과 같이 가지고 있는 공통신근건(common extensor tendon)에 이어지는 외측상과로부터 기시한다. 이것과 밀접해 있는 외측상과에서 기시하는 것은 단요측수근신근이다. 이 근과 천근군에 속하는 나머지 근육들은 외측상과뿐 아니라 외측근간중격 및 전완근막 등으로부터 기시한다. 장·단요측수근신근은 무지로 가는 신근의 원위부 심부까지 추적해 내려갈 수 있으며, 이후 신근지대(extensor retinaculum) 심부에서 제2 및 제3중수골 기저부에 정지한다. 이때 두 근육은 손을 신전 또는 배굴시키는 작용이 있으며, 장요측수근신근은 손의 외전(radial deviation)을 돕기도 한다. 단요측수근신근은 신전운동시 큰 힘이 나 속도가 필요하지 않을 경우 단독으로 작용하나, 장요측수근신근이나 단요측수근신근은 전완굴곡운동에도 도움을 주는 것으로 알려져 있다. 요골신경(C6, 7)의 신경지배를 받는다.

신근의 작용과 기시

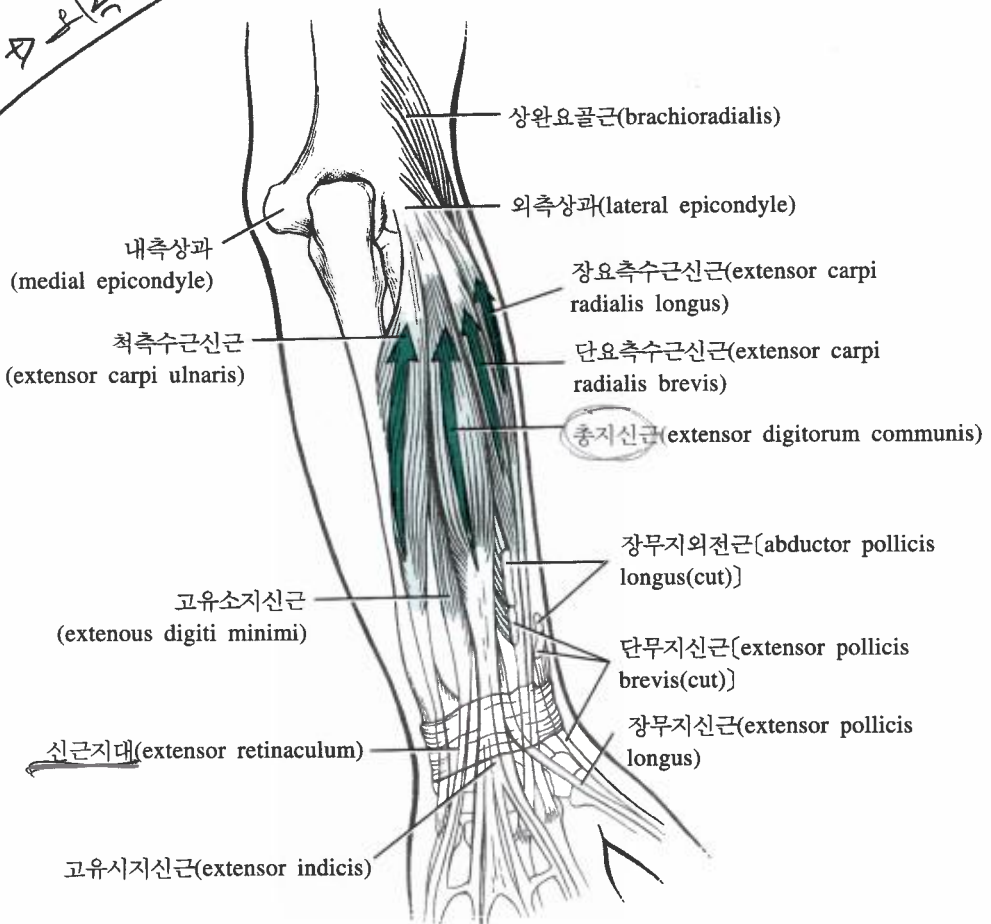


그림 6-8. 일차적 손목 신전근을 보여주는 우측 전완의 후면

② 척척수근신근 (extensor carpi ulnaris)

이 근육은 외측상과에서 기시하고 좀더 광범한 기시는 척골의 후면 근위부의 넓은 부분에서 일어난다. 이 건은 그 자신의 구획을 통과해 신근지대(extensor retinaculum) 깊숙이 가서 제5중수골저에 정지한다. 요골신경(C6, 7, 8)의 신경지배를 받으며 척척수근신근의 작용은 손의 신전과 내전(ulnar deviation)이다(그림 6-8).

③ 요척수근굴근 (flexor carpi radialis)

요척수근굴근은 장장근(palmaris longus)의 요측에 위치하고 있으며, 기시부는 원회내근(pronate teres)의 상완근두에 의해 부분적으로 덮여 있다. 이 근육은 공통굴근건으로부터 기시하며 이 근육의 건은 손목을 비스듬히 하행하여 통과한 후 손으로 들어간 다음



그림 6-9. 일차적 손목 굴곡근을 보여주는 우측 전완의 전면

제2중수골저에 정지하고 제3중수골저에 건 모양의 가지를 내기도 한다.

수근에서 요측수근굴근의 건은 거의 정지부까지 활액초를 갖는데, 이것은 굴근지대의 요측부착을 통과할 때 보호된다. 이 근육은 수근에서 손의 굴곡근으로서 작용하고 요골에 정지하기 때문에 외전을 일으키며 정중신경(median nerve, C6, 7)에 의한 지배를 받는다(그림 6-9).

④ 장장근 (palmaris longus)

이 근육은 내측상과(medial epicondyle)에서 기시하는 근육으로 굴근군의 다른 근육들을 따라간다. 이 근육의 짧은 근복은 굴근지대를 얇게 통과해서 수장근막(palmar aponeurosis)에 정지하는 길고 좁은 건에 계속된다. 장장근의 작용은 손의 굴곡을 도와주고 회내에 도움을 준다. 이 근육은 정중신경(C6, 7)의 가지에 의해 지배된다.

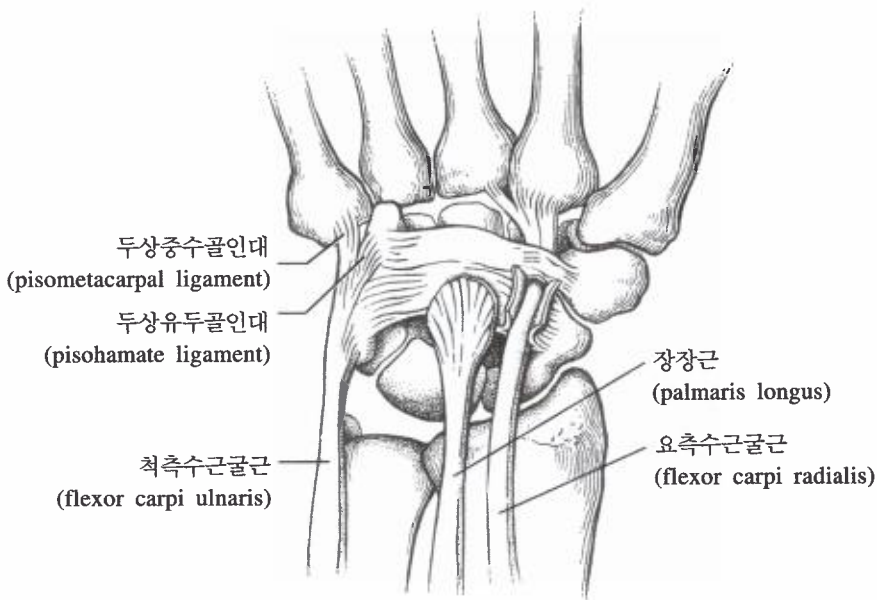


그림 6-10. 일차적 손목 관절굴곡근의 원위 부착부를 보여주는 우측 손바닥면

⑤ 척측수근굴근 (flexor carpi ulnaris)

장장근의 척측에서 총굴근건(common flexor tendon)을 통해 상완골로부터 그리고 척골에 부착하는 심지굴근(flexor digitorum profundus)이 있는 좀더 깊은 면을 덮는 건막을 통해 척골후면의 근위 2/3에서 기시한다. 2개의 근두가 기시하는 사이로 척골신경(ulnar nerve)이 통과해서 전완으로 들어간다. 척골신경(C8, T1)의 신경지배를 받으며 척측수근굴근의 정지건은 손의 척측에 있는 두상골에 부착하여 손목의 굴곡과 내전을 일으킨다. (그림 6-10)

(2) 손가락에 작용하는 근육

- 외재근(extrinsic muscle)
- 총지신근(extensor digitorum) ④
- 시지신근(extensor indicis proprius) ⑦
- 소지신근(extensor digiti minimi) ⑤
- 장무지신근(extensor pollicis longus)
- 단무지신근(extensor pollicis brevis) ④
- 장무지외전근(abductor pollicis longus)
- 천지굴근(flexor digitorum superficialis) ①

• 심지굴근(flexor digitorum profundus) ②

• 장무지굴근(flexor pollicis longus) ③

• 내재근(intrinsic muscle)

• 충양근(lumbrical)

• 장측골간근(palmar interossei) ⑬

• 배측골간근(dorsal interossei) ⑭

• 무지구근(thenar muscle)

- 무지대립근(opponens pollicis) ⑨

- 단무지외전근(abductor pollicis brevis) ⑧

- 무지내전근(adductor pollicis) ⑪

- 단무지굴근(flexor pollicis brevis) ⑩

• 소지구근(hypothenar muscle)

- 소지대립근(opponens digiti minimi)

- 소지외전근(abductor digiti minimi)

- 단소지굴근(flexor digiti minimi brevis)

• 단장근(palmaris brevis)

snuff box

내측면 장무지신근
외측면 단무지신근, 장무지외전근

① 천지굴근(flexor digitorum superficialis, FDS)

천지굴근은 천근군과 심근군 사이에 중간층을 형성한다. 이 근육은 2개의 근두(상완척골두, 요골두)에 의해서 기시되는데, 상완척골두는 공통굴근건과 함께 내측상과와 척골의 구상돌기에서 그리고 넓지만 얇은 요골두는 요골조면 밑의 요골상부 1/2에서 각각 기시한다. 근위부에서는 정중신경과 척골동맥이 이들 2개의 근두 사이에 있고 원위부위에서는 이 근육 깊숙이 있다. 정중신경은 이 근육의 후면에 붙어 있고 거의 대부분 똑바로 원위쪽으로 달리는 반면, 척골동맥은 척골쪽으로 비스듬히 달려 척측수근굴근으로 깊숙이 들어간다. 합쳐진 근복으로부터 4개의 건이 기시한다. 이들 건이 수근에 도달할 때 이들은 두 층으로 배열된다. 2개의 앞쪽 건은 환지(ring finger)를 따라가고 뒤의 2개는 시지(index finger)와 소지(little finger)를 따라간다. 수근에서 이 근육의 건은 굴근지대를 깊숙이 통과하는데, 이들은 큰 건초로 둘러싸여서 이 위치에서 운동을 촉진한다. 천지굴근의 4개 건은 굴근지대 뒤를 통과한 후 그들의 중절골(middle phalanx)에 부착하기 위해 손가락을 따라 달린다. 손가락 위를 따라 달릴 때 각 건은 그 손가락의 깊은 굴근의 건과 함께 수지건초에 싸여 있다. 천지굴근의 각각의 건은 심지굴근의 건이 갈라져서 통과하게 하고, 이 2개의 띠는 이 깊은 건 뒤에서 몇 개의 섬유를 교환한 다음 각각

중절골(middle phalanx) 기저의 장측면 쪽에 정지한다. 천지굴근의 1차적 작용은 중절골의 굴곡이다. 계속된 작용은 말절골(distal phalanx), 중수골 및 손의 굴곡을 일으킬 수 있다. 이것은 정중신경(C7, 8 T1)의 가지들에 의해 지배된다.

② 심지굴근 (flexor digitorum profundus, FDP)

심지굴근은 척골의 상 2/3 또는 그 이상의 앞면과 내측에서 그리고 인접한 골간막(interosseous membrane)에서 기시하고, 또한 척측수근굴근이 척골에 부착하는 건막에서도 기시하고 있다. 천지굴근과 같이 이 근육도 4개의 건으로 끝나는데 손목에서의 배열은 천지굴근의 배열과는 달리 4개의 건은 동일평면상에 배열된다. 이들 건은 손목에 있는 공통굴근건초를 통과하기 때문에 굴근지대와 천지굴근건 깊숙이 위치하게 된다. 굴근지대를 통과한 후에는 각 손가락으로 분산되어 천지굴근건 바로 깊숙이 위치하게 되며, 손가락 내에 있는 건초로 들어가면 천지굴근건들과 서로 구분된 통로로 가게 된다. 지절간관절(IP)을 지난 후 심지굴근은 4개 손가락의 말절골(distal phalanx)에 정지한다. 이 근육의 주된 작용은 각 손가락의 말절골의 굴곡을 일으키는 것이다. 이것은 역시 이차적으로 근위지절간관절(PIP)에서 좋은 굴근이다. 시지에 도달하는 근육부분은 보통 전완의 하부에서 얼마간의 거리를 두고 다른 근육과 갈라져 있지만 다른 손가락에 도달하는 근육부분은 거의 수근관절의 수준에서 1개의 건이 되거나 안되기도 한다. 전자의 경우는 이들 손가락의 말절골의 굴곡은 동시에 모두를 굴곡시키지 않으면 불가능하다. 시지로 가는 건은 나머지 건들과는 분리되어 단독으로 주행한다. 따라서 시지의 말절골을 굴곡시킬 때는 다른 손가락과는 달리 단독운동이 가능하다. 이 근육은 원위지절간관절의 굴근이며, 그 다음 근위지절간관절의 굴근도 된다. 요골측 2개의 가지는 정중신경(C8, T1)의 지배를, 척골측 2개의 가지는 척골신경(C8, T1)의 지배를 받는다.

③ 장무지굴근 (flexor pollicis longus)

이 근육은 요골의 전면 중앙부와 가까이의 전완 골간막에서 나오고 이 건은 총굴근건초의 요측부의 건초를 통과해 굴근지대의 깊은 곳에서 무지의 말절골을 굴곡시키는 것이다. 이것은 정중신경(C8, T1)에 의해 지배된다(그림 6-11).

④ 지신근 (extensor digitorum)

지신근은 전완 후면의 대부분을 싸고 상완골외측상과, 근간중격, 전완근막에서 기시하고 수근관절에 이르러서 3~4개의 건으로 나누어진다. 이들의 건은 시지신근건과 함께 공통 건초로 들어가 신근지대의 깊숙한 곳을 통과한다. 손등부위에서 이들 건은 4개



그림 6-11. 천지굴근의 작용을 보여주는 우측 전완의 전면부. 손목 굴곡근과 원회내근의 근위부 절단에 주목하라.

손가락을 향해 분산되지만 건은 비스듬히 달리는 때에 연결되고 각각의 건이 독자적으로 운동하는 것을 제한하고 있다. 소지로 가는 건은 다른 손가락으로 가는 것보다 가늘고 때로는 결손되는 경우도 있다. 시지와 소지로 가는 신근건은 건이 1개일 때에는 시지신근과 소지신근의 건이 합해져 있다. 손가락에서 지신근건에는 골간근(interossei)과 충양근(lumbrical)이 부착하고 그 후 이 건은 중절골과 말절골에 정지한다. 이들 건에서 확대된 것은 중수지절관절 및 지절간관절의 후면 관절낭을 형성하고 있다. 지신근은 손가락의 모든 관절의 신근이지만 중수지절관절(MCP)이 과신전하지 않도록 할 때에만 지절간관절(IP)의 신전이 가능하다(그림 6-12).

⑤ 소지신근(extensor digiti minimi)

지신근과 밀접한 관계에 있는 척골쪽에 있는 소지신근은 지신근과 함께 기시한 후 손목에 이르러 서로 갈라져서 신근지대(extensor retinaculum) 깊숙이 통과한다. 손등에서는 대개 2개의 건으로 되는데, 요측건은 소지로 가는 소지신근과 합쳐진 후 제5지의 중절골



그림 6-12. 우측 손 배측면에서의 근육, 건, 신전근 기전

에 정지한다. 척골신경의 지배를 받으며 소지만을 신전 또는 외전시킨다(그림 6-13).

⑥ **장무지외전근** (abductor pollicis longus), **단무지 신근** (extensor pollicis brevis),
장무지신근 (extensor pollicis longus)

무지에 있는 3개 근육들 중 첫 두 근육, 즉 **장무지 외전근**과 **단무지신근**은 수지신근과 요척신근군 사이에 나타나 요척신근군 천측을 지나간다. 장무지외전근은 척골과 요골의 후면 그리고 골간막으로부터 기시하여 제1중수골 기저부 전면에 정지한다. 이 근육의 건은 가끔 갈라져서 대능형골이나 근막 또는 무지근에 부착하기도 한다. 단무지신근은 장무지외전근을 부분적으로 덮고 있는 근육으로 장무지외전근 요골 기시부 하부의 요골과 골간막으로부터 기시하여 무지의 기절골에 정지한다.

장무지신근은 장무지외전근 기시부 아래 척골의 중앙1/3과 주위 골간막으로부터 기시한 후 손목을 비스듬히 통과해서 무지의 말절골 저부에 도달한다. **장무지 외전근**은 요골

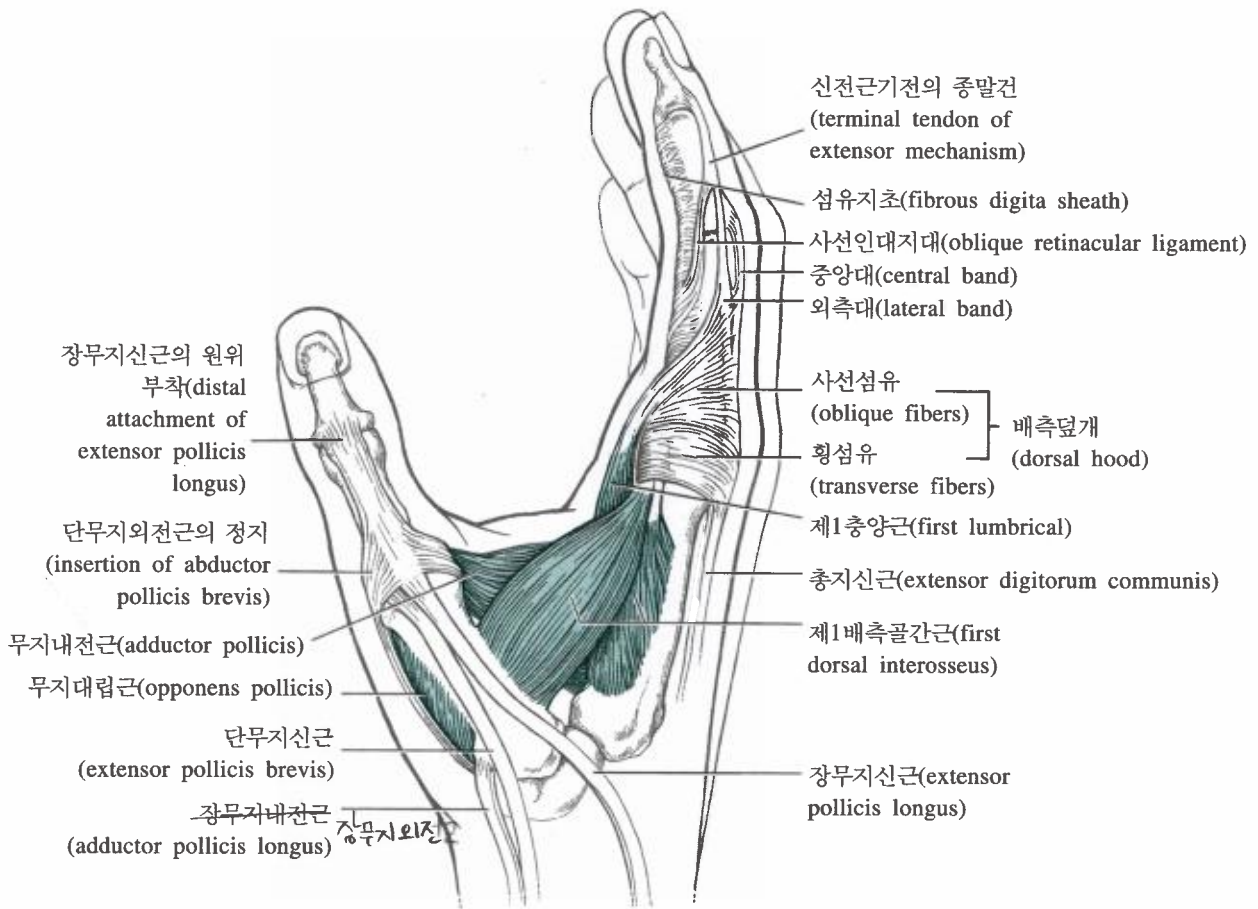


그림 6-13. 우측 손 외측부(요골측)의 근육, 건, 신전근기전(extensor mechanism)

신경(C6, 7)의 신경지배를 받으며 수근중수관절에서 제1중수골을 신전시키고 외회전시키기 때문에 엄지손가락을 대립시킨 상태에서부터 정상위치로 회복시키는 기능이 있다.

단무지신근은 요골신경(C6, 7)의 신경지배를 받으며 무지의 중수골과 기저골을 동시에 신전시킨다. 장무지신근은 요골신경(C6, 7, 8)의 신경지배를 받으며 무지의 지절골과 말절골 모두를 신전시키고 중수골을 신전 및 내전시킨다(그림 6-14).

⑦ 시지신근 (extensor indicis proprius)

시지신근은 장무지신근 기시부 아래쪽 척골 후면과 골간막에서 기시하며, 이 근육의 건은 수지신근의 건초 내에서 손목을 외측으로 가로질러 제2중수골 원위단에 있는 수지신근의 요측건 내측에 합쳐지고 신전근 팽대나 건막으로 들어가 정지한다. 요골신경

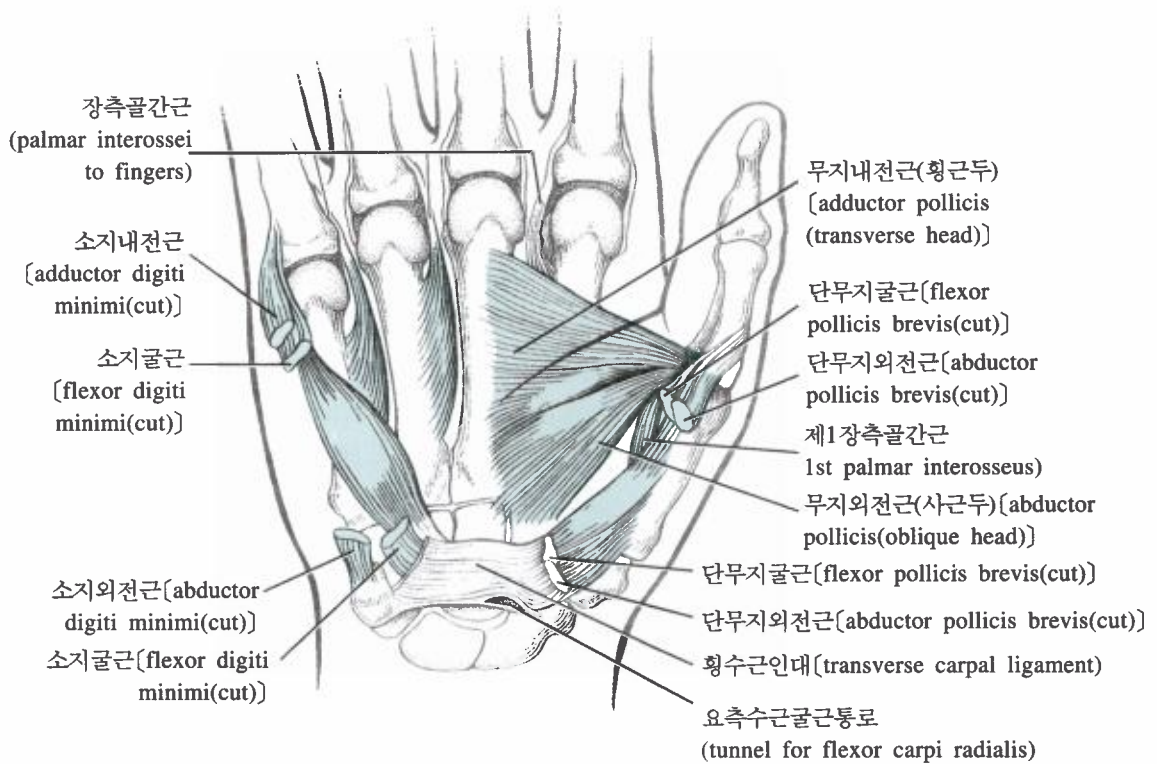


그림 6-14. 우측 손바닥면의 심부근육

(C6, 7, 8)의 신경지배를 받으며 지신근과 같이 시지의 모든 관절을 신전시키는 작용을 하고 역시 이 손가락을 내전시킨다(그림 6-15).

⑧ 단무지외전근 (abductor pollicis brevis)

단무지외전근은 굴근지대(flexor retinaculum)와 주상골 및 대능형골에서 기시하는 편평한 근육으로 무지의 말절골의 기저부 요측에 정지하나 일부는 장무지신근건에도 정지한다. 이 근육은 정중신경(C6, 7)의 신경지배를 받고 있으며 무지를 수장면으로부터 수직상태로 멀어지게 하는 순수한 외전근 작용을 하며 무지 대립시 무지대립근을 돕는다. 장무지신근건에도 정지하므로 말절골 신전운동을 도와준다.

⑨ 무지대립근 (opponens pollicis)

무지대립근은 단무지 외전근에 덮여 있고 단무지외전근과 마찬가지로 굴근지대와 대능형골에서 기시하나 정지는 제1중수골 요측이다. 정중신경(C6, 7)의 신경지배를 받고

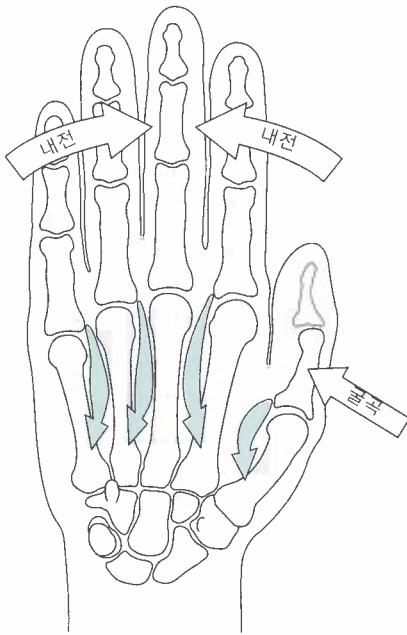


그림 6-15. 장측 골간근의 전두면에서의 작용(PI1-PI4)

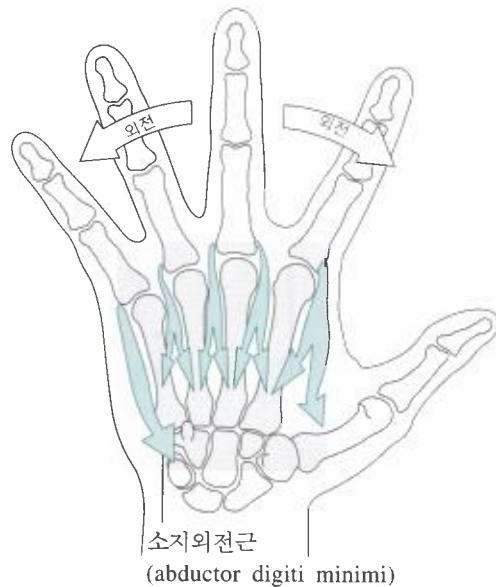


그림 6-16. 배측 골간근의 전두면에서의 작용 (DI1-DI4). 소지신근의 작용이 보인다.

있으며 그의 작용은 제1중수골을 손바닥을 가로질러 끌고 이것이 수축할 때 제1중수골을 회전시키고 따라서 무지의 대립으로 알려진 운동을 일으킨다(그림 6-15).

⑩ 단무지굴근 (flexor pollicis brevis)

단무지굴근은 천근두(superficial head)와 심근두(deep head)의 두개의 근두로 기시한다. 약간 큰 천근두는 정중신경(C6, 7)의 신경지배를 받고 있으며, 대부분 굴근지대와 능형골에서 기시한다. 천근두보다 약간 작은 심근두는 없는 경우도 있으며, 척골신경(C8, T1)의 신경지배를 받고 있고 능형골과 두상골에서 기시한다. 이 두 근두는 장무지굴근 건 심부에서 합쳐져서 무지의 말절골 기저부 요측의 단무지신근에 인접하면서 약간 수장면 쪽에 정지한다. 이 근은 정지부에 오면서 무지 중수지절관절에 있는 두 종자골 중 요측 종자골에도 일부가 부착한다. 단무지 굴근은 중수지절관절을 굴곡시키는 운동 외에도 무지의 대립과 내전을 도와주기도 한다. 이 근육은 단무지 외전근, 무지대립근과 더불어 무지구(thenar eminence)를 형성한다.

무지굴근

deep palm m
(무지내전근
중양근
공간근)

⑪ 무지내전근 (adductor pollicis)

무지내전근은 척골신경(C8, T1)의 신경지배를 받고 있으며 횡근두(transverse head)와 사근두(oblique head)의 두 근두가 있다. 횡근두는 제3중수골체 장측면에서 기시하며, 사근두는 두상골, 소능형골 및 대능형골의 원위부에 있는 수근관(carpal tunnel)의 인대 바닥과 첫 3개 중수골저 주위에서 기시한다. 이 두 근두는 삼각형이며, 횡근두는 옆으로 퍼지고, 사근두는 제1중수골과 거의 평행하고 두 근두는 합쳐져 무지의 기절골저 장측면 척측에 정지한다. 정지선 일부는 무지중수지절관절 척측 종자골에 부착하며, 일부는 장무지신근에 연속된다. 무지내전근은 무지를 수근중수관절에서 내전 및 굴곡시킨다. 이 근육은 또한 물건을 단단하게 쥐는 악력(grasp)에 중요한 근육이다.

소지굴근

⑫ 소지외전근 (abductor digiti minimi), 단소지굴근 (flexor digiti minimi brevis), 소지대립근 (opponens digiti minimi)

손바닥의 척측연에 있는 대부분의 천근은 소지외전근으로 두상골에서 광범위하게 기시하여 소지의 기절골저의 척측에 정지한다. 단소지굴근은 굴근지대와 유구골의 갈고리 모양 돌출부에서 기시해서 외전근과 합쳐서 기절골에 정지하지만 외전근보다는 좀더 장측면에 정지한다. 소지대립근은 앞의 두 가지의 근육보다는 심층에 있고, 단소지굴근과 같이 굴근지대와 유구골의 갈고리에서 기시하나, 정지는 제5중수골체 척측연에 이른다. 소지외전근과 단소지굴근의 작용은 소지외전과 굴곡운동을 도와주나 소지대립근은 소지를 모지에 대립시키는 운동을 도와주고 있어 컵을 잡는 일이나 도구를 꼭 쥐는 일을 한다. 이들 세 근육은 척골신경의 신경 지배를 받는다.

⑬ 장측골간근 (palmar interossei) = 내전근

장측골간근은 내전근으로 척골신경(C8, T1)의 신경지배를 받는다. 엄지손가락을 포함해서 4개 손가락을 가운데 손가락쪽으로 내전하려면 4개의 근육작용이 있어야 하나 무지는 자신의 내전근이 있기 때문에 장측골간근은 3개뿐이다. 이 근육들은 시지, 환지 및 소지에 정지하여 무지내전근과 함께 내전운동을 한다. 이 세 근육은 각각 제2, 4 및 제5중수골에서 기시하여 중수지절관절의 장지에 가장 가까운 부위를 지난 후 뒤로 돌아가 시지, 환지, 소지의 기절골에서 신근건들과 합친다. 이 근육들은 시지, 환지 및 소지를 내전시킬 뿐만 아니라 중수지절관절을 굴곡시키면서 지절관절의 신전운동을 도와주기도 한다.

⑭ 배측골간근(dorsal interossei) = 외전근.

이 근육은 손의 중앙선으로부터 손가락들을 외전시킬 수 있도록 배열되어 있으며 척골신경(C8, T1)의 신경지배를 받는다. 배측골간근 중 2개는 장지 양쪽에서 장지를 요측 또는 척측 어느 쪽으로나 외전할 수 있도록 해주고 있다. 네 손가락의 외전을 위해서는 네 개의 배측골간근이 필요하나 소지와 모지는 자신의 외전근을 가지고 있다. 즉 한 개는 시지의 배측골간근이고, 다른 하나는 환지를 위한 것이며 나머지 2개는 장지를 위한 것이다. 4개의 배측골간근은 두 중수골의 인접부에서 기시한다. 즉, 제1배측골간근은 제1중수골과 제2중수골에서 기시하고, 제2배측골간근은 제1 및 제3중수골에서 기시하며 나머지들도 이런 방식으로 기시한다. 제1배측골간근은 시지 기절골저 요측에서 정지하고 있으며 신근전쪽에는 거의 확장하지 않는다. 제2 및 제3골간근은 일부 장지 기절골저 요측과 척측에 부착되나 신근전에도 확장섬유가 간다. 제4배측골간근은 제4 및 제5중수골에서 기시한 후 환지 중수지절골관절 척측을 지나 다른 골간근들과 같이 환지 기절골과 신근전에 정지한다. 이 4개의 골간근들의 작용은 모지와 소지 외전근들과 함께 모든 손가락을 외전시키는 것이다. 제1배측골간근을 제외한 나머지 골간근들은 장측골간근과 같이 중수지절골관절을 굴곡시키는 상태에서는 지절간관절의 신근으로 작용한다. 또 장측골간근과 함께 중수지절골관절의 일차적 굴근이 된다.

3. 손목의 굴곡-신전축

손목의 운동은 요수근관절(radiocarpal joint)과 중간수근관절(midcarpal joint)에서 일어난다. 요측 외전의 1/2, 척측 외전의 1/3이 중간수근관절에서 일어나며 나머지 운동은 요수근관절에서 일어난다고 한다. 이 운동은 유두골두를 통과하는 축을 가진다.

손목관절(굴곡)은 요수근관절에서 50°, 중간수근관절에서 35° 일어나며, 손목관절을 완전히 신전할 경우에는 요수근관절에서 35°, 중간수근관절에서 50°로 굴곡과는 반대이다(그림 6-17). 이 운동축은 유두골(hamate)을 통과하지만 완전굴곡에서 신전할 때는 원위로 이동한다. 이 이동은 월상골(lunate)과 주상골(scaphoid)의 복잡한 운동에 의하여 일어나며, 이것은 효과적인 높이 변화에 따른 회전운동과 선운동을 포함한다. 이 복잡한 운동은 항상 인대에 장력을 유지하기 위한 보상작용이다. 완전 신전시에는 요골과 척골의 원위부가 서로 약간 벌어지는 데 원위부를 꼭 쥐게 되면 완전한 신전을 할 수 없게 된다.

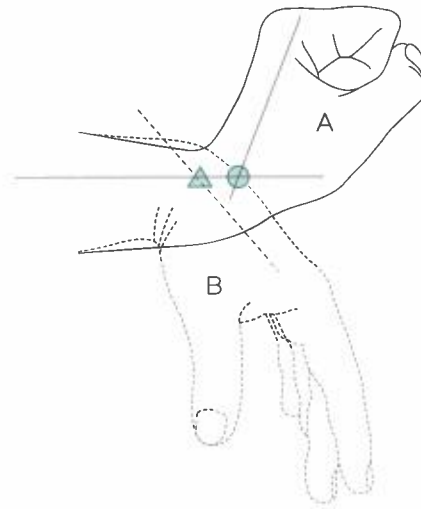


그림 6-17. 신전축(O)은 굴곡축(Δ)보다 원위에 위치한다.

4. 쥐는 동작 분석

(1) 쥐는 동작에서 장지굴근(long finger flexor)의 역할

천지굴근(flexor digitorum superficialis, FDS)과 심지굴근(flexor digitorum profundus, FDP)은 2~5번째 손가락의 지절관절(IP)의 굴곡에 관여한다. 이러한 근육들의 긴 손목관절과 중수지절관절(MP)의 장축을 지나므로 이러한 관절에 굴곡을 일으킨다. 쥐는데 있어서 중수지절관절의 굴곡은 손의 적절한 모양을 유지하기 위해 꼭 필요하며 반면에 손목관절굴곡은 근육의 단축으로 굴곡근이 발생하는 장력을 감소시키게 되므로 원하는 운동이 아니다. 다행히도 손목관절의 굴곡은 신전근의 협력작용에 의해 방지된다. 천지굴근은 중간지골의 기저부에 붙고 근위 지절관절은 굴곡한다. 심지굴근은 천지굴근을 통과하고 난 뒤 원위지골의 기저부에 붙고 근위지절관절(PIP)과 원위 지절관절(DIP)의 굴곡근으로 작용한다. 심지굴근은 원위 지절관절을 굴곡할 수 있는 유일한 근육이다. 주먹을 쥐는 운동에서 손가락의 굴곡은 지골관절에서 거의 동시에 이루어진다.

동작은 지절관절에서 유도되고 근위 지절관절에서 가장 많은 운동이 있다. 이러한 기전은 손가락의 끝이 먼저 물체에 닿도록 하고 또한 느끼도록 한다. 저항 없는 가벼운 동작에서 심지굴근만이 근전도 활동을 보인다. 중수지절관절굴곡은 내재근과 외측인대의 수동장력의 결과이다. 심지굴근의 수축은 충양근의 근위부착부를 끌어당기고 지절관절의 동시굴곡은 내재근을 원위로 신장시키게 된다. 그리하여 중수지절관절의

굴곡이 발생한다. 수동장력이 나타나는 것을 이완된 손의 손가락 반굴곡자세에서 볼 수 있다. 이와 같은 자세는 중력이 작용하지 않는 우주에서 잠을 자는 우주인의 손에서도 볼 수 있다. 손목관절이 신전되어 있을 때 심지굴근의 길이-장력관계가 장력을 발생하기에 적절하고 주먹 쥐기에 충분한 장력이 발생된다. 점차적으로 손목관절을 굴곡함으로써 심지굴근의 길이-장력관계가 부적합하게 되고 천지굴근이 이 작용을 돕게 된다. 힘껏 주먹을 쥘 때 혹은 강한 쥐기에서 심지굴근, 천지굴근, 골간근이 강하게 수축한다.

(2) 쥐기에서 손목관절 신전근의 역할

주먹을 쥘 때 손가락은 장지굴근의 작용과 내재근의 도움으로 물체를 잡거나 손가락을 움켜 쥘 수 있다. 장지굴근들은 전완에 기시부가 있고 그들의 건이 손목관절의 장축을 지나므로 반대작용이 없으면 쥐는 동안 손목관절이 굴곡하게 된다. 그러나 그러한 작용은 손목관절 신전근의 고정작용에 의해 방지된다. 손목관절 신전근의 수축강도는 쥐는 힘에 비례한다. 손가락 굴곡시에 손목관절굴곡이 일어나면 쥐는 힘이 현저히 약해지고 주먹을 완전히 쥐는 것이 불가능하다(그림 6-18). 그 이유는 부분적으로 수지신근이 더 이상 늘어나는 것을 허락하지 않기 때문이며 부분적으로는 손가락 굴곡근의 기시부와 정지부가 가까워져 효과적으로 장력을 발생할 수가 없어 수축력이 약해지기 때문이다.

(3) 쥐기에서 내재근(intrinsic muscle)의 역할

중수지절관절 신전에서 배측골간근의 위치는 중수지절관절의 굴곡과 신전에 대한 중립적인 위치에 있다. 그러나 장측골간근과 충양근은 중수지절관절의 굴곡-신전축의 장축에 위치하므로 역학적으로 굴곡할 수 있는 능력을 가지고 있다. 굴곡을 위한 지레는 충양근이 장측골간근보다 확실히 좋다. 전자는 중수횡인대의 장축을, 후자는 배측을 지난다(그림 6-19). 앞에서 진술한 것처럼 자연스레 혹은 약간의 저항에 대하여 손가락을

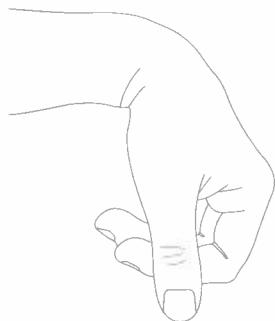


그림 6-18. 손목을 완전 굴곡했을 때 쥐는 것이 약해진다. 이 자세에서 완전한 주먹쥐기는 어렵거나 불가능하다.

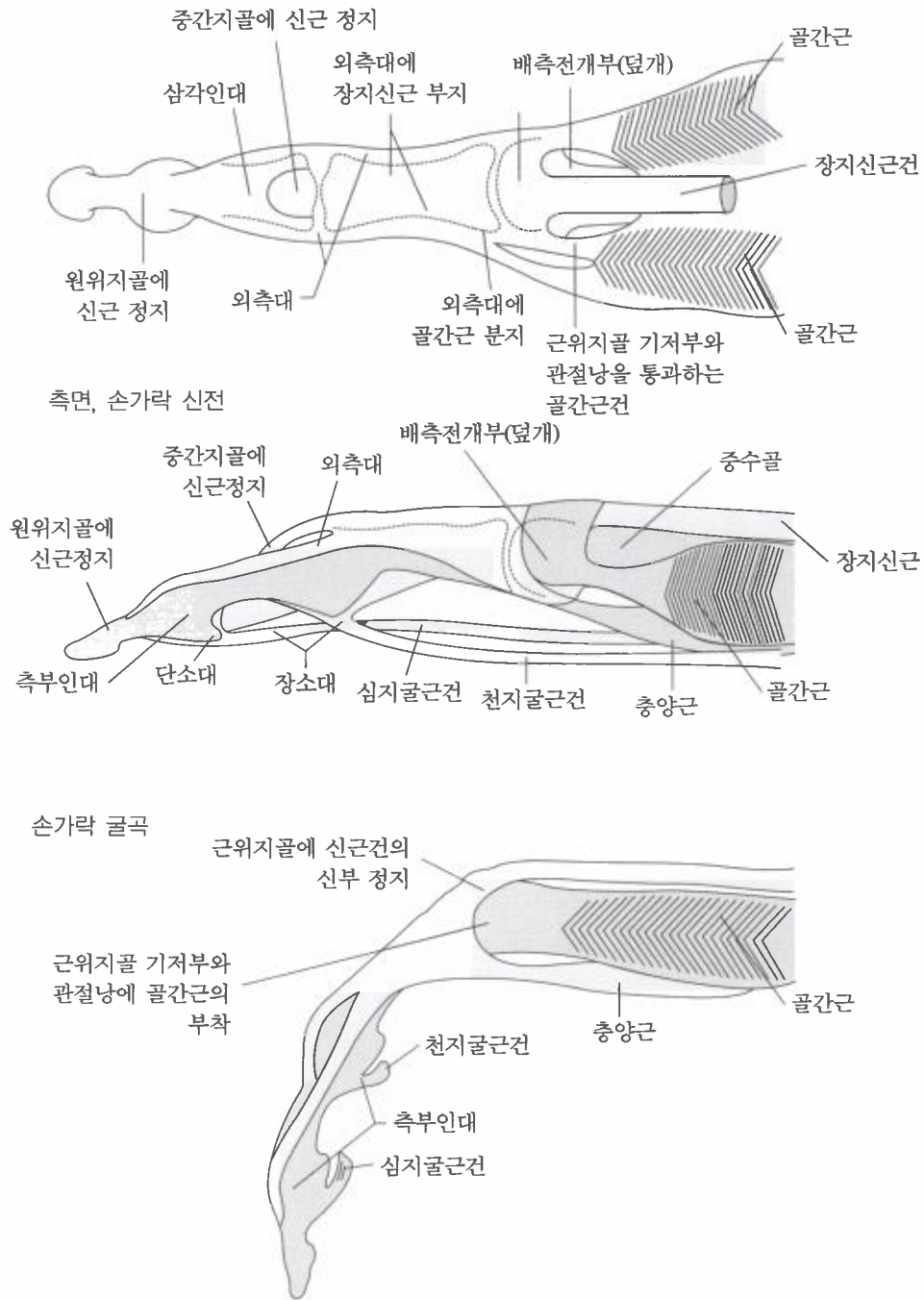


그림 6-19. 손가락 신근 통합체의 해부학적 구조

굴곡할 때는 내재근의 어느 근육에서도 근전도 활동이 없었다. 중수지절관절굴곡에 그들의 역할은 수동적 신장에 의한 것으로 생각된다. 손가락의 굴곡은 신근덮개(hood)를 근위지골 위로 끌어당기고 골간근건은 중수지절관절 중심에서 상당한 거리 장축으로 지나간다. 집기, 잡기, 강한 쥐기에서 골간근의 높은 활동을 관찰하였다. 이 근육의 수축은 물체 표면에 손가락이 잘 밀착되도록 손가락을 회전하고, 쥐는 힘을 강화하고, 중수골두에 근위지골을 안정시키고, 신근덮개를 부착함으로써 중수지절관절의 배측에 신근건을 안정시킨다. 비록 충양근이 골간근보다 중수지절관절 중심에서 훨씬 멀리 위치하지만 충양근은 지절간관절 신전이 없으면 중수지절관절굴곡에 전기적으로 조용하다. 충양근은 쥐는데 참여하지 않고 심지굴근과 동시에 수축하는 일은 아주 드물다.

5. 손을 펴는 동작 분석

충지신근은 근위, 중간, 원위지골의 기저부에 정지하므로 역학적으로 중수지절관절(MP), 근위지절관절(PIP), 원위지절관절(DIP)을 신전할 수 있는 능력이 있으나 동시에 아니다. 충지신근만 수축할 때 중수지절관절은 신전되나 지절간관절(IP)은 반 굴곡 자세로 남는 갈퀴손(claw hand)이 된다. 이 굴곡은 심지굴근의 수동 불충분과 충지신근의 능동 불충분 때문이다. 그러나 중수지절관절이 0° 신전에서 방지되면 장지신근의 힘은 지절간관절에 전달되어 이 관절을 신전한다. 이러한 기전은 내재근이 마비된 손에 스프린트(splint)를 착용할 때 사용되고 손을 기능적으로 펴 수 있게 한다. 저항이 없는 상태에서 손을 펴 때 장지신근과 충양근에서만 동시에 근전도 활동이 있다. 골간근은 전기적으로 조용하다. 충양근은 지절간관절을 신전하는 것으로 생각되나 그들은 심지굴근의 불활성으로 인하여 근위부 고정이 확실치 않다. 몇몇 저자들은 충양근의 기능은 심지굴근의 수동장력을 감소하기 위하여 그것의 건을 원위로 당기고 충지신근에 의한 손가락 신전을 촉진하는 것이라고 제안하였다. 그러한 수동적 저항이 존재한다는 것은 팔을 몸통 옆에 늘어뜨리고 있을 때 손가락의 반굴곡이 나타나는 것을 보면 알 수 있다. 충양근은 심지굴근건을 원위로 당기고 또한 지절간관절을 신전하지만 장력을 이완하는 간접적인 것에 비하여 직접적인 역할이 적다고 제안하였다. 또한 충양근은 충지신근에 의한 중수지절관절의 과신전을 방지한다고 하였다. 첨가하여 손가락신전에서 충양근 수축의 기능은 적절한 길이-장력자세를 유지하도록 심지굴근을 신장하여 다음의 수축을 준비하도록 하는 것이다. 손가락을 강하게 신전하거나 저항을 가하면 골간근에서도 전기적 활동을 발생한다.

6. 총지신근 (extensor digitorum communis)과 충양근 (lumbrical)의 작용

총지신근(EDC)은 순수하게 중수지절관절(MP)만을 신전시킬 때 작용하는 근육이지만 수지굴근이 이완했을 때는 지절간관절(IP)을 신전시킬 수 있다. 해부학적 표본에서 총지신근을 견인하면 중수지절관절(MP)은 완전히 신전하고 지절간관절(IP)도 부분적으로 신전되는 것이 증명된다(그림 6-20). 충양근은 근위와 원위가 모두 건에 부착하는 유일한 근으로 그들의 근위 원위부착부는 다른 근육에 의해 고정되지 않으면 움직이게 된다. 각각의 충양근은 심지굴근(FDP)의 건에서 시작하며 횡중수인대(transverse intermetacarpal ligament) 밖을 지나 신전근 기전의 외측밴드 요골측에 부착한다(그림 6-21). 골간근처럼 충양근은 중수지절관절(MP)의 손바닥쪽으로 통과하고 지절간관절(IP)의 등쪽으로 통과한다. 골간근과 충양근의 기능적 차이는 충양근이 골간근보다 더 원위 외측밴드에 부착하고, 또 심지굴곡근건에서 거시함으로 수축범위가 상당히 크다는 것이다. 충양근은 중수지절관절(MP)을 굴곡시키고 지절간관절(IP)을 신전시키지만 골간근과 달리 중수지절관절(MP)의 굴곡 정도와는 관계없이 지절간관절(IP)의 신전에 작용한다. 따라서 손가락의 신전에서는 대단히 중요한 근육이다.

총지신근(EDC)과 충양근(lumbricals) 그리고 골간근(interossei)은 손가락 신전의 일차적 신전근이다. 그림 6-22A는 총지신근이 신전근기전(extensor mechanism)에서 중수지절관절(MCP)을 신전방향으로 당기는 힘을 발휘하는 것을 보여준다. 충양근과 골간근은 직접 혹은 간접적으로 지절간관절의 신전에 영향을 미친다(그림 6-22B, C). 직접적 효과는 신전근기전의 밴드(band of the extensor mechanism)를 근위쪽으로 당기는 것에 의해 제공되고, 간접적인 효과는 중수지절관절에서 굴곡력(flexion torque)의 생산에 의한 것



그림 6-20. 총지신근의 작용

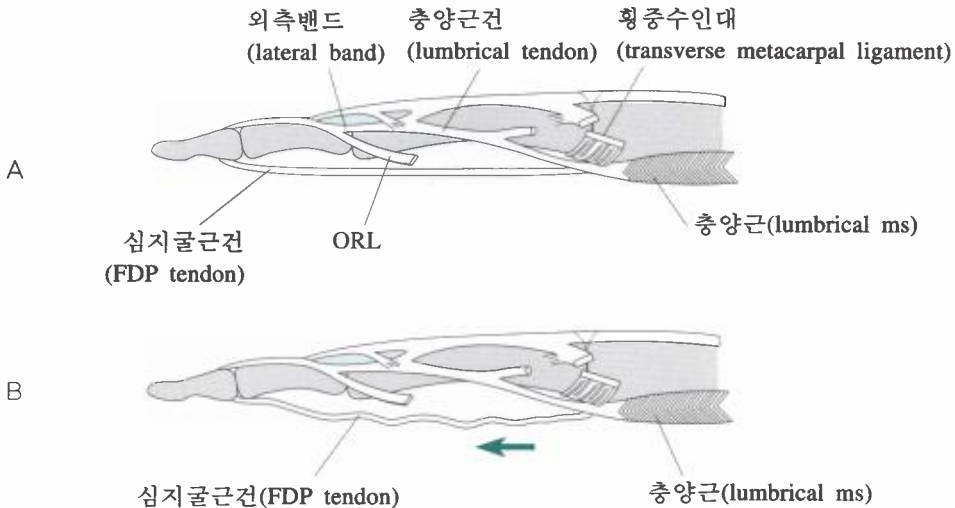


그림 6-21. A. 충양근은 심지굴근건으로부터 기시한다. 충양근은 횡중수인대의 장측에 있고 신전근기전의 외측 밴드에 부착하여 배측으로 지나간다. B. 충양근의 능동수축은 심지굴근건과 외측 밴드에서 당긴다. 심지굴근건의 당김은 건을 위로 움직이게 하고 근위와 원위지절관절에서 건의 능동긴장을 이완시킨다.

이다. 굴곡력은 중수지절관절의 과신전을 방지한다. 과신전이 차단된 중수지절관절은 신전근기전의 밴드를 통하여 지신근의 지절관절 신전의 효과를 가지게 된다. 지신근과 내재근은 반드시 협동적으로 완전한 손가락 신전에 참여해야 한다. 이러한 근육들의 중수지절관절에서의 대립적 활동은 지절관절에서 그들의 협력적 기능을 허락한다. 이런 협력적 상호작용의 중요성은 척골신경장애를 가진 사람에서 명백하게 관찰된다(그림 6-23). 가운데 두 개의 손가락에서 충양근 혹은 골간근으로부터 능동적 제한이 없을 경우 총지신근의 활동은 갈퀴손가락의 원인이 된다. 손의 내재근 구축은 지절관절의 신전과 중수지절관절의 굴곡을 일으킨다. 이 자세는 내재근 양성자세(intrinsic plus position)라 부르며, 반대로 외재근 구축은 지절관절의 굴곡과 중수지절관절의 과신전을 일으킨다. 이것을 외재근 양성자세라고 한다(그림 6-24). 내재근에 의한 중수지절관절의 굴곡력의 정상적인 제공이 없을 때, 총지신근은 중수지절관절의 과신전을 만들고 이런 자세는 신장된 심지굴근(FDP)에서 수동적 긴장을 증가시키게 되고 완전한 지절관절의 신전을 제한시킨다. 그림 6-22B에서 보는 것처럼, 중수지절관절에 도수적으로 제공된 굴곡력에 의한 총지신근의 수축은 지절관절을 완전하게 신전시킨다. 과신전으로부터 중수지절관절의 방지는 또한 골근건(profundus tendon)을 이완시키고 이것은 지절관절의 신전에 최소한의 수동적 저항을 제공한다.

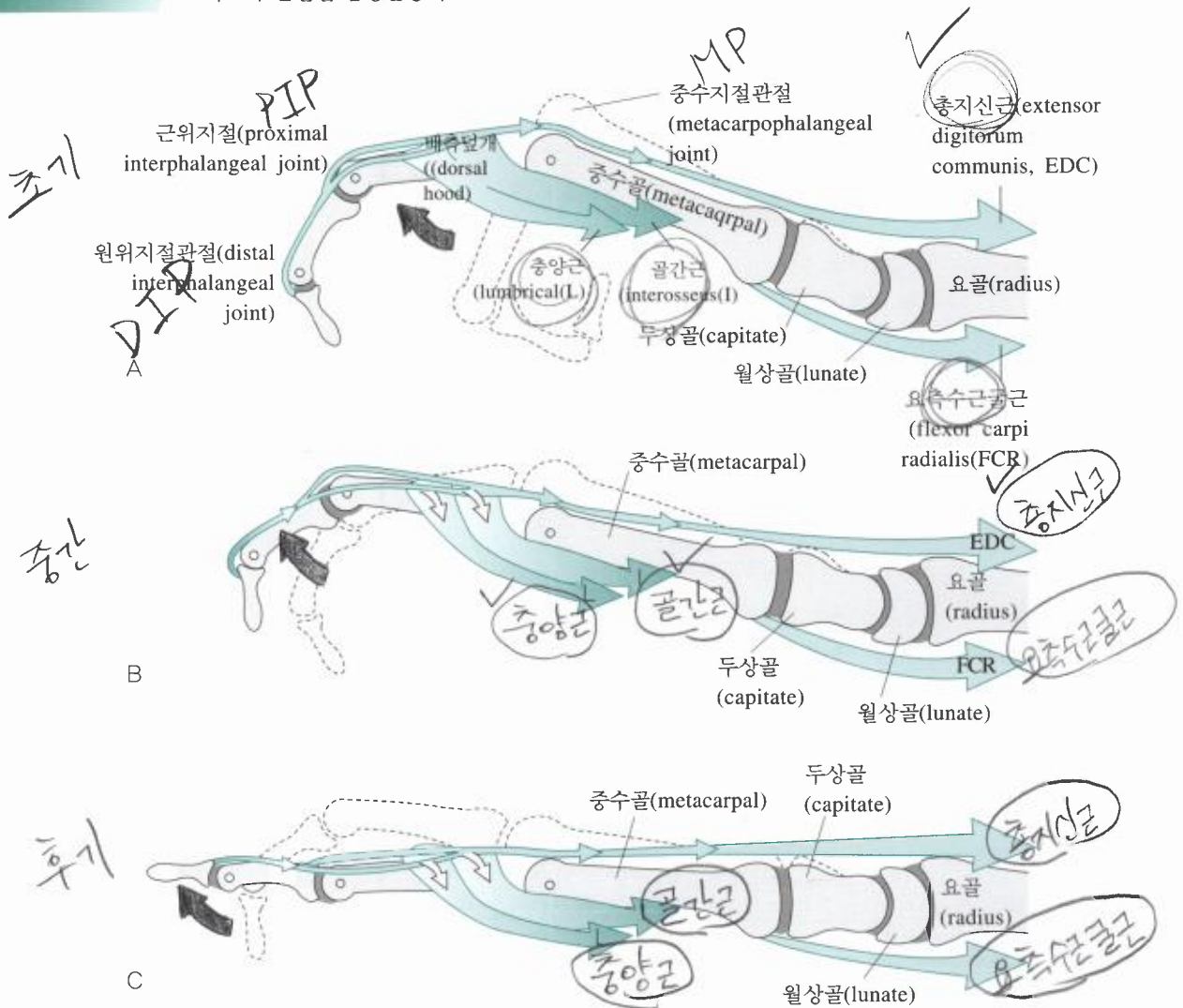


그림 6-22. 손을 펴는 동안 하나의 손가락에서 발생하는 내재근과 외재근의 상호작용(측면부 관찰)

- 초기단계 : 충지신근이 일차적으로 중수지절관절을 펴는 것을 보여준다.
- 중간단계 : 내재근(중양근, 골간근)은 충지신근과 함께 원위와 근위 지절간관절의 신전을 보조한다. 내재근은 또한 중수지절관절에서 굴곡력을 생산하여 충지신근에 의한 중수지절관절의 과신전을 방지한다.
- 후기단계 : 완전한 손가락신전까지 근육의 활동이 지속된다. 요측수근굴근의 손목을 가볍게 굴곡하는 활동에 주목하라. 굴곡과 완전한 신전 사이에서 배측덮개(dorsal hood)의 원위적 이동이 관찰된다.



그림 6-23. 척골신경장애와 대부분의 손가락 내재근의 마비를 가진 손가락의 신전 시도. A. 과신전된 중수지절관절과 부분적으로 굴곡된 손가락을 동반한 갈퀴손가락. 위축되어 있는 것에 주목하라. B. 도수적으로 중수지절관절이 굴곡으로 유지될 때 요골신경에 의해 지배되는 총지신근은 지절관절을 완전하게 신전시킬 수 있다.

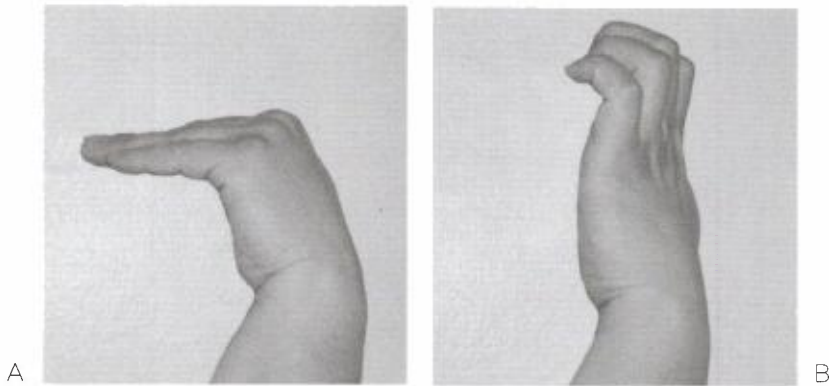


그림 6-24. A. 손의 내재근 양성 B. 손의 외재근 양성

7. 손의 동작에서 수동적, 능동적 불충분에 대한 이해

(1) 수동적 불충분 (Passive insufficiency)

근육이 한 관절 또는 그 이상의 관절에서 동시에 늘어날 때 이 근육들은 수동 불충분 상태에 도달하며 주동근에 의한 더 이상의 운동을 허용하지 않는다. 두관절 또는 다관절 근육들은 이 근육들이 통과하는 모든 관절에서 동시에 완전한 ROM을 허용하는 근육의 길이 혹은 신장성의 불충분이 자주 일어나며 이때 근육 내에는 수동적 장력이 발생된다. 테이블 위에 전완을 수직으로 세우고 수관절을 굴곡하면 손가락은 신전을 일으키는 것을 알게 된다(그림 6-25). 손가락의 신전은 수관절을 통과하면서 신장된 손가락의 신전근들의 수동적 불충분 때문이다. 수관절 위로 통과하는 근육이 신장되면 수동

적 장력은 증가하고 테노데시스(tenodesis)의 원인이 된다. 다시 전완을 수직으로 세운 사람이 수관절을 신전하면 손가락들은 굴곡 경향을 띤다. 손가락의 굴곡은 신전된 수관절을 통과하는 손가락 굴곡근들의 수동적 불충분 때문이다. 수동적 불충분은 근육의 탄성 혹은 수동적 요소와 관련되고 능동적 불충분은 능동적 혹은 근육의 수축성 요소와 관련이 있다. 능동적 불충분과 수동적 불충분의 두 현상과 관련된 기전은 다른데도 불구하고 이들은 가끔 같이 일어나기 때문에 혼동을 일으킨다. 다관절 근육이 관절의 한 쪽에서 과도하게 단축되어 능동적 불충분이 되었을 때 관절의 반대쪽 다관절 근육은 과도하게 길어져 수동적 불충분이 된다(그림 6-26).

또 어떤 병리학적 상황은 근육이나 건의 정상적인 진폭 범위를 상실하게 하는 원인이 될 수 있다. 이러한 상황들은 근육의 팽팽함이나 경련 외상이나 수술로 인한 단축, 그리고 건과 건초의 유착 등이 있다. 따라서 주동근이 강하게 수축하더라도 길항근의 진

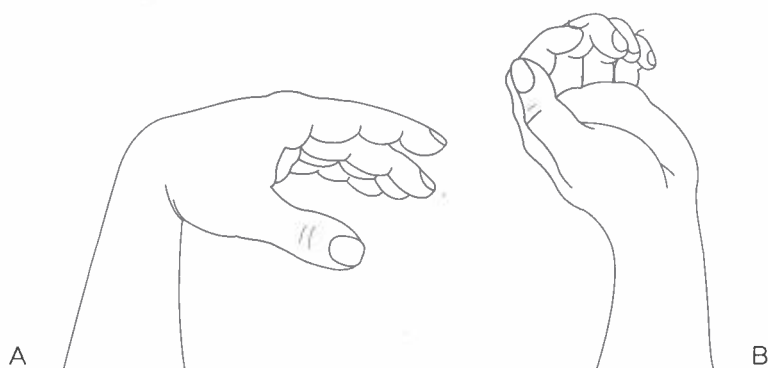


그림 6-25. A. 손가락신전근은 손목굴곡 동안 손목과 손가락에서 늘어나므로 수동적 불충분이 된다. 수동긴장은 손가락신전을 일으킨다. B. 손가락 굴곡근은 손목신전 동안 손목과 손가락에서 늘어나므로 수동적 불충분이 된다. 손가락굴곡근에서 발달한 수동긴장은 손가락을 굴곡시킨다.

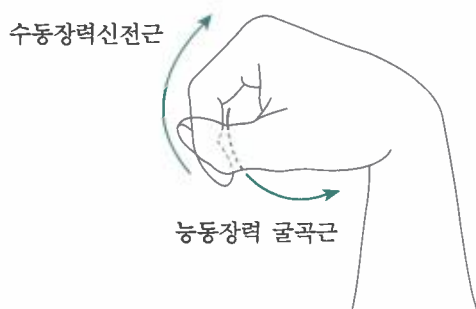


그림 6-26. 수동과 능동 불충분

폭 부족으로 인하여 운동이 심하게 제한받을 수 있다. 이러한 제한은 손가락의 굴곡근들이 경련성 마비를 가지고 있는 CVA 환자에게서 흔히 나타난다. 이러한 환자들은 손가락의 신전근들을 수의적으로 조절하는 능력을 가졌음에도 불구하고 굴곡근의 길이가 제한되어 있기 때문에 손을 펼 수 없다.

(2) 능동적 불충분 (Active insufficiency)

능동적 불충분은 근육의 기시부와 정지부가 서로 가까워질 때 근육의 수축력이 약해지는 것을 말하며 근절수준에서 근육이 완전히 길어져서 마이오펜라멘트(myofilament) 사이가 중첩되지 않거나 근육이 극도로 수축되었을 때 발생하는 것으로 길이-장력곡선의 낮은 부분에서 수축하게 된다. 인체는 큰 힘을 필요로 하는 정상적인 활동에서는 그러한 약한 위치를 피할 수 있도록 만들어졌다. 근육이 한 관절에서는 운동에 의하여 늘어나는 반면 다른 관절에서는 운동을 일으키거나 힘을 발생하는 방법으로 적절한 길이-장력관계를 유지한다. 손가락굴곡근들은 수관절, 수근중수관절, 중수관절, 지절간관절을 통과한다. 손가락굴곡근들이 짧아지면 그 근육들이 통과하는 모든 관절들에서 동시에 굴곡이 일어난다. 만약, 모든 관절에서 동시에 굴곡이 허용된다면 손가락굴곡근의 길이는 최적의 길이보다 굉장히 짧아져 능동적 불충분을 일으키게 된다. 정상적으로 손가락굴곡근들이 수축할 때 수관절은 수관절의 신전근들에 의해 약간 신전된다. 수관절 신전근들은 손가락굴곡근들에 의한 수관절굴곡을 예방하고 따라서 굴곡근들이 최적의 길이를 유지하도록 한다(그림 6-27). 최대 등척성 악력은 손목을 약간 신전할 때 최대가 된다. 하지만 손목을 굴곡하면 악력은 현저하게 떨어진다. 손목을 최대한 굴곡 상태로 주먹을 제대로 쥌 수 없는 이유는 장지굴근의 능동불충분과 길항근인 장지신근의 수동

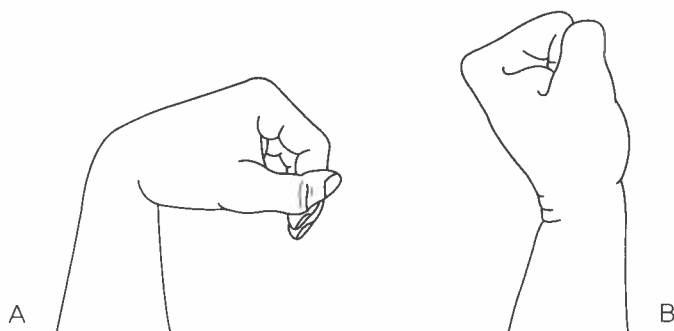


그림 6-27. 능동적 불충분 A. 주먹을 쥐려고 하지만 손가락 굴곡근이 굴곡된 손목과 손가락에서 단축되기 때문에 할 수 없고 능동적 불충분이 된다. B. 손가락 굴곡근의 길이-장력관계는 약간 신전에서 손목의 안정성에 의해 향상된다. 그러므로 주먹을 꽉 쥌 수 있다.

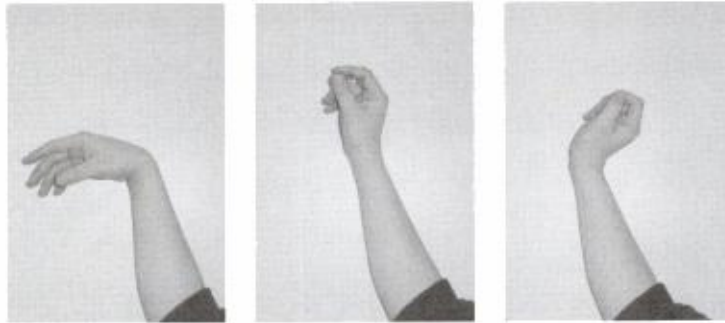


그림 6-28. 건강한 사람에서 손가락 굴곡근의 테노데시스 활동(tenodesis action)

불충분 때문이다.

wrist 20~30° ext & ulnar deviation
finger MCP 45° flex + PIP, DIP 15° flex
thumb 45° abd.

8. 건 작용과 임상적 응용

수동장력(passive tension)은 근육이 두 관절 또는 그 이상의 관절에서 늘어날 때 관절 운동을 일으킬 수 있다. 이러한 효과를 근육의 건작용(tendon action)이라 한다. 그 효과는 건강한 사람이 손을 이완시킨 상태에서 손목관절의 굴곡과 신전을 비교하면 잘 나타난다. 손목관절을 굴곡할 때 이와되어 있는 손가락은 신전된다. 이는 손목관절과 손가락에서 늘어난 총지신근의 수동장력 때문이다. 손목관절을 신전하면 손가락은 신지굴근과 척지굴근의 장력에 의해 굴곡된다(그림 6-28).

이러한 건 작용은 때로는 C6 척수손상으로 인한 사지마비 환자와 손목관절 신전근을 수축할 능력은 있으나 손가락의 근육들이 마비된 환자에게 기능적으로 사용된다. 손목관절을 굴곡하면 손가락은 신전근의 수동불충분으로 인하여 신전되며 손을 물건 위에 놓게 된다. 손목관절을 신전하면 손가락굴곡근의 수동장력이 물건을 잡는 힘을 증가시켜 그것을 들어 올리거나 쥐고 있을 수 있다. 손가락의 긴 굴곡근들을 선택적으로 짧게 할 수 있다면 몇 파운드의 쥐는 힘을 발생시킬 수 있다.

9. 무지와 소지의 운동에 손목관절 근육의 협력작용

손목관절 근육의 협력작용은 다음 운동에 유의해야 한다. 소지가 외전될 때(소지외전근) 척측수근굴근은 두상골을 고정하기 위해 수축한다(그림 6-29). 장무지 외전근은 척측수근굴근이 손목관절을 척측굴곡하는 것을 방지하기 위하여 작용한다. 무지가 신전될 때(그림 6-30) 척측수근신근건이 수축하는 것을 손목의 반대편에서 족지할 수 있다. 이

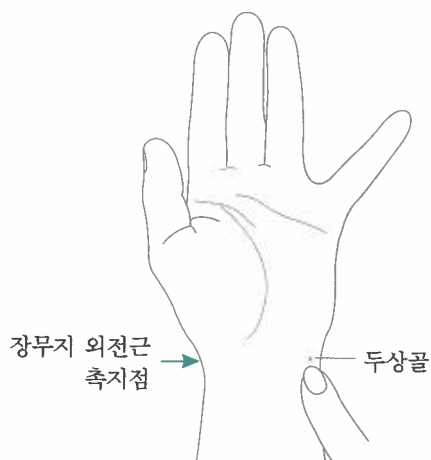


그림 6-29. 소지의 외전 시 두상골 근위에서 척측수근굴근의 족지. 장무지외전근이 협력수축한다.



그림 6-30. 무지의 신전시에 척골두의 원위에서 척측수근신근의 족지.

근육은 장무지외전근에 의한 손목관절의 요측외전을 방지하기 위해 작용한다. 두 근육의 건 족지점이 그림에 표시되어 있다. 장무지 외전근은 단무지신근 건의 바로 옆에 놓여 있고 부분적으로 그것에 덮여있다.

무지가 무지구근에 의해 손바닥쪽으로 움직일 때(굴곡) 장장근이 수장건막을 고정하기 위하여 작용한다. 단요측수근신근은 장장근이 손목관절을 굴곡하는 것을 방지하기 위하여 수축한다.

10. 손의 쥐는 유형

손의 쥐거나 잡기 활동은 손으로 물체를 잡기 혹은 잡고 가져가기가 관련되며 무지의 작용이 있거나 혹은 없을 수도 있다. 물체의 크기와 모양이 다양하므로 잡는 방법도 거의 무한대이지만, 잡기 또는 쥐기를 위한 포괄적 분류는 쥐거나 잡기 유지를 하거나 혹은 잡기에 요구되는 일반적인 근육협응에 의해 이루어진다. 손의 2가지 기본자세를 강한 쥐기(power grip)와 정확한 쥐기(precision grip)로 나눌 수 있다(그림 6-31). 강한 쥐기는 강력한 힘을 필요로 하는 쥐기 방법으로 손가락과 손바닥 사이에 물건을 쥐는 것을 말하며 무지는 반대압을 위해 작용한다. 정확한 쥐기는 하나 혹은 그 이상의 손가락과 무지의 장측면이 서로 마주보며 그 사이에 물건을 집는 것이다. 그것은 정확하고 섬세한 접촉이 요구될 때 사용된다.

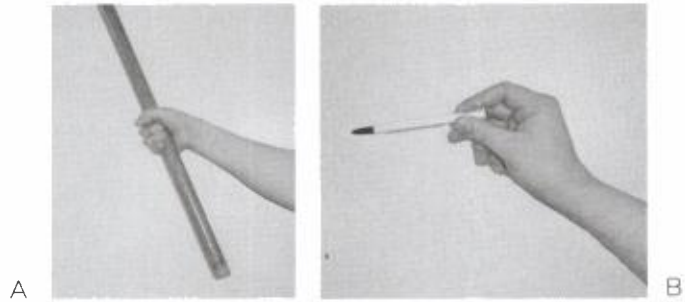


그림 6-31. A 강한 쥐기 B 정확한 잡기

(1) 후크식 잡기 (Hook grasp)

가방을 들 때처럼 손가락 4개를 후크로 사용하며 무지는 사용되지 않는다. 중요근의 활동은 심지굴근(FDP)과 천지굴근(FDS)에 의해 제공된다(그림 6-32) 이 자세에서 무지는 중정도 신전된다.

(2) 원통형 잡기 (Cylindric grasp)

글라스와 같은 원통형의 물체를 잡을 때 손의 전 장측면이 활용된다. 무지는 물체 위를 둘러싼다(그림 6-33).

(3) 주먹쥐기식 잡기 (Fist grasp)

비교적 가는 물건을 단단히 잡는 방법으로 골프채나 망치자루를 쥔 때처럼 다른 손가락 위로 무지가 포개지면서 꼭 쥐게 된다(그림 6-31A).

(4) 구형잡기 (Spheric grasp)

공이나 사과 같은 구형의 물체를 잡는 형태이다(그림 6-34).

(5) 손가락 끝 잡기 (tip prehension)

무지 끝과 다른 손가락의 끝을 사용하여 구슬, 핀, 동전같은 작은 물건을 집는 형태이다(그림 6-35).

(6) 손가락 장측 잡기 (Palmar prehension)

무지가 하나 혹은 그 이상의 손가락과 대립하고 원위지절의 장측 표면을 이용하여 물건을 잡는다. 이 쥐기는 지우개나 펜과 같은 작은 물건을 집거나 잡을 때 이용된다. 또

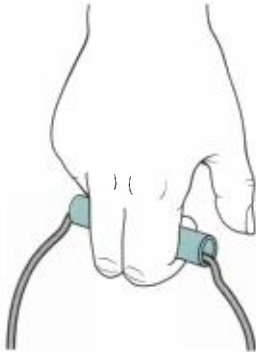


그림 6-32. 후크식 잡기



그림 6-33. 원통형 잡기

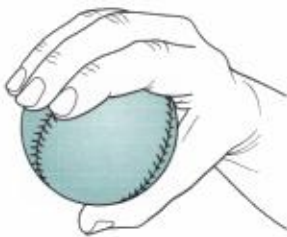


그림 6-34. 구형 잡기

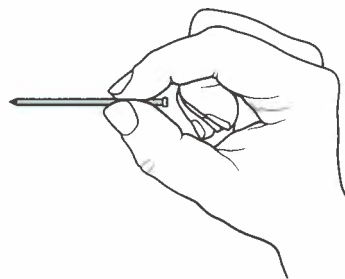


그림 6-35. 손가락 끝 잡기



그림 6-36. 장촉 잡기



그림 6-37. 측면 잡기

한 큰 물건도 손가락을 벌려 이와 같은 방식으로 잡을 수 있다(그림 6-36).

(7) 측면잡기 (Lateral prehension)

카드나 열쇠 같은 두께가 얇은 물체를 잡을 때 무지와 사지의 측면을 이용한다(그림 6-37).

11. 말초신경 손상으로 인한 운동장애

(1) 요골신경마비 (Radial nerve palsy)

요골신경이 마비되면 손목의 신전근과 손가락의 장지신근이 마비된다. 이 경우 손목 하수(wrist drop, 그림 6-38)가 되는데 이는 전완을 회내시키고 수평으로 들고 손가락을 이완시켰을 때 뚜렷이 나타나는 것으로 손이 아래쪽으로 떨어지는 현상을 말한다. 이때 손가락이 부분적으로 신전되는 데 이러한 것은 건작용 때문이다.

(2) 척골신경마비 (Ulnar nerve palsy)

척골신경마비에서는 네 번째, 다섯 번째 손가락 약지와 소지의 심지굴근과 충양근, 그리고 골간근이 마비되기 때문에 이들 손가락이 주로 침범되며 소지구근 또한 제기능을 할 수 없다. 가장 중요한 병변은 중수지절간관절에서 골간근의 굴곡작용이다, 이 때문에 신전근들은 그 관절의 인대가 허락하는 한 많이 신전하도록 기절골을 끌 것이다. 말절골에서 그들의 집중된 끌림으로 신전근들은 다른 2개의 지절골에서의 효과를 상실하고 천지굴근과 심지굴근은 신전되고 그들을 굴곡시킨다. 이와 같은 것을 갈퀴손(claw hand), (그림 6-39)이라 하며 갈퀴손은 충양근의 중절골 근위부를 굴곡시키고 위위부를



그림 6-38. 하수(wrist drop) 기형

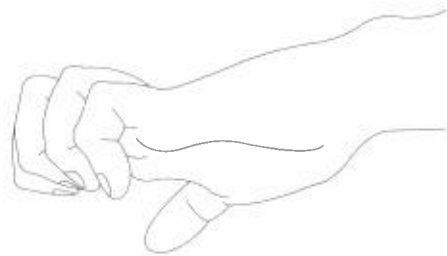


그림 6-39. 갈퀴손가락(claw fingers) 기형



그림 6-40. 원숭이 손(ape hand) 기형

신전시킬 수 있으며, 시지와 중지의 충양근들은 보통 정중신경에 의해 지배되기 때문에 시지와 중지에서는 덜하다.

(3) 정중신경마비(Median nerve palsy)

정중신경 마비는 대부분 손가락의 굴곡근이 작용을 상실하기 때문에 쥐는 것이 심하게 영향을 받는다. 요골측의 손가락이 정중신경의 지배만 받기 때문에 척골측보다 많은 영향을 받는다. 정중신경병변에서 무지구의 신경상실로 모든 요골신경의 지배를 받는 장무지의외전근과 장무지신근 및 단무지신근은 손바닥면 내로 제1중수골을 서서히 회전시킬 것이다. 이와 같은 조건을 원숭이 손(ape hand)이라 한다(그림 6-40).

(4) 정중신경과 척골신경마비

정중신경과 척골신경의 결합된 손상은 손에 강력한 효과를 갖는다. 손목에서의 병변은 손의 고유근을 마비시킬 것이다. 역시 그 위치에 의존하는 좀더 근위부 병변은 전완 굴근의 추가적 영향을 받을 것이다. 두 경우에서 신전근들은 요골신경에 의한 지배 때문에 가능할 것이다.

(5) 수근관증후군(Carpal tunnel syndrome)

일반적으로 인체에서 관증후군(tunnel syndrome)은 손목의 굴곡근 아래 정중신경이 압박받는 수근관증후군을 말한다(그림 6-41). 이런 압박은 외상, 굴곡근건의 건초염, 결절 증(ganglion), 관절염, 콜라겐 병변(collagen disease)으로 인한다. 수근관 증후군의 일차적 증상은 손목의 원위단이고 보통 밤에 통증이 악화되고, 정중신경의 감각장애인 타는 느낌(burning), 저린 느낌(pins and needle), 무감각(numbsness)을 포함한다.

증상은 종종 손목의 움직임이 악화되고 서 있는 자세에서 모지구근, 외측 두 개의 충양근의 위축, 악화가 나타난다. 40~60대 여성에게서 많이 발병되고 비록 양성성이지만 대부분 많이 쓰는 손에 나타난다. 반복적 육체적 노동이나 진동에 노출되어 손목을 많이 쓰는 젊은 환자들에게도 보인다. 수근관증후군과 경추병변의 더블 크래시 증후군

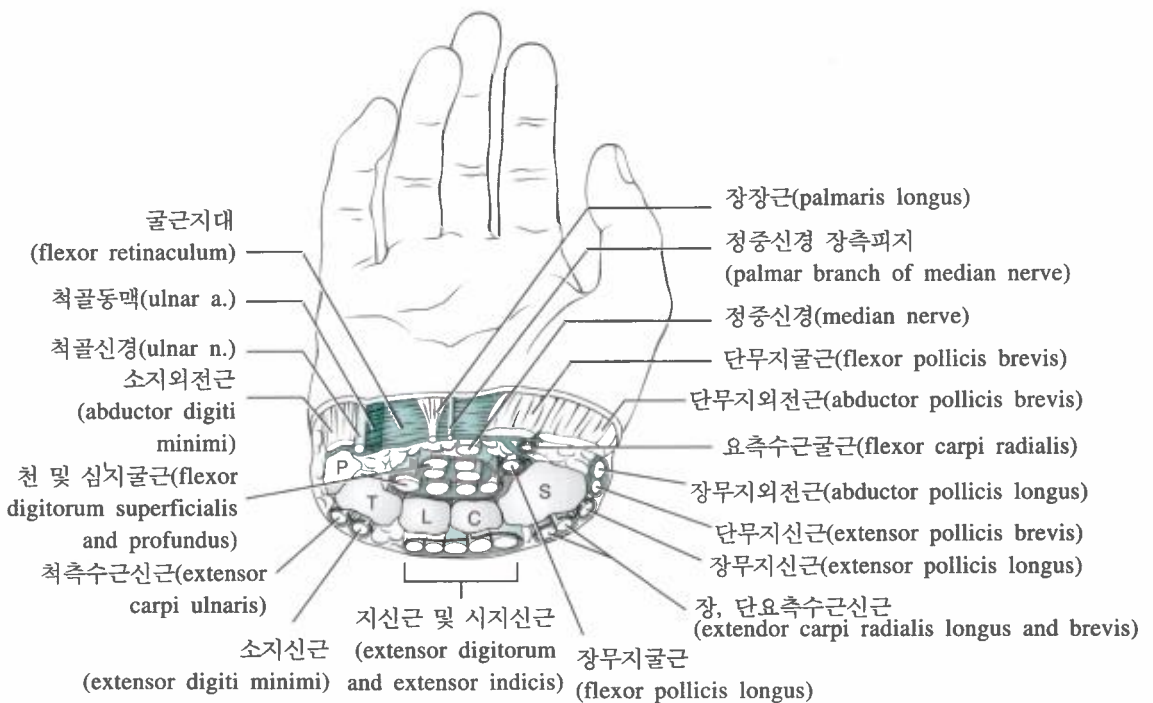


그림 6-41. 우측 손목의 수근관 터널의 횡단면 관찰

(double crush syndrome)과 연관되기 때문에 검사자는 이러한 것을 포함하는 병력이 보이면 경추평가도 포함하여 검사한다.

(6) 가이온 관(Guyons canal)

척골신경도 두상유구골의 가이온 관을 통과하기 때문에 때때로 압박된다(그림 6-42). 이 신경은 외상, 목발사용, 자전거의 핸들에 기대어 오랫동안 사이클하는 사람이나 소형 공기착압기를 사용하는 사람 등 만성적으로 지속적 압박에 의해 압박된다. 척골신경은 손목 위로 두 개의 감각가지를 낸다. 이 가지들은 손의 바닥과 배면쪽으로 나간다(그림 6-43). 그리고 가이온 관은 지나지 않는다. 그러므로 이관에서 척골신경이 압박되면 손가락 감각만이 변한다.

운동소실은 소지굴근의 근육, 모지내전근, 골간근, 중앙 2개의 충양근, 단장근을 포함한다.

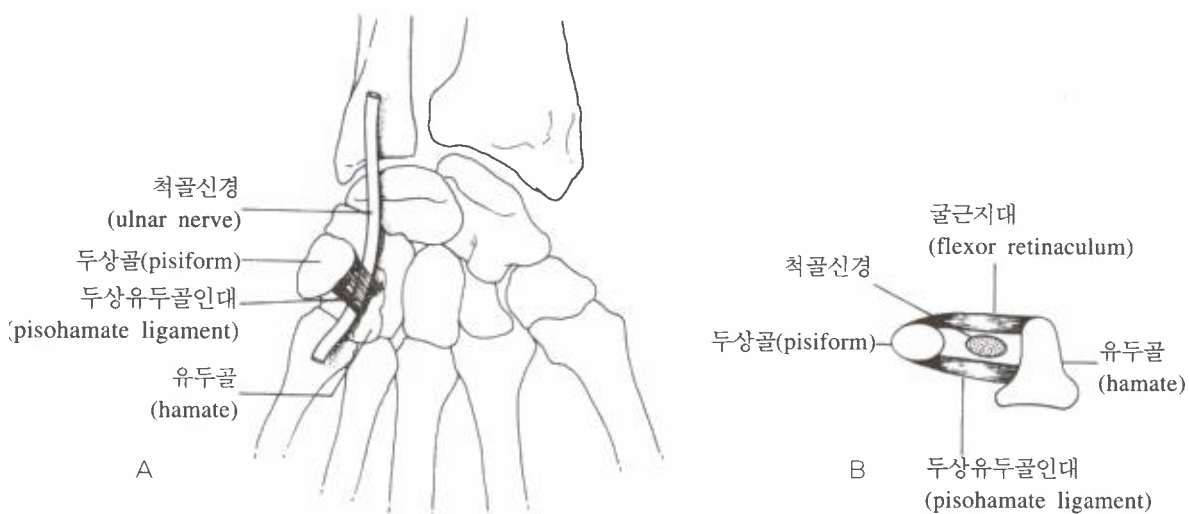


그림 6-42. A. 손바닥 그림 B. 두상유두골인대와 굴근지대가 연관된 신경의 위치

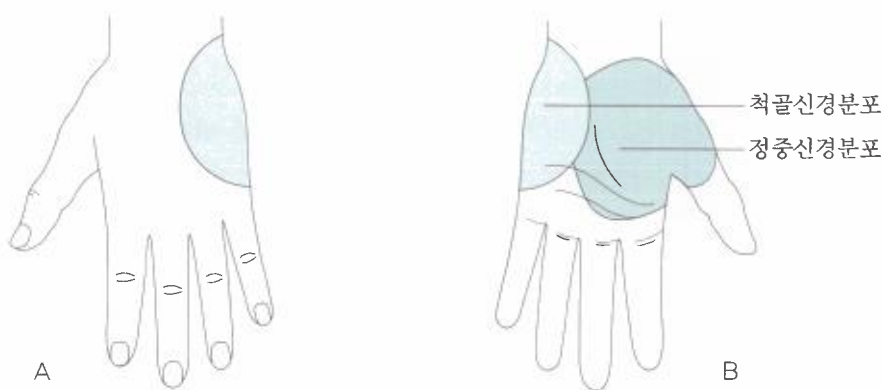


그림 6-43. 손목 위에서 분지된 척골과 정중신경가지의 감각분포 A. 배면(Dorsal surface) B. 수장면(Palmar surface)

12. 요골 혹은 정중신경 손상시의 쥐는 방법

요골신경(radial nerve)이 마비되면 손목의 신전근과 손가락의 장지신근이 마비된다. 이 경우 손목이 떨어지게 된다. 쥐기 위해서는 손목을 능동적으로 신전도 고정도 할 수 없다. 손목이 떨어진 자세에서는 건작용에 의해 손가락이 신전된다. 그러므로 쥐는 것은 어색하고 약해지게 되지만 부목으로 신전자세를 유지하면 굴곡근이 정상이므로 가

능하다.

정중신경(median nerve)이 마비되면 대부분의 굴곡근이 작용을 상실하기 때문에 쥐는 것이 심하게 영향을 받는다. 요골측 손가락이 정중신경의 지배만 받기 때문에 척골측보다 많은 영향을 받는다. 무지의 굴곡 대립운동이 상실되고 무지구근이 위축되며 무지는 신전근에 의해 배측으로 끌려가 손바닥과 같은 면에 놓이거나 보다 더 손등쪽으로 끌려간다.

내전근은 무지구근 중 유일하게 사용 가능한 근육이고 이 근육과 첫 번째 배측굴간근을 사용하여 무지와 인지 사이에 작은 물건을 쥌 수 있다. 인지와 중지의 심지굴근, 천지굴근, 충양근이 정중신경의 지배를 받기 때문에 이 두 손가락의 굴곡능력이 상실된다. 약지와 소지가 굴곡할 때 시지는 그대로 신전상태로 유지되지만 중지는 약간 굴곡 쪽으로 끌려간다. 그러나 가능한 최대로 손목관절을 신전하면 시지와 중지는 건 작용에 의해 굴곡되지만 능동적인 쥐기는 아니다.

13. 손의 변형

(1) 백조목기형 (Swan-neck)

이런 기형은 대개 손가락에만 생기며, 중수수지관절과 원위지절관절의 굴곡이 있다. 게다가 근위지절관절의 신전이 있다. 내재근의 구축으로 인해 생기게 되고 흔히 류머티즘과 외상 후의 환자에서 발견된다(그림 6-44).

(2) 단추구멍기형 (Boutonniere)

중수수지관절과 원위지절관절의 신전과 근위지절관절의 굴곡이 이 기형에서 보인다. 이 기형은 신전근을 둘러싼 가는 중심건의 파열로 초래되고 류머티즘관절염과 외상 후에 가장 흔하게 발생된다.

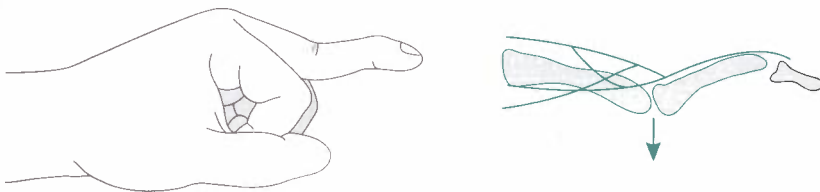


그림 6-44. 백조목(swan-neck) 기형

(3) 척골편향 (Ulnar drift)

류머티즘관절염을 가진 환자에서 흔히 발견되는 이 기형은 중수수지관절의 피막인대 구조 약화로 인한 지골의 척골편위의 결과와 총지신건의 화살(bowstring) 효과의 동반으로 다른 상황에서도 발견될 수 있다.

(4) 갈퀴손가락(취수) (Claw hand)

이 기형은 손가락의 근위지절에 있는 내재근 작용의 상실과 외재근의 과작용으로 초래된다. 중수수지관절은 과신전되고, 근위와 원위지절관절은 굴곡된다. 내재근의 기능이 상실된다면, 손은 내재근 손이라 부른다. 손이 정상적으로 컵을 쥔 모양을 만드는 것이 상실되고 손의 장축아치와 횡아치는 사라지고 내재근의 위축이 있다. 정중신경과 척골신경 마비시 흔하게 나타난다.

(5) 신근플러스기형 (Extensor plus deformity)

이 기형은 중수수지관절에 근접한 총지신건의 단축과 유착에 의해 발생한다. 비록 개별적으로 굴곡할 수는 있어도 중수수지관절과 근위지절관절을 동시에 굴곡시키는데 장애를 초래한다.

(6) 방아쇠손가락 (Trigger finger)

지절 협착성 건초염으로 알려진 이 기형은 환자가 손가락을 굴곡하려 할 때 건의 정지를 일으키는 굴곡건초의 비후로 초래된다. 굴곡건 원위 주름의 약한 염증은 원위굴곡건의 종창과 협착을 일으킨다. 환자가 굴곡하려고 시도할 때 건은 정지한 후 손가락은 '탁' 소리와 함께 자유롭게 된다. 상태가 더 악화됨에 따라 결국은 그 손가락을 구부릴 수는 있지만 자유롭게는 않고 수동적으로 신전시켜야 한다. 이 상태는 주로 40대 중년 여성에게서 좀더 자주 발생하는 반면, 방아쇠 엄지는 어린 아이들에게서 흔하다. 대개 세 번째와 네 번째 손가락에서 발생한다. 류머티즘관절염에서 가장 흔하고 아침에 심한 경향이 있다.

(7) 원승이손 기형 (Ape hand deformity)

모지구의 소실은 정중신경마비의 결과로써 일어나고 신전근의 당김으로 무지는 손가락선에서 물러난다. 환자는 엄지의 대립이나 굴곡을 할 수 없다.



그림 6-45. 비숍손 또는 축복손 기형

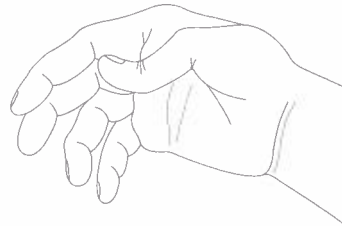


그림 6-46. 엄지의 'Z' 기형

(8) 비숍손 또는 축복선 기형(Bishop' hand or benediction hand deformity)

소지구의 근육, 골간근, 두 개의 내측 충양근의 소실이 척골신경의 마비로 일어난다. 네 번째와 다섯 번째 손가락의 굴곡은 가장 명확하게 초래되는 변화이다(그림 6-45).

(9) 하수기형 (Wist-drop)

손목 신전근은 요골신경의 마비로 초래되는 마비이며, 손목과 손가락은 신전할 수 없다.

(10) 엄지의 Z 기형 (Z deformity of the thumb)

엄지는 중수수지관절에서 굴곡되고 지절관관절에서 신전된다. 기형은 유전이 원인이거나 류머티즘관절염과 동반될 수 있다(그림 6-46).

(11) 뒤퓌트랑 구축 (Dupuytren's contraction)

이 상태는 장축건막의 구축으로 발생한다. 중수수지관절과 근위지절관절의 고정된 굴곡기형이 있다. 이 수축은 대개 넷째와 다섯 번째 손가락에서 보이고 피부는 흔히 근막에 부착한다. 여자보다 남자에게 좀더 침범하고 50~70대 사이에서 흔히 보인다(그림 6-47).

(12) 망치손가락 (Mallet finger)

망치손가락 기형은 손가락 원위지절에 종지하는 신전건의 결측이나 파열로 초래된다(그림 6-48).

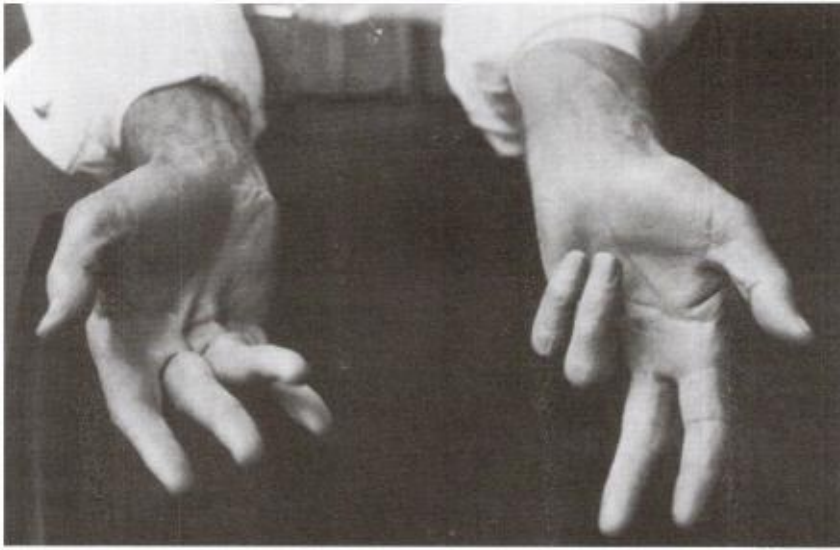


그림 6-47. 뒤퓔트랑 구축(dupuytren's contraction)

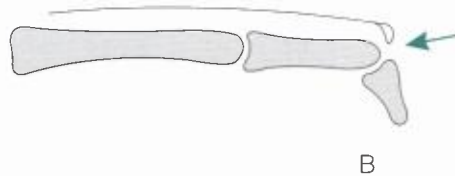


그림 6-48. A. 환자가 능동적으로 손가락을 신전하려고 시도 B. 손상의 기전

14. 각 관절운동의 끝 느낌

요측외전위 끝 느낌은 요골의 경상돌기에 주상골이 부딪치는 단단함(hard)이며 척측 외전은 운동범위가 더 크고 요측 측부인대의 장력으로 인하여 끝 느낌은 팽팽함(firm)이다. 손목의 굴곡과 신전의 끝 느낌은 조직 신장에 의한 팽팽함이며 손가락 굴곡의 끝 느낌은 중수골과 지골이 부딪치는 단단함 또는 관절낭에 의해 제한되는 팽팽함이며 손가락 외전 또한 조직신장에 의한 팽팽함의 끝 느낌을 갖는다. 손가락 과신전의 끝 느낌은 관절낭과 수장판의 제한으로 인한 팽팽함이다. 엄지 내전의 끝 느낌은 조직접근(soft)

tissue approximation)이며 엄지신전, 굴곡, 외전의 끝 느낌은 팽팽함이다.

15. 관절의 보조운동

전완과 손이 이완되어 있을 때 손목관절은 불안정하고 상당한 양의 관절놀이(joint play)가 가능하다. 검사자가 한손으로 요골과 척골의 원위부를 다른 한손으로 수근골 근위열 주위를 잡고 움직여 보면 배측, 장측, 내측, 외측으로 수근골의 활주운동과 수밀 리미터의 이간(distraction)이 일어나는 것을 쉽게 알 수 있다. 또한 중간수근관절의 양쪽을 잡고 움직여 보면 적지만 비슷한 운동이 일어난다. 첨가해서 각 수근골 사이에서도 수동적인 운동이 있다. 예를 들면, 검사자의 왼쪽 무지와 인지로 유두골을 장측, 배측에서 고정하고 오른쪽 무지와 인지로 각각의 수근골을 잡고 힘을 가하면 유두골에 관하여 움직이는 것을 느낄 수 있다. 손목의 가장 안정된 자세는 완전신전이다. 손을 이완하고 중수지절관절의 관절낭이 느슨해질 때 종속운동(accessory motion)은 상당히 크다. 검사자가 중수골을 한손으로 고정하고 다른 한손으로는 근위지골을 잡고 움직여 보면 장측, 배측으로의 직선운동과 외측 활주, 회전, 이간을 느낄 수 있다. 적지만 비슷한 움직임을 지절관절에서도 볼 수 있다.

7

고관절과 골반 (Hib and Pelvis)

◆ 학습 목표 ◆

1. 장요인대의 기능과 골반운동 근육들을 설명할 수 있다.
2. 골반경사와 천장관절의 운동에 대해 설명할 수 있다.
3. 골반경사각과 요부 자세와의 관계를 설명할 수 있다.
4. 대퇴의 해부학적 축과 역학적 축을 설명할 수 있다.
5. 두 관절 근육의 길이 - 장력관계를 설명할 수 있다.
6. 자세에 따른 근육의 작용을 설명할 수 있다.
7. 고관절운동과 골반운동과의 관계를 설명할 수 있다.

1. 고관절과 골반의 개요

골반(pelvis)은 천골(sacrum), 미골(coccyx) 그리고 2개의 관골 일명 무명골(innominate bone, hip bone(coxal bone))로 구성되며, 무명골은 장골·좌골·치골의 결합으로 형성된다. 골반대(pelvic girdle)의 역할은 복부 장기의 보호, 지지 그리고 머리, 팔, 체간으로부터 하지로 힘을 전달하는 역할을 한다. 골반대에는 7개의 관절이 있다 : 요천관절, 천장관절, 천-미골 관절, 치골결합부, 고관절.

천장관절, 천미골관절, 치골결합부는 운동량은 적지만 아주 중요한 의미가 있다(그림 7-1). 이러한 관절은 손상을 받기가 쉽고 과운동성이나 저운동성으로 인한 통증과 기능장애를 유발하지만, 분만시 중요한 역할을 한다.

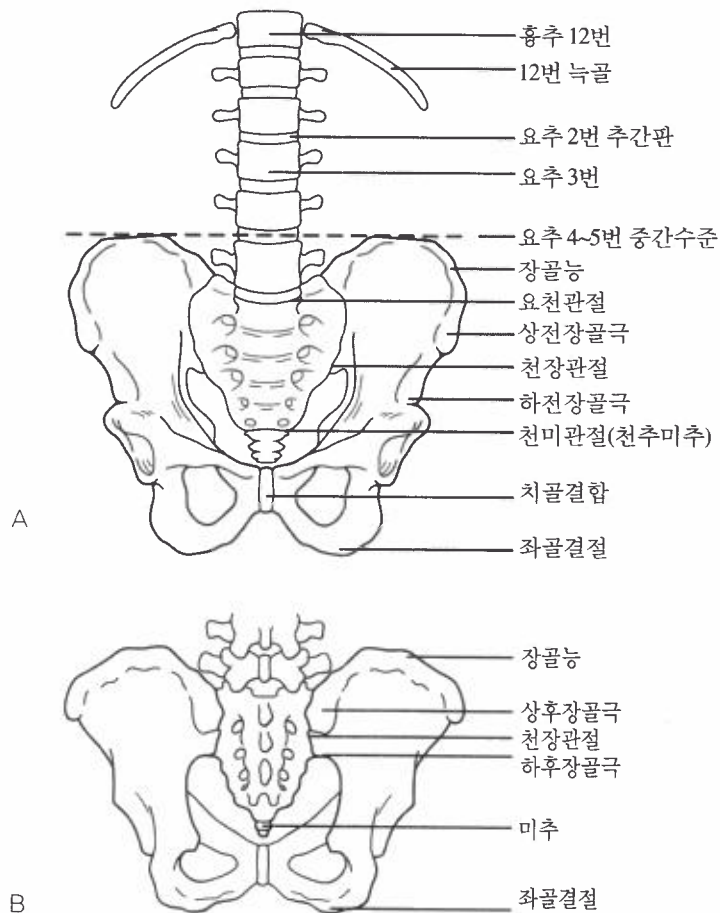


그림 7-1. 천장관절과 치골결합의 위치 표시 A. 전면 B. 후면

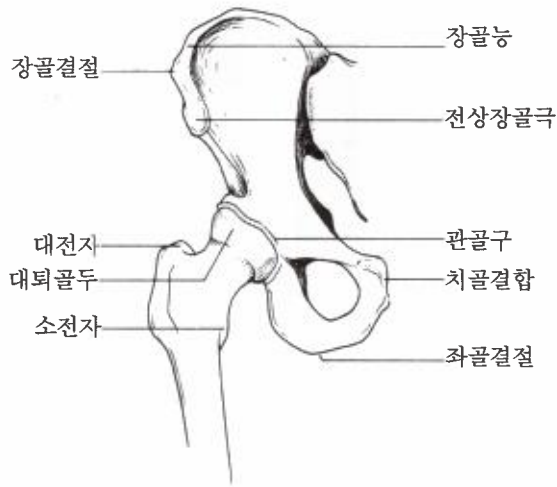


그림 7-2. 고관절의 도해(전면)

고관절은 인체에서 운동성이 많으면서 구조적으로 가장 안정된 관절이다. 고관절운동에 관여하는 뼈는 관골(hip bone)과 대퇴골(femur)이다(그림 7-2). 고관절은 체간과 지면 사이에 큰 힘을 전달하며 또한 이행작용의 주요한 구성요소이다. 고관절은 기어 오르거나 의자에서 일어날 때 몸을 들어올리고 내리는데 관여하며, 신발을 신을 때 발을 앞으로 가져가는 중요한 역할을 한다. 매 걸음마다 지지축 외전근은 전 체중의 약 85%(머리, 팔, 체간, 반대측 다리)에 대한 균형을 유지하기 위한 힘을 필요로 한다. 고관절은 이 지레계에서 지점으로 작용하므로 매 걸음마다 체중의 2배 이상의 힘을 받게 된다.

2. 고관절과 골반의 구조

(1) 고관절

안정화 (장골 대퇴인대, 좌골 대퇴인대, 치골 대퇴인대)

고관절(hip joint)은 전형적인 구상관절(ball and socket joint)로, 관골의 관골구(acetabulum)와 대퇴골두에 이루어지며 강한 관절낭으로 매우 안정된 관절이다.

고관절을 이루는 인대로는 과신전을 방지하는 장골 대퇴인대(iliofemoral ligament, Y인대), 내회전을 방지하는 좌골 대퇴인대(ischiofemoral ligament) 및 외회전을 방지하는 치골 대퇴인대(pubofemoral ligament)가 고관절 전후에서 싸고 있고 관절구절흔은 관골 구 형인대(transverse ligament of acetabulum)로서 연결되며, 대퇴골두와 관골두 사이를 관절강 속에서 대퇴골두 인대(ligament of head of femur)가 연결하고 있다(그림 7-3).

연결인대 (관골구 횡인대, 대퇴골두 인대)



그림 7-3. 고관절의 인대 A. 전면, B. 후면

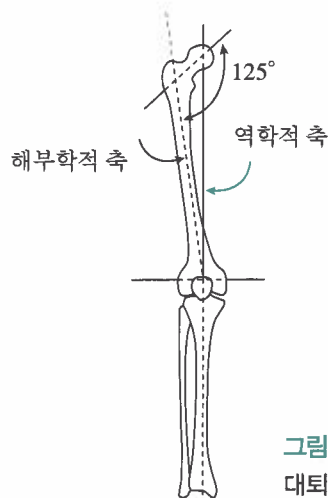


그림 7-4.
대퇴의 해부학적 축과, 역학적 축

대퇴골두(head of the femur)는 대퇴경부에 의해 대퇴골간과 연결된다. 이러한 외측돌출은 운동축으로부터 대퇴의 지레팔의 길이를 증가시키고 대전자에 부착하는 근육(중둔근, 소둔근, 대둔근, 이상근, 내·외폐쇄근, 대퇴방형근, 쌍자근)의 토크를 증가시킨다. 대퇴골간은 내전 상태로 각을 이루며 대퇴골두의 체중 지지선 상에 무릎이 위치한다(그림 7-4).

경체각(neck-shaft angle)은 평균 125° 이다(Kapandji, 1987). 경체각이 작아지면(90° 에 근접) 내반고(coxa vara)라 하며 다리 길이가 짧아진다. 경체각이 증가하면 외반고(coxa valga)라 하며 다리 길이가 길어진다. 이러한 구조적 변화는 근육의 지레팔과 길이-장력 관계의 변화에 의해 토크값이 변하므로 근력의 감소를 초래한다(그림 7-5).

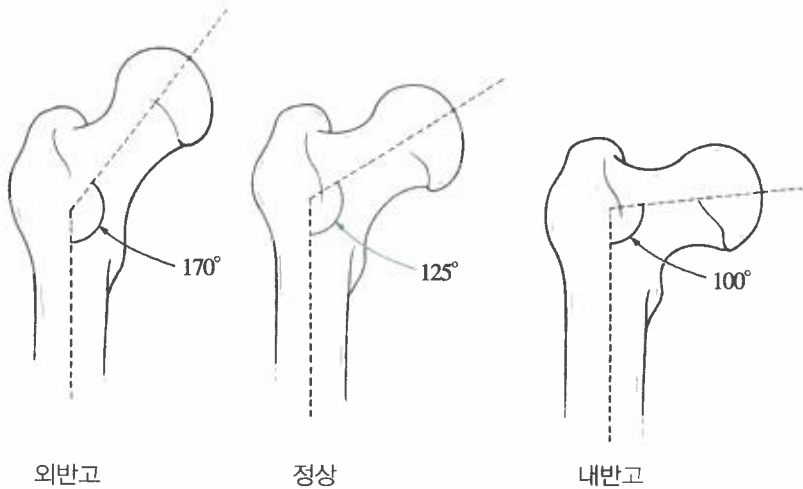


그림 7-5. 성인인 경우에 대퇴골의 경체 각도(Neck-shaft angle)

대퇴에는 또 하나의 각이 있는데 이를 전염각(angle of anteversion)이라 한다. 대퇴를 위해서 볼 때 대퇴골과의 축은 관상면 상에 놓이고 대퇴경부는 관상면 상에서 $13\sim15^\circ$ 도 전방으로 각을 이룬다. 이 각의 증가를 전경(anteversion)이라 하며 발가락이 안으로 향하고(in-toeing) 새 발가락(pigeon toes)모양이 된다. 이 각의 감소를 후경(retroversion)이라 하며 서 있거나 걸을 때 발가락이 바깥쪽(out-toeing : 외회전)을 향한다(그림 7-6). 일반적으로 전염각은 어린이의 성장과 발달로 감소하며 정형외과의사들은 발가락을 안쪽으로 향하여 걷는 어린이의 치료에 보존적 치료를 권장한다.

(2) 천장관절

고대 의사들은 천장관절(sacroiliac joint)이 임신 동안 약간의 운동이 일어나는 것 외에는 고정되어 있다고 생각했다. 20세기에 들어서 남자와 여자 양쪽 다 천장관절에 약간의 운동이 있다는 것이 밝혀졌다. 거의 모든 저자들은 천장관절을 자유롭게 움직이는 가동관절로 분류한다. 천골면은 초자연골로 덮여 있으며 장골면은 섬유연골로 덮여 있다. 관절낭에는 활액이 있으며 관절은 관절낭으로 덮여 있다. 나이가 들수록 천장관절의 골증식(osteophyte)과 강직의 발생 비율이 높아지는데, 특히 남자에게서 높다.

천장관절의 구조와 강하고 넓게 퍼진 인대는 전천장인대, 후천장인대, 장요인대, 천극인대, 천결절인대 등이 있고, 자가잠금기전(self-locking mechanism)을 형성한다. 장골에서 천골의 하방운동을 일으키는 힘이 증가함으로써 후방인대들은 팽팽하게 되고 꺾쇠처럼 장골을 함께 묶어주는 역할을 한다. 천장관절은 운동이 적고 측정하기 어렵기

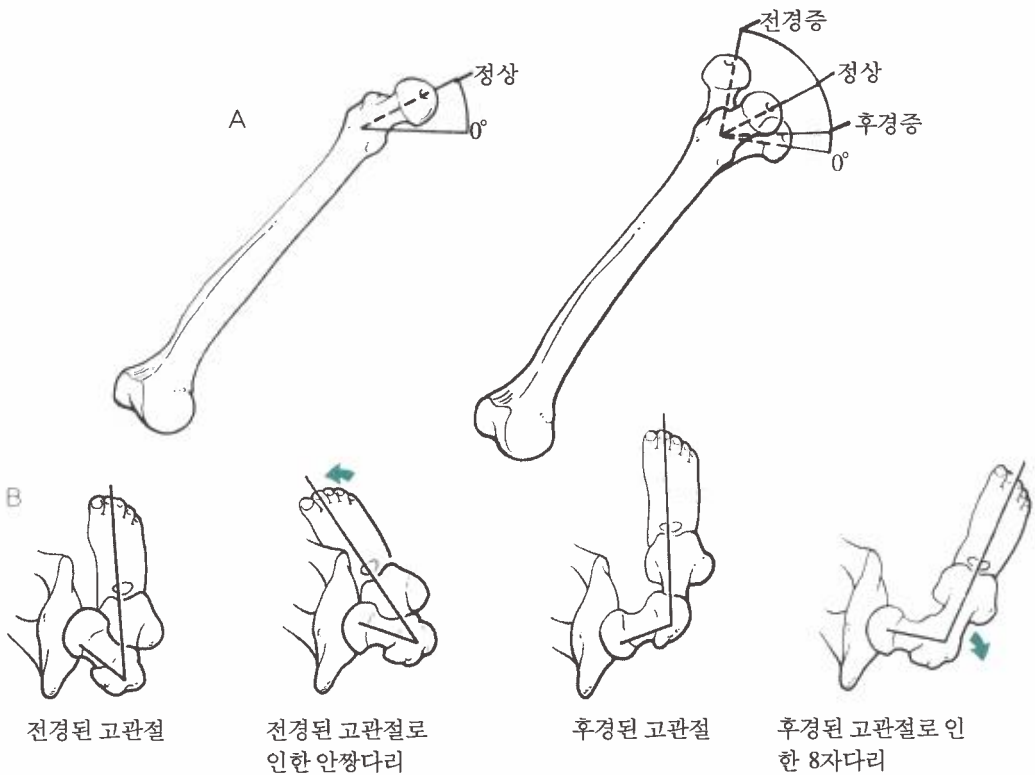


그림 7-6. 고관절의 염전 각도(Torsion angle) A. 대퇴경의 위치 B. 고관절의 전경증과 후경증으로 인한 발 자세의 차이

때문에 중요하지 않은 관절로 생각하는 경향이 있다. 그러나 많은 의사들은 요통의 일차적 원인으로 천장관절의 인대손상, 과운동성이나 저운동성, 염증을 고려하며(Mennell, 1947 : Grieve, 1986 : Dontigny, 1990) 분만시 가장 흔한 문제를 야기시키는 것으로 생각한다(Ro, 1990).

3. 골반과 고관절운동

(1) 골반의 운동

골반운동으로는 고관절과 요천추 관절(lumbosacral joint)과 상호 조화를 이루면서 골반경사(pelvic tilt)가 일어나는데 정상적인 골반경사각은 50~60° (PSIS-symphysis pubis) 이고, 천골각은 30° 요천추각은 140°이다 (그림 7-7).

전방 골반경사(forward pelvic tilt)는 고관절굴곡과 요천추의 과신전(hyper extension)의 조화로 일어나며 후방 골반경사(backward pelvic tilt)는 고관절신전과 요천추의 굴곡의

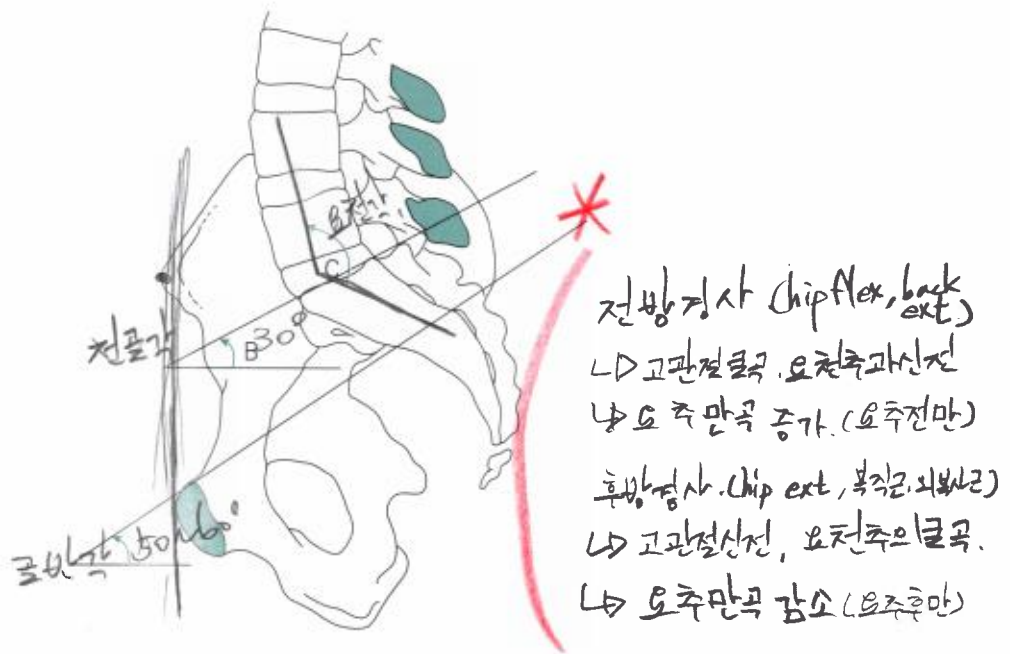


그림 7-7. 골반관절의 정상 각도 A. 골반각 50~60° B. 천골각(30°) C. 요천각(140°)

조화로 일어난다. 즉, 골반의 후방경사는 요추의 생리적 만곡을 감소시키고 전방경사는 증가시킨다. 골반경사의 임상적인 평가는 측면에서 볼 때 상전장골극(ASIS)과 치골결합(symphysis pubis)이 수직선상에 놓여야 한다.

Kapandji는 골반 숙이기(nutation)와 골반 들기(counternutation)라는 용어로 운동을 기술하였다. 골반 숙이기란 천골갑이 전하방으로 움직이며 천골과 미골의 원위면이 후방으로 움직이는 것이다. 즉, 장골능은 서로 가까워지고 좌골결절은 멀어진다. 골반 숙이기는 골반출구(pelvic outlet)를 보다 크게 한다. 골반 들기는 천골갑이 상·후방으로 움직이는 반대되는 운동이다. 미골은 전방으로 움직이고 장골능은 서로 멀어지고 좌골결절은 가까워진다. 이러한 운동은 골반입구(pelvic inlet)를 확장시킨다.

릴랙신(relaxin) 호르몬 분비로 임신 동안 인대는 이완되고 천장관절과 치골결합의 운동크기는 증가한다. 또한 과도한 인대의 이완은 심한 통증과 때때로 천장관절과 치골결합의 특발성 아탈구를 유발한다.

우측방 골반경사(right lateral tilt)는 요천추의 좌측면 굴곡(left lateral flexion), 우측 고관절의 외전(abduction) 및 좌측 고관절의 내전(adduction) 등을 조화로 일어난다. 좌측방 골반경사(left lateral tilt)는 우측면 경사(right lateral tilt)의 반대방향의 운동으로 일어난다.

(2) 고관절운동

고관절은 굴곡, 신전, 외전, 내전, 회전 등이 일어난다. 고관절굴곡(hip flexion)은 $0 \sim 125^\circ$ 정도이며, 슬관절의 신전된 상태에서의 고관절굴곡은 슬건근(슬괵근, hamstring muscles)의 긴장으로 운동의 제한을 받아 $0 \sim 90^\circ$ 정도까지만 일어난다. 고관절신전(hip extension)은 $125 \sim 0^\circ$ 정도이다. 또한 고관절신전은 중심선을 넘어 뒤로 $0 \sim 10(15)^\circ$ 까지 갈 수 있는데 이를 과신전(hyper extension)이라고 한다.

고관절외전(hip abduction)은 $0 \sim 45^\circ$ 정도이며, 내전(hip adduction)은 $45 \sim 0^\circ$ 정도이고 이는 외전의 반대작용인데, 중심을 넘어 $0 \sim 20(30)^\circ$ 까지 안쪽으로 움직인다. 이 동작의 적절한 표현은 없다.

고관절 회전(hip rotation)은 대퇴골의 골간이 중심축이 되어 안과 밖으로 돌아가는 동작으로, 안쪽으로 $0 \sim 45(35)^\circ$ 정도 회전하는 것을 내회전(internal 또는 medial rotation)이라 하고, 바깥쪽으로 $0 \sim 45^\circ$ 정도 회전하는 것을 외회전(external 또는 lateral rotation)이라 한다. 또한 고관절의 굴곡, 신전, 외전, 내전의 조화로 이루어지는 회선(circumduction)이 있다.

(3) 종속운동

고관절의 종속운동(accessory movement)은 원위로의 견인과 외측, 복측, 배측활주가 있다. 정상적으로 상대적인 음압은 이간과 아탈구를 방지한다. 성인 사체에서 외측으로 3mm 이간시키기 위하여 45파운드의 힘이 필요하나 진공상태를 완화하기 위하여 관절낭을 절개했을 때 대퇴는 큰 견인력 없이도 8mm 정도 이간된다. Arvidsson(1990)은 성인을 대상으로 잠금자세(close packed position)에서 관절이간에 90파운드가 넘는 견인력이 요구되는 것을 발견하였다. 고관절이 과신전, 내회전, 외전된 잠금자세에서 관절낭과 인대는 팽팽해지고 종속운동이나 아탈구에 대한 저항은 증가된다. 고관절의 정상적인 종속운동을 일으키기 위해서는 큰 힘이 필요하기 때문에 기계적 고정이나 끈으로 몸을 지지하는 것이 필요하다(Kaltenborn, 1980).

4. 신경지배

제1~4요추신경의 가지로 구성되는 요신경총(lumbar plexus)과 제4~5요추신경 및 제1~3천골신경의 가지로 구성되는 천골신경총(sacral plexus)의 종말지들이 하지에 분포하는 말초신경들이다(그림 7-8).

요신경총은 다음과 같은 신경을 분지한다. 즉, 장골 하복신경(iliohypogastric nerve),

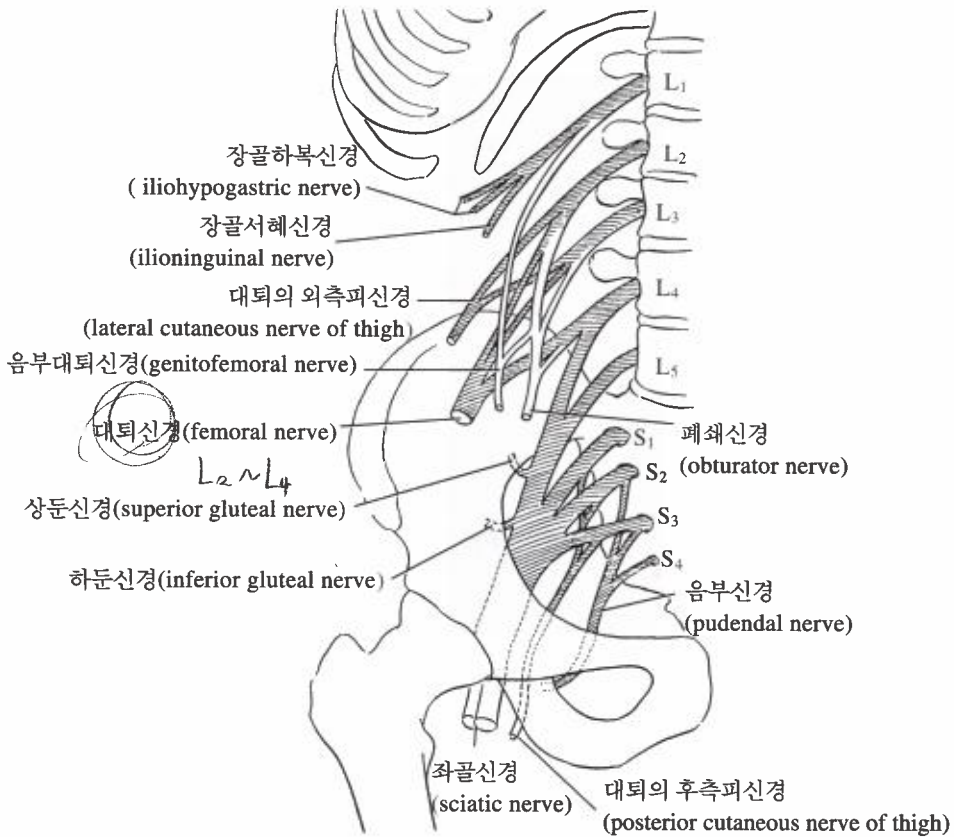


그림 7-8. 요천골신경총

장골 서혜신경 (ilioinguinal nerve), 음부 대퇴신경 (genitofemoral nerve), 외측 대퇴 피신경 (lateral femoral cutaneous nerve), 대퇴신경 (femoral nerve) 및 폐쇄신경 (obturator nerve) 등이다.

천골신경총은 다음과 같은 신경을 분지한다. 즉 상·하둔신경 (superior·inferior gluteal nerve), 후대퇴피신경 (posterior femoral cutaneous nerve), 음부신경 (pudendal nerve), 좌골신경 (sciatic nerve) 등이며 좌골신경은 대퇴의 후면으로 내려가면서 경골신경 (tibial nerve)과 충비골신경 (common peroneal nerve)으로 나뉜다.

5. 골반과 고관절의 근육

(1) 대요근 (Psoas major)

① 기시(origin) : 제12흉추~제4요추체 및 횡돌기(transverse process)

- ② 정지(insertion) : 대퇴골 소전자(lesser trochanter)
- ③ 신경지배(innervation) : L2, 3
- ④ 작용(action) : 고관절 굴곡(hip flexion)과 외회전(external rotation)

소요근(psoas minor)은 제12흉추~1요추체에서 기시하여 대요근 앞을 하행하여 장골근막에 정지하며 요추의 굴곡에 작용하고 요신경의 지배를 받는다.

(2) 장골근 (Iliacus)

- ① 기시(origin) : 장골의 골반면(inner surface)과 천골의 골반면(inner surface)

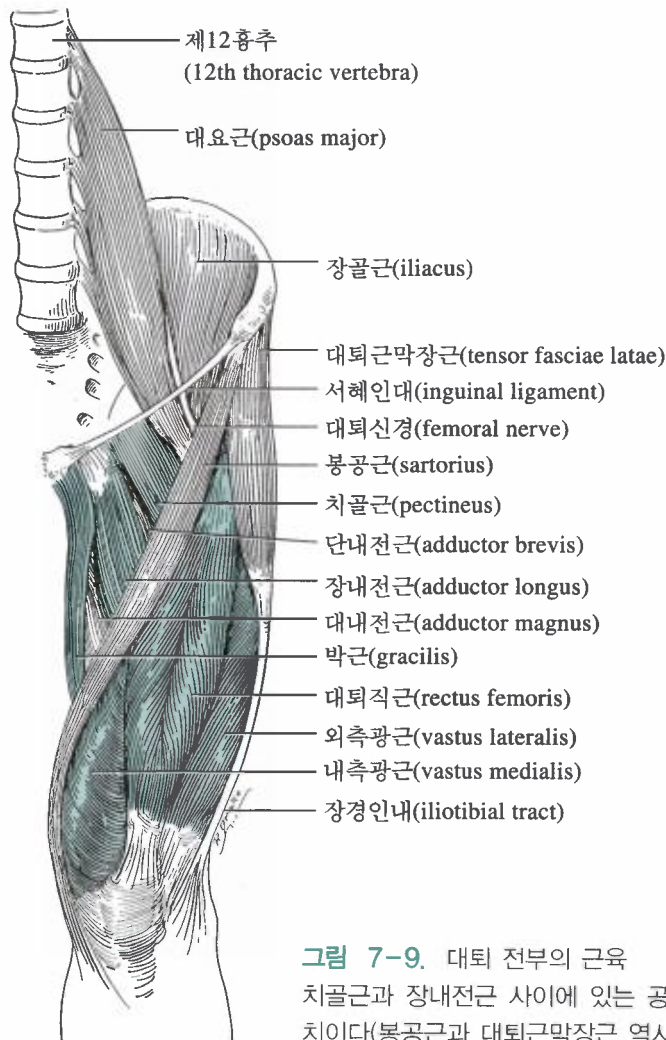


그림 7-9. 대퇴 전부의 근육

치골근과 장내전근 사이에 있는 공간이 단내전근의 위치이다(봉공근과 대퇴근막장근 역시 천근이다).

- ② 정지(insertion) : 대퇴골 소전자(lesser trochanter)
- ③ 신경지배(innervation) : 대퇴신경(femoral nerve), L2~4
- ④ 작용(action) : 고관절굴곡과 외회전

대요근과 장골근은 장요근(iliopsoas muscles)이라고도 하며, 한 근육처럼 설명하기도 한다.

(3) 봉공근 (Sartorius)

- ① 기시(origin) : 상전장골극(anterior superior iliac spine)
- ② 정지(insertion) : 경골 상단내측(anterior medial surface of tuberosity of the tibia)
- ③ 신경지배(innervation) : 대퇴신경(femoral nerve), L2, 3
- ④ 작용(action) : 고관절굴곡, 외전, 외회전 및 슬관절굴곡

거위발 Group / 4번근양근 봉공근 / 바나나근

(4) 대퇴직근 (Rectus femoris)

- ① 기시(origin) : 하전 장골극(anterior inferior iliac spine)과 관골구(acetabulum) 상부의 장골(ilium)
- ② 정지(insertion) : 슬개골의 전면을 지나 슬개골 인대(patellar ligament)
- ③ 신경지배(innervation) : 대퇴신경(femoral nerve), L2~4
- ④ 작용(action) : 고관절굴곡과 슬관절신전

(5) 치골근 (Pectineus)

- ① 기시(origin) : crest 상단 치골 전면 2.5cm 넓이 부위, 치골근 선
- ② 정지(insertion) : 대퇴골의 치골근 선-소전자(lesser trochanter)부터 조선(linea aspera)까지
- ③ 신경지배(innervation) : 대퇴신경, L2, 3
- ④ 작용(action) : 고관절내전(adduction)과 굴곡

(6) 대퇴근막장근 (Tensor fascia lata)

- ① 기시(origin) : 장골능(iliac crest)의 전방부
- ② 정지(insertion) : 장경인대(iliotibial band)
- ③ 신경지배(innervation) : 상둔신경(superior gluteal nerve), L4-S1
- ④ 작용(action) : 고관절 내회전(internal rotation), 굴곡 및 외전(abduction)

(7) 대둔근 (Gluteus maximus)

- ① 기시(origin) : 상후장골근(posterior superior iliac spine)의 일부, 천골(sacrum)과 미골(coccyx)의 후면
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 상단 후면
- ③ 신경지배(innervation) : 하둔신경(inferior gluteal nerve), L5-S2
- ④ 작용(action) : 고관절신전(extension) 및 내전(adduction), 외회전(external rotation)

(8) 대퇴이두근 (Biceps femoris)

- ① 기시(origin)
 - 장두(long head) : 좌골(ischium)의 결절(tuberosity)
 - 단두(short head) : 대퇴골 조선(liner aspera)의 외측연(lateral lip)
- ② 정지(insertion) : 경골(tibia)의 외측과(lateral condyle)가 비골두(fibular head)에 부착되며 외측 슬괏근(lateral hamstring)을 이룬다.
- ③ 신경지배(innervation)
 - 장두-경골신경(tibial nerve), L5-S2
 - 단두-비골신경(peroneal nerve), L5, S1
- ④ 작용(action) :
 - 장두-고관절 신전(extension), 외회전(external rotation)
 - 장, 단두-슬관절굴곡(knee flexion)

(9) 반건양근 (Semitendinosus)

- ① 기시(origin) : 좌골결절(tuberosity of ischium)
- ② 정지(insertion) : 경골조면(condyle of tibia)의 내측
- ③ 신경지배(innervation) : 경골신경(tibial nerve), L5, S1
- ④ 작용(action) : 고관절신전 및 내회전, 슬관절굴곡

10) 반막양근 (Semimembranosus)

- ① 기시(origin) : 좌골결절(tuberosity of ischium)
- ② 정지(insertion) : 경골조면(condyle of tibia)의 내측
- ③ 신경지배(innervation) : 경골신경(tibial nerve), L5-S1
- ④ 작용(action) : 고관절 신전 및 내회전 슬관절 굴곡

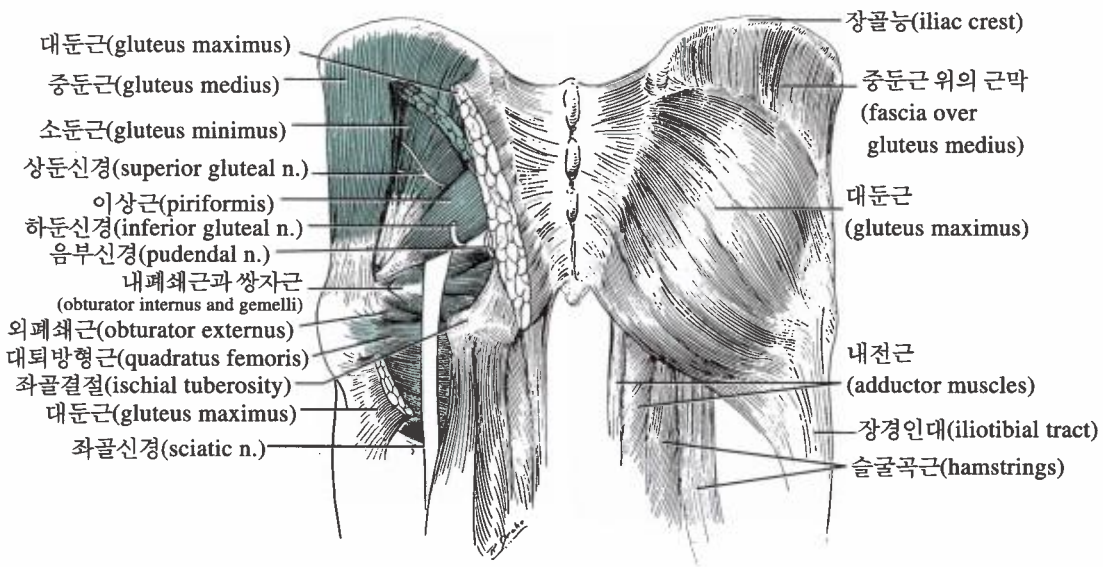


그림 7-10. 둔부의 근육

(11) 중둔근 (Gluteus medius)

- ① 기시(origin) : 장골후면, 전둔선(anterior gluteal line)과 후둔선(posterior gluteal line)의 사이
- ② 정지(insertion) : 대퇴골의 대전자(greater trochanter)의 외측
- ③ 신경지배(innervation) : 상둔신경(superior gluteal nerve), L4-S1
- ④ 작용(action) : 고관절외전(abduction) 및 외회전(external rotation)

(12) 소둔근 (Gluteus minimus)

- ① 기시(origin) : 장골(ilium)의 후면 아래 부위
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 대전자(greater trochanter)의 앞쪽
- ③ 신경지배(innervation) : 상둔신경(superior gluteal nerve), L4-S1
- ④ 작용(action) : 고관절외전 및 내회전

(13) 박근 (Gracilis)

- ① 기시(origin) : 치골결합(symphysis pubis)의 전면 하단부와 치골궁(bubic arch)의 1/2
- ② 정지(insertion) : 경골조면(condyle of tibia)의 하단경골 상단 내측
- ③ 신경지배(innervation) : 폐쇄신경(obturator nerve), L3,4

- ④ 작용(action) : 고관절내전 및 내회전 슬관절굴곡

(14) 장내전근 (Adductor longus)

- ① 기시(origin) : 치골결합(symphysis pubis)의 전면
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 중 1/3(middle third)의 조선(linea aspera)
- ③ 신경지배(innervation) : 폐쇄신경(obturator nerve), L2,3
- ④ 작용(action) : 고관절내전 및 굴곡

(15) 단내전근 (Adductor brevis)

- ① 기시(origin) : 치골 하지(inferior ramus of the pubis)의 외측
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 조선(linea aspera)의 상부 1/4
- ③ 신경지배(innervation) : 폐쇄신경(obturator nerve), L3,4
- ④ 작용(action) : 고관절내전 및 굴곡

(16) 대내전근 (Adductor magnus)

- ① 기시(origin) : 좌골결절(tuberosity of ischium), 치골의 전지
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 조선(linea aspera)의 전장과 내측과의 상부
- ③ 신경지배(innervation) : 폐쇄신경(obturator nerve), L3,4
- ④ 작용(action) : 고관절의 내전 및 굴곡

(17) 이상근 (Piriformis)

- ① 기시(origin) : 천골(sacrum)의 전면(골반면)
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 대전자(greater trochanter)
- ③ 신경지배(innervation) : 천골신경(sacral nerve), S1,2

(18) 대퇴방형근 (Quadratus femoris)

- ① 기시(origin) : 좌골결절(tuberosity of ischium)
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 전자간능(intertrochanteric crest)
- ③ 신경지배(innervation) : 천골신경(sacral nerve), L4-S1

(19) 상쌍자근 (Gemellus superior)

- ① 기시(origin) : 좌골극(ischial spine)

외회전근

- ② 정지(insertion) : 대퇴골 대전자(greater trochanter)
- ③ 신경지배(innervation) : 천골신경(sacral nerve), L5-S2

(20) 하쌍자근 (Gemellus inferior)

- ① 기시(origin) : 좌골결절(tuberosity of ischium)
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 대전자(greater trochanter)
- ③ 신경지배(innervation) : 천골신경(sacral nerve), L4-S1

(21) 외폐쇄근 (Obturator externus)

- ① 기시(origin) : 폐쇄공 외면(outer surface of obturator foramen)-치골(pubis)
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 전자와(trochanteric fossa)
- ③ 신경지배(innervation) : 폐쇄신경(obturator nerve), L3-4

(22) 내폐쇄근 (Obturator internus)

- ① 기시(origin) : 폐쇄공 내면(inner surface of obturator foramen)-치골(pubis)
- ② 정지(insertion) : 대퇴골 대전자(greater trochanter)
- ③ 신경지배(innervation) : 천골신경(sacral nerve), L5-S2

이상근, 대퇴방형근, 상쌍자근, 외폐쇄근은 골반 심부에 위치한 근육들로서 대부분 외회전근(external rotators)으로 작용한다.

6. 주동근의 분석

(1) 고관절굴곡근 (그림 7-11)

- ① 요근(psoas)
- ② 장골근(iliacus)
- ③ 대퇴직근(rectus femoris)
- ④ 치골근(pectineus)

(2) 고관절신전근 (그림 7-12)

- ① 대둔근(gluteus maximus)
- ② 대퇴이두근(biceps femoris)

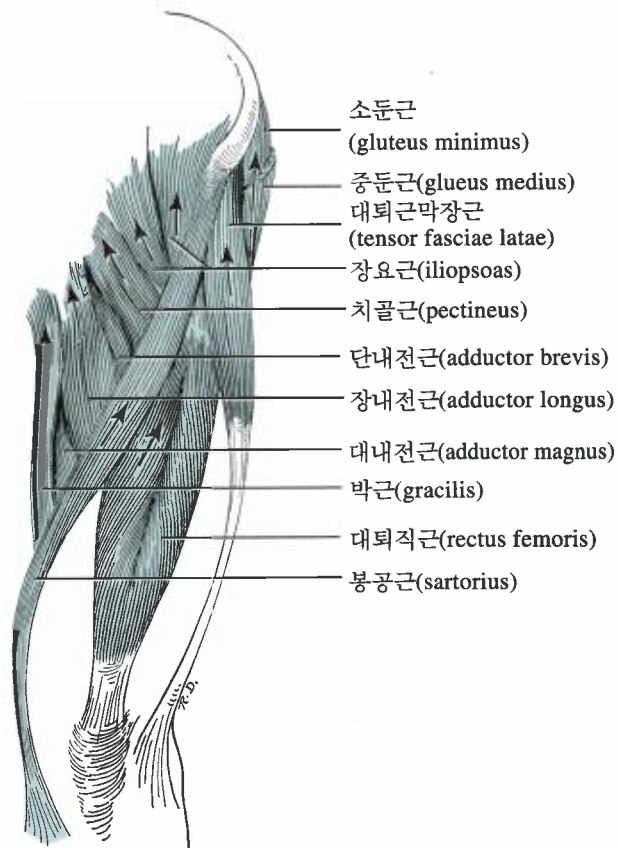


그림 7-11. 대퇴의 굴근

- ③ 반건양근 (semitendinosus)
- ④ 반막양근 (semimembranosus)

(3) 고관절 외전근 (그림 7-13)

- ① 중둔근 (gluteus medius)

(4) 고관절 내전근 (그림 7-14)

- ① 치골근 (pectineus)
- ② 박근 (gracilis)
- ③ 장내전근 (adductor longus)
- ④ 단내전근 (adductor brevis)

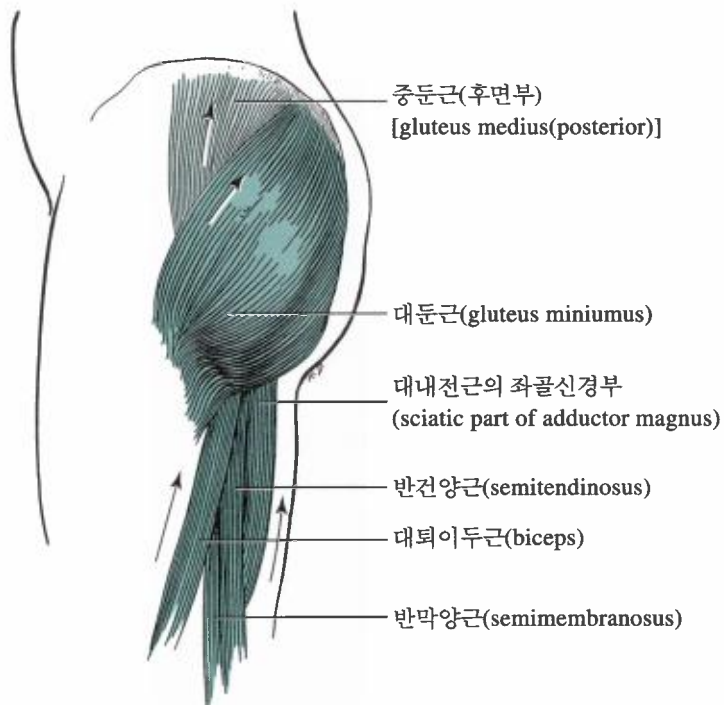


그림 7-12. 대퇴의 신전근

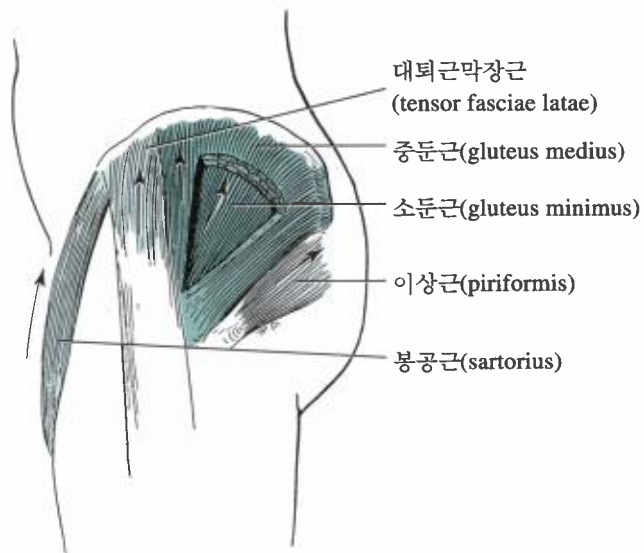


그림 7-13. 대퇴의 외전근

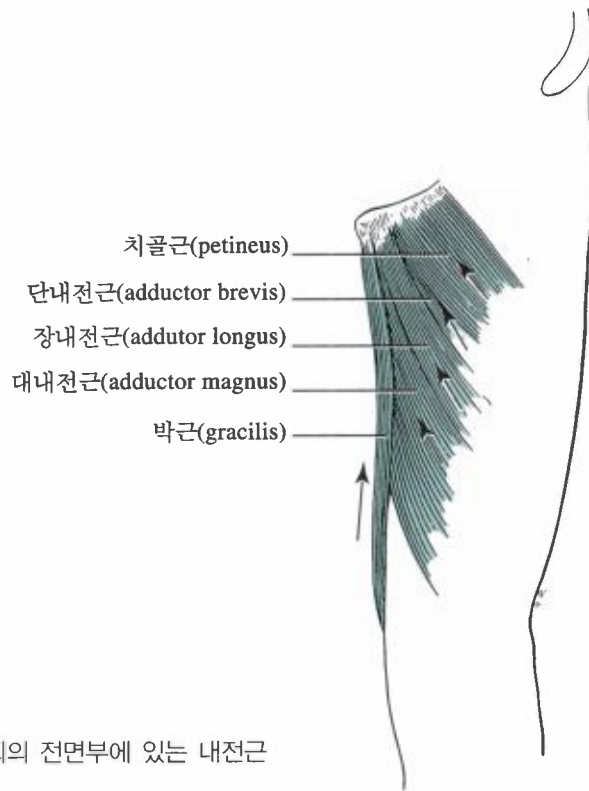


그림 7-14. 대퇴의 전면부에 있는 내전근

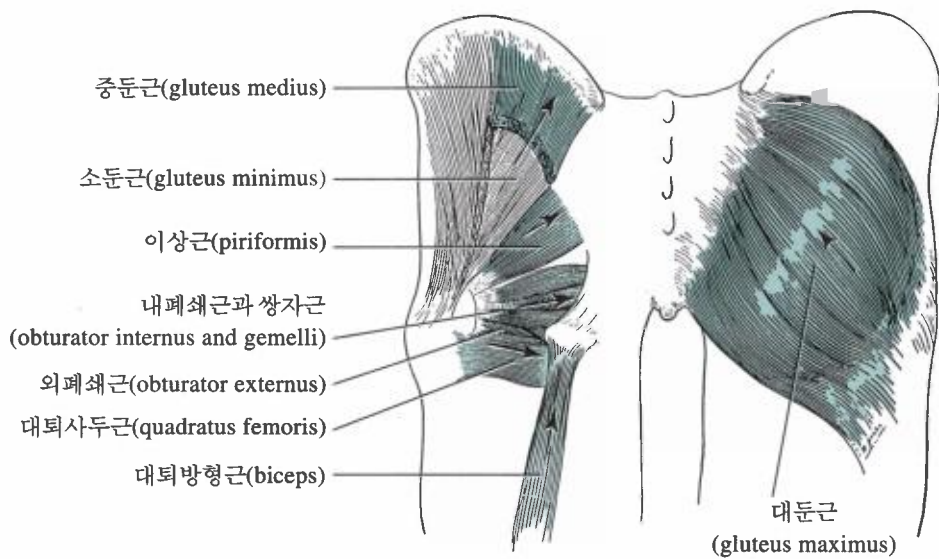


그림 7-15. 대퇴의 뒤에 있는 외측 회전근

중둔근의 후부섬유만이 외측회전에 포함된다. 소둔근은 내측회전근이다.

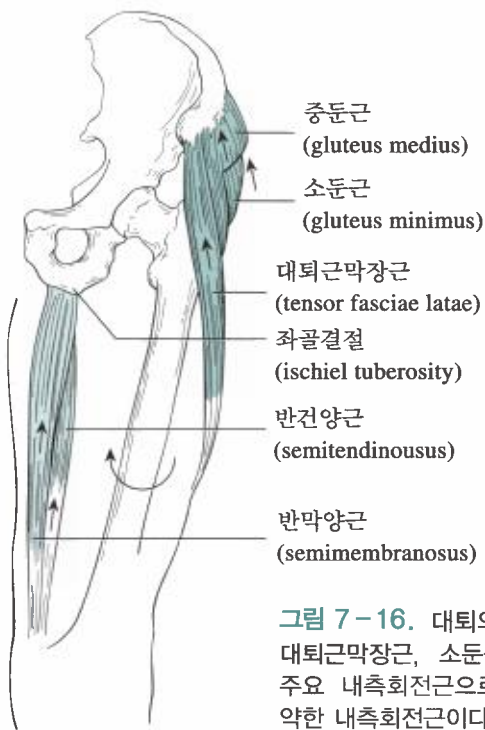


그림 7-16. 대퇴의 내측 회전근

대퇴근막장근, 소둔근 및 중둔근의 전부섬유들은 대퇴의 주요 내측회전근으로 생각된다. 반건양근과 반막양근은 약한 내측회전근이다.

⑤ 대내전근(adductor magnus)

(5) 고관절 외회전근 (그림 7-15)

① 대둔근(gluteus maximus)

② 6개의 외회전근 : 이상근, 대퇴방형근, 상쌍자근, 하쌍자근, 외폐쇄근, 내폐쇄근

(6) 고관절 내회전근 (그림 7-16)

① 소둔근(gluteus minimus)

② 대퇴근막장근(tensor fasciae latae)

7. 고관절의 운동 분석

(1) 고관절근육의 운동방향 (그림 7-17)

① 굴곡내전 방향

② 신전외전 방향

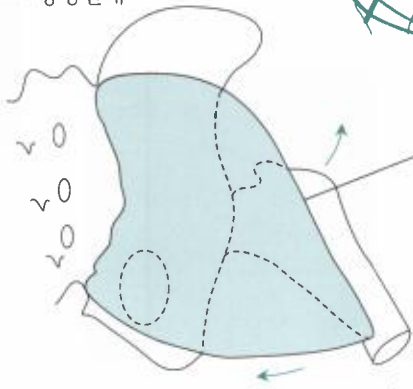


그림 7-17. 고관절근육의 근작용 방향

- ③ 내전 방향
④ 외회전방향

(2) 고관절운동시 근그룹 작용

다음 표 7-1은 고관절운동시 주동근 및 보조근작용을 나타낸 것이다.

(3) 고관절운동의 역학적 분석

① 고관절의 역학적 축 (mechanical axis)

기립 자세에서 대퇴골의 해부학적 축은 대퇴골의 중심축이고, 역학적 축은 중력선과

표 7-1. 고관절 근육의 작용(from Rasch & Burke)

근육	굴곡	신전	외전	내전	내회전	외회전
psoas major	P.M.		Asst.			Asst.
iliacus	P.M.		Asst.			Asst.
sartorius	Asst.		Asst.			Asst.
rectus femoris	P.M.					
pectineus	P.M.			P.M.	Asst.	
tensor fasciae latae	Asst.		Asst.		Asst.	
gluteus maximus		P.M.	Asst.*	Asst.+		P.M.
biceps femoris (long head)		P.M.				Asst.
semitendinosus		P.M.			Asst.	
semimembranosus		P.M.			Asst.	
gluteus medius		Asst. †	P.M.		Asst. †	
gluteus minimus	Asst. †	Asst. †	Asst.		P.M.	
gracilis	Asst.		P.M.	P.M.	Asst.	
adductor longus	Asst.		P.M.	P.M.	Asst.	
adductor brevis	Asst.		P.M.	P.M.	Asst.	
adductor magnus	Asst.*	Asst.+		P.M.		Asst.
6 outward rotators						P.M.

*상섬유(upper fibers), P.M.=주동근

+ 하섬유(lower fibers), Asst.=보조근

† 이 작용은 일정치 않으며 변화적이다.

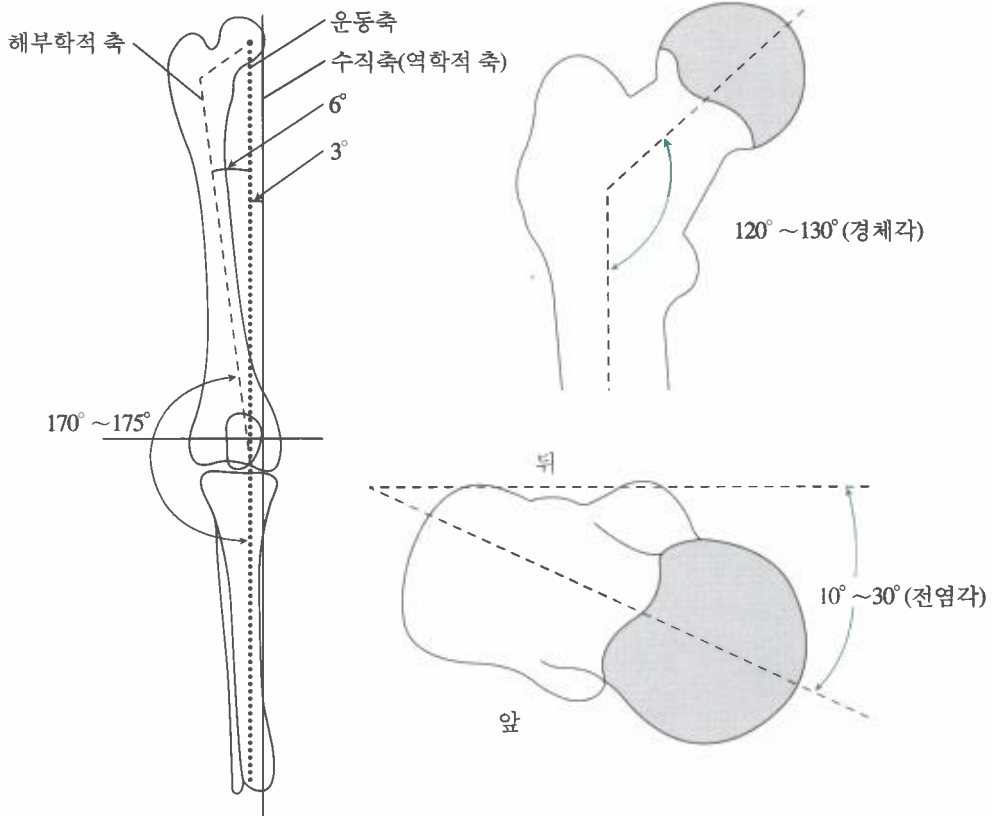


그림 7-18. 고관절의 역학적 축

같이 수직으로 연결되는 선이다. 해부학적 축과 역학적 축이 이루는 각도는 약 9° ~ 10° 정도이다. 또한 대퇴골두와 슬개골 중심을 연결하는 선은 운동축으로, 해부학적 축과는 6°를 이루고 있다(그림 7-18).

대퇴골의 경체각(angle of neck)은 120~130°, 전염각(anteversion)은 10~30°를 이루고 있으며, 경대퇴각(tibiofemoral angle)은 170~175°이다. 특히 경체각이 120~130°보다 큰 경우는 외반고(coxa valga), 작은 경우는 내반고(coxa vara)라고 한다.

② 단일 근육의 이중작용

- **대둔근(gluteus maximus)** : 대둔근은 고관절 신전근으로 주로 작용하나, 상부(upper portion)는 외전근(abductor)으로 작용하고, 하부(lower portion)는 내전근(adductor)으로 작용한다.
- **중둔근(gluteus medius)** : 중둔근은 고관절 외전근으로 주로 작용하나, 고관절 신전

이나 내회전에 작용하기도 한다.

- 장내전근(adductor longus)과 단내전근(adductor brevis) : 장내전근은 고관절 내전근으로 작용하나, 고관절의 굴곡을 $0 \sim 70^\circ$ 까지 작용하고, 고관절 신전자세에서 외회전에 약하게 작용한다.

단내전근도 고관절 내전근으로 주로 작용하나, 고관절굴곡을 $0 \sim 50^\circ$ 까지 작용하고, 고관절의 외회전에도 작용한다.

③ 고관절굴곡근 및 신전근 분석

고관절굴곡을 선 자세와 앉은 자세에서 시행할 때 고관절굴곡근을 분석하면 다음과 같다.

- 선 자세 : 장요골근(iliopsoas), 대퇴직근(rectus femoris), 봉공근(sartorius) 대퇴근막장근(tensor fascia latae)
- 앉은 자세 : 장요골근(iliopsoas)

고관절신전은 슬관절의 굴곡 상태에 따라 주로 작용하는 근육이 다르다. 즉 슬관절 신전상태에 따라 주로 작용하는 근육이 다르다. 즉 슬관절 신전 상태에서 고관절 신전을 수행할 때는 대둔근(gluteus maximus), 대퇴이두근(biceps femoris, long head), 반건양근(semi-tendinosus), 반막양근(semimembranosus)과 대내전근(adductor magnus)의 다섯 개의 중요한 근육이 작용하지만 슬관절굴곡 상태에서는 대둔근이 주로 작용한다.

(4) 두 관절 근육과 길이-장력관계

① 길이-장력관계

두 관절근육의 효율은 근육의 길이-장력관계의 원리에 따라 두 관절의 자세에 의해 실질적으로 영향을 받는다. 그러므로 대퇴직근은 고관절과 동시에 슬관절을 굴곡할 때 고관절 굴곡근으로 보다 큰 힘을 낼 수 있다. 이것은 근육이 적절한 길이를 유지할 수 있기 때문이다. 같은 이유로 대퇴직근은 고관절을 신전하면서 슬관절을 신전하는 것이 신전근으로 효율적이다. 슬건근은 슬관절신전과 동시에 고관절신전, 고관절굴곡과 동시에 슬관절을 굴곡하는 것이 보다 효율적이다.

8. 임상운동 분석

(1) 고관절통

관절의 네 가지 구조에 병변이 있을 경우 통증을 일으키게 되며, 그 구조로는 섬유성 관절낭과 인대, 주위 근육, 골막 및 활액낭 등이다.

고관절통이 있는 경우, 고관절 범위의 제한이 나타난다. 가장 흔히 발생하는 고관절통은 퇴행성 관절염(골관절염)으로 인한 통증이며 관절연골의 파괴, 연골하 경화증(subchondral sclerosis)과 함께 골증식체(osteophyte) 형성 등 병리적 변화에 의한 것이다.

관절연골은 혈관분포가 없으며 그 영양공급은 관절 내의 활액으로부터 흡수(imbibition)와 확산(diffuse)에 의하여 이루어진다. 연골은 감각신경분포도 되어있지 않고 관절낭이나 인대 등에만 분포되어 있다. 그러므로 관절낭이 관절통을 일으키는 구조가 되며 관절낭이 긴장되어 통증이 나타난다. 그러나 고관절굴곡, 외전 및 외회전시에는 관절낭이 이완되기 때문에 통증이 경감되는 경우도 있다.

관절낭과 장골대퇴인대(iliofemoral ligament)와 좌골대퇴인대(ischiofemoral ligament)는 고관절 신전, 내전 및 내회전시에는 긴장된다. 그러므로 고관절통은 고관절 위치에 따라 통증의 정도가 다르게 나타나는 것이다.

고관절통은 고관절 내 병변이 있을 경우 외에도 허리, 복부, 말초신경, 복막 뒤 부위 등에 의해서도 관련통으로 나타나기도 한다. 고관절 내 병변에 의한 고관절통은 대부분 관절가동범위(ROM)의 제한을 받게 된다.

관절 내 질병이 있는 것을 알기 위해서는 fabere test(일명 Patrick's test)를 실시한다. fabere test는 다음 약자를 이용하여 표기한 것으로 flexion의 "f" abduction의 "ab", external rotation의 "er" 그리고 extension의 "e"을 모아 "fabere"로 표기된 것이다.

환자가 둔마, 저린 증상, 예이는 듯한 통증이나 좌골신경통과 같은 통증이 있는 경우는 추간판핵 질병보다는 근막성 질환(myofascial origin)으로 발생하는 증상이라 할 수 있다. 환자의 신체검진에는 하지의 길이, 근력검사, 관절가동범위검사, 감각검사 등이 필요하다. 그 외 중둔근이나 소둔근의 안정성을 검사하는 트렌델렌버그 검사(Trendelenburg test), 천장골관절(sacroiliac joint)이 염증을 검사하는 에릭센 징후(Erichsen's sign : 장골부위를 압박하여 통증을 느낄 경우 양성), 그리고 장경골인대(iliotibial band)의 구축을 검사하는 오버검사(Ober's test) 등을 실시한다.

8

슬관절 (Knee joint)

◆ 학습 목표 ◆

-
1. 슬개대퇴관절의 기능을 설명할 수 있다.
 2. 슬관절의 인대기능을 설명할 수 있다.
 3. 슬관절의 근육기능을 설명할 수 있다.
 4. 슬관절에서의 변형을 설명할 수 있다.
 5. 무릎에서 Q각의 임상적 의의를 설명할 수 있다.
 6. 슬관절의 축회전, 축이동, 마지막 회전을 설명할 수 있다.
 7. 슬관절의 굴곡근과 신전근의 토크를 설명할 수 있다.

1. 슬관절의 개요

슬관절은 3개의 뼈(femur, tibia, patella)와 3개의 관절(med. tibiofemoral, lat. tibiofemoral, patellofemoral joint)로 구성되는 2자유도의 복합관절이며 변형된 접변관절(modified hinge joint)로 분류하며, 한 관절낭 내에서 3개의 관절이 포함되어 있다.

슬관절은 큰 힘을 견디고, 안정성 제공, 넓은 운동범위를 유지하는 기능을 갖고 있다. 운동성(mobility)은 뼈의 구조 때문이고 안정성(stability)은 연부조직, 즉 인대·근육·연골 등에 의해 제공된다.

2. 슬관절의 구조

슬관절은 대퇴골과 경골의 내측 및 외측과(medial and lateral condyle) 사이에 이루어지는 과상관절(condyloid joint)이다. 또한 슬개골(patella)은 대퇴골 슬개면과 관절을 이룬다(그림 8-1).

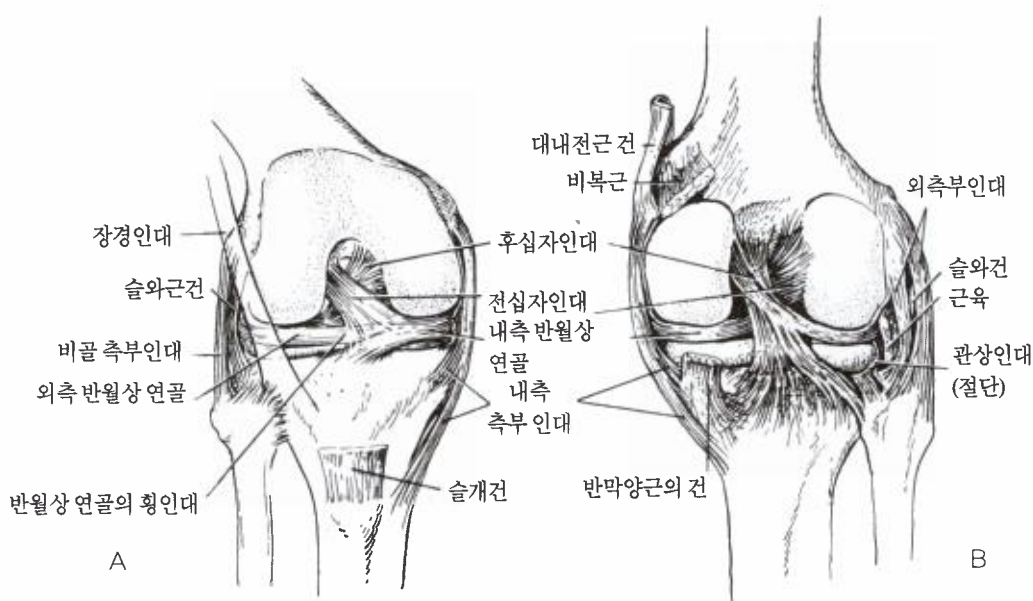


그림 8-1. 무릎의 해부학적인 그림 A. 전면 관찰. 무릎을 굴곡하고 슬개골이 위쪽으로 보이면서 슬개건을 절개했다. 십자인대는 전방경골극 앞에 나타내었다. 또한 내측 반월상 연골은 내측부인대와 단단히 붙어 있다. B. 무릎을 신전한 후면에서 보았다. 후방인대는 제거했다. 두 층의 내측부인대는 외측부인대의 경골 부분과 같이 보여 주고 있다. 후십자인대는 경골 뒤에 숨어 있어 위 표면에서는 볼 수가 없다. 전십자인대가 대퇴결흔 뒤쪽에 부착되어 있는 것을 볼 수가 있다.

슬관절의 관절강 밖에는 내-외측부인대, 슬개인대 및 사슬와인대가 있고, 안에는 전·후십자인대 및 내-외반월판이 있어 대퇴골과 경골 사이를 연결하고 있다.

(1) 측부인대 (Collateral ligament)

내측, 외측부인대(tibial and fibular collateral ligament) : 강한 내측(tibial)과 외측(fibular) 측부인대는 관상면에서 슬관절의 수동운동을 방지한다. 내측부인대는 대퇴골에 대해 경골의 외전(외반슬 : genu valgum 혹은 knock knee)을 방지하고 외측부인대는 경골의 내전(내반슬 : genu varum 혹은 bow leg)을 방지한다. 이차적으로 측부인대는 슬관절신전에서 회전뿐만 아니라 경골의 전후 전위를 제어한다. 측부인대는 대퇴와 위의 굴곡·신전축의 후상방에 붙어 있기 때문에 슬관절신전에서는 팽팽하고 굴곡에서는 느슨해진다. 이렇게 측부인대는 신전된 슬관절에 안정성을 제공하고 굴곡된 슬관절에서는 축회전을 가능하게 한다. 축회전은 슬관절굴곡에서 관절면의 일치성이 감소하므로 더욱 촉진된다. 대퇴와의 후면은 만곡이 더욱 볼록하고 이 지점에서 과간와는 더욱 넓다. 그리하여 슬관절굴곡에서 반월판이나 경골 과간용기와 접촉하는 관절면이 감소되어 과회전이 훨씬 자유로워진다.

(2) 십자인대 (Cruciate ligament)

전·후십자인대(anterior and posterior ligament) : 전·후십자인대는 슬관절의 굴곡과 신전운동에서 관절의 안정성을 제공하고 조절작용을 한다. 이 인대는 대퇴 과간와 내의 관절 중심에 놓여 있다. 이들을 정면이나 측면에서 보면 십자 형태를 하고 있어 십자인대라 칭한다. 비록 관절낭과 밀접하게 관련되지만 관절낭 내 구조가 아닌 관절낭 외 구조이다. 십자인대는 약 4cm의 길이로 슬관절의 굴곡, 신전운동을 통해서 비교적 일정한 길이를 유지한다. 하지만 인대의 모든 부분이 동시에 팽팽한 것은 아니다. 이러한 방법으로 이 인대는 과의 활주운동이 일어나는 것을 도와준다.

전십자인대(ACL)는 경골 과간와의 전방에 부착되고 외측 상방으로 주행하여 대퇴 외측과의 내측에 부착한다. 이 인대의 절단은 대퇴에 대해 경골의 전방탈구(anterior drawer sign)를 일으킨다. 전십자인대의 이차적인 기능은 일반적으로 내·외회전을 제한하는 것으로 생각한다. 전반슬(genu recurvatum)의 원인이 전십자인대의 파열이나 대퇴사두근, 슬건근의 약증 또는 발의 저축굴근의 경축(spasticity)으로 나타날 수 있다.

후십자인대(PCL)는 경골 과간와의 후방에 부착되고 내측으로 주행하여 대퇴 내측과의 내측부에 부착한다. 후십자인대의 손상은 대퇴에 대해 경골의 후방전위(posterior drawer sign)를 일으킨다. 반면에 달리기에서 발이 지면에 닿아 있을 때와 같은 폐쇄성

운동연쇄에서 후십자인대는 경골에 대해 대퇴의 전방전위(탈구)를 방지하는 것을 도와 준다.

(3) 관절낭 (Joint capsule)

관절낭은 관절 주위에 소매를 형성하여 위로는 대퇴골의 바로 위, 아래로는 경골과에 부착한다. 전면에는 슬개골이 빠진 자리가 있고 후면에는 중앙이 함몰되어 있어 관절공간을 거의 둘로 구분한다. 지대와 인대는 관절낭을 강화하고 관절낭의 통합 부분이 된다. 슬와근(popliteus)의 근위건은 낭을 관통하여 외측 대퇴과에 부착한다. 반막양근(semimendinosus)은 사슬와인대의 한 부분을 형성하고 대부분은 뼈에 붙지만 일부섬유는 내측부인대로 향한다. 이들은 반월판, 인대, 지대, 뼈, 근육, 관절낭 사이를 복잡하게, 수동적 · 능동적으로 연결한다.

(4) 반월판 (Meniscus)

경골의 관절면 위에는 관절원판의 일종인 섬유연골의 내측 및 외측 반월판(menisci)이 있다. 내측반월(medial meniscus)은 C자 모양에 가까운 반달 모양으로 경골 내측과의 윗면을 덮고 내측부인대와 결합하고, 양 끝은 과간융기(intercondylar eminence)에 단단히 붙어 있다. 외측반월(lateral meniscus)은 보다 작으며 0자 모양에 가까운 둥근 모양이며 경골 외측과의 윗면을 덮고 외측부인대와는 결합하지 않고, 과간융기에 부착되어 있다. 반월판이 경골에 부착하는 유일한 방법은 전 · 후 과간와에 그들의 각(horn)과, 관상인대(coronary ligament)를 통하여 부착한다. 이 인대는 관절낭의 한 부분이고 반월판의 주변부와 경골의 가장자리를 연결한다. 이 반월판은 경골의 관절면에 부착하지 않고 유동적이다. 그들은 여러 가지 다른 방법으로 부착된다.

- 횡인대는 두 반월판의 전각을 연결한다.
- 섬유성 밴드(반월슬개 섬유 : meniscopatellar)는 슬개건의 두 반월의 각을 슬개건의 지대에 연결한다.
- 내측부인대는 내측반월판에 부착한다.
- 반막양근의 건은 내측반월판의 후연으로 섬유를 보낸다.
- 슬와근은 외측반월판의 후연으로 섬유를 보낸다.
- 반월대퇴 인대는 외측 반월판에서(후방으로) 후십자인대 근처 내측과의 내측으로 퍼져 있다.

반월판은 경골 위에서 수동적 · 능동적 힘에 의해 조절되고 이동된다. 무릎이 신전되

면 반월판은 대퇴에 의해 수동적으로 전방으로 밀리고 경골과 위의 대퇴과와의 접촉부는 보다 전방으로 이동된다. 반대로 무릎굴곡시 반월판은 후방으로 이동된다. Kapandji에 의하면 내측 반월판은 총 6mm, 외측 반월판은 총 12mm의 이동이 있다. 첨가하여 반월판은 축회전 동안 대퇴과의 운동방향에 따라 변형되거나 전위된다. 반월판의 가장 자리는 반월판에 붙어 있는 인대나 근육에 의해 움직인다. 예를 들어 전방으로의 운동은 신전기전에 속하는 반월슬개섬유에 의해 일어나고 후방으로의 운동은 반월판에 부착하는 슬관절굴곡근(반막양근, 슬와근)의 일부섬유에 의해 일어난다. 갑작스런 강력한 운동이나 비틀림에서 반월판이 대퇴과와 함께 움직이지 않으면 반월판은 과에 의해 으스러지거나 찢어지게 된다.

반월판은 경대퇴관절의 일치성을 증가시키고, 압력을 분산시킨다(40~60% 체중부하). 반월판을 외과적으로 제거한 경우 관절의 표면적은 감소되고 대퇴과의 경골과 사이의 압력은 증가되며 후에 골관절염을 유발할 수 있다.

3. 슬관절의 운동

슬관절을 경대퇴관절(tibiofemoral joint)이라고도 하는데 굴곡-신전(flexion-extension)과 축회전인 내-외회전(internal-external rotation)의 2자유도 운동이 있다. 경대퇴각은 femur와 tibia가 이루는 각으로 약 170° ($6\sim9^{\circ}$)이고, Q각은 대퇴사두근과 슬개건이 슬개골 중심에서 이루는 각으로 15° ($13\sim18^{\circ}$)를 넘지 않는다. Q각이 20° 보다 크면 슬개대퇴관절의 궤도(tracking)의 문제나 슬개골 연골연화증(chondromalacia patella) 등의 이상을 초래할 수 있다(그림 8-2).

ASIS-슬개골 선
경골조면 ~ 슬개골 center

대퇴과의 종방향으로의 관절면의 길이는 대략 경골과 관절면의 길이의 2배 정도이다. 따라서 슬관절의 굴곡, 신전운동은 순수한 구르기나 경첩운동이 아니고 운동범위에서 다양한 비율로 구르기와 활주운동이 일어난다. 구르기(rolling)는 굴곡 초기에 많이 일어나고 활주(gliding)는 굴곡 마지막에서 많이 일어난다(Kapandji, 1987). 또한 외측 대퇴과의 관절면 길이가 내측과보다 길기 때문에 두 과(condyles)의 면의 운동은 또한 다르다.

(1) 굴곡-신전축 (Axes for flexion and extension)

운동축은 대퇴과를 횡으로 지나며 관절선의 수 cm 위쪽에 위치한다. 굴곡은 $0\sim120^{\circ}$ (150°) 정도이며 신전은 120° (150°) $\sim 0^{\circ}$ 로 표시한다. 과신전은 정상적으로 15° 를 초과하지 않는다. 대부분의 관절에서 관절운동시에 축의 이동이 일어나지만 그 크기는 일반적으로 적다. 그러나 슬관절에서는 상당한 축의 이동(약 2cm)이 있다(그림 8-3).

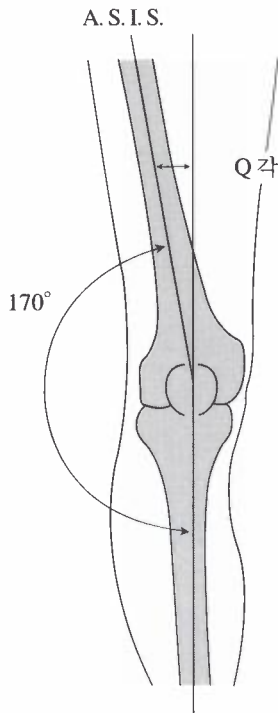


그림 8-2. 경골체와 대퇴골체의 배열

경골과 대퇴장축이 이루는 각은 약 170° 이다. Q 각은 경골조면에서 슬개골 중심을 연결한 선과 슬개골 중심에서 ASIS를 연결하는 선에 의해 형성되는 것이다.

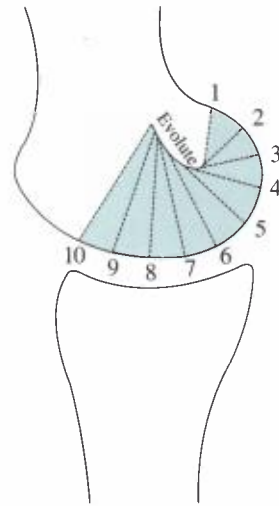


그림 8-3. 대퇴과의 곡률반경 변화

굴곡-신전의 운동축은 축폐선(evolute)을 따라 움직인다. 1번은 굴곡시 곡률반경을, 10번은 신전시 곡률경을 나타낸 것이다.

임상적으로 슬관절의 굴곡-신전의 축은 대퇴 내, 외측과의 중심을 통과하는 선과 유사하다.

(2) 축 회전 (Axial rotation)

축회전은 슬관절을 굴곡한 상태에 있을 때 횡단면에서 하퇴(low leg)의 회전이 일어날 수 있으며, 완전 외회전에서 완전 내회전까지의 운동범위는 약 40° 정도이다 (Hollinshead: $60 \sim 90^\circ$). 슬관절 90° 에서 축회전이 가장 크게 일어나고 외회전이 내회전의 약 2배이다.

슬관절 완전 신전자세에서 내·외측부인대는 팽팽해지고 실질적으로 관절의 안정성에 관여한다. 이들 인대는 슬관절굴곡 상태에서 느슨해지고 이것은 슬관절굴곡에서 상당한 양의 회전이 일어날 수 있는 하나의 이유이다. 슬관절굴곡 상태에서 내측부인대보다 외측부인대가 더 느슨하여 대퇴와 경골과의 사이에서의 움직임은 내측보다 외측에

서 더 크다. 회전은 경골 과간융기의 가장자리 외측에 위치한 종축에 대해서 일어나기 때문에 대략적으로 외측과는 내측과 주위를 회전한다고 할 수 있다.

개방성 운동연쇄(open-chain motion)는 대퇴에 대한 경골의 회전으로 앉은 자세에서 수의적으로 수행될 수 있고 발의 자세나 위치를 조절하는데 유용하다. 폐쇄성 운동연쇄(closed-chain motion)는 무릎으로 선 자세, 앉은 자세, 쪼그린 자세에서 몸을 돌리거나 달리기에서 갑작스럽게 방향을 전환하는 것과 같이 대퇴골이 고정된 경골에 대하여 회전하는 것을 말한다.

슬관절의 정상적인 내·외회전의 수동적 느낌은 팽팽함이다. 운동은 관절낭(capsule)과 측부인대(collateral lig.), 십자인대(cruciate lig.), 사슬와인대(oblique popliteal lig.)는 물론 지대(retinacular), 장경인대(iliotibial band)를 포함한 인대구조에 의해 제한된다.

(3) 슬관절의 마지막 회전(Terminal rotation of the knee)

(경골의 마지막 external rotation)

정상적으로 슬관절을 신전할 때 고정된 대퇴골에 대한 경골의 20° 정도 외회전이 있다. 이 운동은 슬관절신전의 마지막 20°에서 관찰되며 슬관절의 마지막 회전(terminal rotation) 혹은 다사 회전운동(screw home mechanism), 잠김기전(locking mechanism)이라고도 한다. 이것은 과의 외형, 근육의 토크, 인대의 작용 등으로 인해 발생하는 것으로 능동적, 수동적 슬관절신전에서 일어나는 전적으로 역학적 결과이며 수의적으로 방지할 수 없다. 의자에서 일어나는 동작과 같은 폐쇄성 운동에서 마지막 회전은 고정된 경골에 대한 대퇴골의 내회전이 일어난다. 마지막 회전의 양은 얼마되지 않지만 그것은 회전축과 같이 정상적인 슬관절의 기능을 위하여 필연적이다. 슬관절의 재활을 위하여 위의 2가지 운동 모두가 평가되어야 하고 회복되어야 한다.

(4) 종속운동(Accessory movement)

슬관절의 잠금자세(closed-packed position)는 완전신전 자세이며 마지막 회전은 인대와 관절낭을 팽팽하게 하여 관절의 강한 안정성을 제공한다. 이 자세에서는 정상적으로 종속운동이 일어나지 않는다. 그러나 슬관절이 25° 혹은 그 이상 굴곡되고 대퇴가 고정되면 경골은 대퇴에 대해 외전, 내전은 물론 수 밀리미터의 이간과 1~3mm 정도 전·후, 내·외측으로 활주운동이 일어난다. 과도한 활주운동이 일어나는 것은 연부조직, 즉 인대, 반월판 혹은 관절낭이 늘어나 있을 가능성을 의미하는 것이다.

(5) 슬개대퇴관절(Patellofemoral joint)

슬개골(patella)은 관절강 내에 있는 인체에서 가장 큰 종자골이며 대퇴과의 전면 원위

부의 안장 형태의 면과 관절한다(활차면 : trochlear surface). 슬개골의 관절면은 내·외측 관절면을 둘로 나누는 수직 융기부가 있다. 그것은 상당히 다양하며 뼈의 모양이 항상 관절연골면을 반영하지는 않는다.

슬개골(patella)의 기능은 슬관절의 근육이 작용할 때 지레대(leverage)의 역할을 하여 운동의 효율을 높인다. 또한 슬개골은 대퇴사두근의 수축에 의해 움직이므로 등척성 수축(isometric contraction)을 일으키는 데 중요한 역할을 한다.

- a. 운동축으로부터 작용선까지의 거리(힘팔 길이)를 증가시킴으로써 대퇴사두근의 토크(슬관절굴곡 50~60°에서 최대)와 지레증가(슬관절굴곡 45°에서 최대)
- b. 슬관절굴곡시 대퇴과의 원위관절면을 보호
- c. 대퇴 위의 압박의 감소와 힘의 분산
- d. 무릎을 깊게 구부린 상태에서처럼 굴곡에 저항하는 사두근건 위에 가해지는 압박력의 감소(건은 장력에는 잘 견디지만 마찰력이나 압박에는 잘 견디지 못한다)

신전근이나 사두근 기전은 모든 방향에서 슬개골을 안정시키고 대퇴와 슬개골 사이의 운동을 유도한다. 원위부쪽으로 슬개골은 경골조면에 부착된 강력한 슬개인대에 의해 고정되고, 장경인대와 외측광근에 의해 안정된다. 슬관절이 굴곡될 때 이러한 구조들은 후방으로 이동되고 슬개골을 외측으로 경사시키는 힘을 발생한다. 정상적으로 그런 움직임은 내측 안정구조들, 즉 슬개대퇴인대, 내측 반월슬개인대, 내측광근의 사근(VMO)에 의해 발생한 균형력으로 정적(막 : fascia), 동적(근육) 힘에 의해 영향을 받는다.

슬개골은 슬관절굴곡 동안 활차면 위를 활주하여 슬개골의 접촉면이 또한 달라진다. 운동의 초기에 접촉면은 슬개골 원위 1/3 부분이다. 굴곡이 90° 정도 되었을 때 관절면은 슬개골의 근위 1/2을 차지하는 기저부쪽으로 이동된다(Huberti, Hayes, 1984). 120° 굴곡에서 두 면은 접촉되고 압력을 받게 된다. 슬개골은 계단을 오를 때 체중의 2.5배, 내릴 때 3.5배, 쪼그려 앉을 때 7배의 부하를 받게 된다.

4. 슬관절의 근육

(1) 대퇴신근(그림 8-4, 5)

① 대퇴사두근(quadriceps muscle)

- 기시(origin)

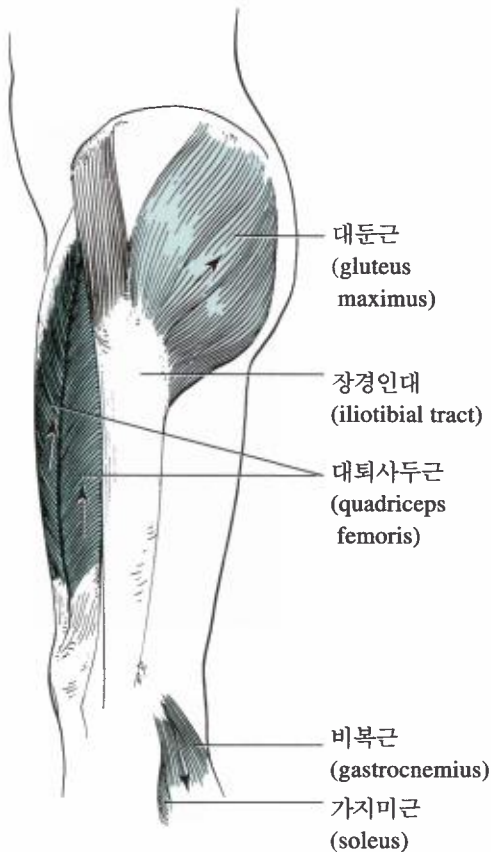


그림 8-4. 하퇴의 신전근

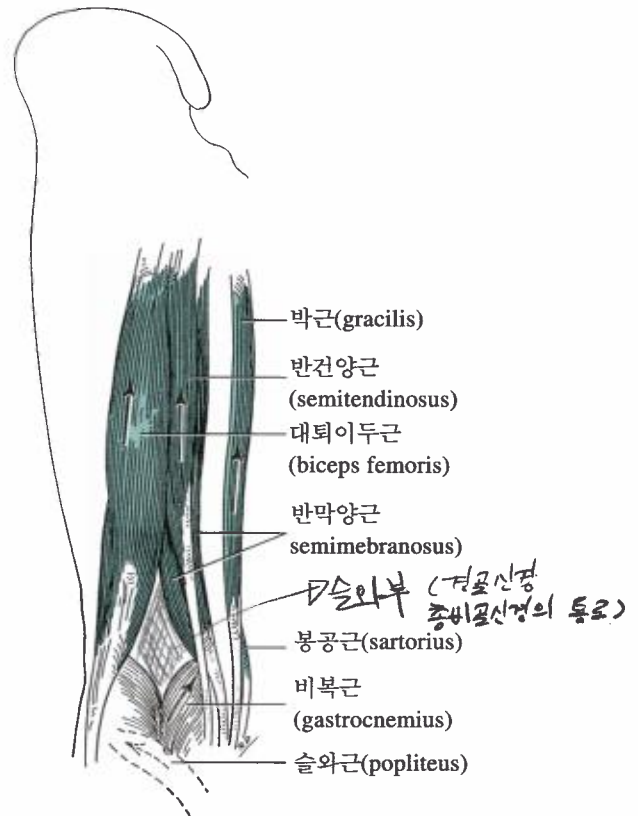


그림 8-5. 하퇴의 굴근

- 대퇴직근(rectus femoris) : 하전장골극(inferior anterior iliac spine)
- 외측광근(vastus lateralis) : 대전자(greater trochanter)의 기부 대퇴골 조선(linea aspera)의 외측
- 중간광근(vastus intermedius) : 대퇴골 전면, 대퇴직근 아래에 위치
- 내측광근(vastus medialis) : 대퇴골의 전자간 선(intertrochanteric line), 대퇴골 조선(linea aspera)의 내측
- 정지(insertion) : 대퇴사두근의 공동건(共同腱)으로 슬개골 전면을 지나 슬개인대(patellar ligament)가 되어 경골조면(tuberosity of tibia)에 붙는다.
- 신경지배 : 대퇴신경(femoral nerve), L2-L4
- 작용 : 슬관절신전. 대퇴사두근 마비시에는 앉은 자세에서 신전할 수 없고, 누운 자세에서 SLR 할 수 없으며, 보행의 입각기에서 무릎이 갑자기 구부러지게 된다.

(2) 대퇴굴근

이는 대퇴의 뒤쪽에 있는 근군으로 일명 슬건근 또는 슬괵근(hamstring muscle)이라고도 한다. 대퇴이두근(biceps femoris), 반건양근(semiendinosus), 반막양근(semimembranosus)으로 구성되는데, 대퇴이두근의 단두(short head)만 제외하고 모두 두 관절근육(two joint muscle)이다.

① 대퇴이두근 (biceps femoris)

- 기시(origin)
 - 단두-대퇴골 조선(linea aspera)의 외측
 - 장두-좌골결절(ischial tuberosity)
- 정지(insertion) : 비골두(fibular head), 경골후면 · 하퇴근막
- 지배신경
 - 단두 : 비골신경(peroneal nerve), L5-S1
 - 장두 : 경골신경(tibial nerve), L5-S2
- 작용 : 슬관절굴곡, 고관절신전, 하퇴(슬관절)의 외회전, 대퇴이두근을 외측 슬괵근(outer hamstring)이라 한다.

② 반건양근 (semitendinosus)

- 기시(origin) : 좌골결절(ischial tuberosity)
- 정지(insertion) : 경골조면(tuberosity of tibia)
- 지배신경 : 경골신경(tibial nerve), L5-S1
- 작용 : 슬관절굴곡, 고관절신전, 하퇴(슬관절)의 내회전. 반건양근은 반막양근과 함께 내측 슬괵근(inner hamstring)이라 한다.

③ 반막양근 (semimembranosus)

- 기시(origin) : 좌골결절(ischial tuberosity)
- 정지(insertion) : 경골조면(tuberosity of tibia)
- 지배신경 : 경골신경(tibia nerve), L5-S2
- 작용 : 슬관절굴곡, 고관절신전, 하퇴(슬관절)의 내회전. 반건양근의 내측을 따라 하행하며 같은 작용을 한다. 반막양근은 반건양근과 함께 한다.

④ 슬와근 (popliteus)

슬관절 후방의 가장 심부에 위치한 근육으로 관절낭 가까이에 놓여 있다.

- 기시(origin) : 대퇴외측과에서 강한 건으로 시작하고 근섬유는 하내측으로 주행한다.
- 정지(insertion) : 삼각형 모양의 근육으로 경골체 후면 근위부에 부착
- 지배신경 : 경골신경(tibial nerve), L4-S1
- 작용 : 슬관절굴곡, 내회전

5. 주동근 분석

(1) 슬관절굴곡근

- 슬건근(hamstring muscle)
 - 대퇴이두근(biceps femoris)
 - 반건양근(semiendinosus)
 - 반막양근(semimembranosus)

(2) 슬관절신전근

- 대퇴사두근(quadriceps muscle)
 - 대퇴직근(rectus femoris)
 - 외측광근(vastus lateralis)
 - 내측광근(vastus medialis)
 - 중간광근(vastus intermedius)

(3) 하퇴의 외회전근(그림 8-6)

- 대퇴이두근(biceps femoris)

(4) 하퇴의 내회전근(그림 8-7)

- 반건양근(semiendinosus)
- 반막양근(semimembranosus)
- 슬와근(popliteus)

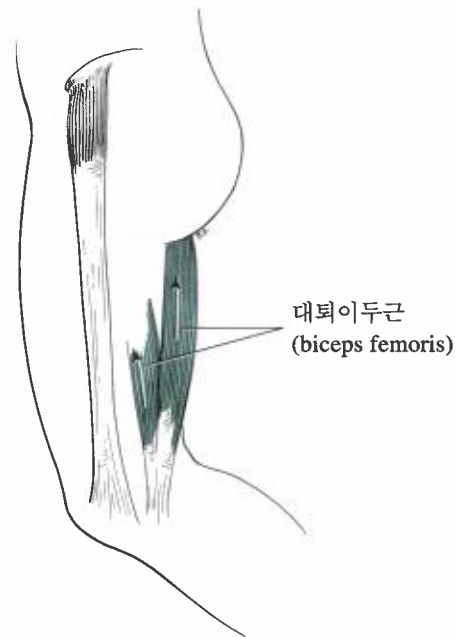


그림 8-6. 하퇴의 외측회전근

대퇴이두근은 하퇴의 유일한 외측 회전근이다. 장경인 대가 슬관절을 안정시키지만 분명히 운동에는 기여하지 못한다.

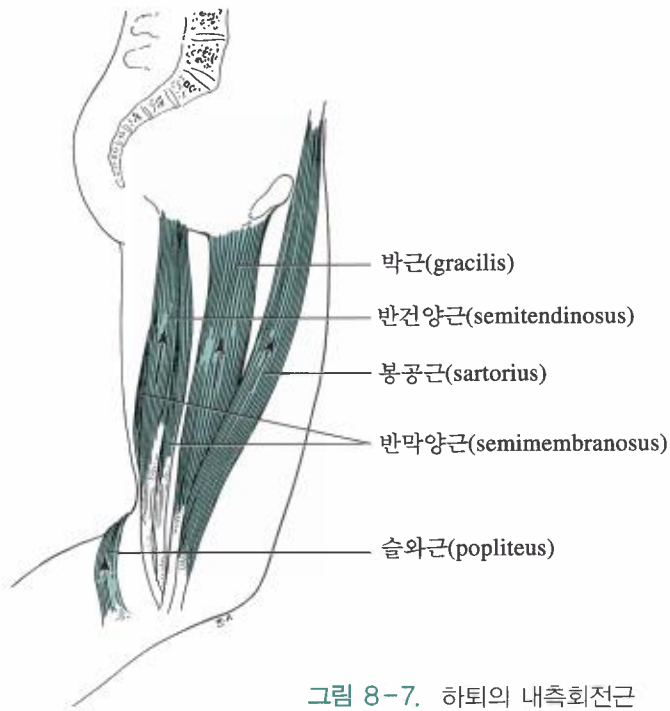


그림 8-7. 하퇴의 내측회전근

6. 슬관절운동 분석

(1) 슬관절운동시 근그룹 작용

다음 표 8-2는 슬관절운동시 주동근 및 보조근작용을 나타낸 것이다.

(2) 슬관절의 역학적 구조

슬관절은 접변관절(hinge joint) 형태로 굴곡과 신전운동이 일어나나, 완전한 접변관절이 아니다. 슬관절은 한 개의 고정된 운동축을 가지고 있지 않아 굴곡 및 신전운동이 일어나면서도 gliding과 rocking의 혼합운동이 일어나고, 또한 수평회전(transverse rotation)이 일어난다. 그러므로 슬관절은 운동의 제 2자유도를 가진 관절이 된다. 그림 8-8에서 X-X' 축을 중심으로 굴곡과 신전이, Y-Y' 축을 중심으로 회전이 일어나고, Z-Z' 축은 운동이 일어나지 않는다.

대퇴골 하단을 보면 내측과와 외측과(medial and lateral epicondyle)는 서로 다른 형태를 하고 있다. 내측과에 비해 외측과가 크며 양측과의 중심선을 이으며 전방에서 교차

표 8-2. 슬관절 근육의 작용(From Rasch & Burke)

근육	굴곡	신전	내외전	외회전
Semitendinosus	P.M.		P.M.	
Semimembranosus	P.M.		P.M.	
Biceps femoris	P.M.			P.M.
Rectus femoris		P.M.		
Vastus lateralis		P.M.		
Vastus intermedius		P.M.		
Vastus medialis		P.M.		
Sartorius		Asst.	Asst.	
Gracilis	Asst.		Asst.	
Popliteus		P.M.		
Gastrocnemius	Asst.			
Plantaris		Asst.		

P.M. = 주동근 Asst. = 보조근

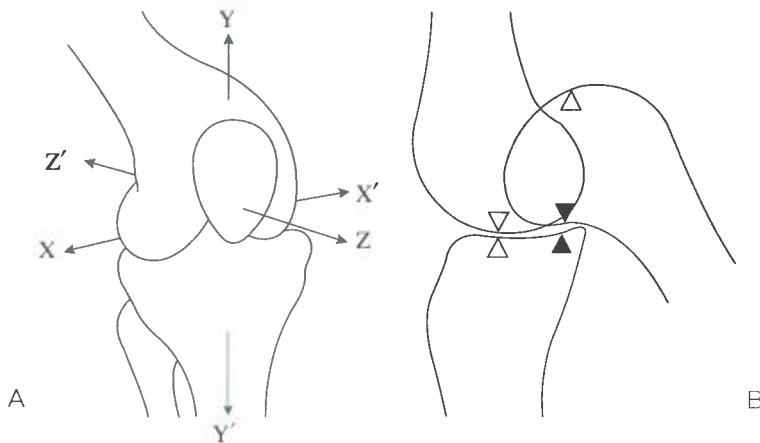


그림 8-8. 슬관절의 운동축(A)과 슬관절의 구르기 및 활주운동(B)

된다(그림 8-9A).

대퇴골 관절면은 전후부에서 보면 곡률반경(curved line, evolute)이 그림 8-9B와 같이 순수한 원 모양으로 나타나지 않는다.

슬관절을 신전해서 완전 신전자세로 되기 직전과 완전 신전자세에서 굴곡을 시작하는 최초의 시기는 대퇴골과 경골 사이에 근소한 회전운동이 일어난다. 이러한 운동을 무릎의 나사홈운동(screw home movement), 잠김기전(locking mechanism)이라 한다. 이 기전이 나타나는 것은 대퇴골의 내·외측과가 평행하지 않는 것과 크기가 다르다는 점

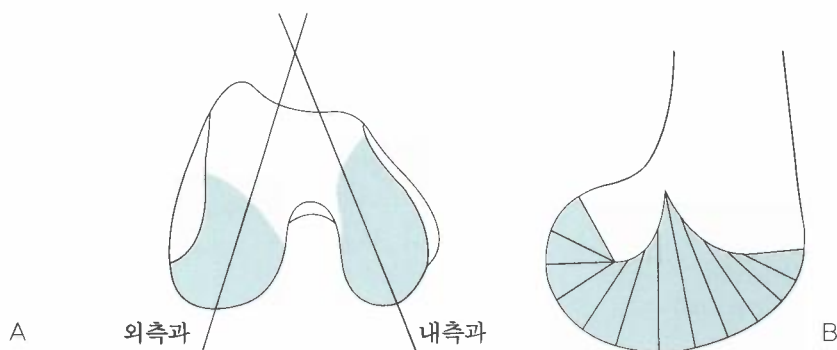


그림 8-9. 슬관절의 역학적 구조 A. 대퇴골하단, 슬관절면과 중심축 B. 대퇴골 내측과 관절면의 곡률반경

으로 운동이 마치는 동작에서 전방으로 굴리는 운동(rolling)이 일어나고 이외에 경골 상면의 만곡 차이, 내외측부인대의 작용의 차이 등도 최종 회전운동에 영향을 미치게 되어 나타나며, 잠김기전(locking mechanism)의 발생요소라 할 수 있다.

(3) 두 관절근육의 운동 분석

① 슬괵근 (hamstring muscle)

슬괵근 또는 슬건근(hamstring muscle)은 주로 슬관절굴곡으로 작용하지만 고관절신전에도 비교적 강하게 작용한다.

② 대퇴직근 (rectus femoris)

대퇴직근은 슬관절신전근으로서와 고관절굴곡근으로 작용한다.

③ 비복근 (gastrocnemius)

비복근은 주로 발목관절의 저측굴곡(plantar flexion)에 작용하지만 슬관절굴곡에도 작용한다.

7. 임상운동 분석

슬관절 병변 치료시에는 치료에 앞서 환자의 나이, 병력, 손상의 종류, 통증의 양상 등을 고려해야 되며, 특히 아픔의 부위, 어떠한 특별한 운동시 통증이 나타나는지의 여

부, 관절운동범위 등을 검사해야 한다.

아픔이 나타나는 부위에 따라 슬관절의 어떤 조직에 병변이 있는가를 알 수 있게 된다. 슬관절 내측에 아픔을 호소하면 내측측부인대(medial collateral ligament), 관절내측 부위 질병, 거위발낭염(anserine bursitis) 또는 슬내장(internal derangement) 등의 질병을 의심할 수 있다.

슬관절 외측에서의 아픔은 비골두 주위의 활액낭염, 관절염, 슬관절 외측부 슬내장 등의 질병에서 나타난다.

슬관절 앞쪽에서의 아픔은 대개 슬개대퇴장애, 대퇴사두근의 기능장애 등에서 나타난다. Steindler도 그림 8-10과 같이 통증이 나타나는 부위와 슬관절 구조와의 관계를 설명하고 있다. 특별한 발통점(trigger point)이나 심한 통증을 호소하는 부위는 어떠한 관절구조의 병변인지를 구분하는 가치있는 방법이기도 하다.

특별히 슬관절 질병은 세심한 검사가 진단에 중요한 역할을 한다. 근력검사, 관절가동범위검사, 감각검사 외에도 특별한 검사가 슬관절 질병의 진단에 도움이 된다. 과도한 내측 및 외측운동(excessive medial or lateral movement)시 검사하는 외반 스트레스 검사(valgus stress test, 그림 8-11), 십자인대 손상으로 인한 전후 불안정성(anteroposterior instability)을 측정하는 끌림검사(drawer test) 등이 있다(그림 8-12). 또한 반월판(meniscus)의 파열과 다른 슬내장을 구분하는데 도움을 주는 McMurray 검사와 Apley 검사 등이 있다(그림 8-13, 14).

슬관절 운동은 여러 가지 복합작용에 의해 이루어지는데 예를 들어 슬관절을 굴곡할 경우 rocking, gliding, rotating 등의 연속동작에 이어 굴곡동작이 이루어진다(그림 8-15). 이는 단순히 슬관절굴곡근의 수축에 의해서만 이루어지는 것이 아니고 기타 다른 관절구조 인대, 반월판, 관절낭 등의 영향을 받게 된다. 그러므로 위에서 설명한 세심

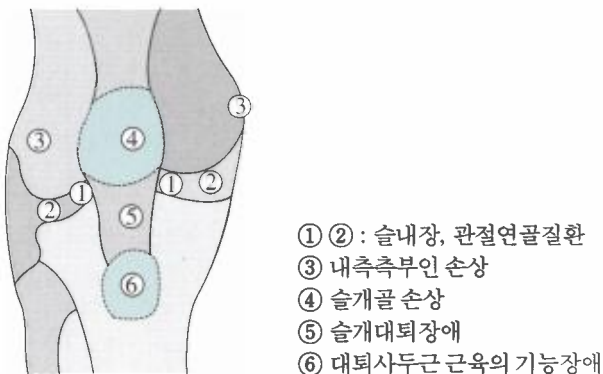


그림 8-10. 통증이 나타나는 부위와 슬관절의 구조



그림 8-11. 외전(외반 압력)검사

- A. 무릎 내측 모습에서 보는 벌어진 틈
B. 내측부인대 검사를 위한 자세(신전시킨 무릎)

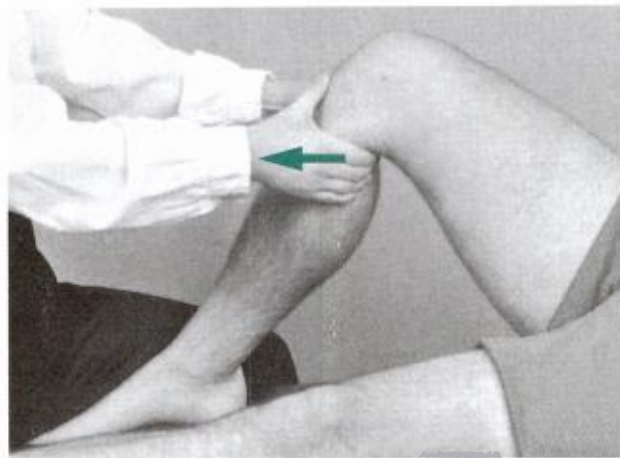


그림 8-12. 끌림 징후의 자세 *drawer test.*

한 검사를 행하여 슬관절 질병을 정확히 진단하고 치료에 임할 수 있다.

슬관절 주위에 활액낭의 질병은 관절 외 통증증후군(extra-anticular pain syndromes)의 대표적인 병이다. 슬관절 주위에는 여러 점액낭으로 구성되어 있다(그림 8-16).

점액낭에 염증이 발생되면 약간의 압박을 가하거나 무릎을 꿇을 때 통증을 호소하게 되며 대부분 관절부종을 동반하게 된다. 이는 주부들에게 많이 발생되어 '가정부 무릎'(housemaid's knee)이라고도 한다.

슬관절에 많이 발생하는 대표적 질병은 퇴행성관절염(osteoarthritis)으로 통증 및 관절 강직을 호소한다. 슬관절은 체중부하 관절이므로 특히 많이 발생된다. 슬개대퇴관절

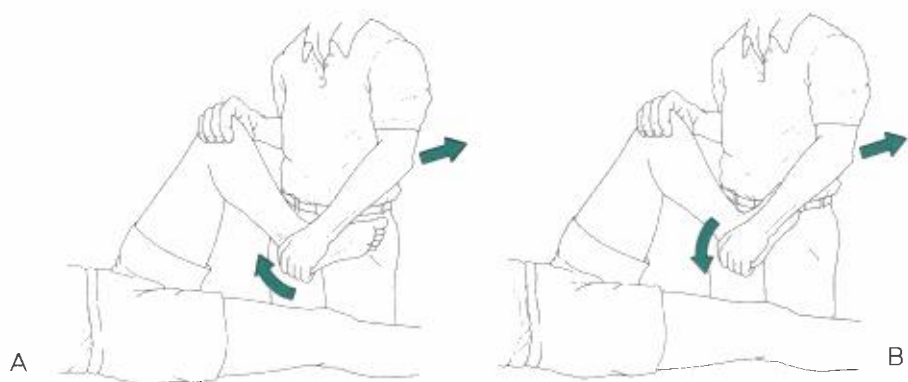


그림 8-13. McMurray 검사 A. 내측 반월상 연골검사 B. 외측 반월상 연골검사

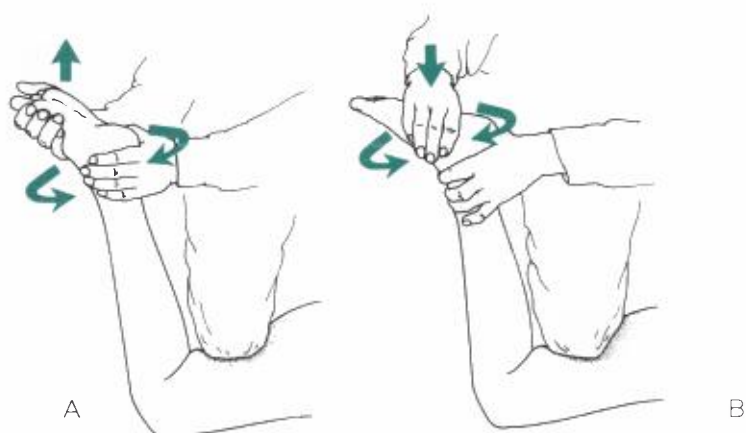


그림 8-14. Apley 검사 A. 인대검사(건인) B. 반월상 연골검사(압박)

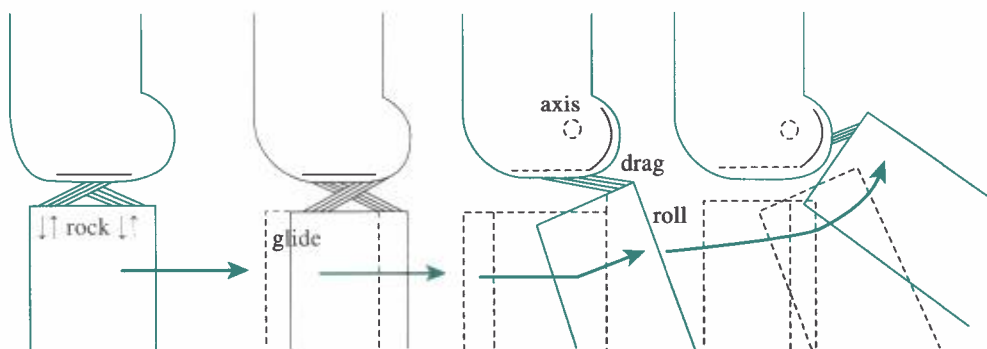


그림 8-15. 무릎굴곡의 기전

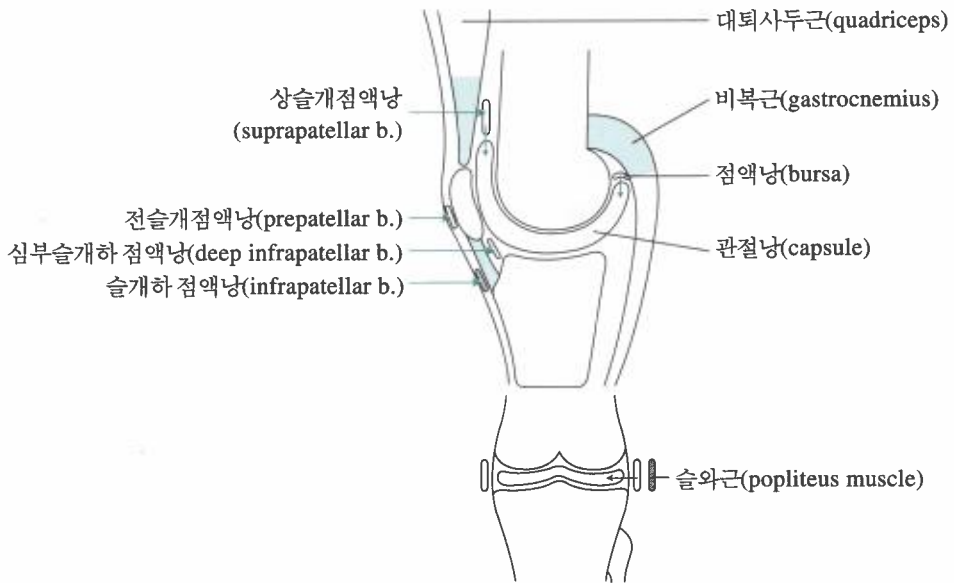


그림 8-16. 관절 주위의 점액낭. 점액낭 중 → 는 관절강과 연결되는 점액낭

(patellofemoral joint)에 발생되는 퇴행성관절염이 경대퇴관절(tibiofemoral joint)에 발생되는 퇴행성 관절염보다 더 많으며 더 심한 통증과 장애를 호소한다.

9

발목과 발 (Ankle and foot)

◆ 학습 목표 ◆

-
1. 거퇴관절의 운동축을 설명할 수 있다.
 2. 족궁을 분류하고, 족궁을 지지하는 인대를 설명할 수 있다.
 3. 발의 변형을 설명할 수 있다.
 4. 발의 인대기능을 설명할 수 있다.
 5. 발의 근육작용을 설명할 수 있다.
 6. 발의 체중지지 및 각종 동작들을 설명할 수 있다.
 7. 하지의 폐쇄성 동작을 설명할 수 있다.

1. 발목과 발의 개요

발목과 발은 경골(tibia), 비골(fibula)과 26개의 뼈와 34개의 관절로 구성되어 있다. 족근골(tarsal bones)은 7개로 거골(talus), 종골(calcaneus), 주상골(navicular), 제1설상골(1st cuneiform), 제2설상골(2nd cuneiform), 제3설상골(3rd cuneiform), 입방골(cuboid)로 이루어져 있으며, 5개의 중족골(metatarsal bones)과 14개의 지절골(phalanges)로 형성되어 있다(그림 9-1).

발목-발 복합체의 유연하고 견고한 특징은 다음과 같은 다양한 기능을 제공한다.

- 체중지지
- 다리의 고정과 조절작용
- 불규칙한 지면에 발의 조정
- 발가락으로 서기, 오르기, 점프에서 몸통 들기

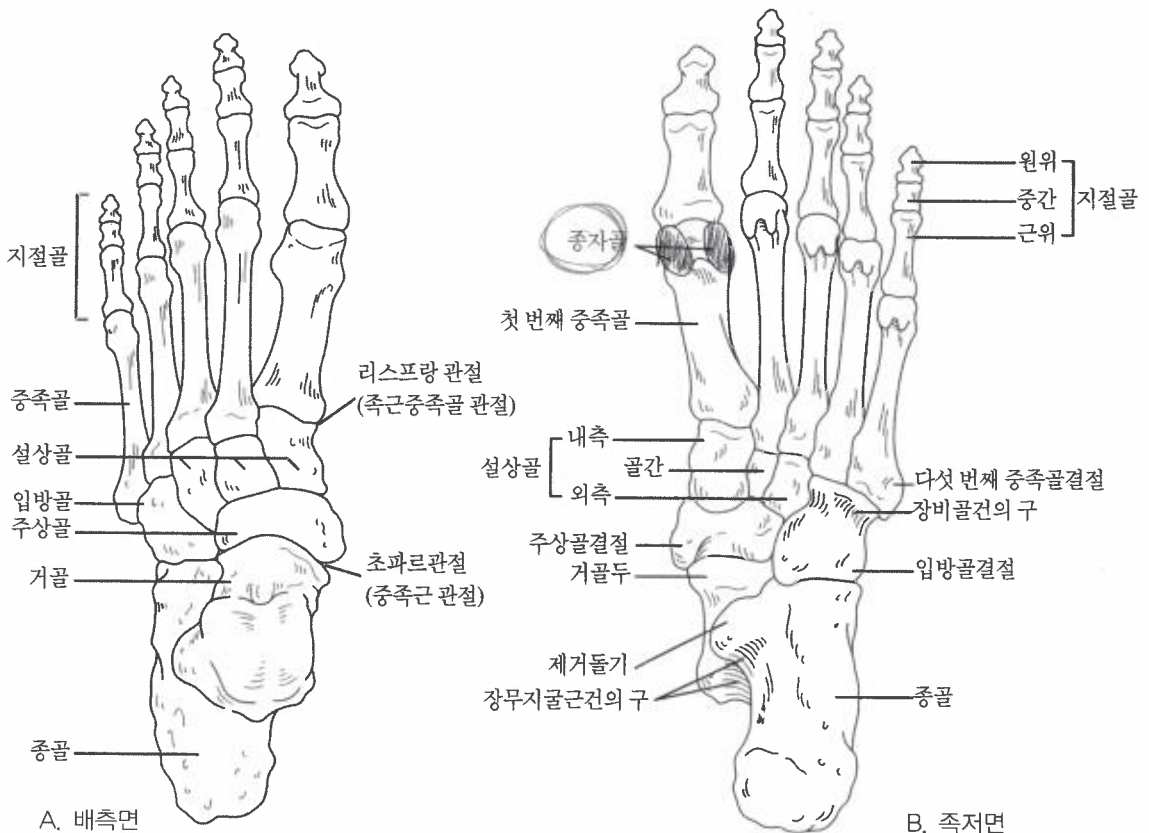


그림 9-1. 족관절과 발의 골

- 걷기, 달리기, 점프하여 착지할 때 충격 흡수
- 기계 조작
- 상지 절단 혹은 근마비를 가진 사람의 손 기능 보상

발목의 손상과 발의 통증, 기능장애는 일반적이며 서있을 때조차도 발목과 발에 가해지는 큰 힘에 의해 발생된다. Stauffers 등(1977)은 평지보행에서 발목관절은 체중의 4.5배에 해당하는 힘을 받는다고 하였다. 발은 이러한 큰 힘을 지지하면서 지면에 놓인 발을 조정하며 중력선을 좁은 기저면 내에 유지하기 위하여 슬관절과 고관절의 편위나 운동에 대한 보상을 해야 한다. 발이 신발에 의해 보호된다 할지라도 박테리아나 균류의 성장과 감염에 필요한 따뜻하고 습기찬 서식지가 조성될 뿐만 아니라 비정상적인 마찰을 받기도 쉽다.

2. 발목관절의 구조

(1) 거퇴관절 (Talocrural joint, (upper)ankle joint)

이 관절은 경골 및 비골의 하단 관절면과 거골활차(trochlea of talus)가 만나 이루는 관절로서 1자유도의 접변관절(hinge joint)이다. 이 관절에서는 배측굴곡(dorsiflexion)과 저측굴곡(plantar flexion) 운동이 일어난다. 경골과 비골은 전·후경비인대에 의해 함께 묶여 있고, 그리하여 과는 쐼기 모양의 거골활차를 위한 강한 D자(mortice)를 형성한다.

관절의 내측에는 넓은 삼각형 모양의 삼각인대(deltoid ligament)를 형성하는 내측부인대가 있는데 전경거인대(ant. tibiotalar ligament), 경주인대(tibionavicular ligament), 경종인대(tibiocalcaneal ligament), 후경거인대(post. tibiotalar ligament)가 있고, 외측은 외측부인대로 종비인대(calcanefibular ligament), 전거비인대(ant. talofibular ligament), 후거비인대(post. talofibular ligament)가 있다(그림 9-2).

(2) 족근간관절 (Intertarsal joints)

일곱 개의 족근골 사이에 이루어지는 관절로 5개의 관절이 있다.

① 거골아관절 (subtalar(talocalcaneal) joint, lower ankle joint)

거골하면과 종골 상면 사이에서 이루어지는 과상관절이다. 이 관절을 보강하고 있는 인대에는 전·후거종인대(talocalcaneal ligaments), 내·외측 거종인대(talocalcaneal ligaments), 골간거종인대(interosseous talocalcaneal ligament) 등이다.



그림 9-2. 내측 및 외측에서 본 족근 및 거골하관절의 인대

거골의 후관절면과 중간관절면 사이에 발목의 내측에서 외측으로 통하는 족근동(sinustarsi)을 형성하는 구(groove)가 있다. 짧고 두껍고 강한 골간 거종인대는 족근동 내에 위치하고 거골과 종골을 함께 단단히 묶고 있다. 족근동 내의 이러한 인대와 지방조직은 풍부한 신경수용체와 소뇌로 올라가는 신경섬유를 포함하고 있다(Valenti, 1998). Valenti는 이러한 사실과 임상적 징후, EMG를 통해 골간인대는 폐쇄성 운동에서 빠른 반사반응을 위한 “거골하 고유수용성 센터: proprioceptive subtalar center”라는 가설을 세웠다.

이 관절에서 일어나는 운동은 외반(eversion) 및 내반(inversion)운동이다.

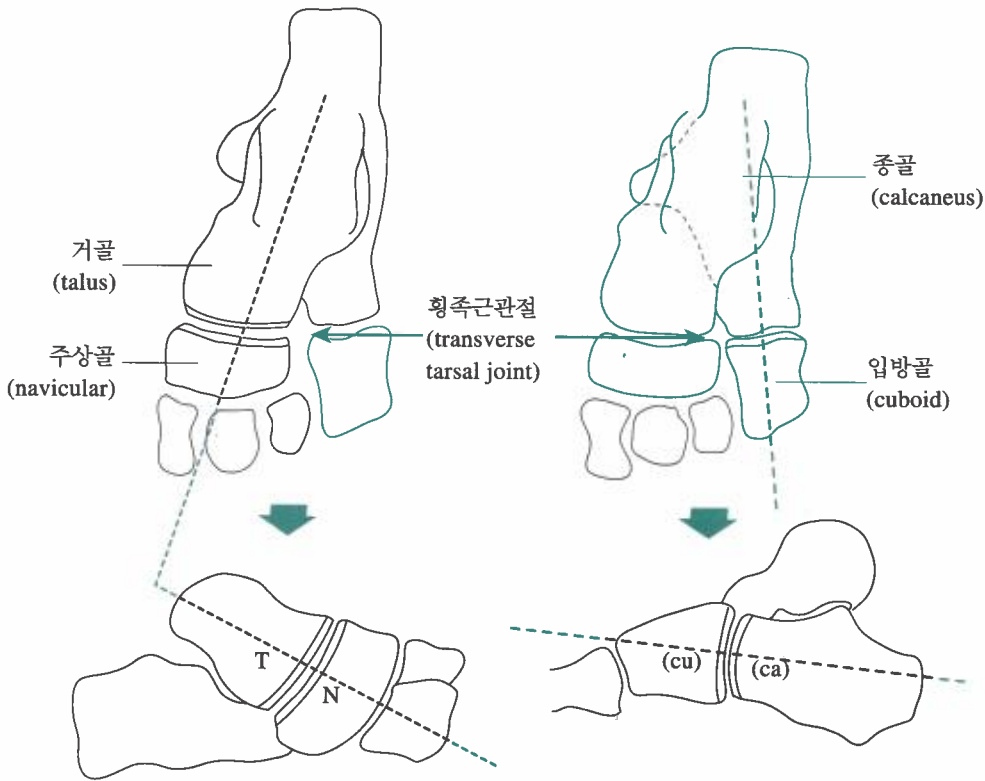


그림 9-3. 횡족근관절

② 거중주관절 (talocalcaneonavicular joint)

거골, 종골, 주상골의 세 개의 뼈 사이에 생긴 복합관절이다. 거주인대(talonavicular ligament)가 관절을 보강하고 있다.

③ 종입방 관절 (calcaneocuboid joint)

종골과 입방골(cuboid) 사이의 안상관절이다. 이분인대(bifurcate ligament), 장족저인대(long plantar ligament) 및 저측 종입방인대(plantar calcaneocuboid ligament) 등이 관절을 보강하고 있다.

④ 횡족근 관절 [transverse tarsal(mid tarsal) joint, Chopart's joint]

전방에는 주상골과 입방골, 후방에는 거골과 종골이 서로 만나 이루는 관절이다. 이 관절을 외과적으로 Chopart 관절이라고 하고, 구조적으로는 중족근관절(midtarsal joint)

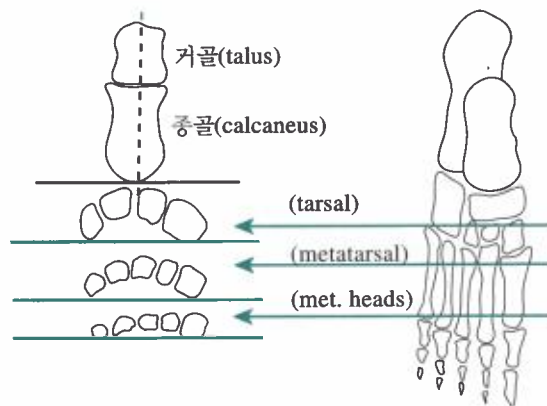


그림 9-4. 횡궁(transverse arches)

이라고 부른다(그림 9-3).

거골과 주상골에 만나서 이루는 거종관절(talonavicular joint)은 과상형(condyloid type) 관절이고, 종골과 입방골이 만나서 이루는 입방종관절(calcanecuboid joint)은 안상형(saddle-shaped) 관절이다.

이 관절에서 일어나는 운동은 회내(pronation)와 회외(supination)운동이다. 그러나 이 운동은 내반 및 외반운동과 겹쳐서 일어나므로 단독적으로 수행되지 않는다.

이 관절을 보강하는 인대로는 이분인대(bifurcated ligament)와 저측 종주인대(plantar calcaneonavicular(spring) ligament)의 두 가지가 있다.

⑤ 설주관절 (cuneonavicular joint)

주상골과 내측, 중간, 외측 설상골(cuneiform) 사이에 이루어지는 관절이다. 설주관절은 배측설주인대(dorsal cuneonavicular ligament)와 저측설주인대(plantar cuneonavicular ligament)가 보강하고 있다.

(3) 족근중족관절(Tarsometatarsal joints, Lisfranc's joint)

제1~3설상골(cuneiform) 및 입방골(cuboid)과 제1~5중족골 사이에서 형성되는 평면 관절이다. 이 관절을 외과학에서는 Lisfranc 관절이라고 부른다.

배측·저측 및 골간인대 등이 이 관절을 보강하고 있다. 이 관절은 활주운동(gliding movement)이 주로 일어난다.

이 뼈들이 견고하게 연결되어 횡궁(transverse arch)을 이루고 있다(그림 9-4). 이는 족근골을 이루는 아치이고 이외에도 중족골에 의해 이루어진 2개의 횡궁(post. metatarsal,

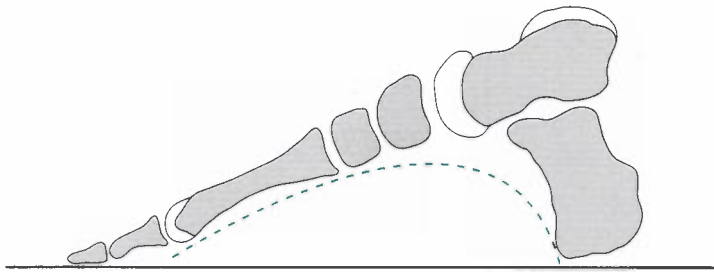


그림 9-5. 종궁(longitudinal arch)

ant. metatarsal)이 있다.

(4) 중족간관절 (Intermetatarsal joints)

제1~5중족골이 서로 마주보며 이루는 관절로서 배측, 저측 및 골간인대가 보강하고 있다.

(5) 중족지절관절 (Metatarsophalangeal joints)

각각의 중족골두와 지절골저 사이의 관절로서 양측 측부인대(collateral ligament), 저측인대(plantar ligament) 및 심횡중족인대(deep transverse metatarsal ligament)로 보강하고 있다. 이 관절은 과상관절(condyloid joint)이며 횡축으로 굴곡과 신전운동이 배측, 저측으로 외전 및 내전운동이 일어난다.

발에는 네 개의 궁(arch)이 있는데, 3개의 횡궁(tarsal, post. metatarsal, ant. metatarsal)과 1개의 종궁(longitudinal arch)이다. 종궁은 족근골과 중족골 그리고 지절골들로 이루어진 궁을 내·외종궁(medial, lateral longitudinal arch)으로 구분하기도 하는데, 인대와 근육의 지지로 그 안정성을 유지한다(그림 9-5).

(6) 족지절간관절(Interphalangeal joint)

각 지절골 사이에서 이루어지는 접변관절(hinge joint)로서 굴곡과 신전운동이 일어난다. 관절낭의 좌우 양측에는 측부인대(collateral ligament)로 보강되어 있다.

3. 발목관절의 운동

각 관절의 구조에서 관절운동에 대하여 설명하였으나, 운동을 중심으로 발목관절운동 및 발의 운동에 관하여 정리해 보면 다음과 같다.

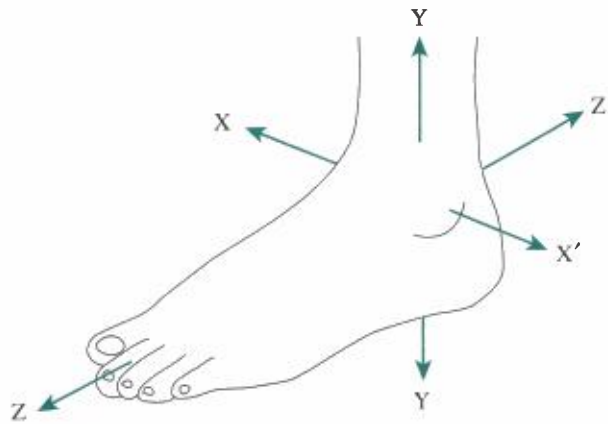


그림 9-6. 발목관절의 운동축

발은 세 가지 기능적 단위로 나눌 수 있는데 발 끝부분(foreshoe)은 지지하는 기능이, 중간부분(midfoot)은 안정성에, 발뒤꿈치(hindfoot)는 운동기능으로 설명할 수 있다.

(1) 발목관절운동

① 배측굴곡(dorsi flexion)과 저측굴곡(plantar flexion)

거퇴관절(talocrural joint)에서 일어나는 운동으로 그림 9-6의 X-X' 축을 중심으로 일어나게 된다.

배측굴곡의 정상 관절가동범위는 0~20(30)° 이고, 저측굴곡의 정상 관절가동범위는 0~50° 이다.

(배굴 0~20(30)
저굴 0~50)

② 내반(inversion)과 외반(eversion)운동

거골하관절(subtalar joint)에서 일어나는 운동으로 그림 9-7의 Z-Z' 축을 중심으로 일어난다. 그러나 일반적으로 내반운동은 내전(adduction) · 회외(supination) 및 저측굴곡(plantar flexion) 등의 복합작용으로 주로 일어나고, 외반운동은 외전(abduction) · 회내(pronation) 및 배측굴곡(dorsiflexion) 등의 복합작용으로 주로 일어난다.

내반운동의 정상 관절가동범위는 0~40° 이고 외반운동의 정상 관절가동범위는 0~30° 이다. 그러나 내반운동과 함께 일어나는 회외운동은 0~35°, 외반운동과 함께 일어나는 회내운동은 0~15° 이다.

(내반 0~40 (회외 0~35)
외반 0~30 (회내 0~15)

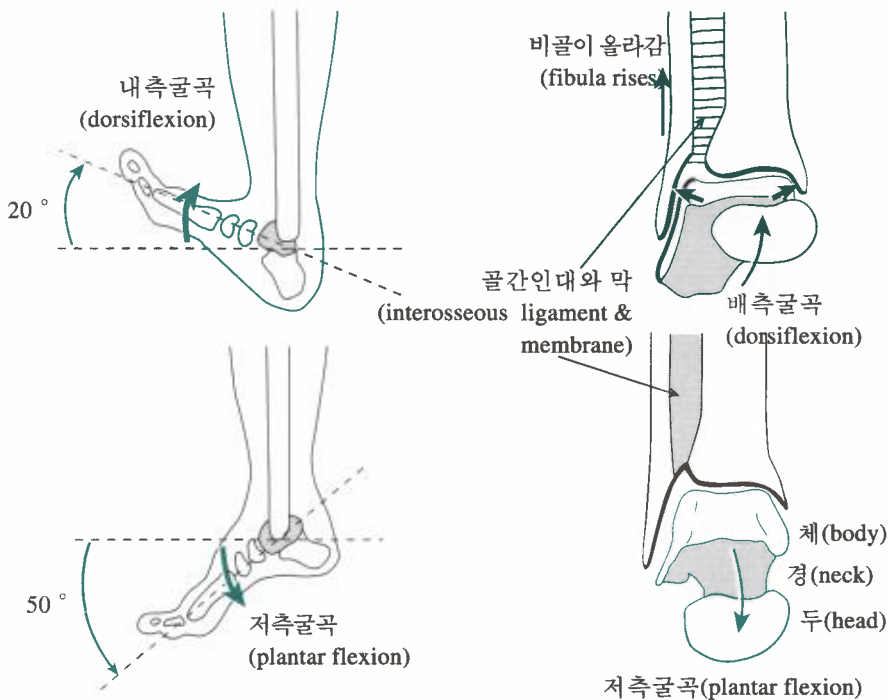


그림 9-7. mortice 내에서 거골의 운동 : 배측굴곡과 저측굴곡

(2) 발의 지절관절운동

중족지절관절(MTP joint)에서 굴곡 및 신전운동과 내전 및 외전운동이 일어난다. 두 번째부터 다섯 번째 발가락의 중족지절관절의 굴곡 운동시 정상 관절가동범위는 0~40° 이고 신전 운동시 정상 관절가동범위는 0~40° 이다.

엄지발가락에서는 굴곡 운동시 정상 관절가동범위는 0~45° 이고, 신전 운동시 정상 관절가동범위는 0~70° 이다.

지절간관절(IP joint)에서는 굴곡 및 신전운동이 일어난다. 제2~5지절간관절의 굴곡 운동시 정상 관절가동범위는 PIP joint가 0~35°, DIP joint가 0~60° 이고, 엄지발가락의 굴곡 운동시 정상 관절가동범위는 0~90° 이다(그림 9-8).

(3) 발목과 발의 종속운동

거퇴관절의 잠금위치는 완전 배측굴곡이며, 따라서 종속운동(accessory motion)은 약간의 저측굴곡에서 시행된다. 한손으로 내외측과를 고정하고 거골을 수동적으로 전·후 방향으로 움직이고 수 밀리미터 이간도 일으킬 수 있다. 정상범위는 약 2~3mm이다

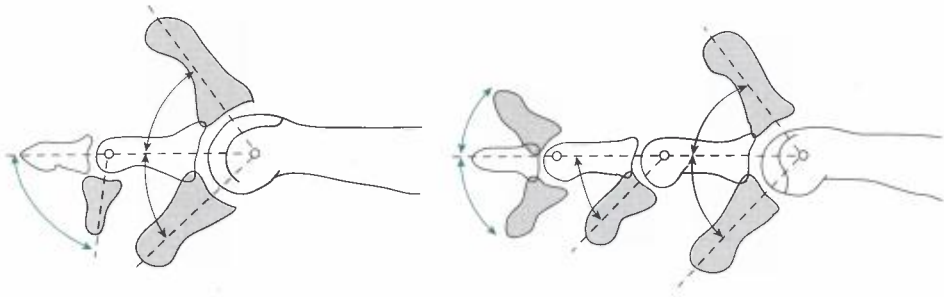


그림 9-8. 발의 지절관절운동

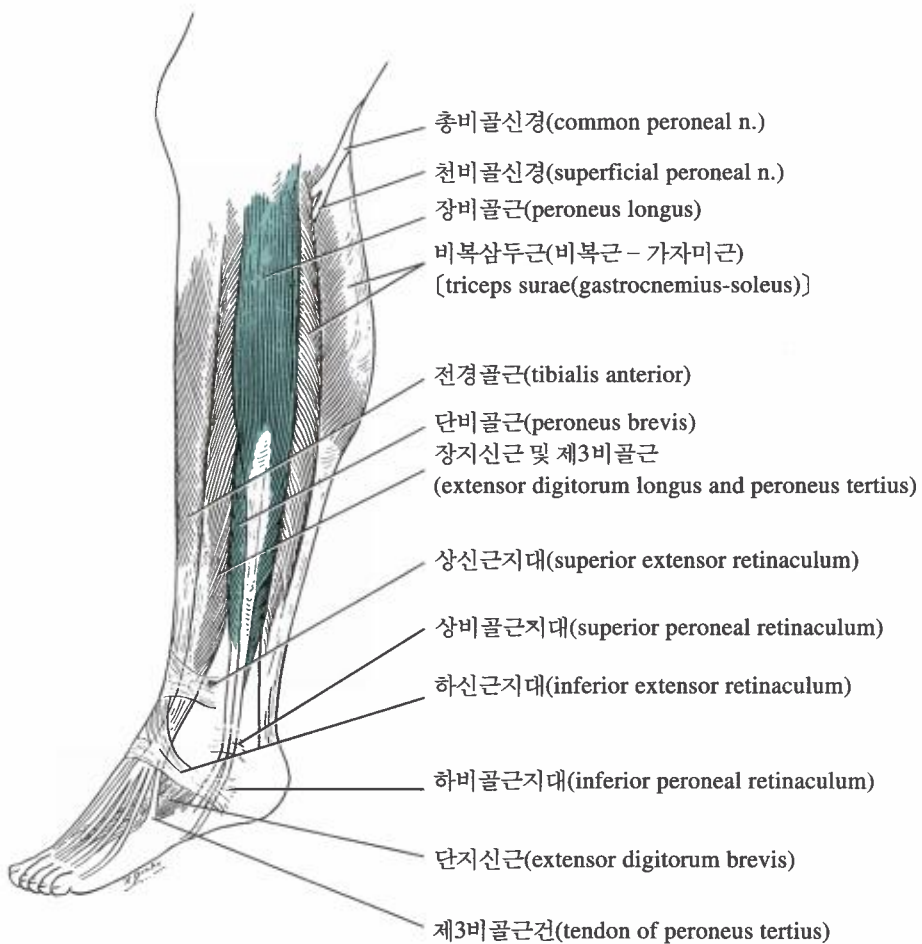


그림 9-9. 하퇴의 전면 및 측면의 근육

(Harper, 1987). 과도한 전·후 운동은 전방전위 징후(anterior drawer sign) 혹은 후방전위 징후(posterior drawer sign)라 하며 이는 인대의 파열 혹은 인대의 느슨함을 의미한다.

족근골은 최대 회외(내반)에서 견고한 구조를 형성한다. 이것이 잠금위치이다(Kaltenborn, 1980). 중립 혹은 회내자세에서 족근골은 훨씬 유연하다. 한 뼈를 고정하고 인접한 뼈를 움직이면 적은 활주운동이 가능해진다. 거골을 고정하면 종골을 전방, 내측, 외측으로는 물론 원위(이간)로 움직일 수 있다. 거주관절, 종입방관절, 설주관절, 족근중수관절은 한 뼈를 고정시킨 후 인접한 뼈를 움직일 때 저측과 배측으로 활주운동을 일으킬 수 있다. 설상골 사이에는 거의 운동이 없다.

정상적으로 중족골두는 각각 혹은 견고한 2번째 지절 주위를 짧은 호를 그리며 움직일 수 있다. 족근중수관절에서 운동이 일어나고 관절구조와 횡중수인대에 의해 제한된다. 이들 인대는 모든 중족골두 사이에 붙어 있어 중족골두의 외전 혹은 “벌어지는 것(splaying)”을 제한한다.

발가락에서 중족지절관절(MTP)의 잠금위치는 과신전 상태이다. 손에서는 중수지절관절(MCP) 90° 굴곡에서 역학적으로 가장 안정성이 있다. 손가락과 발가락의 지절간관절(IP)은 신전된 자세가 잠금위치이다.

4. 발목관절의 근육

(1) 하퇴전면 및 측면의 근육(표 9-3)

① 전경골근 (anterior tibialis, TA)

전경골근은 정강이 앞의 등그스럼한 모양을 나타내는 근육이다. 이 근육이 마비되면 전경골근이 편평하거나 약간 오목하게 들어가 경골의 전방면이 정상보다 더 많이 돌출된다.

전경골근은 발목의 주된 배측굴곡근이다. 이 근육은 지레가 좋고 작용선이 수직이며 상부 발목관절에만 작용하고, 크기가 발가락 신전근을 모두 합한 횡단면의 2배가 된다.

EHL과 EDL은 일차적으로 발가락을 신전시키는데 작용되고, 그리하여 발목의 배측굴곡에는 효과를 상실한다. 전경골근이 마비되고 발가락 신전근이 정상일 때 배측굴곡 범위는 제한된다. EDL이 혼자서 작용하면 발목에 강한 외반이 일어난다. 근육이 마비되면 보행의 유각기에서 족하수(foot drop)가 발생되고, 발가락이 지면에 끌리거나 걸리지 않도록 하기 위하여 고관절과 슬관절을 과도하게 굴곡한다.

보행시 유각기에서 발이나 발가락의 끌림을 방지하거나, 운전시 발을 놓는 것, 음악에 박자를 맞추는 것, 또는 신발을 신을 때와 같은 많은 중요한 개방성 연쇄에서 전경골근

표 9-3. 하퇴의 전면 및 측면 근육들의 요약

근육명	기시	정지	신경	작용
Tibialis anterior	경골 상외측 2/3, 골간막, 하퇴근막	제1설상골 및 제1 중족골 저부 내측	심비골신경 L4~S1	족관절 배측굴곡, 내반
Extensor hallucis longus	하퇴골간막, 비골 중앙내측	모지말절골 저부	심비골신경 L4~S1	모지신전, 족관절 내반, 배측굴곡
Extensor digi.longus	경골 외측과, 비골 상부, 하퇴골간막	제2~5지의 중 및 말절골	심비골신경 L4~S1	족관절 배측굴곡, 외반, 발가락 신전
Peroneus tertius	비골 전하면, 장 지신근	제5중족골 저부의 배측	심비골신경 L4~S1	족관절 배측굴곡, 외반
Peroneus longus	비골두, 비골 상 외측면	제1,2중족골의 저부, 제1설상골	천비골신경 L5~S1	족관절 외반, 저측 굴곡
Peroneus brevis	비골 외측면	제5중족골의 저부	천비골신경 L5~S1	족관절 외반, 저측 굴곡

근은 발과 발가락을 움직인다. 개방성 연쇄에서 발은 무게가 단지 2lb 정도이고 근육의 지레가 좋기 때문에 개방성 연쇄에서는 거의 근육의 힘을 필요로 하지 않는다. 한발로 서는 것과 같은 폐쇄성 연쇄에서 더 강한 수축을 촉진하거나 관찰할 수 있다. 발의 모든 근육은 작은 기조면 내에 중력선을 유지하기 위하여 지속적으로 상호작용을 한다.

② 장무지신근 (extensor hallucis longus, EHL)

장무지신근의 상부는 전경골근과 장지신근에 의해 덮여 있다.

② 장지신근 (extensor digitorum longus, EDL)

장지신근과 제3비골근은 그것들의 상부 부위에서는 구분되지 않기 때문에 같이 설명한다. 제3비골근은 EDL의 가장 외측부지만, 때때로 분리된 근육처럼 설명하기도 한다. EDL은 천층 근육으로 비골근의 외측, EHL 및 전경골근의 내측에 놓여 있다.

③ 장·단비골근 (peroneus longus and brevis, PL, PB)

부위로 볼 때 장비골근은 대퇴이두근의 연장인 것처럼 보인다. 두 개의 비골근은 총 비골신경(L4-S1)의 천층분지에 의해 지배된다. 총비골신경은 비골두 주위를 감아 돌아서 천층으로 나온다. 이 지점에서 신경은 압박을 받기 쉽고 근육마비와 감각마비를 일으킬

수 있다. 이것은 한 다리를 반대편 다리 무릎 위에 올려 놓고 장시간 앉아 있을 때 빈번히 발생한다. 걷기 위해서 일어설 때, 다리가 “잠에 빠져(gone to sleep)” 발을 조절할 수 없고, 발목에 체중지지를 하게 되면 발목이 꺾이게 되어 사람을 놀라게 만든다. 이러한 신경압박을 해소시키는 방법은 움직이는 것이고, 이로 인해 감각과 근력은 빠르게 정상으로 돌아온다. 비골두 아래를 꼭 졸라 맨 기부스 내에서는 지속적인 압박이 일어날 수 있다. 압박이 적절히 해소되지 않는다면 비골근과 배측굴곡근의 영구적인 마비와 감각상실이 올 수 있다.

④ 비골근의 시진, 측지, 기능

장비골근의 근육부는 비골두 아래에서 확인되며 다리의 외측면을 따라 아래로 내려간다. 다리 중간에서부터 발목까지 두 비골근은 서로 가까이 놓여 있다. 거의 모든 단 비골근은 장비골근에 의해 덮여 있지만, 다리 하부에서는 장비골근과 분리되어 있는 것을 느낄 수 있다.

개방성 운동연쇄에서 장·단비골근과 제3비골근(만약 있다면)은 거골하관절의 주된 외반근이며 발목이 배측굴곡이든 저측굴곡이든 이 작용을 한다. 그러나 그들의 주된 기능은 한발로 서기, 걷기, 점프하기, 달리기의 폐쇄성 운동연쇄에서 일어난다. 이러한 동작에서 비골근은 족궁지지, 지면에 발의 조절, 고정된 발에 대한 다리를 조절하는 역할을 한다. 비골근의 마비는 발목을 불안정하게 하고, 발목의 내반 염좌를 일으킨다.

비록 비골근을 저측굴곡근으로 분류하지만, 이 운동에 대한 지레가 좋지 않다. 저측굴곡근으로서 비골근은 비효율적이다. 그럼에도 불구하고, 저측굴곡의 정상 토크를 위해서는 바닥에서 발을 통해 효과적인 하퇴삼두근의 힘을 얻기 위한 족근골과 중족골의 안정성이 요구되는데, 이때 비골근과 심부 종아리근육(deep calf muscles)의 강한 수축이 요구된다.

(2) 하퇴후면의 근육(표 9-4)

① 비복근(gastrocnemius)

비복근은 종아리근육의 주요 부분을 구성한다.

② 가자미근(soleus)

가자미근은 비복근과 마찬가지로 다리의 후부 근육군에 속한다. 이 두 근육을 함께 “하퇴삼두근(triceps surae)”이라 한다.

표 9-4. 하퇴후면의 근육들의 요약

근육명	기시	정지	신경	작용
Gastrocnemius	내측두: 대퇴골 내측상과외측두: 대퇴골 외측상과	아킬레스건으로서 종골융기에 부착	경골신경 L4~S2	족관절 저축굴곡, 슬관절굴곡
Soleus	경골의 가자미근 선, 비골두, 비골 내측능	아킬레스건으로서 종골융기에 부착	경골신경 L4~S2	족관절 저축굴곡
Plantaris	대퇴골 외측상과, 슬관절낭	종골융기, 족관절 낭	경골신경 L4~S1	비복근, 가자미근 작용을 돕는다.
Tibialis posterior	경골과 비골 후면 골간막의 상후면	여러 개의 건속이 되어 주상골, 제 2,3설상골, 입방골, 제2,3중족골 저부	경골신경 L5~S2 경골신경 L5~S2	족관절 저축굴곡, 내반
Flexor digi.longus	경골후면	제2~5지 말절골 저부	경골신경 L5~S2	제2~5지말절굴곡, 족관절 저축굴곡 및 내반
Flexor hallucis longus	하퇴골간막후면 하부, 비골하 2/3	모지말절골저부		모지말절굴곡, 족 관절 저축굴곡 및 내반

③ 하퇴삼두근(triceps surae)의 기능

발목의 저축굴곡은 주로 하퇴삼두근에 의해 수행된다. 이 근육은 횡단면(발목의 다른 모든 근육의 횡단면의 합이 33cm^2 인 것과 비교하여 43cm^2)이 크고 저축굴곡을 위한 지레가 아주 좋다. 종골건(tendocalcaneus)에서 발목관절 축까지의 수직거리는 약 $5\text{cm}(2\text{inch})$ 정도이다. 저축굴곡근에 의해 발생하는 최대의 힘과 토크의 측정은 기구, 연부조직, 중간에 있는 관절에 가해지는 힘 때문에 어렵다. 최대 등척성 저축굴곡에서 Beasley는 5~70세 사이 정상인 3,000명 이상을 대상으로 앉은 자세에서 저축굴곡의 힘을 측정하였는데 평균치가 체중의 2.4배라고 보고하였다. 슬관절이 신전되면, 비복근이 적절한 길이-장력관계를 유지하기 때문에 보다 큰 힘을 낼 수 있다. 이 증가는 젊은 여성을 대상으로 한 두 가지의 연구에서 실증되었다: 대상자가 슬관절을 90° 굴곡한 앉은 자세에서 Bernard(1979)는 평균 $98\text{ft}\cdot\text{lb}$ 의 토크값을 기록하였다. 대상자가 슬관절을 신전하고 앉은 자세(long-sitting position)에서 Belnap(1978)는 평균 $122\text{ft}\cdot\text{lb}$ 의 토크값을 기록하였다. 앉은 자세에서 측정한 토크값을 힘으로 바꾸면(토크를 전족부의 지레팔로 나눔)

Beasley(1958)가 기록한 힘과 유사하였다.

다른 근육들의 건도 거퇴관절(talocrural joint)의 운동축 후부를 지나지만, 그들은 저측 굴곡근으로서의 지레가 좋지 않고 거의 영향력도 없다. 이러한 근육은 발의 보다 원위 부에 붙기 때문에 종골에는 작용하지 않고 다른 관절에 주된 작용이 있다. 후경굴근건과 비굴근건은 과에 가깝게 놓여 있어 간신히 축의 뒤쪽을 지나간다. 장지굴근건은 약간 더 후부에 놓여 있다. 장무지굴근은 약간 더 좋은 지레를 가지고 있지만 발목의 저측굴곡근으로서 이 근육의 작용은 하퇴삼두근에 비교하면 별 의미가 없다.

자세근육으로서 가자미근의 중요성은 EMG에 의해 확인되었다. “편안히 선 자세”에서 다양한 근육활동을 연구한 Joseph(1960)은 검사받은 12명 대상자 모두에게서 가자미근의 지속적인 전기적 활동을 발견하였다. 비복근에서의 활동은 12명 중 단지 7명에게서 감지되었다. 한 다리로 선 자세를 유지하기 위하여 가자미근은 체중의 1/2에 해당하는 힘을 내는 것으로 계산되었다.

가자미근은 주로 빠른-연축 근섬유로 구성되어 있는 비복근보다는 느린-연축 근섬유의 함유 비율이 높다는 것을 발견하였다(Denny-Brown, 1929 : Edgerton, Smith, and Simpson, 1975). 이것은 가자미근이 비복근보다 자세 흔들림을 주적하고 발목을 안정시키는 데 더 많이 관여하고 있다는 것을 의미한다. 느린-연축과 피로에 잘 견디는 운동단위로 구성된 가자미근은 빠른-연축과 쉽게 피로하는 운동단위로 구성된 비복근보다 지속적 수축을 유지하는데 피로를 덜 느끼며 경제적이다.

비복근과 가자미근은 둘 다 발목의 강한 저측굴곡을 필요로 하는 동작에 작용한다. 발가락 끝으로 설 때 두 근육이 동시에 수축하는 것을 볼 수 있으며 그들의 수축상태는 족저에 의해 확인할 수 있다. 달리기와 점프에서 비복근의 작용은 근섬유가 빠르게 장력을 발생하는 능력 때문에 필수적이다.

하퇴삼두근 마비 : 가자미근-비복근군이 마비되면 발가락으로 설 수 없으며 보행에 심각한 영향을 미친다. 계단을 오르는 동작은 서투르고 느리며, 달리기 및 점프와 같은 동작은 전혀 불가능하다. 심부 종아리근육과 비굴근은 비록 상부 발목관절의 축 후방을 지나지만 하퇴삼두근을 대신할 능력은 없다.

하퇴삼두근 마비의 영향은 하퇴삼두근의 신경지배가 없지만 후경굴근과 비굴근은 신경지배가 유지되는 이분척추부리증(spina bifida : 척추의 선천적인 결손) 환자와 심부 종아리근육이 남아있는 척수회백수염 환자에서 관찰할 수 있다. 만약 이러한 경우가 발이 유연한 어린이라면 종요족 변형(calcaneocaval deformity)이 나타날 수 있다. 후경굴근, 장무지굴근, 장지굴근(비록 그들의 건이 관절 축의 후부를 지나더라도)은 발목을 저측굴곡시킬 수 없다. 이 근육들은 상부 발목관절에서 지레가 좋지 않고 종골에 부착하지도 않

는다. 그들의 건은 발바닥을 지나며 근육이 수축할 때 거퇴관절보다 원위관절에서 작용한다. 장지굴근과 장무지굴근은 발의 전후방향으로 짧아지는 결과를 가져오며 하퇴삼두근에 대한 균형조절력이 소실되어 종골이 배측굴곡자세를 취하게 된다. 이러한 요소들은 모두 중요족 변형을 일으키는데 기여한다.

하퇴삼두근의 양측마비는 고정된 발 위에서 경골이 앞으로 넘어지거나 배측굴곡되는 것을 방지하는 힘이 불충분하여 선 자세에서 균형을 잃게 된다. 그러한 약증을 가진 사람들은 가만히 서있지 못하고 기저면 내에 중심을 유지하기 위하여 발을 계속 움직이기 때문에 종종 신경질적인 것처럼 보이기도 한다. 그들은 고정된 물체를 잡거나 벽에 기대면 가만히 서 있을 수 있다. 양측이 절단된 사람들도 발과 발목의 폐쇄성 연쇄에서 자세를 조절하는 근육이 없기 때문에 비록 의지를 착용하더라도 같은 문제가 발생한다.

④ 후경골근 (tibialis posterior, TP)

후경골근은 종아리의 가장 심부에 위치한다. 후경골근은 경골과 비골 사이의 골간막 가까이에 놓여 있고 가자미근과 비복근에 의해 덮여 있다.

⑤ 장지굴근과 장무지굴근

(flexor digitorum longus, FDL; flexor hallucis longus, FHL)

장지굴근은 가자미근과 비복근의 내측두에 의해 덮여 있는 종아리의 내측에 놓여진 심층근육이다. 장무지굴근은 종아리 외측 가자미근 아래에 위치한다. FHL은 강한 근육이며, 그것의 횡단면은 FDL의 거의 2배이다.

FHL과 FDL의 독립된 수축은 근위지절을 고정시키고 발가락의 원위지절관절을 굴곡하게 함으로써 잘 관찰할 수 있다.

⑥ 종아리 심부근육의 기능

후경골근은 거골하관절(subtalar joint)의 내반근 혹은 회외근이고, 이 운동은 배측굴곡이나 저측굴곡에서 일어난다. 다른 근육들은 제한된 범위에서만 개방성 운동연쇄에서만 이 운동을 일으킨다. 하퇴삼두근의 수축은 종골의 내반을 일으킨다. 전경골근, 장무지굴근 및 장지굴근은 외반자세에서 중립자세까지 약하게 내반하는 작용이 있다.

재거들기, 주상골결절, 설상골, 입방골, 중족골 기저부에 넓게 부착하는 후경골근은 족궁의 동적 지지에 중요한 역할을 한다(Kaye and Jahss, 1991). 이것은 발에 부하가 증가될 때 발생하며, 걷기 · 한발로 서기 · 달리기 · 점프를 하는 동안에 궁을 안정시키기 위해 근수축을 필요로 한다. 후경골근의 수축은 후족부, 중족부, 전족부 관절의 안정성

을 제공하는 것 외에 주상골을 약간 하내측으로 움직여 거골에 대한 안정성을 유지하게 한다. 이러한 동작은 거주관절과 족근관절에 운동을 일으켜 하퇴삼두근의 큰 토크값을 방지한다. 후경골근의 마비가 있으면, 거골의 하방으로의 힘은 내측 족척인대를 신장시키고, 같은 시기에 족궁은 주상골이 지면에 닿아 체중지지를 하는 편평족 변형(flat foot deformity)을 초래한다.

FDL과 FHL의 중요한 기능은 발가락으로 서기, 걷기, 달리기의 폐쇄성 운동연쇄에 있다. 이러한 활동에서 긴 발가락 굴곡근은 중족궁을 지지하며 걸을 때 발끝밀기(push-off) 단계에서 지면에 힘을 주기 위해서 수축한다. 이 근육에 의한 힘을 느껴보기 위하여 서 있는 사람의 발가락 아래에 손가락을 넣고 발목에서 약간 전방으로 몸을 흔들 때 힘있게 잡는 힘을 느껴볼 수 있다.

(3) 발의 근육(Foot muscles, 표 9-5)

표 9-5. 발근육의 요약

근육명	기시	정지	신경	작용
단모지신근 (extensor hallucis brevis)	종골 전부배측면	모지 배측에서 장 모지신근과 합해서 지배건막에 이행	심비신골경 L4~S1	모지의 신전
단지신근 (extensor digitorum brevis)	종골 전부배측면	제2~5지의 지배 건막 및 장지신근 건	심비신골경 L4~S1	제2~5지 신전
모지외전근 (abductor hallucis)	종골 용기내측, 굴근지대, 족저건 막, 주상골조면	제1중족골두 내측 의 종자골, 모지기 절골저	내측족저신 경 L5~S1	모지의 외전
단모지굴근 (flexor hallucis brevis)	제1(2,3) 설 상골 및 장족저인대	제1중족골두 내측 의 종자골, 모지기 절골저	내측 및 외 측족저신경 L4~S2	모지기절의 굴곡
모지내전근 (adductor hallucis)	사두: 입방골, 제3 설상골, 제2,3중족 골저, 장족저인대 횡두: 제3~5중 족골두, 중족지절 관절낭	제1중족골두의 외 측종자골 및 모지 기절골저	외측족저신 경 S1~S2	모지기절을 비골측 으로 당기고 굴곡

표 9-5. 발근육의 요약 (계속)

근육명	기시	정지	신경	작용
소지외전근 (abductor digiti minimi)	종골융기 및 장족 저인대의측	제5중족골조면 및 소지기절골저	외측족저신 경 S ₁ ~S ₂	소지를 비골측으로 와 발바닥방향으로 끌어당김
단소지굴근 (flexor digiti minimi brevis)	장족저인대 제5 중족골저	소지의 기절골저 부	외측족저신 경 S ₁ ~S ₂	소지기절골곡
소지대립근 (opponens digiti minimi)		제5중족골외측	외측족저신 경 S ₁ ~S ₂	소지를 모지방향으 로 와 발바닥방향 으로 끌어당김.
단지굴근 (flexor digitorum brevis)	종골융기의 저측 면	제2~5지의 중절 골저부	내측족저신 경 L ₅ ~S ₁	제2~5지 중절 골 곡
족저방형근 (quadratus plantae)	종골내측 및 하면	장지굴근건	외측족저신 경 S ₁ ~S ₂	장지굴근의 작용을 돕는다. 발가락 굴곡
충양근 (lumbricales)	4개가 있으며 장 지굴근은 4건에 서 기시	제2~5지의 기절 모지측의 지배건 막	제1,2 : 내 측족저신경 L ₅ ~S ₁ 제3,4 : 외 측족저신경 S ₁ ~S ₂	제2~5지기절골을 굴곡, 중절, 말절을 신전
저측골간근 (plantar) interossei	3개, 각 제3~5 중족골내측	제3~5지의 각 기 절골저 및 지배건 막	외측족저신 경 S ₁ ~S ₂	제2지를 기준으로 하여 배측골간근은 발가락에 멀리하고
배측골간근 (dorsal interossei)	4개, 각 2두로써 제1~5중족골의 상대면에서 기시	제1 : 제2지내측 제2~4 : 제2~4 지외측, 기절골저 및 지배건막		저측골간근은 발가 락에 동시에 작용 하면 기절을 굴곡 하고 중절, 말절을 신전한다.

5. 주동근 분석

(1) 발목관절의 배측굴곡근 (그림 9-10)

- ① 전경골근(tibialis anterior)
- ② 제3비골근(peroneus tertius)

③ 장지신근(extensor digitorum longus)

(2) 발목관절의 저측굴곡근 (그림 9 - 11)

① 비복근(gastrocnemius)

② 가자미근(soleus)

(3) 발목관절의 외반근 (그림 9 - 12)

① 장지신근(extensor digitorum longus)

② 장비골근(peroneus longus)

③ 제3비골근(peroneus tertius)

④ 단비골근(peroneus brevis)

(4) 발목관절의 내반근 (그림 9 - 13)

① 전경골근(tibialis anterior)

② 후경골근(tibialis posterior)



그림 9 - 10. 발의 배측굴곡근

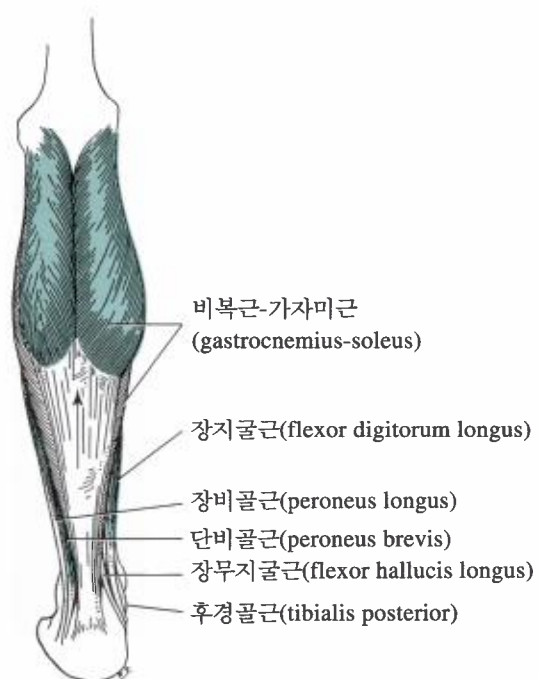


그림 9 - 11. 발의 저측굴곡근

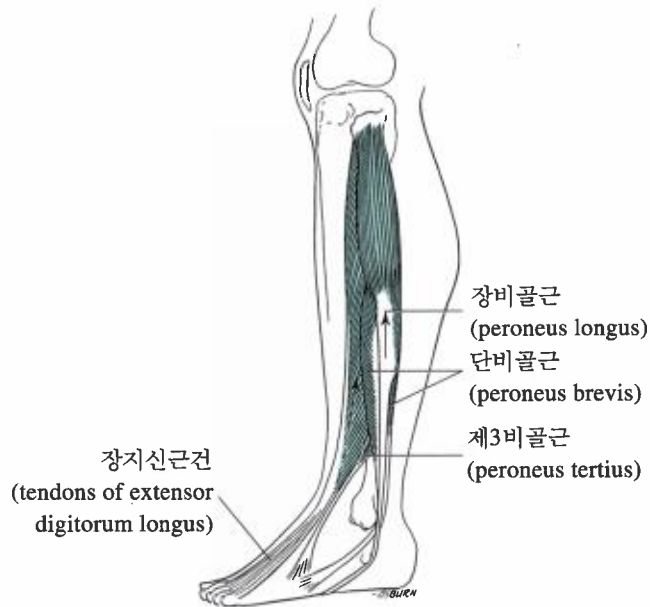


그림 9-12. 발의 외번근

6. 발목관절 운동 및 발운동 분석

(1) 발목관절 근육과 운동방향

(2) 발목관절 운동 및 발운동의 근그룹 작용

다음 표 9-6은 발목관절 운동 및 발운동시 근 그룹 작용을 나타낸 것이다.

7. 임상운동 분석

(1) 발의 기형

발의 변형은 뼈의 선천성 기형, 근마비 혹은 근경련, 체중부하에 따른 응력과 변형좌상, 맞지 않는 신발 혹은 이러한 원인들의 증복으로 인하여 발생한다.

① 편평족 (pes planus)

발의 내측 종족궁(medial longitudinal arch)이 이완되어 발바닥이 땅에 접촉되는 변형이다. 발의 내과(medial malleolus)와 제1종족지절관절(MTP)을 잇는 선을 긋고 주상골



그림 9-13. 발의 내번근

표 9-6. 발목관절 및 발 근육의 작용(from Rasch & Burke)

외근(extrinsic muscles)	발목 관절			발가락	
	배측굴곡	저축굴곡	내반	외반	신전
Tibialis anterior	P.M.		P.M.		
Extensor digitorum longus	P.M.			P.M.	P.M.*
Peroneus tertius	P.M.			P.M.	
Extensor hallucis longus	Asst.		Asst.		P.M.+
Gastrocnemius		P.M.			
Plantaris		Asst.			
Soleus		P.M.			
Peroneus longus		Asst.		P.M.	
Peroneus brevis		Asst.		P.M.	
Flexor digitorum longus		Asst.	Asst.		P.M.*
Flexor hallucis longus		Asst.	Asst.		P.M.+
Tibialis posterior		Asst.	P.M.		

P.M. = 주동근 Asst. = 보조근 *2번째에서 5번째 발가락만 + 엄지발가락만

(navicular bone) 결절의 위치에 따라 판정하는 파이스 선(Feiss line) 검사로 1, 2, 3도 변형을 측정할 수 있다.

② 외반족 (talipes valgus)

후경골근 및 족저의 고유근의 마비로 생기고 장비골근의 구축으로도 나타나는 변형으로 발이 외반된 위치로 되는 변형이다. 발의 외반(pes valgus)은 거의 영구적인 발의 회내-외반변형, 체중이 내측중족궁과 횡궁을 감소시키는 작용을 한다. 몇 단계로 구분되며 마지막 단계는 편평족(pes planus) 혹은 구조적이며 고착된 편평발(flat foot)이라 한다.

③ 내반족 (talipes varus)

태내에서 체위이상, 비골근의 마비 등으로 발이 내반된 위치로 되는 변형이다. 발의 내반(pes varus : clubfoot)은 거의 영구적인 발의 회외-내반 변형, 체중이 발의 외측에 전달되어 발의 내측연이 바닥에서 떨어진다.

④ 찹족 (talipes equinus)

찹족(pes equinus)은 발 뒷꿈치가 지면에 닿지 않고 발의 모지구(ball)로 걷는다. 흔히 볼 수 있는 발의 기형이다. 발이 저축굴곡(plantar flexion)된 상태의 변형으로 그 원인은 선천적인 경우와 병적인 경우가 있다.

병적인 경우는 전경골근(pretibial muscle)이나 기타 배측굴곡근(dorsiflexors)의 약화나 마비로 발생된다. 또한 비복근(gastrocnemius)이나 가자미근(soleus) 등의 과도한 근긴장이나 구축으로도 생긴다. 내반기형을 동반하는 경우가 많으며 이때의 변형을 내반찹족(talipes equinovarus)이라고 한다.

⑤ 종족 (talipes calcaneus)

종족, 구족(pes calcaneus)은 뒤꿈치로 걸으며 지면에 전족부가 닿지 않는다. 종족은 발의 배측굴곡(dorsiflexion) 기형으로 비복근, 가자미근 또는 장비골근(peroneus longus)의 마비나 약화에 의해 주로 형성된다.

또한 배측굴곡근(dorsiflexors)의 과도한 긴장이나 구축으로도 형성될 수 있다. 대개의 경우 외반 변형을 수반하여 외반종족 변형(talipes calcaneovalgus)을 형성한다.

⑥ 요족 (pes cavus, claw foot)

종족궁이 너무 높거나 혹은 발바닥이 움푹하게 들어간 것

위의 2개 변형이 합쳐져 종외반(calcaneovalgus), 첨내반(equinovarus), 첨요족(equinocavus) 같은 변형이 일어날 수 있다.

⑦ 무지 외반(hallux valgus)

중족지절관절(MTP)에서 엄지발가락이 외측편위가 되는 경우이다. 이러한 상태는 발가락 관절의 내측에서 종종 활액낭의 염증이나 건막류를 일으킬 수 있다.

⑧ 갈퀴 발가락(claw toe, cock up toe)

근위지절관절(PIP)과 원위지절관절(DIP)의 굴곡상태의 변형을 형성한다.

⑨ 망치 발가락(hammer toe)

중족지절관절(MTP)의 과신전과 근위지절관절(PIP)과 원위지절관절(DIP)의 굴곡상태의 변형을 형성한다.

(2) 신경손상

① 종비골신경(common peroneal nerve) 손상

종비골신경 손상은 좌골신경이나 천골신경총의 손상의 일부분으로 나타날 수 있으며 또는 슬와나 비골경부 주위에서 개별손상으로 나타날 수도 있다.

골절이나 탈구 또는 인대파열에 의해 신경이 손상받는 경우가 있으며, 골절고정을 위한 하퇴부 cast에 의해 압박되어 손상이 발생되기도 한다.

종비골신경이 손상되면 발목관절의 신근과 외전근이 마비되어 발목관절의 배측굴곡(dorsiflexion)이 불가능하여 족하수(foot drop)를 초래한다.

또한 발의 외반(eversion)이 안되고 발가락의 신전도 불가능하게 된다. 보행시에는 발끝과 외측면을 끌면서 발 끝이 먼저 땅에 닿는 계상보행(steppage gait)이 나타난다.

② 경골신경(tibial nerve) 손상

경골신경은 좌골신경(sciatic nerve)의 내측부를 형성하며, 슬와의 상부에서 좌골신경으로부터 갈라져서 하퇴의 후측을 수직으로 하행하여 경골의 내과(medial malleolus) 하부에 도달하고 여기서 내측 족저신경(med. plantar nerve)과 외측 족저신경(lat. plantar nerve)으로 갈라져 발가락 쪽으로 향해서 주행한다.

경골신경 손상은 심부에 위치하기 때문에 종비골신경에 비해서 손상이 적은 편이다.

경골신경이 손상되면 발의 굴곡, 내전 또는 내반(inversion) 등의 운동이 불가능하며 발가락의 굴곡, 외전 및 내전운동 등도 불가능하게 된다.

경골신경마비는 신근 또는 배측굴곡근의 길항작용으로 취족(claw foot)을 초래하고 경골 족근관절(tibiotarsal articulation)의 섬유조직의 증식에 의해서 발목의 변형을 초래한다.

③ 발의 통증

Calliet, R은 발이 정상이라고 할 수 있는 기준으로 다음과 같은 몇 가지를 들고 있다.

- 아픔이 없어야 한다.
- 근력이 균형을 이루어야 한다.
- 근구축(contracture)이 없어야 한다.
- 발뒤꿈치는 중앙에 있어야 한다.
- 발가락은 곧고 운동성이 있어야 한다.
- 걸거나 서 있는 동안 체중부하는 3점 부하가 되어야 한다.

발의 통증을 호소하는 대부분은 연부조직(근육, 인대, 건, 신경, 혈관 등)의 병변에서 기인되며 외상이나 스트레스의 결과로 나타난다.

발의 통증을 호소하는 경우 대표적인 것이 발의 염좌(strain)이다. 염좌의 초기 증상은 통증이며, 이는 인대 · 건 · 장딴지 근육 등에서 나타나며, 압통이 있고 염증조직을 촉진할 수 있다.

발의 염좌를 일으키는 기전을 설명해보면 스트레스는 발의 구조에 영향을 주어 부정렬(malalignment)이 된다.

- 경골(tibia)에 의해 거골(talus)에 체중이 부하되면
- 거골(talus)은 앞쪽 및 안쪽으로 미끄러져 종골(calcaneus)에 힘이 가해지고 종골(calcaneus)은 외반되며 뒤쪽으로 회전된다.
- 그러면 종궁(longitudinal arch)이 커지고 족저근막(plantar fascia)에 스트레스(strain)를 주게 된다.
- 약간 회전된 종골(calcaneus)은 주상골(navicular bone)을 압박시켜
- 종주인대(calcaeonavicular ligament; spring ligament)를 당기게 되어 긴장되고 이에 따라
- 내측 측부인대(medial collateral ligament)와 거종인대(talocalcaneal ligament)가 연이어 스트레인(strain)을 받게 된다.

10

머리, 목, 체간 (Head, Neck, Trunk)

◆ 학습 목표 ◆

1. 경추, 흉추, 요추에서 발생하는 운동을 설명할 수 있다.
2. 추간판과 척추 후관절의 구조 및 기능을 설명할 수 있다.
3. 각 자세 변화에 따른 추간판 압력을 설명할 수 있다.
4. 호흡과 몸통 운동에 간여하는 근육을 설명할 수 있다.
5. SLR시 요천추부에서 일어나는 운동을 설명할 수 있다.
6. 척추의 힘쌍에 의한 동작을 설명할 수 있다.
7. 몸통 근육 마비시 보상방법의 기전을 설명할 수 있다.

1. 머리, 목, 체간의 개요

척추·늑골·턱은 다양한 목적을 가지고 있으며, 흔히 다음과 같은 기능을 동시에 수행해야 한다. 장기보호(척수, 내장): 호흡, 저작, 삼키기와 같은 생명력 유지에 필요한 기능: 중력에 대한 몸통, 머리, 팔의 지지기능: 상지와 하지간의 힘의 전달: 손의 기능, 이행작용, 충격흡수, 모든 방향으로의 운동성을 부여한다. 척주의 후부는 척수보호, 운동의 유도 및 제한, 돌기에 의한 몸통과 사지근육의 지레를 증가시키는 기능이 있다.

(1) 척주의 정상만곡

뒤쪽에서 볼 때 정상적인 척추는 수직이다. 이러한 배열은 체간을 굴곡하더라도 그대로 유지된다. 옆쪽에서 보면 정상적으로 측성 압박에 의해 저항력이 증가하는 전후 생리적 만곡을 나타낸다(Kapandji, 1974). 출생시 척주는 뒤로 볼록한 단순 만곡이다. 어린 아이가 엎드린 상태에서 고개를 들고 앉는 능력이 생기면서부터 경추가 전방으로 볼록하게 만곡이 형성된다. 아이가 서고 걷기 시작하면서 요추는 장골근의 장력 때문에 전방으로 볼록하게 만곡이 형성된다(Cailliet, 1981). 10세 가량에서 생리적 만곡은 3개의 만곡이 나타나는 성인에 유사하게 된다(Kapandji, 1974): 경추(후방으로 오목), 흉추(후방으로 볼록), 요추(후방으로 오목). 머리카 만곡 위의 모든 분절의 중심은 모든 3개 만곡의 오목한 쪽으로 떨어진다(그림 10-1).

선 자세에서 요추 만곡은 정상적으로 척추전만을 나타낸다. 앉은 자세에서 골반과 천

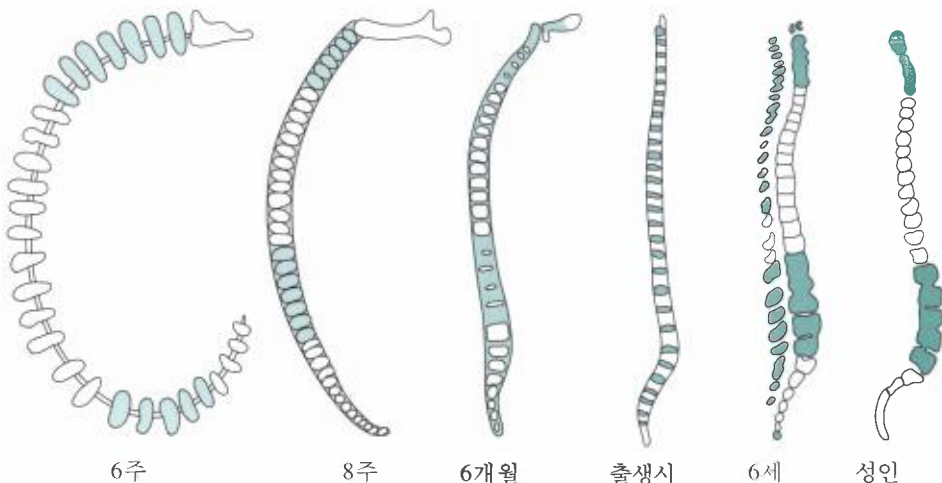


그림 10-1. 태생기와 성인에 있어서 척주만곡의 변화(by Arey)

추는 후방으로 회전하고 요추만곡은 감소된다.

정상적인 사람이 서서 천천히 HAT를 굴곡할 때 극돌기를 측면에서 관찰하면 편평한 부분이나 각진 부분이 없이 후방으로 볼록함을 나타낸다. 대칭이 아니거나 편평한 부위 혹은 각이 나타나면 이것은 골격의 변위를 의미한다. 비록 이러한 변위가 비정상적일지라도 배부통이나 기능장애가 필연적으로 나타나는 것은 아니다.

2. 척주의 구조

(1) 척주(Vertebral column)

척주는 체간의 뒤쪽을 따라 내려가는 골격으로, 32~35(26)개의 추골(vertebrae)과 각 추골 사이에 끼어 있는 추간원판(intervertebral discs)이 겹쳐져 이루어진다(그림 10-2).

척주의 중요한 역할은 두부 체간을 지지하는 것과 운동 그리고 연수를 포함한 척수

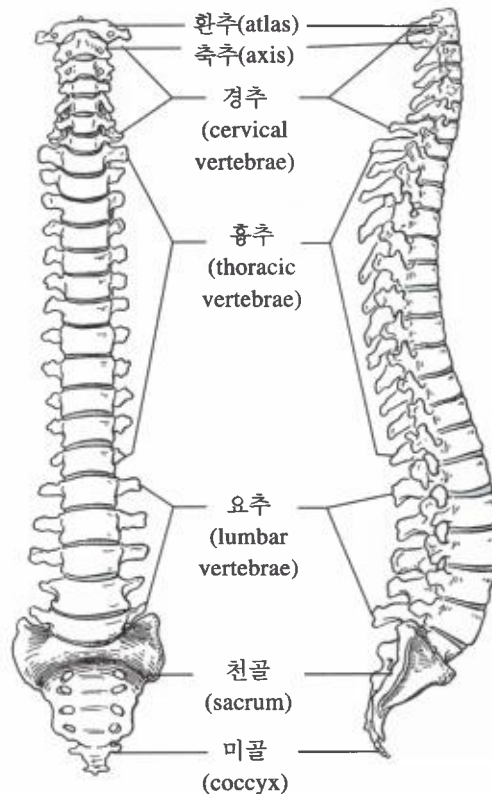


그림 10-2. 전체 척주(앞과 옆 모습)

(spinal cord)를 보호하는 것이다.

척주는 부위에 따라 다음과 같이 구분한다.

경추 — 7개 — 경부 만곡(전방)

흉추 — 12개 — 흉부 만곡(후방)

요추 — 5개 — 요부 만곡(전방)

천추 — 5(1)개 — +

미추 — 3~6(1)개 — +천미부 만곡(후방)

계 32~35(26)개

척주는 출생 전부터 후방 만곡이 존재하며, 이를 제1차 만곡이라 하고 경추 및 요추의 전방 만곡은 생후 앉게 되고, 서게 될 때에 나타나는데 이를 제2차 만곡 또는 생리적 만곡(physiologic curve)이라 한다.

경추 만곡은 무거운 두개골을 지지하는 스프링 작용이 있고, 흉부 만곡은 장기를 보호하기 위해 적합하게 되어 있고, 요부 만곡은 흉부 이상의 체간과 두개의 중량을 지지하기 위해 추골 자체도 클 뿐 아니라 스프링 역할도 하고 있다. 천미부 만곡은 골반 내용에 대응하는 적절한 형으로 되어 있다.

그러나 비정상적으로 후방으로 만곡되는 것은 후만증(kyphosis), 전방으로 구부러지는 것을 전만증(lordosis)이라 하고, 좌우 측방으로 구부러지는 것을 측만증(scoliosis)이라고 한다.

① 추골의 구조

추골은 부위에 따라 그 구조의 차이가 있으나, 일반적으로 보면 추체(vertebral body)와 이를 뒤쪽에서 에워싸고 있는 추궁(vertebral arch)으로 되어 있다.

추체는 원주형으로 되어 있고, 상하면은 편평하고, 추간원판과 인접되어 있다. 추궁은 추체의 뒷부분에서 척수가 지나가는 추공을 싸고 있으며, 3종의 돌기가 있는데 각각 한 쌍의 상하 관절돌기(articular processes), 좌우로는 한 쌍의 횡돌기(transverse processes)와 정중선에서 극돌기(spinous process)가 있다(그림 10-3, 4).

추골간의 연접은 추체간의 추간원판과 상하 관절돌기의 척추후관절(좌우 한 쌍)의 세 개 부분으로 되어있다.

② 인대(ligament)

추골을 연결하는 인대에는 추체의 앞, 뒷면에 세로로 잇는 전 및 후종인대(anterior

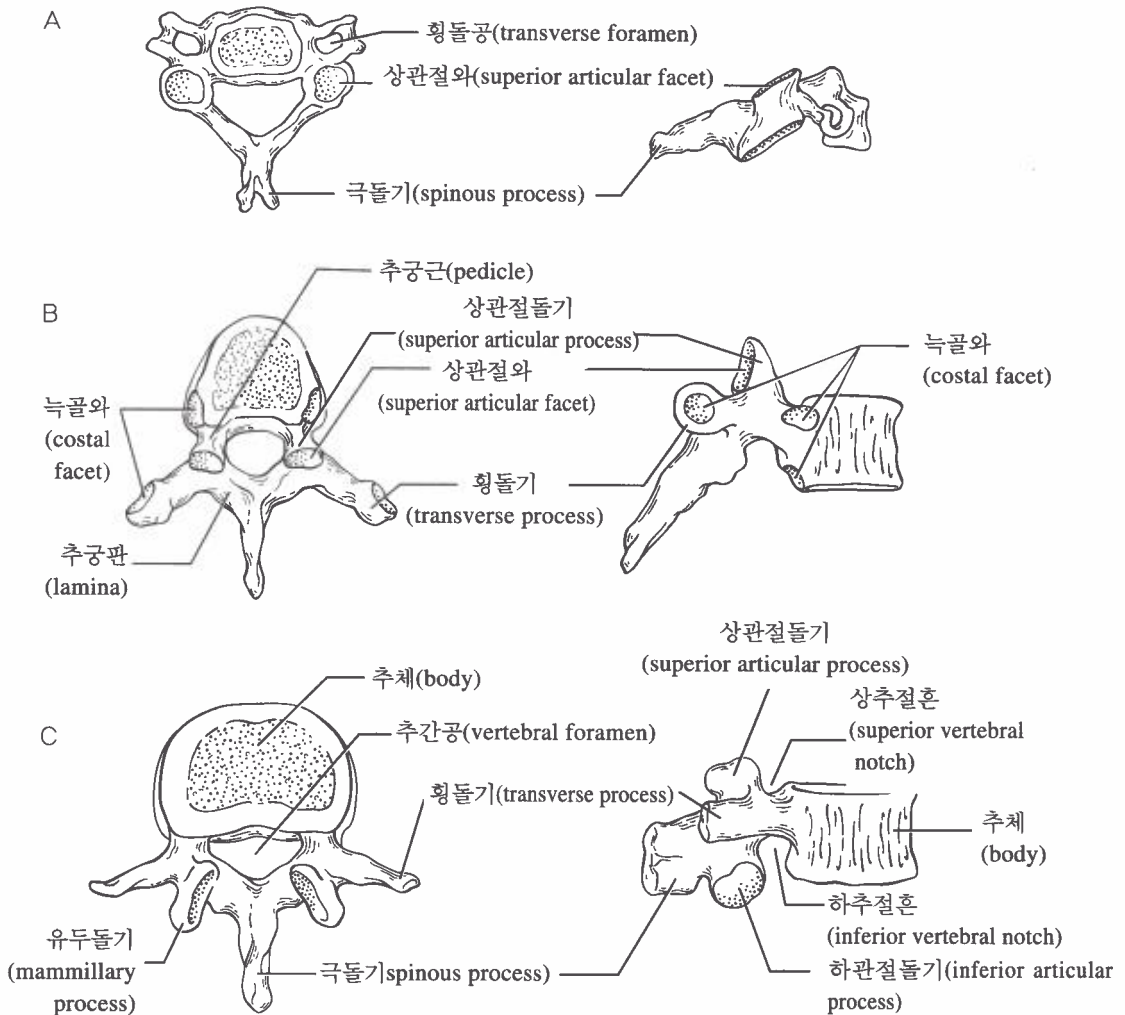


그림 10-3. 경부(A), 흉부(B) 및 요부(C)의 대표적인 추골의 상부 모습(왼쪽)과 외측 모습(오른쪽)

and posterior longitudinal ligament), 추궁간을 잇는 횡인대(yellow ligament), 극돌기 끝을 잇는 극상인대(supraspinous ligament), 상하 극돌기간의 얇은 인대인 극간인대 및 후두골과 제7경추의 극돌기를 연결하는 항인대(nuchal ligament)가 있다(그림 10-5).

③ 추간원판 (intervertebral disks)

추간원판은 추체간에 위치한 탄력있는 섬유연골이다. 성인에서는 경추에서 요추까지

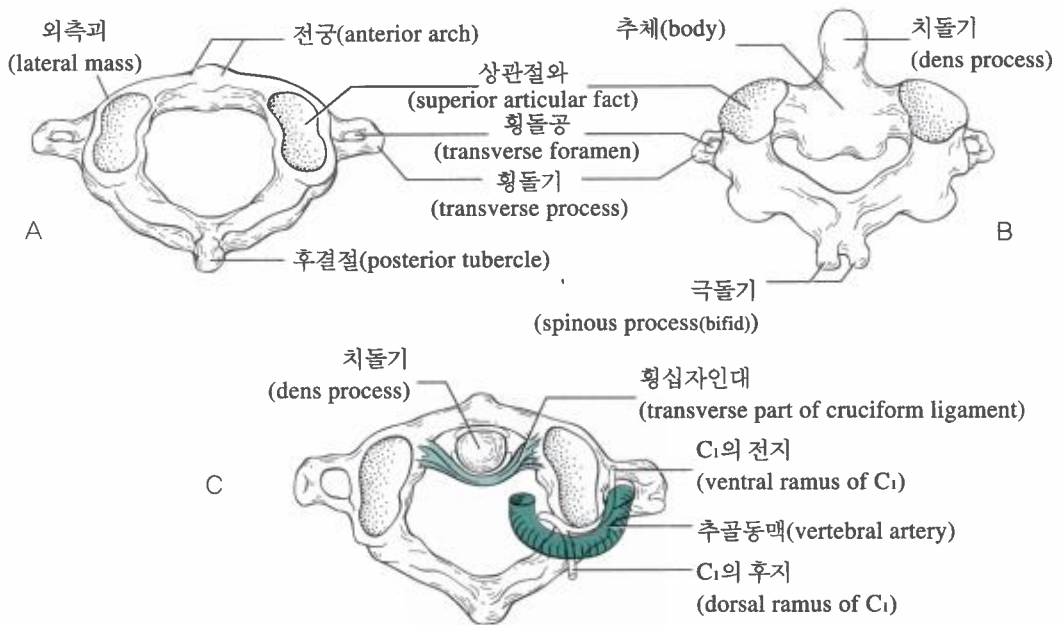


그림 10-4. 환추(A)와 축추(B)의 후상부(C) 모습

환축관절의 상부 모습. 추골동맥이 추간공을 나와 통과할 때 오른쪽에서의 그의 경로(왼쪽에서는 포함되지 않음)를 주목하라. 두개골저에서 상부로는 대후두공으로 연속된다.

23개의 추간원판이 있다. 추간원판은 척주의 운동시 완충작용을 하고 있다. 추간원판의 주위 부분을 섬유륜(anulus fibrosus)이라 한다(그림 10-6).

추간원판의 두께는 척추 길이의 약 1/4이며, 경추간 및 요추간 원판은 비교적 두껍고 흉추간 원판은 얇게 되어 있다.

성인의 추간원판에는 혈관과 신경이 분포되어 있지 않다. 추간원판에 가해지는 압력의 3/4은 수핵이, 1/4은 섬유륜에서 부담되고 있으며, 수직의 압력뿐만 아니라 체간의 굴곡이나 회전시에도 여러 방향에서의 압력이 가해지고 있다. 수핵의 주성분(80%)은 수분으로 되어 있어 움직임에 따라 쿠션과 같이 탄력성 있게 반응한다.

추간원판 중에서 4요추와 제5요추간 및 제5요추와 제1천추간의 추간원판은 무게가 많이 걸리면서도 그 움직임이 크다.

그러므로 심한 운동이나 수핵의 변성이 발생되면 구조적으로 약한 부분의 섬유륜을 뚫고 수핵이 밀려나가게 된다. 이 탈출된 수핵은 척주관에서 척수신경을 자극하기 때문에 요통과 아울러 신경의 압박증상이 나타난다. 이를 추간판 탈출증(herniated nucleus pulposus, HNP)이라고 한다.

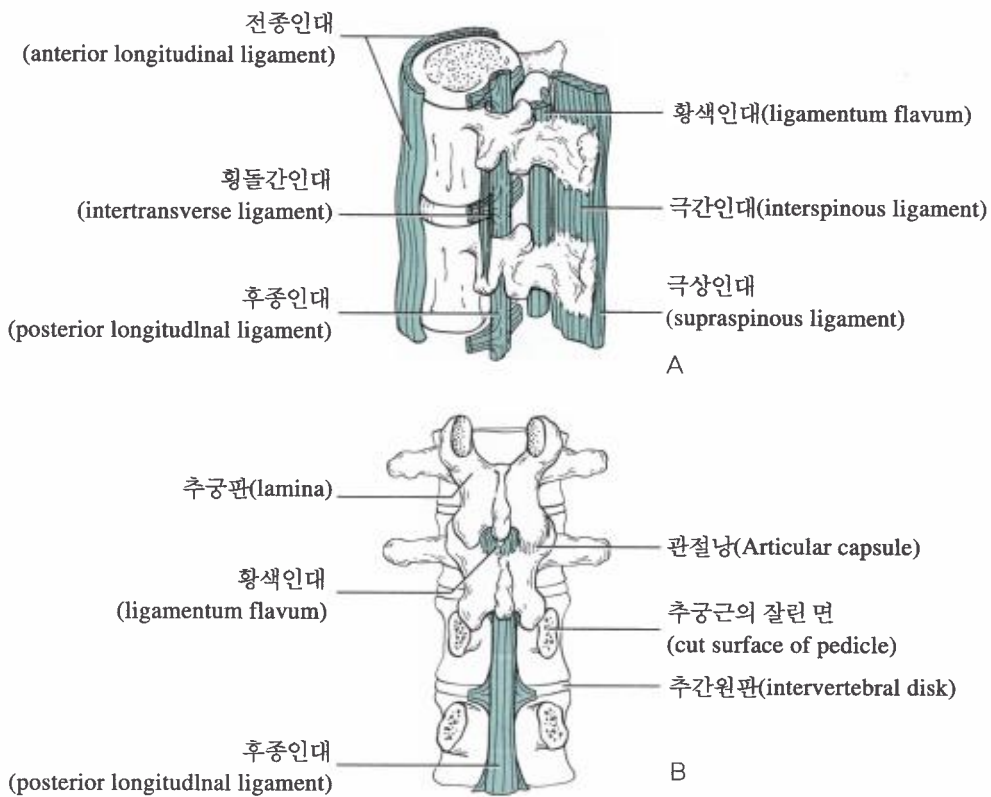


그림 10-5. 척주의 주요 인대 A. 후외측 B. 하위척주에서 추궁근을 잘라버린 후면 모습으로 후종인대를 노출시켰다.

이 탈출증이 생기기 쉬운 부위는 움직임이 많이 일어나는 제4, 5요추간과 제5요추와 제1천추간이다.

④ 관절 (articulation)

척주의 운동에 관여하는 구조는 인접한 두 척추, 3개의 추간관절, 추간원판의 연부조직, 횡인대와 척추간인대, 척추후관절의 관절낭으로 구성된다(White, Panjabi, 1978). 추간원판과 양측 척추후관절은 한 관절의 운동이 항상 다른 두 관절에 운동을 일으키는 삼각관계를 형성하고 있다. 대부분의 척추관절은 6자유도가 허용된다. 즉 이들은 전, 후방 굽힘(굴곡-신전), 외측굽힘(외측굴곡), 회전, 전, 후전단, 외측전단, 이간-압축의 운동이 있다. 생체역학적으로 척추의 뼈와 인대는 전, 후 두 부분으로 구분된다. 전부(anterior)는 기본적으로 체중지지 기능이고 후부는 운동을 조절하는 기능이 있다.

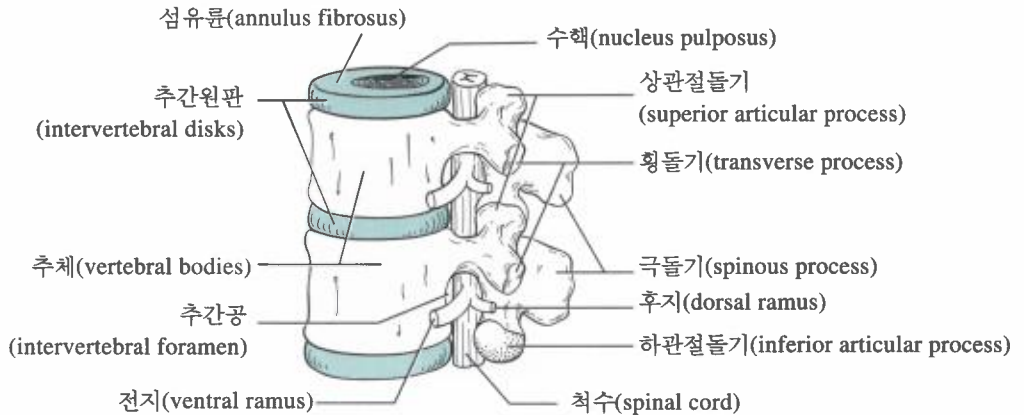


그림 10-6. 척주 요부분절의 외측면(어느 정도 상면)

추간공 내에 있는 척수신경(명칭이 붙지 않음)의 위치에 주목하라. 척주의 인대들이 포함되지 않았다.

3. 척주의 운동

두개골에서 천골까지의 척주 전체로서 일어나는 운동은 제3의 운동자유도를 가지고 있어 굴곡과 신전, 측면 굴곡 및 회전운동이 일어난다.

굴곡(전면 굴곡)은 경부가 60°, 흉요부가 45° 도합 105°의 운동이 일어나고 신전(후면 굴곡)은 경부가 50°, 흉요부가 30°로 도합 80°의 운동이 일어난다. 이 각도는 개인에 따라 큰 차이를 보이고 젊은이가 가동성이 크고, 노년으로 갈수록 유연성이 없어지면서 가동성의 저하를 가져온다.

측면굴곡은 경부가 좌우 50°씩, 흉요부가 좌우 50°씩, 전체로서의 측면굴곡은 100°의 운동성이 있다.

회전은 경부가 좌우 70°씩, 흉요부가 좌우 40°씩 전체로서의 회전은 110°의 운동성이 있다.

Wells와 Luttgens은 척주의 안정성이나 운동성에 영향을 주는 몇 가지 인자를 지적하였다.

- 추간판이나 척주인대에 가해지는 압박 또는 긴장성 스트레스
- 척주의 전후만곡(생리적 만곡)
- 추간판의 모양과 두께
- 인대의 굵기와 강도
- 척추관절면의 방향 및 경사각도

- 극돌기의 크기와 경사 각도
- 늑골과 흉추와의 관절결합

척주운동을 일으키는 근육을 그룹별로 대별하면 다음과 같다.

(1) 굴곡근 (그림 10-7)

- ① 복부그룹(abdominal group : rectus abdominal, external oblique, internal oblique)
- ② 흉쇄유돌근(sternocleidomastoid)
- ③ 사각근(3 scaleni)
- ④ 전추골그룹(prevertebral group : longus colli, longus capitis, rectus capitis anterior, rectus capitis lateralis)

(2) 신전근 (그림 10-8, 9)

- ① 심부 후척추근 그룹(deep posterior spinal group : intertransversarii, interspinales, rotatores, multifidus)
- ② 반곡근 그룹(semispinalis group : semispinalis thoracis, semispinalis cervicis, semispinalis capitis)
- ③ 척추 기립근 그룹(erector spinae group : iliocostalis lumborum, iliocostalis thoracis, iliocostalis capitis, spinalis thoracis, spinalis cervicis, spinalis capitis)

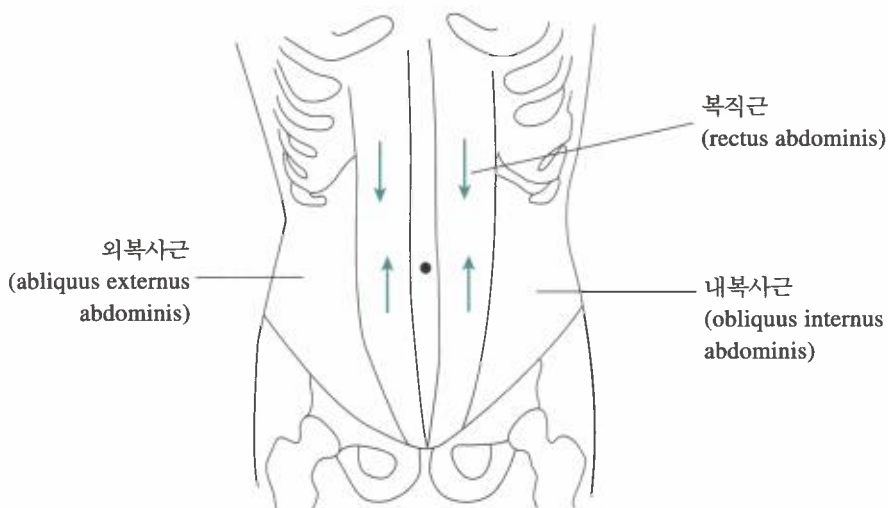


그림 10-7. 체간굴곡근(복직근)

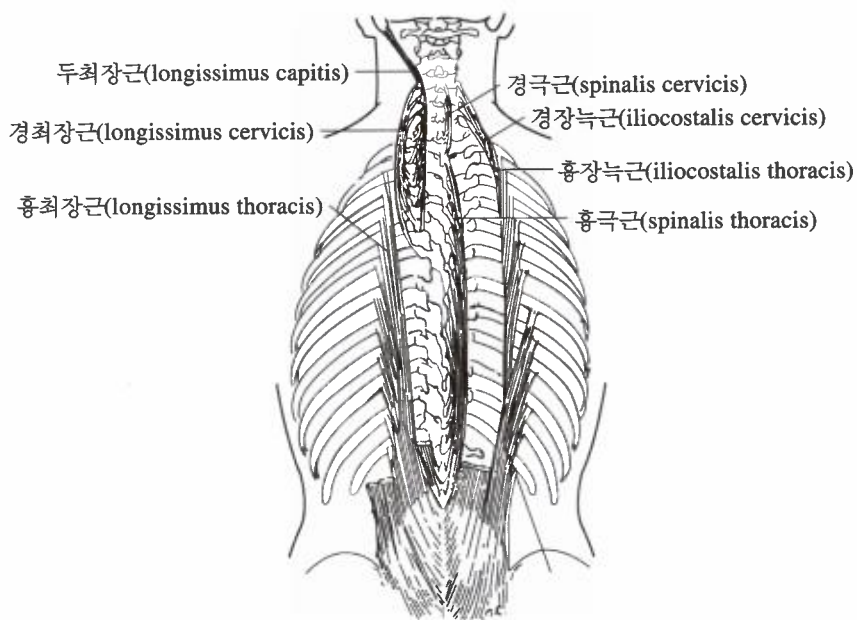


그림 10-8. 척추기립근(천근)

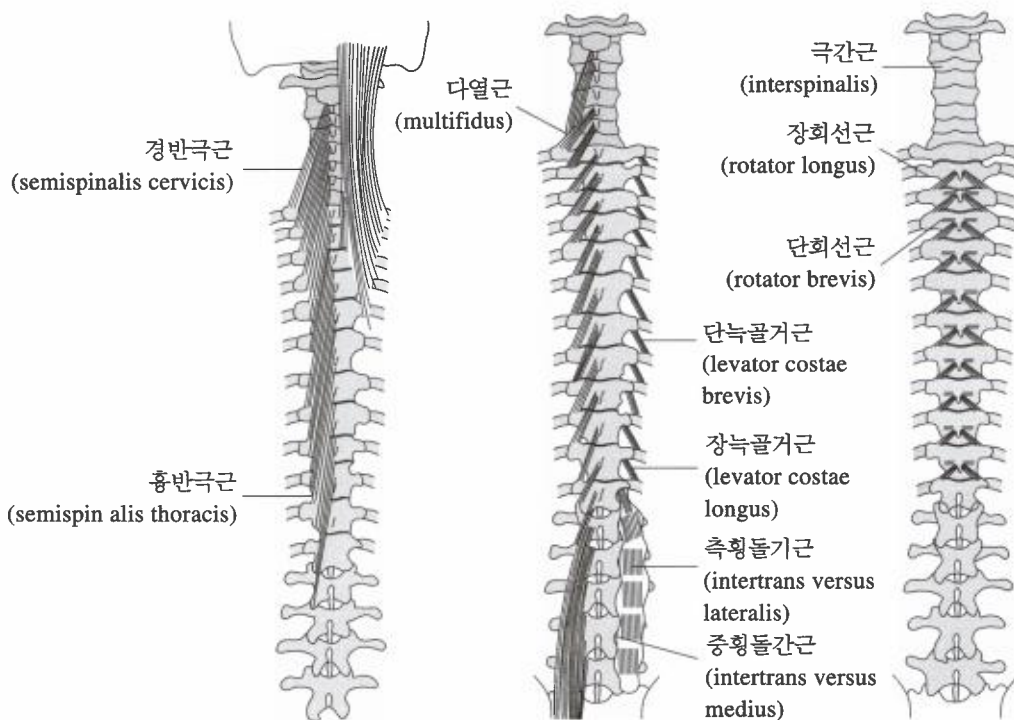


그림 10-9. 척추기립근(심근)

④ 하후두근 그룹(suboccipital group)

(3) 순수한 외측 굴곡근

① quadratus lumborum

4. 두경부의 구조와 운동

(1) 경추의 구조

경추는 7개의 추골로 구성되며 제1 및 제2경추 이외의 경추는 추골의 일반적인 형태로 되어있다.

제1경추는 환추(atlas)라 하며, 후두골과 관절하여 끄덕이는 전후운동(nodding movement)을 하고, 제2경추의 치돌기(dens)와 함께 그 주위를 회전한다.

제2경추를 축추(axis)라 하는데, 추체의 상방에 치돌기(dens, odontoid process)가 있어 환추와 관절하고 있는데, 제2경추는 두개골 회전운동에 관여한다.

그리고 제7경추의 극돌기는 매우 길어 융추(vertebra prominens)라 하고, 임상적으로 추골의 위치를 알아보기 좋게 되어 있다.

(2) 경추관절

① 환추후두관절(atlanto-occipital joint)

환추의 상관절와와 후두골 사이의 과상관절이며 환추와 후두골을 연결하는 인대와 같은 역할을 하는 막이 있다. 이 막은 환추 전궁과 대후두공 전연 사이의 전환추 후두막(anterior atlanto-occipital membranes)과 환추 후궁과 대후두공 후연 사이의 후환추 후두막이다(그림 10-10).

② 환축관절(atlantoaxial joint)

환추의 전궁과 치돌기 사이의 정중 환축관절과 관절돌기 간에 이루어지는 외측 환축관절이 있다.

이 관절을 보강하고 있는 인대는 환추 횡인대(transverse ligament), 익상인대(alar ligament), 환추 십자인대(atlas cruciate ligament), 개막(tectorial membrane) 및 항인대(nuchal ligament) 등이다(그림 10-11).

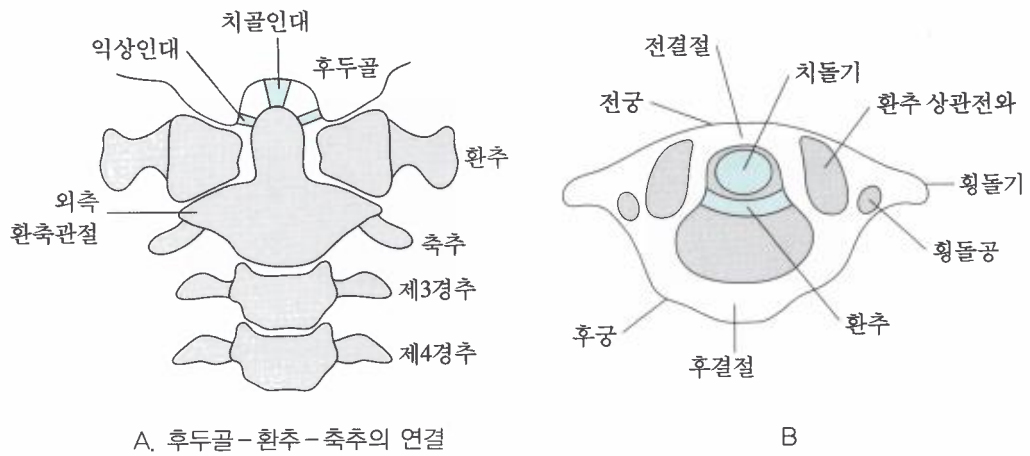


그림 10-10. 경추관절

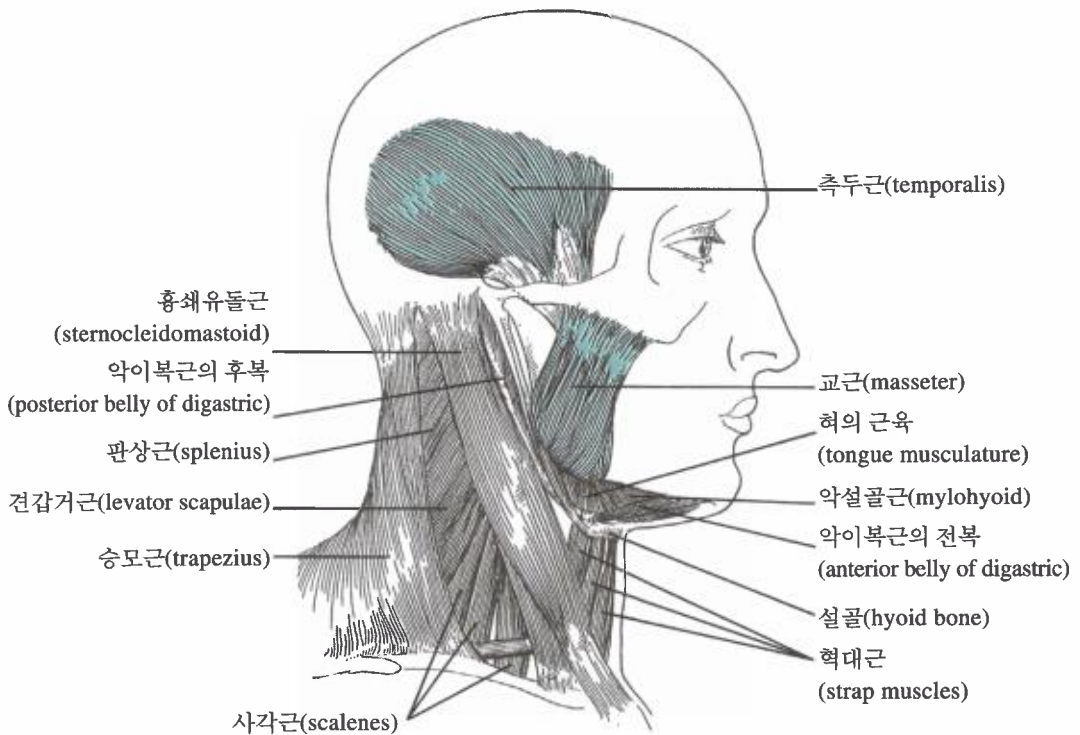


그림 10-11. 목의 근육과 저작근

(3) 두경부의 근육

- ① 설골근(표 10-1)
- ② 전추골근(표 10-2)
- ③ 외측 추골근(사각근, 표 10-3)
- ④ 심배근(판상근, 표 10-4)
- ⑤ 후두하근(표 10-5)

표 10-1. 설골근의 요약

근육	기시	정지	신경지배	작용
악이복근 (digastricus)	후복-측두골 유돌절흔 전복-하악골 이복근와	전·후복은 중간 견에서 합치고 설 골대각에 부착	전복-하악신경 후복-안면신경	• 하악골을 고정하면 설골을 위로 당긴다. • 설골을 고정하면 하악골을 밑으로 당김
경돌설골근 (stylohyoideus)	경상돌기	설골	안면신경	• 설골을 후상방으로 당긴다.
악설골근 (mylohyoideus)	하악골 악설 골근 선	악설골근 봉선과 설골	하악신경	• 설골을 위로 당김 • 설골을 고정하면 하악골을 밑으로 당김
이설골근 (geniohyoideus)	하악골 이설 골근극	설골	설하신경	• 설골을 앞으로 당긴다. • 설골을 고정하면 하악골을 위로 당김
흉골설골근 (sternohyoideus)	흉골병 후면	설골체 하연	경신경	• 설골을 밑으로 당김
견갑설골근 (omohyoideus)	하복-견갑골 상연 상복-중심견	중심견, 설골체 하연	경신경	• 설골을 후하방으로 당긴다. • 갑상연골을 밑으로 당긴다.
흉골갑상근 (sternohyoideus)	흉골병 후면	설골대각	경신경	• 설골을 밑으로 당긴다.
갑상설골근 (thyrohyoideus)	갑상연골		경신경	• 설골을 고정하면 갑상연골을 위로 당김

표 10-2. 전추골근의 요약

근육	기시	정지	신경지배	작용
경장근 (longus colli)	연직부-제1~3 흉 추체 및 제 7~5 경추체 상사부-제5~3경 추 횡돌기 하사부-제1~3 흉 추체	연직부-제2~4경추 체 상사부-환추전결절 하사부-제5~6	경신경	경부의 굴곡과 경추를 약간 회전시킨다.
두장근 (longus capitis)	제3~6경추 횡돌 기전 결절	후두골 인두결절	경신경	두부의 굴곡
전두직근 (rectus capitis) anterior	환추 외측과	대공의 앞쪽	후두하신경	두부의 굴곡
외측두직근 (rectus capitis lateralis)	환추 횡돌기	후두과의 앞쪽	후두하신경	두부를 외측으 로 굴곡

표 10-3. 외측 추골근(사각근)의 요약

근육	기시	정지	신경지배	작용
전사각근 (scalenus anterior)	제3~6경추 횡돌기	제1늑골 전사각근 결절	경신경	늑골을 위로 당겨 흉강을 넓힌다.
중사각근 (scalenus medius)	제1~7경추 횡돌기	제1늑골 쇄골하동 맥구의 전방	경신경	늑골을 고정하면 경추를 앞으로 굽힌다.
후사각근 (scalenus posterior)	제4~6경추 횡돌기	제2늑골	경신경	한쪽만 작용 하면 그쪽으 로 회전한다.

⑥ 흉쇄유돌근(sternocleidomastoideus)

- 기시 : 흉골단 상면, 쇄골의 흉골단
- 정지 : 유양돌기 및 후두골의 상항선 외측부
- 신경지배 : 부신경 및 경신경(C 2~3)

표 10-4. 심배근(판상근)의 요약

근육	기시	정지	신경지배	작용
두판상근 (splenius capitis)	항인대, 제7경추와 제1~3흉추극돌기	후두골 상항선	척수신경 후지	한쪽만 작용하 면 안면을 그 쪽으로 돌린다.
경판상근 (splenius cervicis)	제3~6흉추극돌기	제1~3경 추횡돌기	척수신경 후지	양측이 동시 에 작용하면 두경부를 신 전한다.

표 10-5. 후두하근의 요약

근육	기시	정지	신경지배	작용
상두사근 (O. capitis superior)	환추횡돌기	후두골 하항선 의 외측 끝	후두하신경	신전
소후두지근 (R.C. posterior minor)	환추후결절	후두골 하항선 의 외측 끝	후두하신경	신전
대후두지근 (R.C. posterior major)	축추극돌기	후두골 하항선	후두하신경	신전, 외측으 로 굴곡
하두사근 (O. capitis inferior)	축추극돌기	환추횡돌기	후두하신경	회전(자기 쪽 으로)

- 작용 : 양측 작용시 경부굴곡. 편측 작용시 경부회전 및 굴곡

(4) 경추운동 분석

경추운동의 주동근 및 보조근의 역할은 표 10-6에 기술하였다.

① 운동 분석

경추는 자세유지와 운동의 두 가지 기능을 갖고 있으며 머리를 지지하면서 척추 중 운동범위가 가장 큰 관절이라 할 수 있다.

환추 후두관절과 환축관절을 제외한 다른 경추관절은 다른 척추관절과 유사한 기능

표 10-6. 경추운동의 주동근 및 보조근 분석

경추운동	굴곡	신전	외측굴곡	같은쪽으로 회전	반대쪽으로 회전
sternocleidomastoid	P.M.		P.M.		P.M.
3 scalmi	Asst.		P.M.		
(prevertebral group)	P.M.		Asst.	P.M.	
longus colli, longus capitis, rectus capitis anterior, rectus capitis lateralis		P.M.	P.M.	P.M.	
splenius capitis and splenius cervicis (erector spinae group)		P.M.	P.M.	P.M.	P.M.
iliocostalis cervicis, longissimus cervicis, longissimus capitis, spinalis cervicis		P.M.	P.M.		
semispinalis cervicis semispinalis capitis (deep posterior spinal group)					
intertransversarii		P.M.	P.M.		
interspinales		P.M.			
rotatores		P.M.		Asst.	
multifidus		P.M.	P.M.		P.M.
suboccipital group		Asst.	Asst.		P.M.

과 구조로 되어 있다. 즉, 전반부에서는 체중지지(weight-bearing)와 충격 흡수(shock-absorbing)의 기능이 있고 후반부에서는 미끄러짐(guiding-gliding) 기능이 있다.

주로 추간판(intervertebral disk)이며 해부학적 설명은 앞에서 기술하였다.

요추의 추체는 평편하며 추간판도 일정한 두께로 되어 있어 수핵이 중심에 위치하고 있으나 경추는 추체가 요철면으로 되어 있어 추간판의 두께가 앞쪽이 두껍게 되어 있어 수핵이 주로 앞쪽에 위치하고 있다.

그러므로 경추에서는 추간판의 높이가 앞쪽에서 뒤쪽과 비교하여 두 배 정도가 높으며 이로써 옆에서 볼 경우 추간판이 wedge 모양으로 되어 있다. 이러한 추간판핵의 모양으로 경추의 만곡이 다른 척추보다 더 증가되어 있다.

경추관절의 후반부는 두 개의 아치와 두 개의 횡돌기 그리고 한 개의 극돌기와 한 쌍의 관절면으로 되어 있다. 후반부 관절은 'facets' 이라 하고 활액막이 있으며 활액에 의해 윤활작용을 하는 진성관절(true joint)이다. 그래서 이 관절을 '골돌기관절

표 10-7. 상지의 신경지배

추간	신경근	반사	지배받는 근육	감각지배
C4~C5	C5	상완삼두근 건반사 (biceps reflex)	삼각근(deltoid) 상완이두근(biceps)	상완외측(lateral arm) 액와신경(axillary nerve)
C5~C6	C6	완요골근 반사(상완 이두근 건반사) brachioradialis ref- lex(biceps reflex)	수근관절신전(wrist extension) 상완이두근(biceps)	전완외측(lateral forearm) 근피신경 (musculocutaneous nerve)
C6~C7	C7	상완삼두근 건반사 (triceps reflex)	수근관절굴곡근(wrist flexors) 손가락신전(finger extension) 상완삼두근(triceps)	가운데 손가락 (middle finger)
C7~T1	C8	-	손가락굴곡 (finger flexion) 손의 내전근 (hand intrinsics)	전완내측 (medial forearm) 내측 전완피신경 (med. ant. branch cut- aneous nerve)
T1~T2	T1	-	손의 내전근 (hand intrinsics)	상완내측(medial forearm) 내측 상완피신경(med. br anch cutaneous nerve)

(apophyseal joint)’ 또는 ‘액돌기관절(zygapophyseal joint)’이라는 용어로도 표현된다.

척추에 발생하는 골관절염은 이곳에서 변성이 나타나 발생하는 것이다. 경추관절의 운동은 모든 경추관절에서 종합적으로 일어나는 운동이다.

② 상완신경총

상완신경총은 앞에서 설명하였으며 상지에서 신경지배 및 중요한 말초신경에 대한 신경학적 검사를 정리하여 설명하고자 한다(표 10-7, 8).

5. 흉추부

(1) 흉추 (Thoracic spine)

흉추는 ① 머리와 몸통을 지지하고 운동을 허용, ② 심장, 폐, 혈관 보호, ③ 호흡에

표 10-8. 상지의 중요한 말초신경

신경	근력검사	감각검사
요골신경 (radial nerve)	수근관절신전(wrist extension) 엄지손가락신전(thumb extension)	엄지와 검지 사이의 손등쪽 피부막 (dorsal web space between thumb and index finger)
척골신경 (ulnar nerve)	외전-새끼손가락(abduction little finger)	원위척골-새끼손가락 (distal ulnar aspect-little finger)
정중신경 (median nerve)	엄지손가락의 집기(thumb pinch) 엄지손가락의 대립(thumb appo- sition) 엄지 손가락의 외전(thumb abduction)	원위 요측-검지손가락(distal radial aspect-index finger)
액와신경 (axillary nerve)	삼각근(deltoid)	상완 외측 삼각근부(lateral deltoid patch on upper arm)
근피신경 (musculocutane- ous nerve)	상완이두근(biceps)	전완 외측(lateral forearm)

관여하는 관절을 제공, ④ 호흡, 몸통, 사지 근육의 부착점을 제공한다.

척추후관절면은 수직면 혹은 관상면으로 변화한다. 이 방향은 굴곡과 전방전단을 제한하고 외측굽힘을 허용한다. 그러나 늑골과 흉골이 흉추의 가능한 운동을 제한한다. 흉추의 신전은 또한 극돌기가 서로 부딪치기 때문에 제한된다. 최대신전은 흉추 만곡이 똑바로 퍼질 때까지이다. 전형적인 흉추에서 대표할 수 있는 운동범위는 전후방 굽힘은 $4\sim6^\circ$, 외측굴곡 6° , 회전 8° 이다. 하부 흉추는 늑골에 의해 별로 제한을 받지 않고 관절면은 보다 시상면에 가깝다. 추간관절 운동을 굴곡-신전과 외측굽힘이 증가하고 회전이 적어 요추의 운동과 비슷하다.

(2) 늑골관절 (Costal joints)

후방으로 흉추의 양측에 있는 늑골에 의해 두 개의 관절이 형성된다. 전형적인 2-9번째 늑골은 인접한 두 척추와 척추 사이 추간원판과 관절하여 늑추관절(costovertebral joint)을 형성한다. 반면, 비전형적인 1, 10, 11, 12번째 늑골은 단지 추체와 관절한다 1~10번째 늑골은 인접한 횡돌기와 관절하여 늑횡돌관절(costotransverse joint)을 형성한다. 이 관절들은 강한 인대에 의해 보강된다.

전방으로 2~11번째 늑골의 연골은 흉골과 활막관절을 형성한다(첫 번째 늑골은 단지

연골성 관절이다). 8~10번째 늑골의 늑연골은 위로 연골과 관절하며 11~12번째 늑골의 외측 끝은 자유롭게 떠 있다.

늑골의 거상과 하강은 늑추관절과 늑횡돌관절을 지나는 축을 통한 추축운동이다. 상부늑골의 방향은 거의 수평이고 거상운동은 늑골곽의 전방직경을 증가시킨다. 하부늑골은 아래로 약간 기울어져 있고 거상운동은 늑골곽의 횡직경을 증가시킨다. 전방직径의 증가는 다음과 같이 하면 느낄 수 있다. 한손을 흉골 상부 위에 놓고 다른 한손은 등쪽에서 상흉추 부위에 놓고 폐활량 측정 때처럼 하도록 지시한다(최대로 숨을 내쉬 후 최대한으로 들이마시게 한다). 횡직径의 변화는, 양손은 하부 늑골의 외측에 놓고 위에서처럼 지시하면 느낄 수 있다. 이 직径의 변화는 전방직径의 변화보다 크다.

호흡기능에 관여하는 것 외에도 늑골곽의 관절과 구조는 생명기관을 보호하고 흉추의 안정성에도 중요한 역할을 한다.

6. 요추 및 골반부

(1) 요추 및 골반의 구조

① 요추 (lumbar vertebrae)

다섯 개의 요추는 다른 추골보다 크며, 제5요추가 가장 크다. 횡돌기에 횡돌공이 없고 추체에 늑골와가 없어 다른 추골과 비교되며 추체는 콩팥 모양으로 전후경보다 좌우경이 길다(그림 10-12).

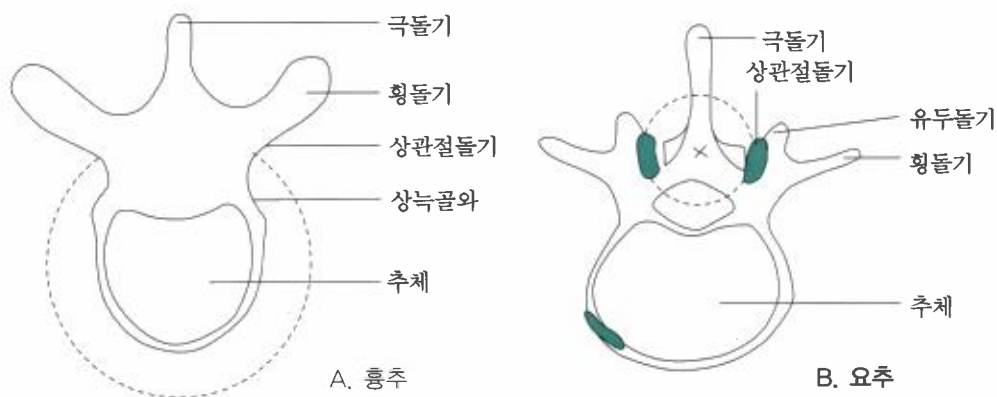


그림 10-12. 흉추와 요추의 비교(점선은 회전운동의 곡률)

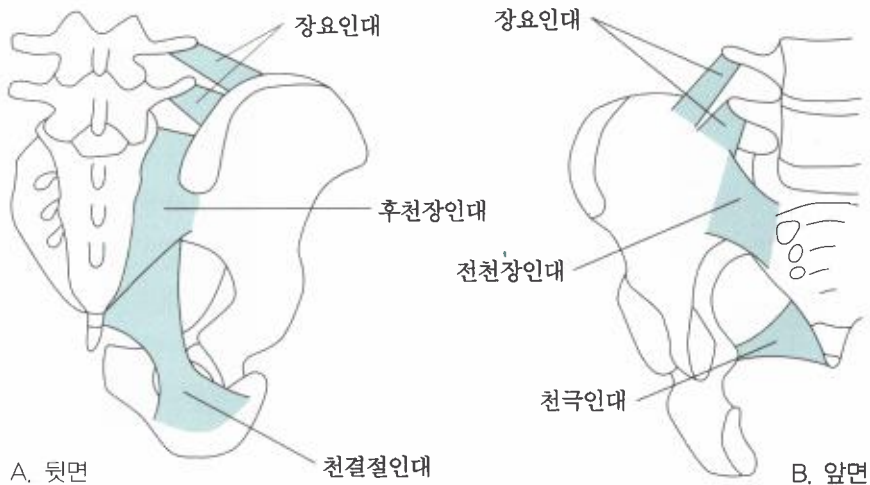


그림 10-13. 천장관절의 인대

② 천골 (sacrum)

천골은 다섯 개의 천추가 유합되어 이루어진 삼각형의 뼈이다. 상단의 천골저(sacral base)는 요추 하면과 만나고 천골저의 외측부에는 관골(hip bone)과 관절하는 이상면(auricular surface)이 있다.

천골의 아래쪽 뾰족한 곳을 천골첨(sacral apex)이라 하며, 전면에는 네 개의 횡선이 있고, 그 양단에는 전천골능(ventral sacral foramina)이 뚫려져 있다. 또한 전천골능과 맞보는 곳에 후천골능이 있다(그림 10-12)

③ 골반 (pelvis)

골반은 관골(hip bones), 천골 및 미골들로 구성되는 통 모양의 골격을 말한다. 관골은 장골(ilium), 치골(pubis) 및 좌골(ischium)의 세 뼈로 구성된다.

골반의 형태상 남녀의 차이는 현저하며, 여성의 골반은 임신·출산에 적합한 형으로 되어있어 골반측정은 산부인과학상 중요하다(그림 10-14).

④ 관절

• 관골의 움직임

태생기에서 소년기까지 연골결합을 했던 장골, 치골, 좌골은 사춘기 이후에는 골결합되어 한 개의 관골(hip bone, coxal bone)을 형성한다.

• 치골결합(symphysis pubis)

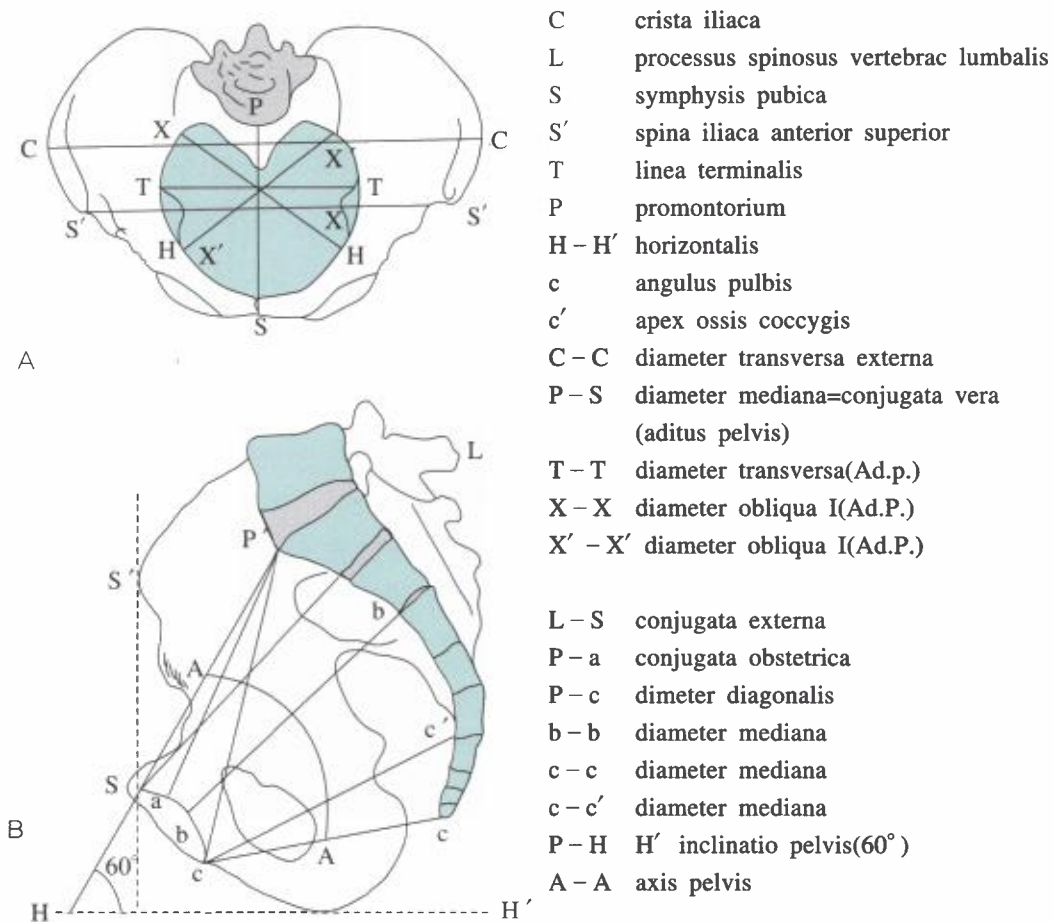


그림 10-14. 골반측정 A. 정상면, 골반의 입구에서 측정선을 나타냄 B. 정중단, 골반의 측정선을 나타냄

정중면에서 좌우의 치골이 결합하는 부분이다. 이 결합 사이에는 섬유연골인 치골간 원판(interpubic disc)이 결합되어 있고, 상 및 하 치골인대로 보강되어 있다.

• 천장관절(sacroiliac joint)

천골의 이상면과 장골의 이상면으로 만나는 관절로서 전 및 후천장인대(sacroiliac ligament)와 골간천장인대(interosseous sacroiliac ligament)로 보강되어 있다.

그 외 천골절인대는 좌골절절 · 하후장골극 · 천골 · 미골의 외측연을 연결하고 있고, 장요인대는 제4~5요추 횡돌기 및 장골능과 연결하고 있으며, 천극인대는 좌골극 및 천골하부의 미골 외측연을 연결하고 있다.

• 요추부

요추는 기능적으로 두 개의 분절(segment)로 분류하여 설명할 수 있다. 전반부는 체중 지지, 충격흡수, 운동이 나타나는 기능이 있고 후반부는 중추신경계인 척수를 보호하는 기능과 미끄러짐 유도(gliding guiding)의 기능이 있다.

척추운동은 근육에 의해 일어나지만 척추의 관절을 지지하며 관절운동과 관계있는 조직은 인대·추간판 및 연골 등으로, 이러한 조직들은 통증을 느끼는 조직과 느끼지 못하는 조직으로 분류된다.

(2) 요추 및 골반의 운동

① 요추의 운동

요추의 운동은 굴곡, 신전 및 회전운동이 있으며 굴곡이나 신전운동은 그 가동성이 크다. 또한 척추는 기능적으로 전후방으로 나누어 설명할 수 있는데, 전방은 체중의 지탱과 완충작용을 하는 반면, 후방은 운동이 일어나는 작용을 하게 된다.

요추의 굴곡운동은 각 요추 간에 따라 운동성이 다르게 된다. 즉 전체 굴곡운동성의 60~70%는 L5~S1에서, 20~25%는 L4~5에서 이루어져, L4~S1 사이에서 80~90%의 운동성을 보이고 있으며 나머지 L1~4 사이의 운동성은 전체의 5~10%만을 기여하게 된다(그림 10-15).

② 골반의 운동

골반은 골반 내에서의 운동의 가동성은 없으며 골반 전체가 골반경사(pelvic tilt, 60°)가 증가되거나 감소되는 것과 측면으로 경사를 이루는 움직임이 있고 좌우 회전운동도 일어난다. 이 골반의 움직임은 척추의 움직임과 고관절의 움직임에 의해 좌우되는 것으로 그 관계는 표 10-9와 같이 설명할 수 있다.

(3) 근육

흉·요추부의 운동에 관여하는 근육은 크게 세 가지 부위로 나누어 설명할 수 있다(그림 10-16).

첫째, 전면에는 복직근·외복사근·내복사근·복횡근 등이 있고, 둘째, 후면에는 척주기립근(장배근군) - 장늑근, 최장근, 극근(단배근군) - 반극근, 다열근, 회전근, 극간근, 횡돌간근 등이 있고, 셋째 측면에는 요방형근, 장요근이 있다.

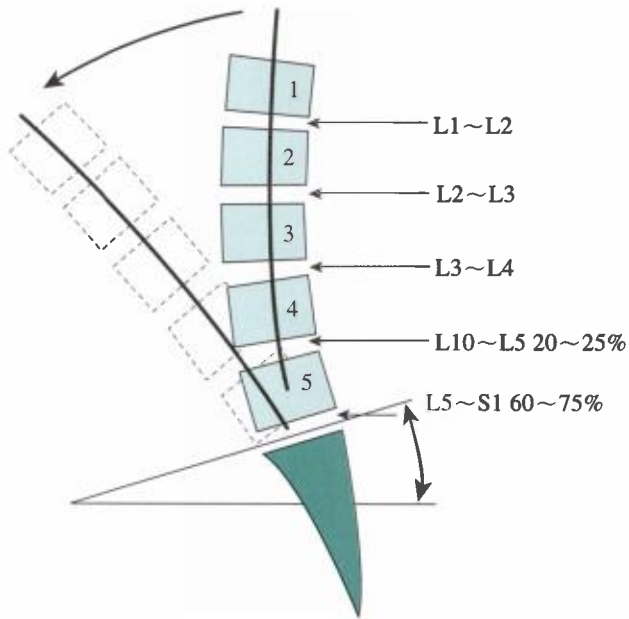


그림 10-15. 요추의 운동

표 10-9. 골반의 운동과 척주, 고관절의 움직임

골반	척주의 움직임	고관절
경사의 증가	과신전	약간의 굴곡
경사의 감소	약간의 굴곡	완전 신전
측면경사(좌측)	약간의 측면굴곡(우측)	오른쪽: 약간의 내전 왼쪽: 약간의 외전
왼쪽으로 회전	오른쪽으로 회전	오른쪽: 약간의 외측회전 왼쪽: 약간의 내측회전

① 전면 및 측면 근육(표 10-10)

② 후면근(척주기립근; 현근)

③ 후면근(척주기립근; 심근)

• 반극근(semispinalis)

흉부에서 시작하여 두부까지 연결된 좁고 얇은 근육으로 흉반극근(semispinalis thoracis), 경반극근(semispinalis cervicis) 및 두반극근(semispinalis capitis) 등이다.

• 다열근(multifidus)

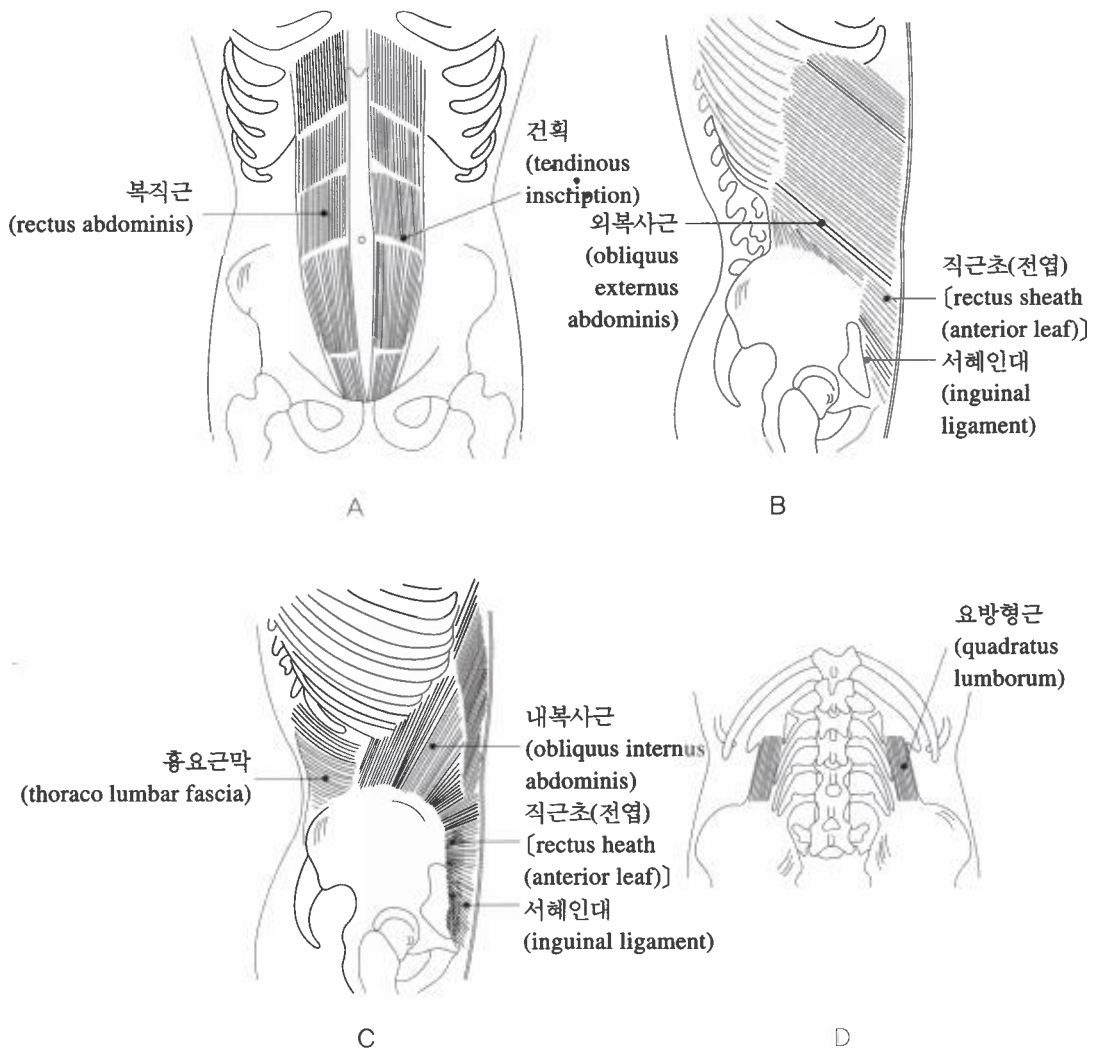


그림 10-16. 복부의 전면(a) 및 측면(b, c) 근육, 후면(d) 근육

반곡근(semispinalis) 밑에 있는 근육으로 천골후면, 요추, 흉추 횡돌기 및 제7~4경추 횡돌기에서 기시(origin)하여 제5~제2경추의 극돌기에 정지(insertion)한다.

• 회전근(rotatores)

모든 척추의 횡돌기에서 기시하여 바로 위에 있는 추골 또는 하나 위에 있는 추골의 추궁에 정지한다. 정지되는 것에 따라 장 및 단회전근으로 구분된다.

• 극간근(interspinalis)

추골의 극돌기에 짝지어져 있는 근육이다. 척추의 신전운동을 돕는다.

표 10-10. 전면 및 측면 근육들의 요약

근육	기시	정지	신경	작용
복직근 (rectus abdominis)	제5~7늑연골 검상돌기	치골결합 치골결절	늑간신경 Th6~12	흉곽전벽을 아래로 당긴다. 골반전부를 위로 끌어당겨 척주를 전굴시킴
외복사근 (obliquus externus abdominis)	제6~12늑골의 측면	백선, 치골결합전 면, 서혜인대	늑간신경 Th5~12	양측 : 골반을 위로 당김 편측 : 동측측굴, 반대측 회전
내복사근 (obliquus internus abdominis)	요배근막심엽, 양골능의 중간선, 서혜인대의측	제11, 12늑골, 복 직근초외연, 복직 근초의 전후면	늑간신경, 요신 경장골하복신경, 장골서혜신경 Th5~L1	양측 : 굴곡, 늑골 을 밑으로 당김 편측 : 측면굴곡, 동측으로 당김
요방형근 (quadratus lumborum)	하위3~4개의 요 추 횡돌기, 장골 능, 장요인대	제12늑골, 제1~3 요추의 횡돌기	요신경총의 가지 Th12~L1	양측 : 제12늑골을 아래로 당김 편측 : 동측으로 요 추굴곡

• 횡돌간근(intertransversarii)

추골의 횡돌기 사이에 있는 작은 근육이다. 척추의 외측 굴곡작용이 있다.

④ 체간운동 (trunk movement)

• 체간굴곡근(trunk flexor)

– 복직근(rectus abdominis)

• 체간 회전근(trunk rotators)

– 외복사근(obliques externus abdominis)

– 내복사근(obliques internus abdominis)

– 좌측 회전시는 좌측 내복사근, 우측 외복사근

– 우측 회전시는 우측 내복사근, 좌측 외복사근

• 체간 신전근(trunk extensors)

– 척추기립근(erector spinae)

• 골반의 거상(elevator)

- 요방형근(quadratus lumborum)
- 요장늑근(iliocostalis lumborum)(표 10-11, 12)

표 10-11. 흉추 및 요추운동의 주동근 및 보조근

근육	굴곡	신전	외측굴곡 회전	같은쪽으로 회전	반대쪽으로
(abdominal group)					
rectus abdominis	P.M.		Asst.		
external oblique	P.M.		P.M.		P.M.
internal oblique	P.M.		P.M.	P.M.	
Quadratus lumborum (erector spinae group)	Asst.	Asst.			
iliocostalis thoracis		P.M.	P.M.	P.M.	
iliocostalis lumborum		P.M.	P.M.	P.M.	
longissimus thoracis		P.M.	P.M.	P.M.	
spinalis thoracis		P.M.	P.M.		
Semispinalis thoracis (deep posterior spinal group)		P.M.	P.M.		P.M.T
intertransversarii		P.M.	P.M.		
interspinales		P.M.			
rotatores		P.M.			P.M.
multifidus		P.M.	P.M.		P.M.

표 10-12. 근육의 지배 신경근과 반사 및 감각부위

추간판	신경근	반사	근육	감각
L3~L4	L4	슬개건 반사 (patellar reflex)	전경골근 (tibialis anterior)	하퇴 내측과 발의 내측
L4~L5	L5	없음	장모지신근 (extensor hallucis longus)	하퇴 외측과 발등
L5~S1	S1	아킬레스건 반사 (Achilles reflex)	장·단비골근 (peroneus longus & brevis)	발의 외측

7. 임상운동 분석

(1) 경추간판 탈출증

경추간판 탈출증은 연성(soft)과 경성(hard)으로 크게 나누는데 연성 추간판 탈출증은 다시 급성과 만성으로 구분할 수 있다.

경성 추간판 탈출증은 엄밀한 의미의 추간판 탈출증이 아니고 퇴행성 변화인 추간공 골극(foraminal osteophyte)에 의해 일어나므로 경추 척추증(spondylosis), 구상관절(uncovertebral articulation)의 비대가 동반되며 후측방 돌출이 많다.

급성 연성 추간판 탈출증은 어느 연령층에서나 올 수 있으나 외상과 관계가 깊고 해부학적 구조 때문에 후측방보다는 후중앙으로 많이 발생된다.

경추간판 질환은 요추에서처럼 부하압력에 염전(torsion)을 감당하기 어렵게 되고 골극의 형성이나 루시카(luschka) 관절의 비대 등이 척추강과 추간공을 좁게 만들어 경추간판 탈출증의 요인이 되기도 한다.

경추간판 탈출증의 약 90%는 C5~6 또는 C6~7에서 호발되며 C4~5 또는 C7~T1에서는 적게 발생된다. 이는 제5~6경추간, 제6~7경추간이 다른 부위보다 퇴행성 변화율이 높기 때문이다.

(2) 요추간판 탈출증

추간판 변성이 심해지고 활동이 왕성한 장년기에 많이 발생하나 최근 들어 10대 또는 20대에서도 이 질환의 빈도가 증가되고 있으며, 그 원인은 무거운 물건을 들어 올린 다든지 또는 무리한 허리의 운동, 요부염좌와 같은 외상이 약 30%이고 그 외는 불명이다. 성인에서 요추간판 탈출증의 약 90%는 L4~5, L5~S1에서 발생된다.

요부와 요천부의 안정을 유지하는 조직의 불안정으로 인해 요통이 발생한다. 이들 조직은, ① 추체, ② 추간판, ③ 전후방 종인대, 척추돌기 관절의 인대, 극상돌기간 인대, 횡돌기간 인대 ④ 복부 및 배부의 근육 등이다.

요부의 안정을 유지하는 조직의 불균형은 요통을 유발시킬 뿐만 아니라 불안정 척추 분절을 이루게 되어 척추돌기관절의 침해, 추궁근 결함(pedicular kinking), 척추분절간 협소증, 추공의 포착(extraforaminal entrapment) 등을 일으켜 신경근을 압박 내지 자극하게 된다.

3부

자세와 보행

11장 · 자세 / 291

12장 · 보행 / 302

11

자 세

◆ 학습 목표 ◆

바로 선자세에서 고관절, 슬관절, 족관절의 균형을 분석하고 인체 중력선의 위치와 인대, 관절, 근육의 효과를 설명할 수 있을 것이다.

자세(posture)란 특정활동을 위한 신체 각 부분 간의 상대적인 배열을 의미하는 체위(position) 혹은 태도(attitude), 혹은 신체를 지지하는 특징적 방법으로 정의되는 일반적인 용어이다. 자세에 따라 근의 일이나 각 관절에 걸리는 부하의 크기도 달라지며 각각의 분절구조가 형성하는 자세에 따라 신체의 안정성을 결정하게 된다.

1. 정적 자세와 동적 자세

자세는 정적 자세와 혹은 동적 자세로 나뉘는데 정적 자세일 때는 인체와 그 분절들이 일정한 체위로 계속 유지하고 정렬되어 있다. 예를 들면 정적 자세는 서있는 자세, 누워있는 자세, 앉아있는 자세 등이며, 동적인 자세는 신체 혹은 그 분절들이 움직이고 있는 상태 즉 달리기, 걷기, 점프하기, 던지기, 들어올리기 등이다. 정적 자세의 형태를 이해하는 것은 동적인 자세를 이해하는 기초가 된다.

인체의 중심(center of gravity, COG)은 제2천추 부위에 위치하며, 기저면으로부터 거리를 두고 있다. 지지하는 기저면이 좁고 COG가 높아서 불안정한데도 불구하고 정적 선자세를 유지하기 위해서는 근수축시 매우 작은 에너지 소모가 요구된다.

자세조절(postural control)은 정적이거나 역동적이거나 간에 인체의 구조적 평형을 방해하는 힘에 대한 반응으로, 인체와 그 분절들을 유지하는 인간의 능력이다. 정적 자세 조절은 중력에 대항하여 특별한 자세를 유지하는 것이고, 반면에 역동적 자세조절은 인체 혹은 그 분절들이 움직이는 동안에 안정을 유지하는 것과 기저면의 변화에도 안정을 유지하는 것이다.

이상적인 자세에서, 인체의 분절들은 완전히 정렬되어 있고 토크와 스트레스는 전체 운동사슬을 통해 최소화되어 있다. 중력은 항상 인체에 작용하기 때문에 이상적인 자세는 인체의 분절들이 수직으로 정렬되고 중력선이 모든 관절의 축을 통과한다. 최적의 선자세에서 정상적인 중력선은 관절축 중심 가까이 지나가게 되고 축 중심을 통과하지는 않는다.

2. 정상적인 자세의 분석

(1) 시상면에서의 자세정렬

이상적인 측면성 정렬은 관절봉합의 첨부 약간 후방에서 시작하여 외이도(external auditory meatus), 측추의 치돌기(odontoid process), 경추체(cervical body), 견관절(shoulder), 요추체(lumbar body), 고관절 중심의 약간 후방, 슬관절 중심의 약간 전방,

외과(lateral malleolus)의 약간 전방에 이르는 수직선으로 구성된다(그림 11-1).

Cailliet가 보고한 구조를 적용하면, 중력선은 경추와 요추의 회전축 후방을 통과하고, 흉추의 앞쪽 그리고 제5번 요추를 통과한다. 이런 상황 하에서 중력모멘트는 요추, 흉추, 경추부에 있는 자연적인 커브를 증가시킨다. 최대의 중력토크는 정점에 있는 척추가 중력선으로부터 가장 멀리 떨어져 있으므로 각 커브의 정점 혹은 C-5, T-8, L-3에서 일어난다. 그러나 Kendall은 최적의 자세에서 중력선은 요추체, 경추체, 그리고 흉추의 앞쪽을 통과한다고 했다. 이와 같은 예에서 척주구조를 지지하는 스트레스는 중력선이 척주로부터 가장 멀리 떨어진 흉부에서 가장 크다고 할 수 있다. 중력선이 가까이 통과하거나, 요추와 경추의 관절 축을 통과하므로 요추와 경추에 작용하는 스트레스는 비교

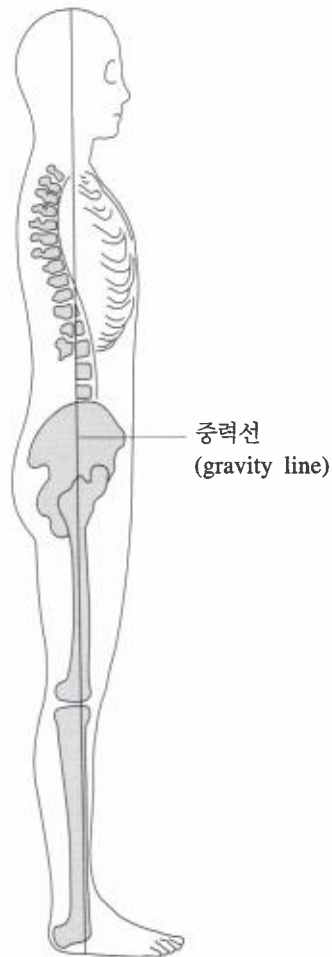


그림 11-1. 이상적인 측연 정렬

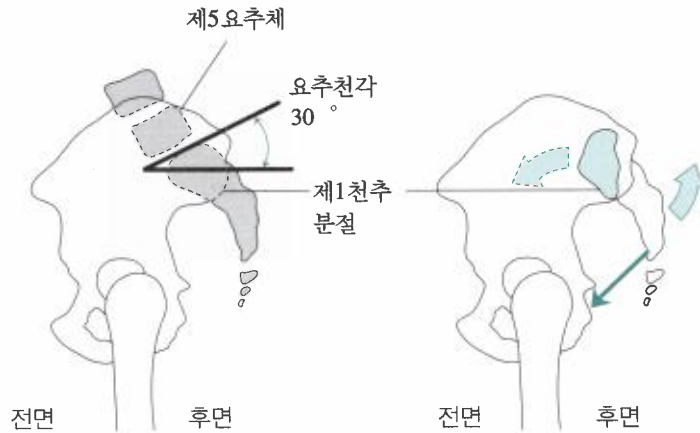


그림 11-2. A. 적절한 직립자세에서 요천각은 약 30° 이다. B. 중력 모멘트는 천골의 윗부분을 전방으로 회전시키려 한다. 천골결절 인대에서 수동 긴장은 천골하부의 후면 동작을 예방한다.

적 작다.

요천관절(lumbosacral joint)에서 최상의 자세는 천추 1번이 존재하는 각도에 의해 결정된다. 요천각(lumbosacral angle)은 두 개의 선이 서로 만나서 각을 만드는데, 선 하나는 지면과 나란한 수평선이고 다른 선은 천추 제1번의 상고평부(superior plateau)를 지나는 선이다(그림 11-2).

최적의 요천각(lumbosacral angle)은 약 37° 이다. 천골의 전방경사(anterior tilting)는 요천각을 증가시키고, 그것으로 인해서 요천관절(lumbosacral joint)에서 전단스트레스(shearing stress)를 증가시키며 요추전만(lumbar convexity)을 증가시킨다. 요천각이 최적의 위치에 있을 때 중력선은 천장관절의 약간 앞을 통과한다.

최적의 자세에서 중력선은 고관절축의 약간 후방을 통과하여 대전자를 지나가므로 고관절에서 신전모멘트(extension moment)을 일으키고, 서있는 동안 장요근(iliopsoas)의 활동이 나타난다. 이완된 선자세에서는 고관절에서의 어떤 근육도 활동이 요구되지 않지만, 고관절 전방 인대들의 긴장 스트레스가 증가하게 되고 인체의 다른 관절에서 중력토크의 크기가 증가한다.

중력선이 슬관절 축보다 앞쪽에 위치하게 되면 신전모멘트(extension moment)가 생긴다. 관절후면의 관절강과 인대가 결합된 수동장력(passive tension)은 중력모멘트(gravitational moment)와 과신전을 예방하는데 충분하다. 최적으로 똑바로 선자세에서 슬관절 신전 유지를 위한 근활동은 전혀 없거나 혹은 조금 있다. 하지만 아주 적은 슬픽근(hamstring muscle)의 작용이 확인되었다. 가자미근(soleus m.)의 활동은 경골을 후방으로 당기는 신전모멘트(extension moment)를 증대시킬 수 있다.

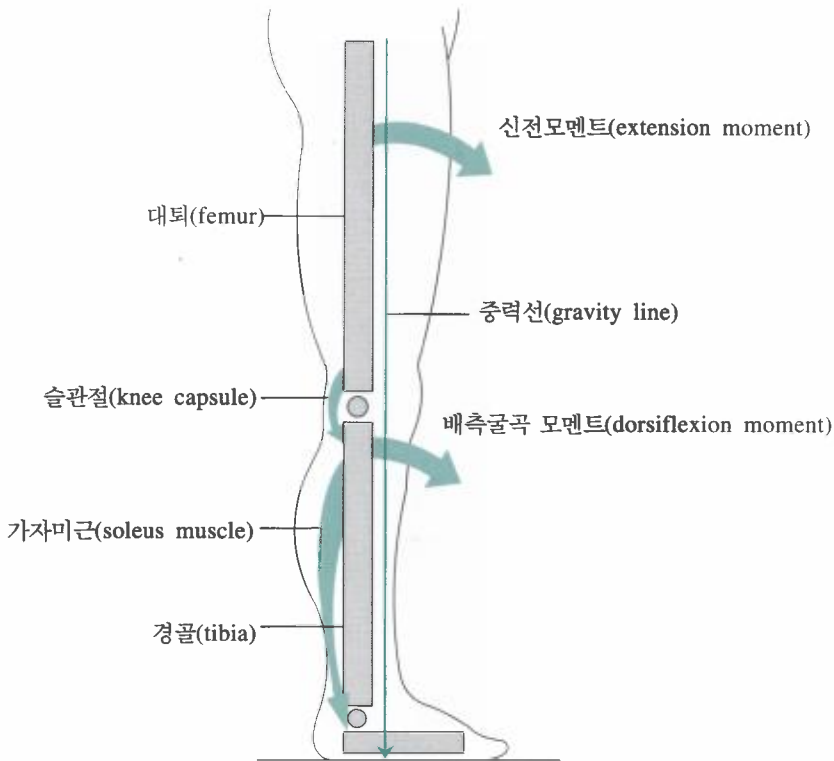


그림 11-3. 정상기립자세에서의 중력모멘트와 반대모멘트

최적의 선자세에서 족관절은 중립위치이거나 혹은 배굴과 저굴의 중간위치이다. 슬관절은 완전히 신전되어 있다. 외측과(lateral malleolus)의 약간 앞을 통과하고 슬관절 중심선과 슬개골(patella) 후면을 통과한다. 중력선이 족관절 앞쪽을 통과하면 배측굴곡모멘트(dorsiflexion moment)가 발생된다. 족관절이 중립위치에 있으면 배측굴곡모멘트를 억제하는 인대의 반대균형력(counterbalancing)이 없다. 따라서 저측굴근들의 활동은 경골이 앞으로 움직이는 것을 예방하기 위해 필요하다. 가자미근의 활동은 반대활동으로 경골을 후방으로 당기고 배굴모멘트의 반대역활을 한다(그림 11-3).

(2) 관상면에서의 자세정렬

관상면(frontal plane)에서의 중력선은 인체를 좌우 대칭으로 나누게 된다(그림 11-4).

대칭적인 관절의 축은 중력선으로부터 같은 거리에 있고 중력선은 척추체의 중앙부분을 횡단한다. 자세 정렬이 최적일 때 내측-외측(medial-lateral) 안정성을 위해 필요한

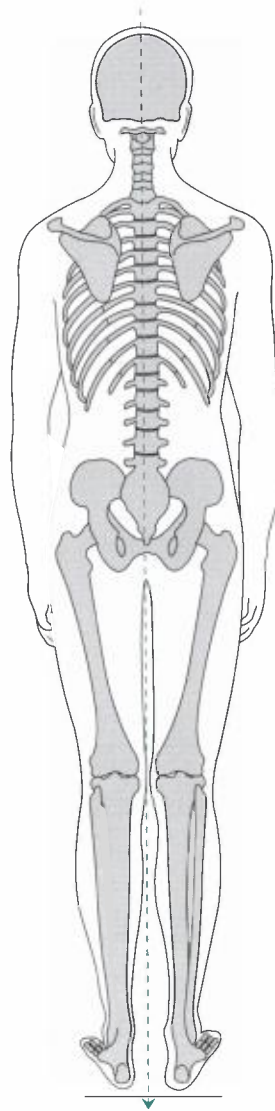


그림 11-4. 후방에서 본 이상적인 정렬

근육활동은 전혀 필요없거나 혹은 약간 필요하다.

두부는 경사나 회전이 없는 중립자세를 유지하고, 경추는 곧게 정렬되어야 하며 양쪽 어깨의 높이는 같아야 한다. 견갑골은 중력선을 따라 서로 평행해야 하고 흉추와 요추는 곧게 정렬되어야 하며 골반의 후상장골극(PSIS)의 높이가 같아야 한다. 고관절은 외전이나 내전이 없는 중위를 유지해야 하고 무릎은 내반슬이나 외반슬이 없어야 하며 발은 외반이나 내반이 없어야 한다.

3. 비정상 자세 분석

(1) 시상면에서의 비정상 자세

인체구조를 유지하는데 작용하는 스트레스와 에너지 소모를 축소시키는 것은 어떤 자세에서도 일차적인 목적이 된다. 자세의 변화 혹은 인체분절의 정렬이 흩어지면 다른 분절들의 변화도 일어난다. 정상적인 인체정렬의 변화는 스트레스를 증가시키거나 혹은 인체구조의 단위면적당 힘이 증가한다. 증가된 스트레스가 오랜 시간 동안 계속 유지되면, 인체구조는 변화된다. 비정상적인 자세가 계속되고 근육의 길이가 짧아진 위치로 계속 유지되면, 근육의 섬유분절(sarcomeres)을 상실하게 되고, 이것으로 인해 완전한 ROM이 일어나지 않는다. 근육의 길어진 상태로 유지되었을 때, 근섬유분절이 첨가되고, 따라서 근육은 길이-장력(length-tension)의 변화가 일어난다.

슬관절과 고관절이 굴곡된 자세에서는 골반이 전방으로 경사지게 되고 요추도 전방으로 당기게 되어 요추부의 전방만곡(anterior convexity), 즉 전만(lordotic curve)을 증가시킨다. 따라서 LOG는 최적의 관절축으로부터 더 멀리 떨어지게 되어 신전모멘트(extension moment)가 크게 된다. 흉추의 후방만곡도 증가하여 요추전만(lumbar lordotic curve)과 균형을 맞추기 위해 후만(kyphotic)이 된다. 경추부의 전방만곡(anterior convexity curve)도 증가하여 머리가 천추를 잇는 직선보다 앞쪽으로 나오게 된다(그림 11-5).

과도한 골반의 전방경사는 장요근(iliopsoas muscle)의 단축과 복직근(abdominal muscle)의 신장을 가져오고, 과도한 요추전만은 후종인대(posterior longitudinal ligament)의 단축과 전종인대의 신장을 가져오며, 과도한 후만은 전종인대와 상복직근, 어깨의 전면근의 단축과 배측요추신전근과 후종인대, 견갑근의 신장을 가져온다.

슬관절을 굴곡한 자세에서 중력선은 슬관절 축 후방을 통과한다. 중력선이 후방에 위치하는 것은 슬관절에서 굴곡모멘트(flexion moment)를 생산하게 되고 이것은 선자세를 유지하려는 대퇴사두근의 활동에 의해 균형이 잡히게 된다. 선자세에서 슬관절의 평형을 유지하기 위해 요구된 대퇴사두근의 힘은 0°로부터 증가하며, 슬관절이 신전된 위치에서 15° 굴곡할 때는 근수축 최대치의 22%까지 증가한다. 대퇴사두근의 힘의 양이 급속히 증가하는 것은 슬관절굴곡 15~30° 사이에서 요구된다. 슬관절이 30° 굴곡되어 있을 때 대퇴사두근에 요구되는 힘의 양은 근수축 최대량의 51%가 필요하다. 슬관절을 굴곡한 자세를 유지하기 위해 필요한 근활동은 증가하고, 경골대퇴관절(tibiofemoral joint)과 슬개대퇴관절(patellofemoral joint)에는 정상적인 압축 스트레스보다 더 크다.

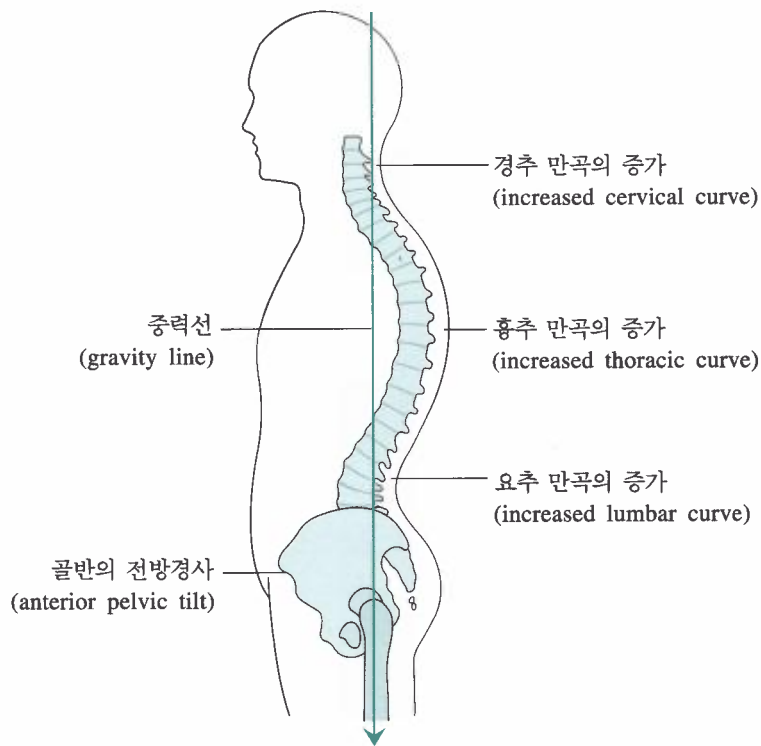


그림 11-5.

(2) 관상면에서의 비정상 자세

인체의 전면과 후면에서 양쪽이 서로 같지 않은 분절의 운동이나 자세로 인한 인체의 비대칭은 최적의 근수축과 인대균형을 방해한다. 대칭적 자세편위, 즉 양쪽 슬관절의 외반(genu valgum)은 비정상인 체중분포의 원인이 되거나 혹은 압축력이 한쪽 관절에만 작용하고 다른쪽에는 인장력을 증가시키는 원인이 된다. 즉, 슬관절의 외측구조들은 압축스트레스(compressive stress)를 받고 내측은 장력스트레스(tensile stress)나 신연 스트레스(distraction stress)를 받는다. 이와 같은 비정상 스트레스들은 내측 반월판에서 위축성 변화를 가져오게 한다.

발에서 일어나는 일반적인 문제는 편평족으로, 이는 발의 궁이 없거나 줄어든 상태의 구조적 기형이다. 거골두(talar head)는 전방, 내측, 하방향으로(anteriorly, medially, inferiorly) 변위(displace)된다. 거골의 변위는 주상골(navicular)의 침하(depression)와 저측종주인대(plantar calcaneonavicular ligament, spring ligament) 그리고 후경골근의 신장을 일으킨다(그림 11-6).

하지의 역학적인 축(mechanical axis)은 대퇴골두의 중심에서 거골두의 상면 중심을

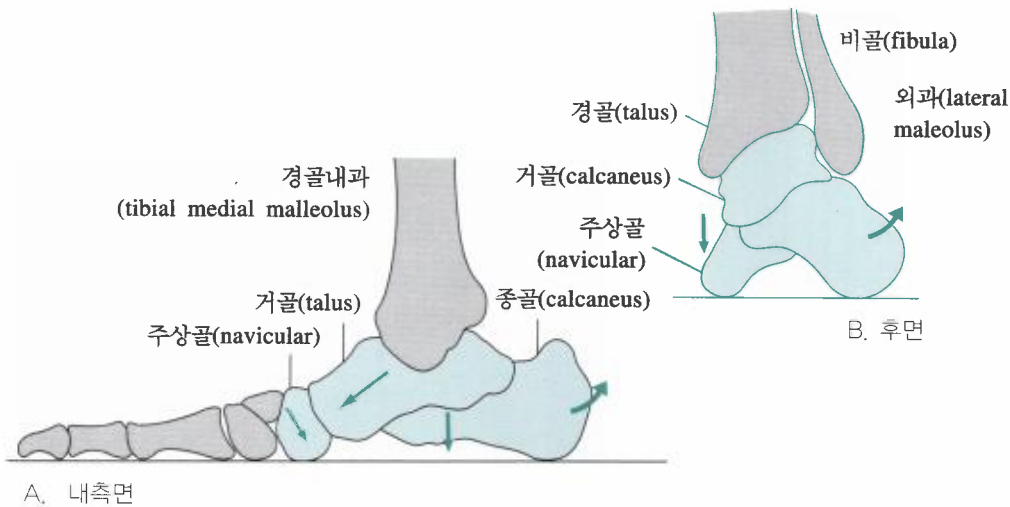


그림 11-6.

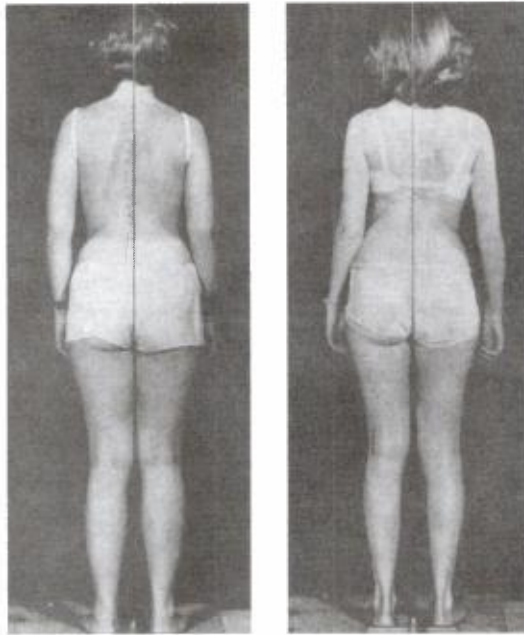
있는 선으로 정상적으로는 대퇴골두의 중심을 출발하여 고관절·슬관절·족관절의 중앙을 따라 직선으로 내려간다. 한편 이 선은 수직선으로부터 약 3° 정도 벗어나 있는데 이는 둔부가 족부보다 넓기 때문이며 골반이 넓을수록 편위도 커진다.

척주는 자세평가시 관상면에서 특별한 고려가 요구되는 이체부로서 척추에 대한 대표적인 이상 현상으로는 척추 측만증이 있다.

중력선은 후두골의 정중선과 추골의 극돌기를 통과하여 둔근열(gluteal cleft)을 직접적으로 통과한다. 척추구조, 인대, 근육들은 최적의 자세에서 척주를 수직정렬로 유지한다. 하나 또는 그 이상의 지지구조들이 적절한 지지를 제공할 수 없으면 척주는 측면으로 굽게 되는데, 외측으로 구부러짐은 추골(vertebrae)의 회전을 동반한다. 그것은 외측 굴곡 없이는 제2경추 아래 레벨에서는 회전이 일어나지 않기 때문이다.

척추골이 하나 이상 연속적인 중력선으로부터의 외측편위를 척추측만증(scoliosis)이라고 한다. 측만증은 다른 형태들이 있는데 측만증의 80% 이상인 특발성 측추측만커브(idiopathic scoliotic curves)는 구조적인 커브로 정의한다(그림 11-7A).

이와같은 커브는 척추체의 횡돌기와 극돌기, 추간판(intervertebral disk), 인대, 근육의 변화를 일으킨다. 이와 같은 커브들은 다리의 길이가 같지 않거나 혹은 근경련으로 인한 결과로서 생긴 것이다. 측만증의 커브는 블록방향의 커브가 있는 부위에 따라 이름이 붙여진다. 경추부에서 왼쪽으로 블록방향 커브가 있다면 왼쪽커브로 명명된다. 척추 전체에서 커브가 여러 군데 있을 때는 상위분절 이름을 먼저 부른다. 그림 11-7B에 나타난 커브는 우흉부 커브, 좌요부 커브(S형 측만증)로 부른다.



A. C형 척추측만증

B. S형 척추측만증

그림 11-7. 척추측만증

3. 가령화에 의한 자세 변화

자세는 보통 정적인 작용 하에서 관찰되지만 중력과 신경성 조절기전은 무게와 신체 정렬에 미세한 자세 이동에 영향을 미쳐서 자세조절시 동적 균형을 필요로 한다. 서 있는 동안 신체의 작은 진동 움직임을 자세성 동요(postural sway)라고 하는데, 자세성 동요는 나이가 들면서 증가하며 낙하의 위험성이 더 커지는 것과 관련이 있다.

Wyke는 노년기 불균형은 척추 돌기관절의 기계적 수용기의 점진적 퇴행에 영향을 받는다고 가정하였다. 그는 척추에 대한 염증성 퇴행이나 외상성 상해로 인해 자세적 안정성을 위한 중추신경계에서의 중대한 구심성 피드백 작용이 억제될 것이라고 제안하였다.

측정상 골격에서 노화와 관련된 가장 일반적인 변화는 전방으로 향한 머리자세, 배측 후만증가, 평평한 요추를 들 수 있다. 가령화에 따른 자세의 변화는 그림 11-8과 같다.

전방을 향한 머리 자세는 흔히 비정상적으로 생각되지만 노화와 관련된 편평한 요추와 같은 다른 자세성 변화들에 의해 요구되는 것으로 어느 정도는 정상적인 보상작용이라고 할 수 있다.

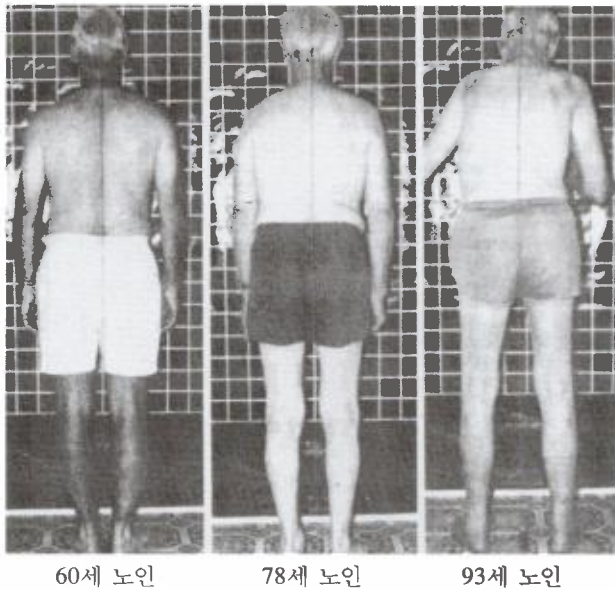


그림 11-8. 노인성 자세 변화

정적인 자세는 몇 가지 요인이 있는데, 그것은 척주의 변화 즉 추간원판(vertebral disk)의 체액소실(fluid loss), 디스크와 추체의 퇴행이 정상적인 흉추커브를 증가시키고 이것으로 인해 체간의 굴곡근들은 짧아지고 신전근들은 길어진다. 두부는 앞으로 나와서 경추부의 굴곡을 증가시키며 환추후두관절(atlanto-occipital joint)에서 신전이 증가한다.

사지에 있어서 노인에게 보이는 가장 일반적인 자세성 변화들은 전인(protract)된 견갑골과, 주관절, 고관절, 슬관절의 약간의 굴곡이 나타난다.

12

보행

◆ 학습 목표 ◆

보행주기를 구분하고 보행시 중심의 이동을 분석하며 구조적 이상보행과 중추신경계 장애로 인한 보행을 분석한다.

보행은 신체 각 부위의 복합적인 운동 현상의 하나로 신체 각 부위의 운동이 정상범 위 내에서 일어나는 정상보행(normal gait)과 보행의 구성요소 중 어느 하나 혹은 둘 이상의 요소가 본래의 기능을 발휘하지 못하는 비정상적인 보행(abnormal gait)으로 크게 나눌 수 있다. 인간의 두발 보행형태는 유아기에 얻어지고 많은 연습(훈련)을 통해 감각 운동계는 의식적인 노력없이 걸을 수 있도록 자동적으로 반복되는 운동조절명령을 발생한다. 신경계나 근골격계의 질병이나 손상은 정상적인 보행을 방해하고, 기능적 보행을 유지하기 위한 노력의 일환으로 다양한 보상방법이 동원된다. 이들 보상작용은 비정상적인 보행형태를 나타내고 언제나 정상기전의 보행에서보다 에너지 소모가 많고 효율이 떨어진다.

보행 혹은 인체가 이동하는 것은 인체부절들의 회전운동(rotatory movement), 협응에 의해 이루어진 운동에 의한 병진적 진행(translatory progression)을 묘사한 것이다. 정상적인 보행은 하지가 교대로 앞으로 전진함으로써 운동적인 특징이 있다. 양 하지가 교대로 운동함은 머리, 상지, 체간(head, arm, trunk, HAT)을 앞으로 전진시키고 지지하기 위해 필수적인 것이다. HAT는 사람 체중의 75%이다. 머리와 팔을 합하면 체중의 약 25%이고 체간만은 약 50%가 된다.

선자세에서 HAT는 양 다리에 의해 지지되고, 보행중 HAT는 한쪽 다리 위에서 균형을 잡아야 할 뿐만 아니라 한쪽 다리에서 다른쪽 다리로 옮겨가야 한다. 따라서, 보행은 한쪽다리가 지지하고 있는 동안 HAT의 무게에다(체중의 약 10%) 유각기 다리무게도 더해야 한다. 지면과 접촉하여 비록 양쪽 다리에서 각각 교대로 체중을 지지한다고 하지만, 보행하는 데는 선자세 유지를 위해 하지가 하는 일보다 더 많은 일을 하게 된다. 걸을 수 있는 기전에 먼저 선자세에서 HAT의 균형을 이룰 수 있어야 하며, HAT를 한쪽 다리에서 다른쪽 다리로 옮길 수 있고, 그리고 한쪽 다리를 들어올려 앞으로 내미는 동작을 교대로 할 수 있어야 된다. 이와 같은 활동들은 협응력, 균형, 정상적인 운동감각(intact kinesthetic)과 고유수용성 감각(proprioceptive sense), 그리고 관절과 근육들의 통합이 필요하다.

1. 보행 분석

(1) 보행주기(Gait cycle)

한쪽 발뒤꿈치가 땅에 닿는 시기(heel strike)에서 반대쪽 발뒤꿈치가 땅에 닿는 시기까지의 동작을 한 스텝(step)이라 한다.

또한 한쪽 발뒤꿈치가 땅에 닿는 시기(heel strike)부터 또다시 같은 쪽 발뒤꿈치가 땅

에 닿는 시기까지의 동작을 한 걸음(stride)이라 하고 이 사이의 거리는 보폭(stride length), 요하는 시간은 일보시간(stride duration), 이때 좌우 발 사이의 폭을 양발너비(stride width)라 한다. 그리고 진행방향과 발의 장축방향과 이루는 각도를 발목각도(foot angle)라 한다(그림 12-1).

단위시간당 보행수를 보행속도(cadence, walking rate)라 하며 1분간의 보행수는 성인에서 90~120보 전후가 된다. 그러나 보행속도는 체중, 연령에 따라 다르며 일반적으로 양 하지에 의해 이루어지는 한걸음(stride)을 보행주기(walking or gait cycle)라 한다.

한 보행주기 동안 한번의 입각기(stance phase)와 유각기(swing phase)가 있는데 입각기의 시작은 한쪽다리의 발뒤꿈치가 지면에 접촉하는(heel strike) 순간부터이며, 발바닥이 지면에 닿아 발가락이 떨어질 때(toe off)까지 계속된다(그림 12-2). 입각기 동안 발바닥이 지면에 닿아서 체중을 지지하게 되며, 정상 보행주기에서 약 60%가 된다(그림 12-2).

유각기의 시작은 한쪽 다리의 발가락이 지면으로부터 떨어지는(toe off) 순간부터 시

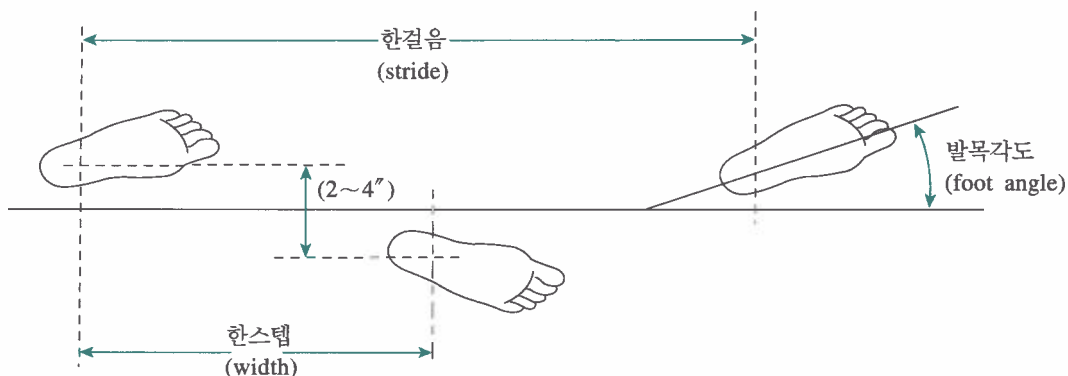


그림 12-1. 보행 분석

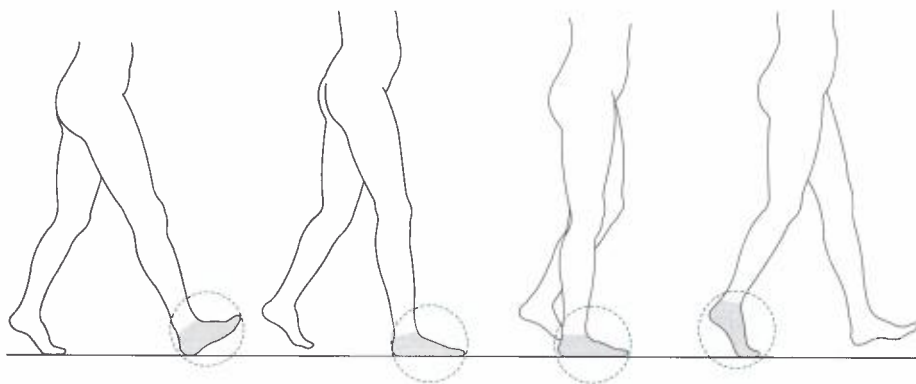


그림 12-2. 입각기

작되며, 그 다리의 발뒤꿈치가 지면에 접촉하기 전까지이다(그림 12-3). 유각기에는 발이 지면에 전혀 닿지 않으며, 보행주기의 약 40%가 된다.

보행주기중에 동시입각기(double limb support)가 있는데, 한쪽다리는 입각기가 시작되고 반대편 다리는 입각기가 끝나는 시기를 말한다. 따라서, 단일 보행주기 중에 동시입각기가 두 번 생기게 된다(그림 12-4). 동시입각기는 발이 동시에 지면에 닿는 것을 말하며 정상보행 속도에서 보행주기중 동시입각기는 약 22%이다(그림 12-5).

전통적으로 입각기와 유각기는 또다시 다음과 같이 세분한다. 즉, 입각기는 발뒤꿈치 닿기(heel strike), 발바닥 닿기(foot flat), 중간입각기(midstance), 발뒤꿈치 들기와 발끝 떼기(heel off and toe off) 그리고 유각기는 가속기(acceleration), 중간유각기(midswing), 감속기(deceleration)이다. Rancho Los Amigos(RLA) Medical Center의 보행연구실에

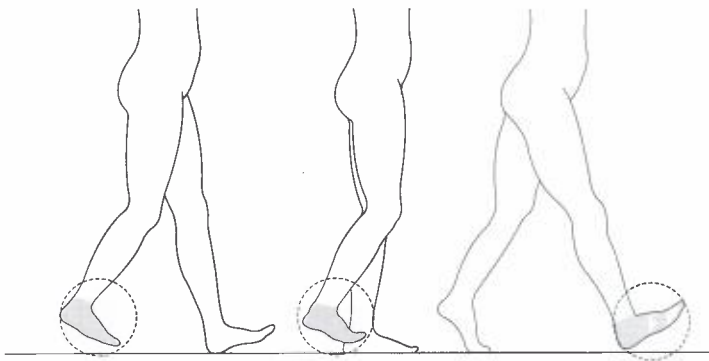


그림 12-3. 유각기

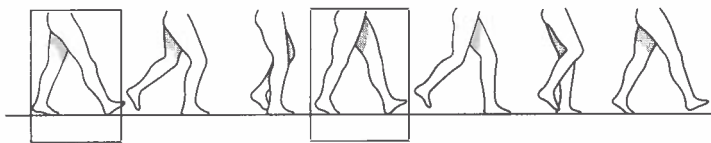


그림 12-4. 동시입각기

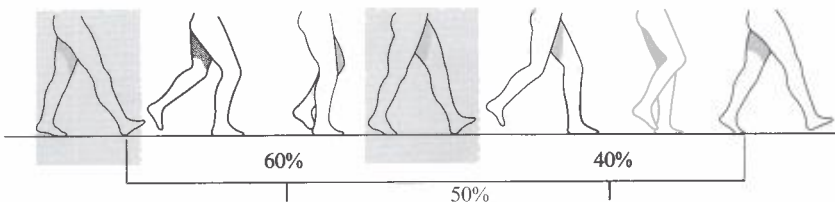


그림 12-5. 동시입각기 분포도

서는 세분하는데 다른 용어를 사용하였다. 현재는 RLA의 용어를 많이 쓰고 있으나 전통적 용어와 RLA 용어의 차이점은 전통적인 용어보다 RLA 용어들의 특정시간 내의 정의가 더 명확하다. 때때로 전통적인 용어들은 발동작을 세분하는데 시작과 끝 사이의 시간이 명확하지 않다. 예를 들면, 어디가 발바닥 닿기의 끝인지 그리고 중간입각기의 시작인지 명확하지 않다. RLA의 새로운 용어는 발의 각 분절의 시작과 끝나는 점을 잘 정의하였으며, 각 분절이 움직이는 점보다 분절 간의 시간을 잘 나타내고 있다. 다음표는 전통적인 것과 새로운 용어를 비교하여 만들었다(표 12-1).

(2) 보행시 관절가동범위(ROM)

RLA 메디컬센터 보행연구실에서는 걷는 동안에 대칭적이지 않은 부분에 대해 초점을 맞추어 관찰자들이 기록할 수 있는 형식을 개발하였다. 이 형식은 교육적인 목적으로 유용하게 사용될 수 있으며, 관절가동범위(ROM)를 RLA의 보행 분석표로부터 자료를 이용하여 표 12-2를 만들었다.

정상보행을 위해서 필요한 정확한 ROM은 보행주기 동안 각 관절의 관절각에 의해서 결정된다. 예를 들어 표 12-2에 의하면, 입각기에서 초기 발뒤꿈치 닿기 때 슬관절은 0° 이고 유각기에서 슬관절은 60° 이다. 따라서, 사람이 보행할 때 일어나는 정상 슬관절 운동은 슬관절이 완전히 신전되었다가 60° 굴곡된다. 만약, 어떤 개인의 슬관절 운동에서 굴곡이 10° 혹은 15° 제한되었다면 그 사람의 보행패턴은 평균으로부터 상당히 벗어나 있는 것이다.

보행의 각 단계에서 각 관절 각도의 평균 운동학적 자료(kinematic data)를 개인에 따라 보행중 일어나는 관절운동의 변화로 기록할 수 있다, 예를 들면, 표 12-2의 연구는

표 12-1. 보행용어의 비교

전통적	RLA
발뒤꿈치 닿기(heel strike)	초기 접촉(initial contact)
발뒤꿈치 닿기에서 발바닥 닿기	체중전달(loading response)
발바닥 닿기에서 중간입각기	중간입각기(mid stance)
중간입각기에서 발뒤꿈치 들기	말기입각기(terminal stance)
발가락 들기(toe off)	유각 전(preswing)
발가락 들기에서 가속	초기 유각(initial swing)
가속기에서 중간유각	중간 유각(midswing)
중간유각에서 감속	말기 유각(terminal swing)

Stance Phase
 Joints Initial Contact End of Loading End of Response End of Midstance End of Terminal End of preswing = toe off

Hip	30° of flexion	25° of flexion	0°	10-20° of hyperextension	0°	
Knee	0°	15° of flexion	5° of flexion	0°	35-40° of flexion	
Ankle	0° (neutral position)	15° of plantar flexion	5-10° of dorsiflexion	0° of dorsiflexion	20° of plantarflexion	
Toes(MTP joints)	0°	0°	0°	30° of hyperextension	50-60° of hyperextension	

SWING PHASE

	End of Initial Swing	End of Midswing	End of Terminal Swing
Hip	20° of flexion	30° of flexion	30° of flexion
Knee	60° of flexion	30° of flexion	0°
Ankle	10° of plantarflexion	0°	0°

TOTAL RANGE OF MOTION

	Stance Phase	Swing Phase
Hip	0-30° of flexion 0-10° or 20° of hyperextension	20-30° of flexion
Knee	0-40° of flexion	0-60° of flexion
Ankle	0-10° of dorsiflexion 0-20° of plantarflexion	0-10° of plantarflexion

슬관절이 초기 발뒤꿈치 닿기 때는 신전되고 체중이 옮겨가는 말기에는 15° 굴곡되는 것으로 나타났다. 따라서, 슬관절은 보행중 체중이 옮겨질 때는 필히 굴곡되어야 한다. 중간입각기에서 슬관절은 체중이 옮겨질 때 15° 굴곡에서 중간입각기 말에서도 5° 굴곡이 되었으므로 결과적으로 신전된 것이다. 또한 입각기 말에서 슬관절이 신전되고 유각전기(preswing)가 될 때 다시 굴곡됨을 보여준다. 고관절은 입각기 시작시 굴곡되었다가 입각기가 끝날 때 10° 과신전될 때까지 신전한다. 고관절의 굴곡은 유각전기가 되기 전부터 일어난다.

같은 방법으로 입각기에서의 족관절(ankle joint)과 유각기의 고관절, 슬관절, 족관절의 운동은 표 12-2에서 각 보행단계별 관절각도를 연구함으로써 이해할 수 있다.

(3) 보행의 특징

① 무게 중심점의 이동

성인의 무게 중심점은 신장의 55% 높이인 제2천추체의 전방에 있으나 보행시에는 전방 및 측방으로 이동된다. 무게 중심점의 상하 이동은 1회 보행주기 중에 2회 발생되며 그 이동의 진폭은 약 5cm 정도이다(그림 12-6). 무게 중심점의 측방 이동은 1회 보행주기 중에 좌우 각각 1회 발생되며, 그 이동의 진폭은 약 5cm 정도이다.

↳ 2회

② 골반회전

정상 보행에서 골반은 수직축에 관해 수평면상에서 전후 방향으로 회전이 일어난다. 골반회전은 한쪽에서 4° 씩으로 양측 8° 의 회전이 일어난다(그림 12-7).

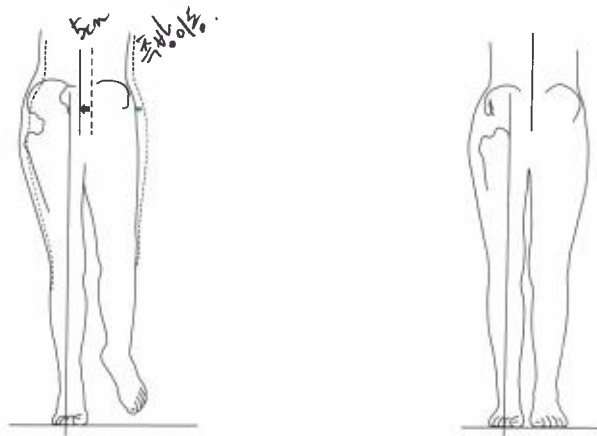


그림 12-6. 보행시 무게중심의 상하 이동

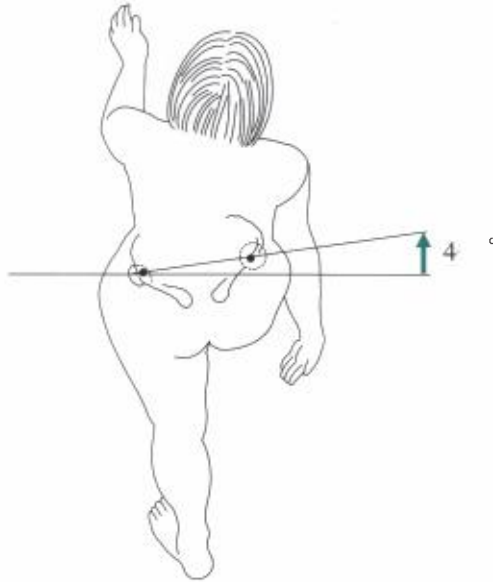


그림 12-7. 보행시 골반회전

전방회전은 치골결합이 전상방향(前上方向)으로 향하는 회전으로 발뒤꿈치가 닿는 시기(heel strike)에 크게 나타나고, 후방회전은 중간 입각기(mid stance)를 지나 크게 나타난다.

③ 골반의 경사

보행주기에 있어서 유각기에 골반이 약 5° 정도 하방경사가 일어난다. 이 경사는 입각의 내전상태를 고관절 외전근(abductors)이 조절하며, 유각측은 외전상태를 유지한다.

한쪽다리에 체중이 부하되었을 때 HAT의 무게와 균형을 유지하면 유각기는 다리의 무게가 결합된다. 이 시기의 COG는 정현형 곡선(sinusoidal curve) 상의 가장 높은 곳에 위치한다. 골반의 외측경사는 유각기시 다리의 골반이 입각해 있는 다리쪽으로 내전(adduction)하므로 골반이 더 낮아져서 일어난다. 골반의 경사는 입각해 있는 다리의 고관절 외전근에 의해 조절된다. 예를 들면, 유각기에 있는 오른쪽 다리의 골반하강은 왼쪽 고관절 외전근의 등척성 수축과 원심성 수축에 의해서 조절된다.

④ 슬관절의 작용

발뒤꿈치가 땅에 닿기(heel strike) 시작할 때부터 중간 입각기(mid stance)까지 신전을 하다가 중간 입각기가 지나면서 굴곡이 시작된다. 유각기가 시작되는 가속기-중간유각기-감속기에 계속 굴곡하다가 마지막 감속기에 다시 신전한다.

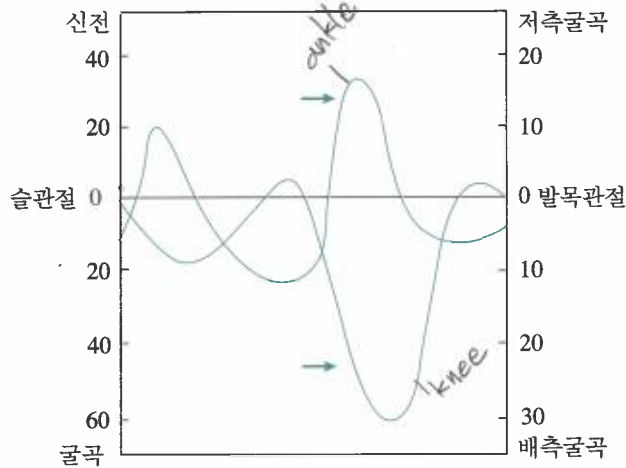


그림 12-8. 보행시 발목관절과 슬관절의 움직임

즉, 슬관절은 신전-굴곡-신전-굴곡을 반복하면서 작용한다. 슬관절은 중간 입각기(mid stance)를 지나 굴곡하는데, 약 15° 의 굴곡이 일어난다. 이 슬관절 작용은 충격을 방지 하며 신체 중심 위치의 수직방향의 차이를 작게 하는 역할도 한다.

⑤ 발목관절과 슬관절의 관계

보행에서 발목관절과 슬관절의 움직임은 밀접한 관계가 있다(그림 12-8). 이와 같이 슬관절이 굴곡하고 있을 때 발목관절은 저측굴곡(plantar flexion)하고 슬관절이 신전하고 있을 때는 배측굴곡(dorsiflexion)하고 있다. 이러한 움직임은 몸의 중심점 위치가 수직방향에서의 차이를 가능한 적게 하려는 역할로 작용한다.

⑥ 슬관절 및 고관절에서의 회전운동

보행중 골반이 8° 회전, 대퇴골이 8° 회전 및 경골이 9° 회전운동이 일어나 모두 25° 의 회전이 슬관절 및 고관절에서 일어난다. 그림 12-9는 발뒤꿈치가 땅에 닿는 시기(heel strike)에서 다음 발뒤꿈치가 땅에 닿는 시기(heel strike)까지의 회전운동을 나타낸 그림이다. 이 회전운동은 체중부하와 깊은 관계가 있다.

(4) 보행시 근육의 작용

① 족관절의 배측굴곡근 (dorsiflexors of the ankle)

보행주기 전반에 약간의 작용이 있으나 양 입각기(stance phase)의 초기인 발뒤꿈치

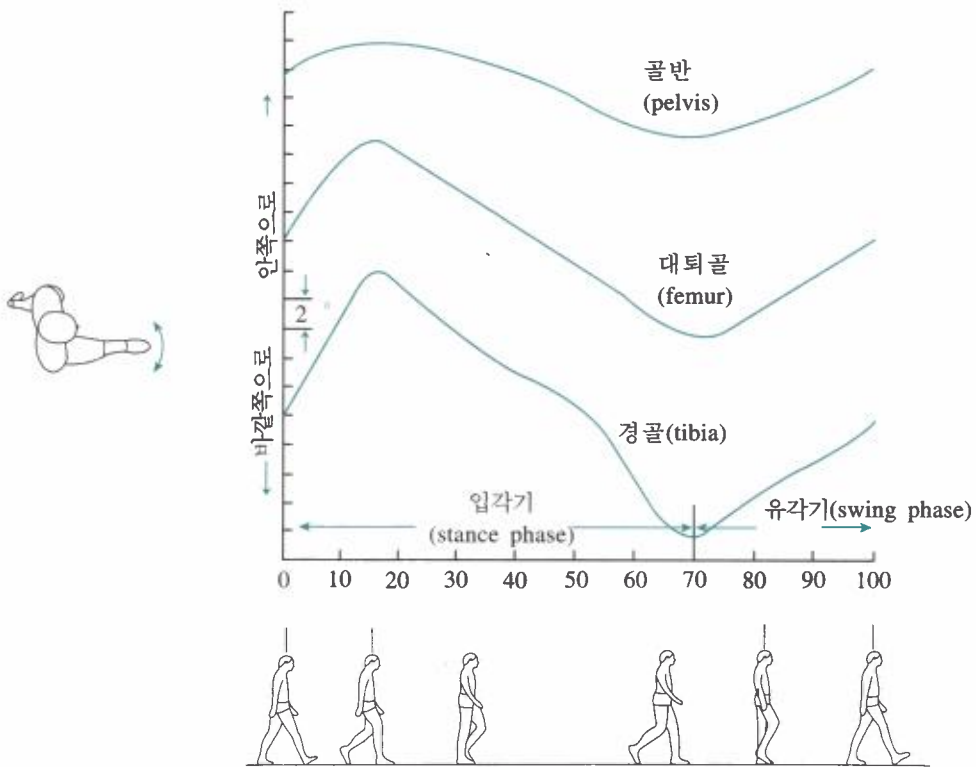


그림 12-9. 슬관절과 고관절에서의 회전운동

가 땅에 닿는 시기부터 중간 입각기에 이를 때 가장 많이 작용된다. 유각시(swing phase)에는 발이 끌리지 않도록 발목관절을 배측굴곡(dorsiflexion)시키고 있다.

최대활동은 입각기의 뒤꿈치 닿기 직후에 발을 지면으로 내리는 원심성 수축에서 일어난다. 이 수축은 충격을 흡수하고 중간 설상골 및 제1중족골에 부착하는 전경골근(tibialis anterior muscle)의 경우 회내운동을 감속시킨다.

② 종아리 근육군(calf group)

비복근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)은 발바닥 닿기 때, 폐쇄성연쇄에서 원심성 수축으로 배측굴곡을 일으켜 발 위로 경골의 진행을 조절한다. 최대활동은 뒤꿈치 들기 직후 저축굴곡하고 회외자세로 발을 안정시키기 위해 구심성 수축한 다음에 등척성 수축이 시작되는 시점에서 발생된다. 따라서 Basmajian(1978)은 가자미근의 활동은 뒤꿈치 들기 전에 시작되어 발가락 들기에서 끝나기 때문에 근육의 기능은 신체를 전방으로 추진하기보다 지지하는 것이라고 하였다.

후경골근(posterior tibialis), 장지굴근(flexor digitorum longus), 장모지굴근(flexor hallucis longus)은 비복근 및 저측굴곡근으로 분류되지만 크기가 작고 지레작용이 충분치 못하기 때문에 저측굴곡에 효율적으로 힘을 발휘하지 못한다. Perry(1992)는 비복근과 함께 가자미근육이 발생하는 저측굴곡 토크의 10% 정도를 발생한다고 추정하였다. 그러나 근육들은 족근관절 및 발가락에 중요한 활동을 수행한다. 후경골근은 뒤꿈치 닿기에서 수축하고, 뒤꿈치 들기 직후에 최대활동이 있으며, 유각기 동안은 활동이 없다(Perry, 1992). 이 활동은 회내운동을 감속시키고, 발을 지면에 적응시키며 입각기 후기에 회외로 족근관절을 안정시킨다. 장지굴근 및 장모지굴근은 발바닥 닿기 후에 활동하고 발가락 들기 직전에 최대활동을 보이며, 유각기에는 활동하지 않는다. 이들 근육은 종족궁(longitudinal arch)이 높아지거나 편평해지는 것에 영향을 미치며, 지면에 발가락을 안정시킨다.

③ 비골근(peroneals)

장단비골근(peroneus longus and brevis)은 발바닥 닿기 후 입각기에 수축을 시작하는 비복근-가자미근과 비슷한 활동을 하고 뒤꿈치 들기 후 발가락에 체중이 지지될 때 최대활동을 한다(Inman 등, 1981). 이 근육들은 후경골근과 함께 지면에 발을 조정하고, 족궁 및 족근관절의 조절을 통한 발목의 내외측 안정에 중요한 역할을 한다. 장비골근은 발의 족측저면에 원위부착부가 있고 3개 족궁의 중요한 지지근이며, 지면에 제1종족골두를 안정시킨다(Kapandji, 1987).

④ 대퇴사두근(quadriceps)

내·외측 및 중간광근(vastus medialis, lateralis, intermedius)의 활동은 뒤꿈치 닿기 직전에 시작하여 입각기 초기 15%에서 관찰되었고 발가락 들기에서 대퇴직근(rectus femoris)의 활동이 관찰되었다. 즉, 대퇴사두근은 입각기(stance phase)가 시작하기 바로 전부터 중간입각기(mid stance)까지 작용하고 입각기가 끝날 무렵부터 유각기(swing phase) 시작까지 작용한다.

⑤ 슬괵근(hamstring)

유각기(swing phase) 말기인 감속기에 활동이 시작되고 입각기 초기인 뒤꿈치닿기에서 최대에 이른다. 이것은 개방성 연쇄운동(고관절 30° 굴곡, 슬관절 70° 신전)에서의 원심성 수축이고, 뒤꿈치 닿기에서의 동작은 폐쇄성 연쇄운동이며 근수축은 등척성이다.

유각기 동안 무릎관절과 고관절의 굴곡은 발가락이 지면에서 떨어지도록 발을 들어

올리는데 필수적인 동작이다. 유각기 초기에 무릎관절굴곡에 기여하는 근육은 대퇴이두근 단두, 박근(gracillis), 봉공근(sartorius)이다. 이 근육들은 중간 유각기 동안 이완된다(Perry, 1992).

⑥ 고관절 외전근(hip abductors)

중·소둔근(gluteus medius and minimus), 대퇴근막장근(tensor fasciae latae), 그리고 대둔근 상부섬유(upper part of the gluteus maximus)는 한쪽 하지 지지시 전두면에서 골반을 안정시킨다. 중둔근의 활동은 말기 유각기에 시작되고 단일 하지 지지기의 중간 입각기에 빠르게 상승하여 최대에 이른다. 이 폐쇄성 연쇄운동에서 고관절은 5° 내전되고 중둔근은 유각기쪽으로 골반이 떨어지는 것을 제한하거나 감속하기 위하여 원심성으로 수축한다.

⑦ 고관절 내전근(hip adductors)

유각기의 말기에 작용하기 시작하며 입각기의 중기까지 작용하고 입각기 말기에 강하게 작용하기 시작하여 유각기로 넘어갈 무렵 강하게 작용된다. 또한 내전근은 골반의 안정을 위해 작용한다.

보행에서 내전근 기능에 관한 해석은 운동범위에 따라서 지레가 변하고, 근육이 발생할 수 있는 다양한 작용(즉, 고관절의 굴곡, 신전, 내·외회전, 그리고 박근의 경우에 무릎관절굴곡) 때문에 어렵다. 이 근육은 부피가 대단히 크고 큰 힘을 발휘할 수 있다. 그들은 달리기, 점프, 기어오르기, 양 하지에 체중을 지지하는 스키와 같은 활동에서 더욱 중요하다.

⑧ 고관절굴곡근(hip flexors)

고관절굴곡근으로 작용하는 근육은 장요근, 대퇴근막장근, 봉공근, 대퇴직근 그리고 내전근(특히 장내전근)이다. 이 모든 근육은 유각기 초기에 잠깐 활동이 시작되다가 중간유각기까지 활동이 없다(Close, 1964; Green and Morris, 1970; Inman 등, 1981).

⑨ 대둔근(gluteus maximus)

대둔근의 활동은 말기 유각기에서 시작되어 체중이 발로 이동될 때 최대에 이른다. 대둔근은 장경인대(iliotibial tract)에 부착하기 때문에 입각기 초기에 무릎관절 굴곡 및 고관절 내전을 감속시키는 힘을 발휘한다(Perry, 1992)(그림 12-10).

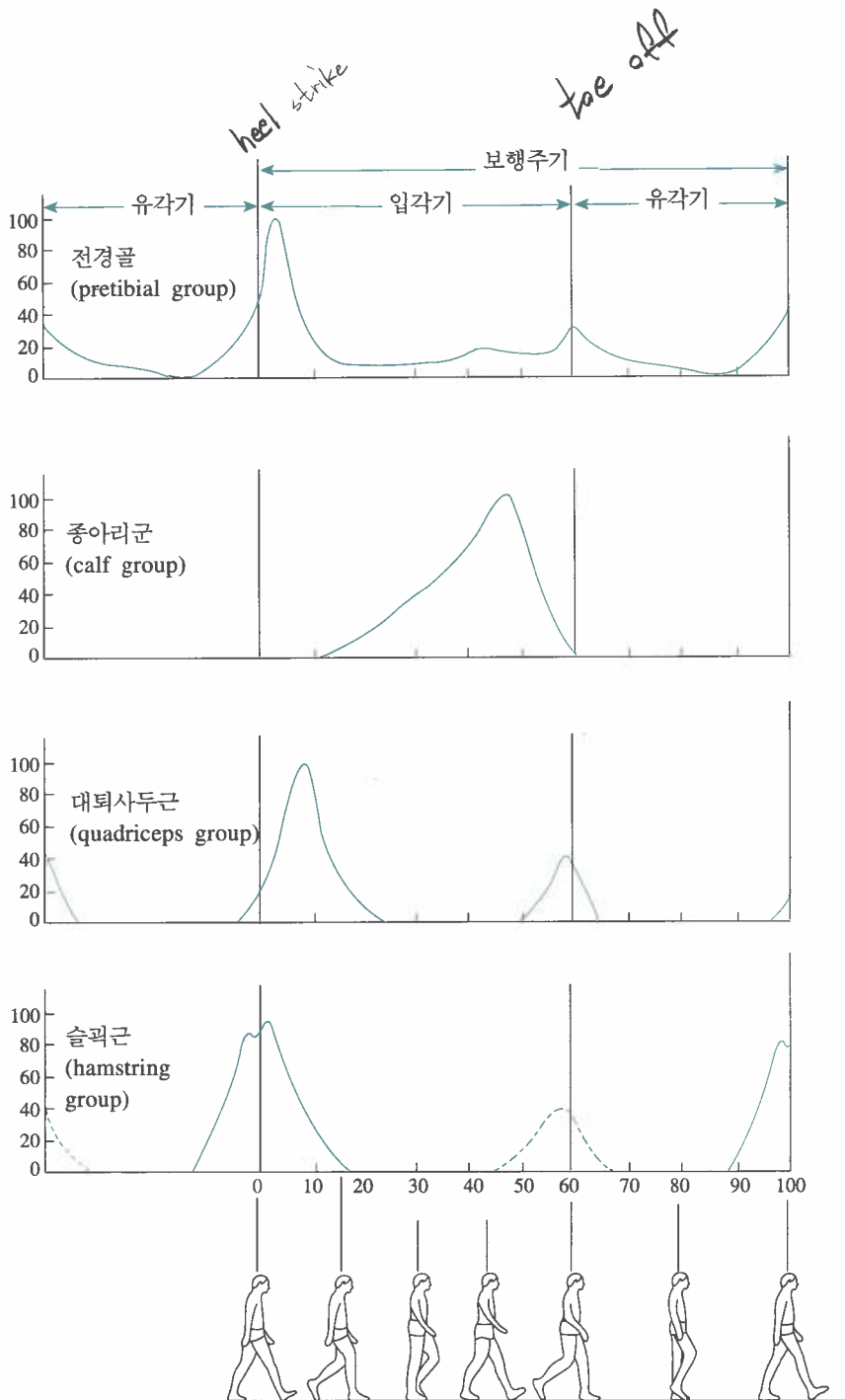


그림 12-10. 보행시 근육작용

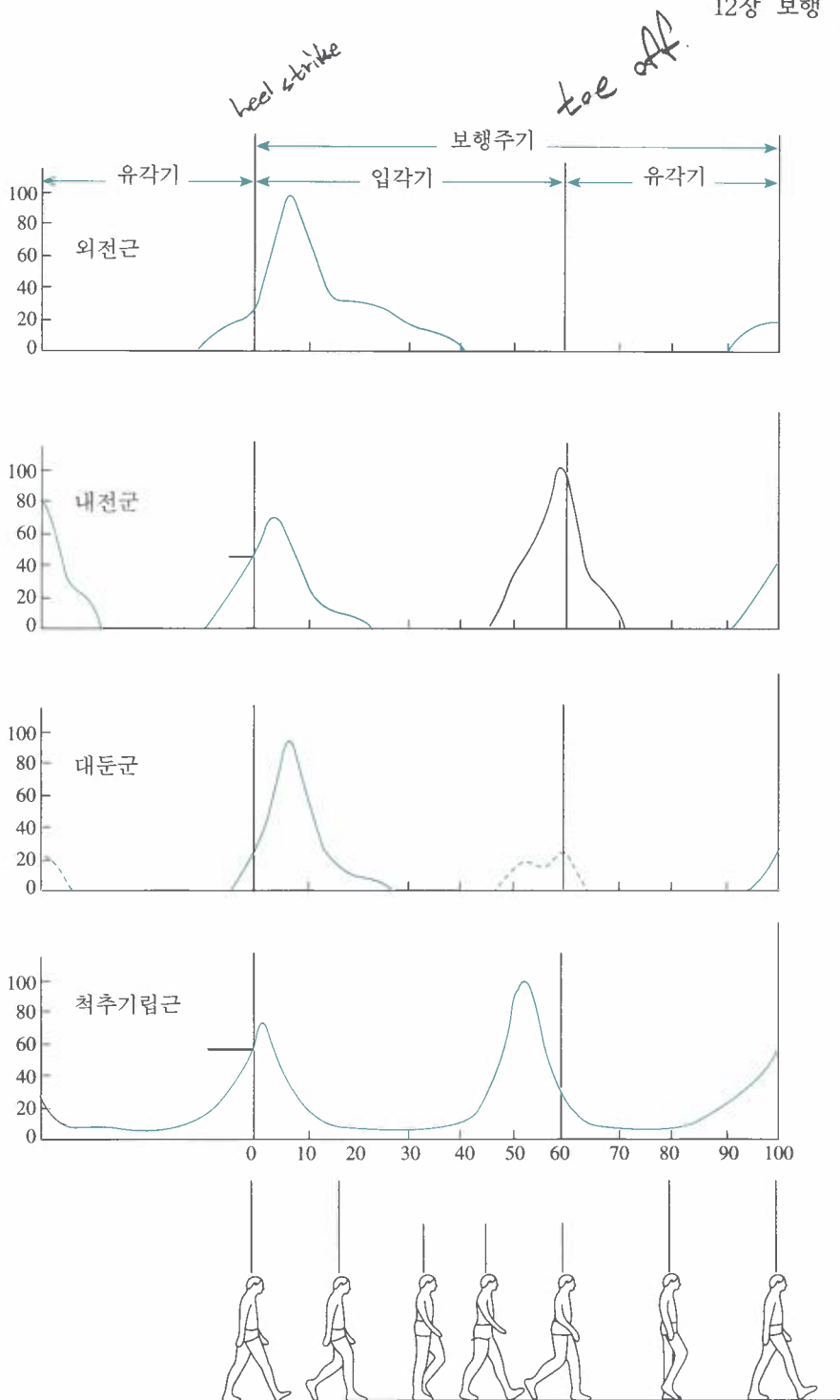


그림 12-11. 보행시 척추기립근의 작용

⑩ **척추거립근(erector spine)**

보행주기 전체에 작용하며 체간의 좌우 흔들림이나 전방굴곡을 제한한다. 특히 입각기의 초기와 말기에서 강하게 작용한다(그림 12-11).

2. 비정상보행 분석

비정상보행에 대한 분석은 지금까지의 자세와 정상보행에 관한 지식을 중심으로 분석하되 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- ① 보행운동의 대칭성
- ② 보폭의 길이
- ③ 운동의 원활성(비틀거림, 불균형, 경축성 등)
- ④ 팔의 움직임(많이 흔드는가, 적게 흔드는가 등)
- ⑤ 체간의 운동(전후 좌우의 기울기, 또는 동작의 경직성)
- ⑥ 몸의 상하 움직임(과대 움직임과 원활성 여부)
- ⑦ 머리의 위치
- ⑧ 어깨의 높이
- ⑨ 골반의 전후방 경사도
- ⑩ 고관절의 운동범위(굴곡, 신전, 내전, 외전, 내회전, 외회전)
- ⑪ 슬관절의 안정성과 굴곡 및 신전의 정도
- ⑫ 발목관절의 움직임
- ⑬ 발바닥의 상태

이러한 비정상보행의 원인은 구조상의 이상이 있거나 통증이 있는 경우, 신경 및 근육의 이상이 있는 경우 등이다.

(1) 구조적 이상으로 인한 비정상보행

① 다리길이 차이로 인한 비정상보행

양측 하지 길이의 차이가 3cm 미만일 경우는 어깨와 골반이 처지고 유각기(swing phase)에서 긴쪽 하지의 고관절, 슬관절 및 족관절의 과도한 굴곡이 나타난다. 길이 차이가 3cm 이상일 경우는 위 증세 외에 짧은 쪽 하지에서 입각기에 족관절 저축굴곡을 시도하여 짧은 다리의 길이를 대상하려는 작용이 나타나게 된다.

② 고관절 구축에 의한 비정상보행

고관절의 구축이 오면 유각기에서 하지를 앞으로 흔들어 내딛기 때문에 요추의 대상 작용인 후만작용이 나타나고 반대측 하지의 운동범위가 상대적으로 커지게 된다.

③ 슬관절 굴곡 구축에 의한 비정상보행

한쪽 슬관절에 구축이 오면 결과적으로 다리의 길이가 짧아진 것과 같은 효과를 가져 오기 때문에 양측 하지 길이의 차이로 인한 이상보행에서 나타난 증세들이 모두 출현하게 되는데 30° 를 넘으면 항상 절름발이 보행(limping gait)이 나타나게 된다.

④ 슬관절 신전 구축에 의한 비정상보행

슬관절 구축이 있는 다리의 유각기(swing phase)에 고관절의 회전(circumduction)이 심하게 나타나고 입각기(stance phase)에서 발뒤꿈치가 땅에 닿는 순간 심한 충격이 나타난다.

⑤ 족관절 구축에 의한 비정상보행

첨족변형(equinus deformity)시에는 한쪽 하지의 길이가 과도하게 길어진 것과 비슷한 결과를 가져오기 때문에 이를 보상하기 위하여 유각기에서 무릎을 과도하게 들어올리게 되며, 입각기에서는 발뒤꿈치가 먼저 닿지 못하고 발끝이 먼저 지면에 닿게 된다. 한편, 종족변형(calcaneus deformity)시에는 발끝이 지면에 닿을 때와 발뒤꿈치밀기(push off)시 힘이 부족하게 된다.

(2) 통증성 비정상 보행

일반적으로 통증이 있을 경우 아픈쪽 다리의 체중부하를 피하게 되고 상대적으로 입각기가 짧아진다.

① 요통으로 인한 비정상보행

천장골에 통증이 있게 되면 보행의 패턴에 변화가 일어나게 되는데 양쪽 모두에 통증이 있을 경우에는 보행의 속도가 느려지고 보폭이 짧아진다. 그러나 어느 한쪽에만 통증이 있을 경우에는 정상인 쪽으로 몸이 기울어지면서 골반의 운동을 감소시키기 위해 몸이 약간 전방으로 굴곡되게 된다.

② 고관절 통증으로 인한 비정상보행

고관절에 통증이 있거나 제한이 있을 경우 하지에서의 체중지지 시간은 통증이 있는 쪽이 정상인쪽보다 짧는데, 이것은 통증이 있는 고관절 부위에서 체중지지 일어나는 것을 피하려고 하는 데서 오는 현상이다.

이러한 이유로 통증이 있는 하지에서 입각기보다 유각기가 길어지고 입각기에 아픈 쪽의 어깨가 내려가고, 건강한 쪽의 어깨가 올라간다. 유각기에는 아픈쪽 인대를 이완 시키기 때문에 고관절은 외전, 외회전 및 굴곡자세를 취한다.

③ 슬관절 통증으로 인한 비정상보행

통증성 슬관절 보행은 노인이나 관절염 환자들에게서 가끔 볼 수 있는데, 슬관절을 굴곡하거나 신전할 때 통증이 나타나기 때문에 환자는 슬관절의 운동시 대퇴사두근의 수축을 억제하려고 한다. 그러나 이것만 가지고는 하퇴가 입각기에 들어섰을 때 보호가 불충분하기 때문에 환자는 통증이 있는 하지를 외회전하게 된다. 이때 외회전은 고관절 단독에 의해서만 일어나는 것은 아니며 골반의 회전이 동반되게 되는데, 골반의 회전은 통증이 있는 부위에 대해서는 전방으로, 정상인 쪽에 대해서는 후방으로 일어난다. 결과적으로 정상인쪽의 고관절에서는 내회전이 일어나게 된다.

(3) 중추신경계 질환에 의한 비정상보행

① 편마비환자의 보행

편마비환자는 한쪽 상하지 기능의 상실을 가져오는데 경련성(spasticity)에 의한 경우가 대부분이고, 이로 인한 보행시 슬관절이 신전상태를 유지하게 되어 유각기에 슬관절 굴곡을 할 수 없게 된다. 거기에 더하여 족부에서는 배측굴곡의 기능이 상실되어 유각기에 정확하게 지면으로부터 발을 뗄 수가 없게 된다. 유각기에서 아픈쪽 하지의 회전 및 회선(circumduction)운동, 몸 전체가 아픈쪽으로 약간 기울어진다(중심유지), 아픈쪽 견관절 내전, 전완의 회내, 주관절 및 수근관절은 굴곡을 보인다. 편마비환자에서 나타나는 이상보행은 경련성의 정도에 따라 다양하며 일반적으로 편마비환자에서 나타나는 보행을 회전보행(circumduction gait)이라고 한다.

② 파킨슨병 환자의 보행

중추신경계질환 환자의 또 다른 형태로서 특징적인 보행을 나타내는 것 중에 하나가 파킨슨병 환자이다. 이 환자의 경우 기립자세시 슬관절, 고관절 굴곡과 함께 체간이 전

방굴곡이 일어나고 때로는 지속적인 진전(continuous tremor)이 동반되기도 한다.

③ 뇌성마비 환자의 보행

뇌성마비아의 보행은 일정한 하나의 패턴이 있는 것은 아니며 신경운동학적 분류에 따른 장애의 종류에 따라 보행의 패턴이 달라진다. 예를 들면 실조성(ataxic)의 경우에는 평형과 균형의 장애로 인해 술에 취한 사람과 비슷한 보행(drunk gait)이 나타나게 되고 편마비의 경우에는 이미 전술한 편마비환자의 보행이 나타나게 된다. 또한 고관절 내전근에 경련성이 증가되었을 경우 가위걸음(scissor gait)이 나타난다.

(4) 근육약화로 인한 비정상보행

① 대둔근(gluteus maximus) 약화로 인한 비정상보행

약화된 하지의 발끝닿기 바로 직후인 입각중기(midstance)에 체간과 골반은 후방으로 당기고 고관절은 전방으로 돌출된다. 만일 양측의 대둔근이 모두 약화가 왔을 경우, 전 보행주기를 통해 체간이 후방으로 넘어가는 상태를 유지하게 된다.

이와 같은 동작을 신근파행 또는 대둔근파행(extensor lurch of gluteus maximus lurch)이라고 한다(그림 12-12).

② 중둔근(gluteus medius) 약화로 인한 비정상보행

중둔근에 마비나 약화가 있으면, 약화된 측 하지에 체중이 가해질 때 약화된 쪽 하지의 고관절이 측면으로 돌출되고 건강한 쪽 골반이 하방으로 기울어지게 되며 머리와 어깨는 마비된 쪽으로 기울어지는데, 이는 건강한쪽 골반의 하강으로 인한 불균형에 대한 손상작용이다. 이러한 보행을 고관절외전근 파행 또는 중둔근파행(abductor lurch or gluteus medius lurch)이라고 한다(그림 12-13).

③ 대퇴사두근(quadriceps) 약화로 인한 비정상보행

대퇴사두근 약화로 인한 보행시 체간을 가볍게 앞으로 숙이고 무릎의 굴곡을 방지하기 위해 대퇴의 전면을 손으로 누르고 걷는다(그림 12-14). 이러한 보행은 근위축(muscle dystrophy)과 소아마비(poliomyelitis) 환자에게서 흔히 볼 수 있으며 하지 전체를 외회전하면서 발을 내딛게 된다. 대퇴를 손으로 누르므로 슬관절이 과잉신전되어 반장슬(back knee)이 생기고 외회전을 하면서 걷기 때문에 외반슬(genu valgus)의 원인이 되기도 한다.

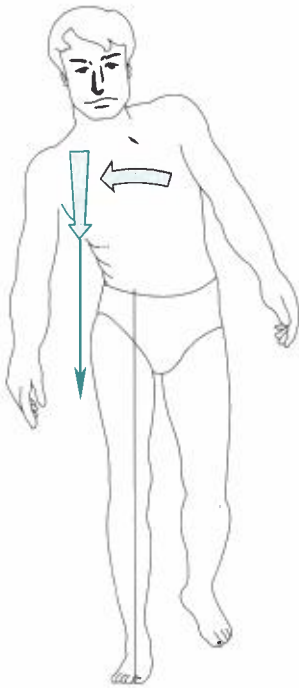


그림 12-12. 족둔근 파행

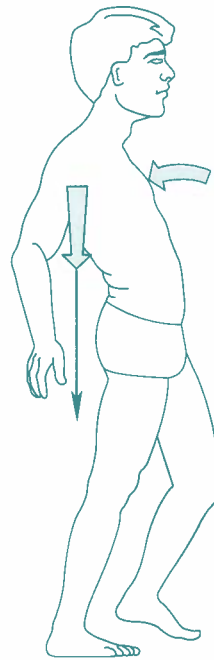


그림 12-13. 대둔근 파행

④ 슬괩근(hamstring)약화로 인한 비정상보행

슬괩근은 뒤꿈치 닿기(heel strike) 바로 직전에 다리를 서서히 내려 놓을때까지 제어하는 동작으로 수축하여 뒤꿈치가 지면에 닿을 수 있게 한다. 슬괩근 약화시 뒤꿈치 닿기는 과격하게 일어나게 되고 발뒤꿈치 피부는 두터워지게 되며 무릎은 과신전되는데 이러한 보행을 반장슬보행(back knee gait)이라고 한다.

⑤ 전경골근(tibialis anterior)약화로 인한 이상보행

전경골근의 약화로 인하여 족관절 배측굴곡에 장애를 받게 되어 유각기에 침족보행이 일어나 구두 앞부리를 지면에 끌며 걷는 특징적인 shoe scrapes가 된다(그림 12-15). 이러한 것을 보상하기 위해 환자는 슬관절과 고관절을 과도하게 굴곡하게 되는데 이러한 보행을 일면 계상보행(stepage gait)이라고 한다(그림 12-16).

⑥ 비복근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus) 약화로 인한 이상보행

비복근과 가자미근의 약화시 발끝으로 지면을 미는 동작(push off)이 나타나지 않아 종족보행(calcaneous gait)이 나타난다. 또한 비복근, 가자미근의 작용을 보상하기 위해



그림 12-14.

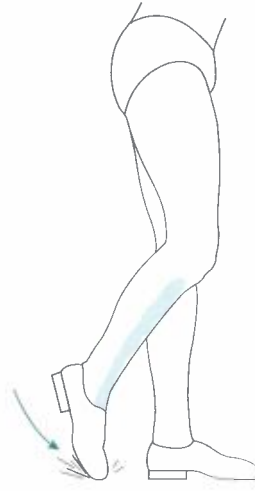


그림 12-15. 침족보행



그림 12-16. 계상보행

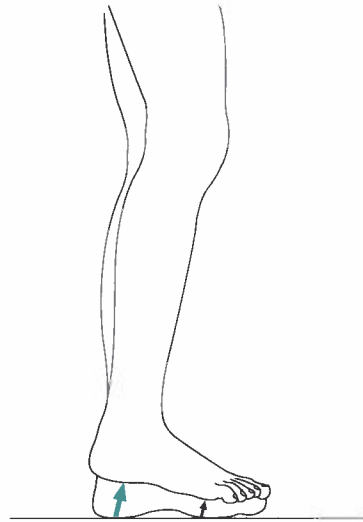


그림 12-17. 편평족 보행

장단비골근의 작용이 비대해져 발의 궁(arch)이 감소하여 편평족(flat foot)의 되기도 한다(그림 12-17).

- 강순희 외(1997). 키스너 콜비 · 운동치료 총론. 영문출판사.
- 이춘우 외(1996). 대학물리학. 탐구당.
- 고신관 외(1998). 대학물리학. 대학서림.
- 대학물리학교재연구회 역(1987). 대학물리학[I]. 광림사.
- 대한정형물리치료학회(1998). 정형물리치료진단학. 현문사, 서울. 323-382.
- 배성수 외. 물리치료학개론(1999). 대학서림.
- 배성수 외(2000). 임상운동학 2판. 영문출판사, 서울. 289-330.
- 배성수 외(2000). Joint structure and function. 영문출판사.
- 신문균 외(1993). 기능해부학을 위한 관절생리학1(상지). 현문사, 서울. 132-282.
- 신흥철 외(2001). 기능해부학. 현문사, 서울. 225-274.
- 오정희 외(1983). 임상운동학. 대학서림.
- 김남균 외(1995). 의공학개론. 여문각.
- 이현옥 외(1999). Brunstrom's 임상운동학 5판. 영문출판사, 서울. 154-161, 199-242.
- 김용주, 김용천, 민경옥(1995). 임상운동학. 현문사.
- 정진우(1990). 손의 동통과 기능장애. 대학서림, 서울. 17-48.
- 정형국, 배성수(1993). 인체중심과 분절중심에 대한 연구. 대한물리치료학회지 제5권 1호.
- Bagg DS, Forrest WJ: A biomechanical analysis of scapular rotation during arm abduction in the scapular plane. Am J Phys Med 67:238, 1988.
- Bagg DS, Forrest WJ: Electromyographic study of scapular rotation during arm abduction in the scapular plane. Am J Phys Med 65:111, 1986.
- Basic Biomechanics of the Musculoskeletal system(2nd edition)(1990). Lea & Feiger. Nordin M & Frankel VH.
- Biomechanics of Human Movement(1979). Jhon Wiley & Sons, Inc. Winter DA.
- Biomechanics of Musculoskeletal Injury(1998). Human Kinetics. Whiting WC & Zernicke RF.
- Brunnstrom's Clinical Kinesiology(1996). F.A. Davis Co. Smith LK, Weiss EL & Lehmkuhl LD.

- Clinical Biomechanics of the Spine(1990). JB Lippincott Co. White III AA & Panjabi MM.
- Williams & Wilkins. Soderberg GL(1983). Clinical Biomechanics. musculoskeletal action & Reaction.
- Clinical Kinesiology for Physical Therapist Assistants. Lippert L(1994). FA Davis.
- Concepts in Kinesiology. Groves R & Camaione DN(1975).
- Conceptual Physics. Addison-Wesley Pub. Paul Gitterwitt(1997).
- Cynthia C. Norkin & Pamela k. Levangie(1992): Joint structure & function a Comprehensive Analysis 2nd ed. F.A Davis company. Philadelphia pp 216-225.
- Dempster WT(1965). Mechanism of shoulder movement. Arch Phys Med Rehabil 46A:49,
- Deplma AF, Callery G, Bennet GA(1949). Variational anatomy and degenerative lesion of the shoulder joint. Instr Course Lect 6:255-281,
- Donald A. Neumann(2002). Kinesiology of the musculoskeletal system; Foundations for physical rehabilitation, Mosby, USA, pp172-247,
- Foundations of Clinical Orthopaedics. Institute Press, Division of Patris Inc. Paris SV & Loubert PV(1990).
- Gohlke F, Essigkrug B, Schmitz F(1994) The pattern of the collagen fiber bundles of the capsule of the glenohumeral joint. J Shouler Elbow Surg 3:111-128,
- Hurst, L.C., Weissberg, and R, E. Carroll(1985) The realtionship of the double crush to carpal tunnel syndrome. J. Hand Surg. | Br. | 10:202-204,
- Inman VT, Saunders M, Abbott LC(1944) Observations of the shoulder joint. J Bone Joint Surg 26A:1,
- Introduction to Problem Solving in Biomechanics. Lea & Febiger. Wiktorin CH & Nordin M(1986).
- Joint - Structure & Function. F.A. Davis Co. Norkin CC & Levangie PK(1992).
- Kadaba MP, Cole MF, Wooten P et al(1992). Intramuscular wire electromyography of the subscapularis J Orthop Res 10:394,
- Kay.W. Sieg.E.M(1990). Illustrated Essentials of Musculoskeletal Anatomy, Megabooks, USA, 2nd Ed, pp 29-57,
- Kent BE(1971). Functional anatomy of the shoulder complex. A review. Phys Ther 51:867,
- Kevin E. Wilk et al: The stabilizing structures of the glenohumeral joint. Volume 25,
- Kondo M, Tavoe S, Yamada M(1984). Changes of the tilting angle of the scapula

- following elevation of the arm. In Gateman JE, Welsh RP (eds): Surgery of the Shoulder. Philadelphia, CV Mosby,
- Lucas D(1973). Biomechanics of the shoulder joint. Arch Surg 107:425,
- Magee DJ(1997). Orthopedic Physical Assessment, 3rd ed. WB. Saunders. Philadelphia, .
- Manual Mobilization of the Extremity Joints. Olaf Norkis Bokhandel, Kalternborn FM(1989).
- Margareta Nordin, Victor H. Frankel(1980). basic biomechanics of the musculoskeletal system, Lea & Febiger, USA, pp 275-301, .
- Martha Freeman Somers(1991). Spinal cord injury functional rehabilitation. Appleton & Lange. pp 104,105,
- Massey, E.W., T.L. Riely, and A.B. Pleet(1981). Co-existant carpal tunnel syndrome and cervical radiculopathy (double crush syndrome). South MEd, J. 74:957-959.
- Moseley HF, Overgaard B(1968). The anterior capsular mechanism in recurrent dislocation of the shoulder: Morphological and clinical studies with special reference to the glenoid labrum and glenohumeral ligament. J Bone Joint Surg 44B:13-27, 1962 16. Moseley HF: The clavicle: its anatomy and function, Clin Orthop Res 58:17,
- Moseley JB et al(1992). EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. Am J Sports Med 20:128.
- Murray-Jeslie, C.F., and V. Wright(1976). Carpal tunnel syndrome, humeral epicondylitis and the cervical spine: A study of clinical and dimensional relations. Br. Med. J. 1:1439-1442,
- Neumann DA & Cook TM(1985). The effects of load and carry position on the 24. Electromyographic activity of the gluteus medius during walking. Phys Ther 65:305-311
- Neumann DA(2002). Kinesiology of the musculoskeletal system, 150-170, mosby.
- Neumann DA, Cook TM, Sholty RL, Sobush DC(1992). Electromyographic analysis of hip abductor muscle activity when subjects are carrying loads in one or both hands. Phys Ther 72:207-217
- Nordin M & Frankel(1975). Concepts in Kinesiology. Groves R & Camaione DN Number 6, June 1997. JOSPT
- Orthopedic And Sports Physical Therapy. Mosby. Malone TR, McPoil T, Nitz AJ(1997).

- O' Brien SJ(1990). Neves MC, Aronczyk SP, Rozbruch SR, DiCarlo EF, Warren RF, Schwartz R: The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligament complex of the shoulder. *Am J Sports Med* 18:449-456.
- Perry J(1988). Muscle control of the shoulder. p.17. In Rowe CR (ed): *The shoulder*. Churchill Livingstone, New York.
- Poppen NK, Walker PS(1978). Forces at the glenohumeral joint in abduction. *Clin Orthop* 135:165.
- Poppen NK, Walker PS(1976). Normal and abnormal motion of the shoulder. *J Bone Joint Surg* 58A:195.
- Rene Calliet: *Shoulder Pain*, 3rd ed. F.A. Davis company. Philadelphia pp43-46, 1991
- Robert A. Donatelli: *Physical therapy of the shoulder* 3rd ed. Churchill Livingstone, New York, 1997 pp 10-13.
- Saha AK(1983). Mechanism of shoulder movements and a plea for the recognition of "zero position" of glenohumeral joint. *Clin Orthop* 173:3.
- Saha AK(1961). *Theory of Shoulder Mechanism: Descriptive and Applied*. Charles C Thomas, Springfield, IL.
- Sarrafian SK(1983). Gross and functional anatomy of the shoulder. *Clin Orthop Rel Res* 173:11.
- Sarrafian, SK(1983). Gross and functional anatomy of the shoulder. *Clin Orthop* 173:11-18,
- Sharkey NA, Marder RA(1995) The rotator cuff opposes superior translation of the humeral head. *Am J Sports Med* 23:270.
- Steindler A(1955). *Kinesiology of the Human Body Under Normal and Pathological Conditions*. Charles C Thomas, Springfield, IL.
- Travell JG, Simons DG : *Myofascial pain and dysfunction*, 448-476, Williams & Warwick R, Williams P(eds)(1973). *Gray's Anatomy* 35th British ED. WB Saunders, Philadelphia,
- Williams & Lissner's *Biomechanics of Human Motion*(1992). Saunders Co., LeVeau BF
- Wu N, Schmotzer H, Thren K, Korell M et al: Translation of the glenohumeral joint with simulated active elevation. *Clin Orthop* 309:193, 1994

【ㄱ】

- 가동관절 · 54, 58
- 가동관절의 안정성 · 68
- 가동관절의 퇴행 · 68
- 가동활차시스템 · 34
- 가소성범위 · 51
- 가위결음 · 319
- 가이온 관 · 188
- 가자미근 · 249
- 가정부 무릎 · 234
- 갈퀴 발가락 · 259
- 갈퀴손 · 186
- 갈퀴손가락 · 191
- 감각수용기 · 112
- 강도 · 51
- 강직도 · 52
- 강한 쥐기 · 183
- 거골하관절 · 239
- 거상-하강 · 119
- 거위발낭염 · 233
- 거중주관절 · 241
- 거퇴관절 · 239
- 견갑거근 · 126
- 견갑골 익상 · 124
- 견갑하근 · 127
- 견부 관절낭 · 122
- 견쇄관절 · 123
- 견흉관절 · 118
- 경골의 전방탈구 · 221
- 경첩관절 · 61
- 경추간판 탈출증 · 287
- 경추관절 · 271
- 경추 만곡 · 264
- 계상보행 · 259, 320
- 고관절 · 197
- 고관절 내전근 · 210, 313
- 고관절 외전근 · 210, 313
- 고관절굴곡근 · 209, 313
- 고관절신전근 · 209
- 고관절운동 · 202
- 고관절의 역학적 축 · 215
- 고관절통 · 218
- 고니오메터 · 14
- 고유수용성 감각 · 30
- 고정활차시스템 · 34
- 곡률반경 · 231
- 골돌기관절 · 276
- 골반 · 196
- 골반 들기 · 201
- 골반 숙이기 · 201
- 골반의 운동 · 200
- 골반회전 · 308
- 골운동학 · 13, 14, 71
- 골중식 · 199
- 골중식체 · 68, 218
- 공점힘 체계 · 26
- 과상관절 · 61
- 관성 · 22
- 관성모멘트 · 38
- 관성의 법칙 · 29
- 관절 외 통증증후군 · 234
- 관절낭 · 65, 222
- 관절면 · 121
- 관절연골 · 64
- 관절와상완관절 · 119
- 관절와상완 리듬 · 133
- 관절운동학 · 13, 15, 73
- 관절학 · 54
- 구르기 · 16, 74, 223
- 구상관절 · 62, 197
- 구성운동 · 17
- 구심성 수축 · 87, 102
- 구형잡기 · 184
- 굴곡 · 15
- 굴곡-신전축 · 223
- 균등성 · 85
- 극간근 · 127, 284
- 극하근 · 127
- 근막성 질환 · 218
- 근수축의 활주설 · 98
- 근위축 · 319
- 근육 결합조직 · 94
- 근육의 전작용 · 182
- 근장력 · 98
- 근절 · 85
- 기저면 · 41
- 길이-장력관계 · 217
- 끌림검사 · 233

【L】

나사흙운동 · 231
 난형 관절 · 64
 내반 · 244
 내반족 · 258
 내재근 양성자세 · 177
 내전 · 15
 내폐쇄근 · 209
 뇌성마비 환자의 보행 · 319
 뉴턴의 운동법칙 · 29
 느린-연축 근섬유 · 251
 능동 근장력 · 86
 능동불충분 · 100
 능동장력 · 98
 능동적 불충분 · 181
 능형근 · 126

【ㄷ】

다열근 · 283
 단내전근 · 208
 단무지굴근 · 169
 단무지외전근 · 168
 단소지굴근 · 170
 단추구멍기형 · 190
 단축 수축 · 87
 단축성 관절 · 144
 닫힌 사슬운동 · 12
 당기기 · 138
 대내전근 · 208
 대둔근 · 206, 313
 대둔근파행 · 319
 대요근 · 203
 대퇴근막장근 · 205
 대퇴방형근 · 208
 대퇴사두근 · 206, 228, 312
 대퇴직근 · 205
 대흉근 · 127

동역학 · 4
 동적 균형 · 300
 뒤꿈트랑 구축 · 192
 등장성 수축 · 102
 등척성 길이 · 98
 등척성 수축 · 87, 103, 226

【口】

마손 · 65
 마찰 · 65
 망치 발가락 · 259
 망치손가락 · 192
 멈춤고삐인대 · 158
 면 · 7
 모멘트 팔 · 92
 무명골 · 196
 무지 외반 · 259
 무지내전근 · 170
 무지대립근 · 168
 문합성 막채널 · 88
 문합형 근육 · 110, 146
 물질의 탄성 · 50
 미골 · 196
 미끄러짐 유도 · 282
 밀기 · 139

【ㅂ】

박근 · 207
 반건양근 · 206, 228
 반관절 · 54
 반극근 · 283
 반막양근 · 206, 228
 반발력 · 22
 반월판 · 222
 반익상 · 93
 반작용의 법칙 · 31
 반장슬 · 319
 반장슬보행 · 320

발끝밀기 · 253
 발목관절운동 · 244
 발통점 · 233
 방아쇠손가락 · 191
 방형회내근 · 147
 배측골간근 · 171
 배측굴곡 · 244
 백조목기형 · 190
 병렬탄력요소 · 96
 병진운동 · 4, 13
 병진적 활주 · 69, 78
 보행속도 · 304
 보행시 관절가동범위 · 306
 보행주기 · 303
 볼록-오목법칙 · 17, 76
 봉공근 · 205
 봉합 · 55
 부동관절 · 54
 부력 · 22
 불규칙성치밀결합조직 · 55
 불균등성 · 85
 비골근 · 312
 비복근 · 249
 비습손 · 192
 비정상 자세 · 298
 비정상보행 · 318
 비정상적인 보행 · 303
 비틀림 부하 · 48
 빠른-연축 근섬유 · 251

【人】

사슬운동 · 11
 상-하방회전 · 119
 상부 요척관절 · 143
 상쌍자근 · 208
 상완근 · 146
 상완삼두근 · 146
 상완상 관절 · 119

상완요골근 · 146
 상완이두근 · 145
 상완척골 · 143
 생리적 만곡 · 264
 생체역학 · 4
 선형힘 체계 · 25
 설주관절 · 242
 섬유륜 · 266
 섬유막 · 66
 섬유성 관절 · 54
 섬유연골결합 · 57
 섬유의 배열형태 · 92
 소둔근 · 207
 소아마비 · 319
 소지대립근 · 170
 소지신근 · 165
 소지외전근 · 170
 소흉근 · 127
 손가락 끝 집기 · 184
 손가락 장축 집기 · 184
 손목하수 · 151, 186
 쇄골하근 · 127
 수근관증후군 · 187
 수근중수관절 · 156
 수동 불충분 · 111, 144
 수동장력 · 98, 182
 수동적 불충분 · 179
 수축단위 · 85
 순간회전중심 · 19
 스트레스 · 47
 스트레스-스트레인 곡선 · 50
 스핀 · 16, 73
 슬개골 연골연화증
 슬개대퇴관절 · 225
 슬괵근 · 312
 슬내장 · 233
 승모근 · 125
 승모근 마비 · 140

시지신근 · 167
 신근플러스기형 · 191
 신연력 · 28, 122
 신장반사 · 113
 신전 · 15
 실제 풀린 위치 · 18
 실조성 · 319
 심지골근 · 164
 십자인대 · 221

[ㅇ]

안장관절 · 62
 안장형 관절 · 64
 액돌기관절 · 276
 엄지의 Z 기형 · 192
 역학적 사슬 · 154
 역학적 이득 · 33
 역학적 축 · 72
 연골결합 · 57
 연골성 관절 · 54, 56
 연골하 경화증 · 218
 열린 사슬운동 · 12
 염전 · 287
 염좌 · 68
 염증성 퇴행 · 300
 오버검사 · 218
 외반슬 · 319
 외반운동 · 244
 외반족 · 258
 외반주 · 144
 외상성 상해 · 300
 외재근 양성자세 · 177
 외전 · 15
 외전-내전 · 119
 외폐쇄근 · 209
 요골신경마비 · 186
 요족 · 258
 요추간판 탈출증 · 287

요측수근굴근 · 160
 운동 측정 · 5
 운동량 · 39
 운동신경원 · 87
 운동역학 · 22
 운동학적 자료 · 306
 운동형상학 · 4
 운반각 · 144
 원숭이손 기형 · 191
 원심성 수축 · 87, 102, 103
 원통형 잡기 · 184
 원회내근 · 147
 유각기 · 304
 유각전기 · 308
 응력 · 47
 이분척추분리증 · 251
 이상근 · 208
 익상 · 93
 인대 · 67
 인대결합 · 56
 인체공학 · 4
 인체의 중심 · 292
 입각기 · 304

[ㅈ]

자가잠금기전 · 199
 자세 · 292
 자세성 동요 · 300
 자세정렬 · 292
 자세조절 · 292
 자유물체도 · 24, 42
 잠긴 위치 · 18, 69
 잠김기전 · 225, 231
 장골근 · 204
 장내전근 · 208
 장력관계 · 98
 장력성 스트레스 · 47
 장력손상 · 68

장무지굴근 · 164
 장무지신근 · 248
 장장근 · 161
 장지신근 · 248
 장측골간근 · 170
 저측굴곡 · 244
 전거근 · 126
 전거근 마비시 · 139
 전경골근 · 247
 전단성 스트레스 · 48
 전만증 · 264
 전방 골반경사 · 200
 전후운동 · 271
 점탄성 방법 · 65
 점변관절 · 230
 접촉력 · 22
 정상 보행 · 303
 정상적인 운동감각 · 303
 정식 · 56
 정중신경 · 187
 정중신경마비 · 187
 정확한 쥐기 · 183
 조인트 플레이 · 15, 78, 13, 143
 족관절의 배측굴곡근 · 310
 족근간관절 · 239
 족근중족관절 · 242
 족지절간관절 · 243
 종속운동 · 77, 202, 225, 245
 종아리 근육군 · 311
 종요족 변형 · 251
 종입방 관절 · 241
 종족 · 258
 종족보행 · 320
 주각 · 144
 주근 · 146
 주먹쥐기식 잡기 · 184
 중간수근관절 · 154

중간힘줄 · 93
 중둔근 · 207
 중둔근파행 · 319
 중력 · 22
 중력중심 · 45
 중수지절관절 · 157
 중족간관절 · 243
 중족지절관절 · 243
 지레의 원리 · 32
 지렛대 · 226
 지면반발력 · 28
 지신근 · 164
 지절간관절 · 158
 지절관절운동 · 245
 진성관절 · 276

【 ㄸ 】

차측관절 · 61
 척골신경마비 · 186, 187
 척골편향 · 191
 척주 · 263
 척추분절간 협소증 · 287
 척추측만증 · 300
 척측수근굴근 · 162
 척측수근신근 · 160
 천골 · 196
 천장골관절 · 218
 천장관절 · 199
 천지굴근 · 163
 침족 · 258
 침족보행 · 321
 체중지지 · 276
 추간판 탈출증 · 266
 추공외 포착 · 287
 추궁근 결함 · 287
 축 · 7
 축 회전 · 224
 축복선 기형 · 192

축활주 · 16
 충격 흡수 · 276
 충격량 · 40
 충격력 · 22
 취수 · 191
 취족 · 260
 측만증 · 264, 299
 측면굴곡 · 268
 측면집기 · 186
 측부인대 · 221
 치골근

【 ㄷ 】

크립 · 52

【 E 】

타원관절 · 62
 탄성범위 · 51
 탄성한계 · 50, 51
 탈분극 주기 · 89
 테노데시스 · 180
 통증성 비정상 보행 · 317
 퇴행성관절염 · 234
 트렌델렌버그 검사 · 218

【 ㄹ 】

파손 · 52
 파킨슨병 환자의 보행 · 318
 편마비환자의 보행 · 318
 편평족 · 256, 321
 편평족 변형 · 253
 편평족 보행 · 321
 평면관절 · 59
 평면활액관절 · 156
 평형 · 41
 풀린 위치 · 70

【중】

하수기형 · 192
 하쌍자근 · 209
 하퇴삼두근 마비 · 251
 합성 힘 · 28
 항복지점 · 51
 해부학적 자세 · 6
 해부학적 축 · 6
 환추후두관절 · 271
 환측관절 · 271
 활막 · 66
 활막성 관절 · 54, 58, 119
 활액 · 67
 활액 경첩관절 · 158

활주 · 16, 75, 223
 활주운동 · 242
 활차시스템 · 34
 회내 · 15
 회선 · 15
 회외 · 15
 회외근 · 147
 회전 · 15
 회전근 · 284
 회전동역학 · 36
 회전력 · 122
 회전운동 · 4, 303
 횡문근 · 83
 횡수근궁 · 157
 횡족근 관절 · 241

효소의 퇴행 · 68
 후만증 · 264
 후방 골반경사 200
 후크식 잡기 · 184
 흉쇄관절 · 125
 힐튼 법칙 · 70
 힘 · 22 ·
 힘-속도관계 · 100
 힘의 개념 · 24
 힘의 분해 · 27
 힘의 합성 · 24
 힘줄의 탄성 · 97
 Apley 검사 233

INDEX

【A】

abduction • 15
abductor digiti minimi • 170
abductor lurch • 319
abductor pollicis brevis • 168
abnormal gait • 303
accessory motion • 245
accessory movement • 202, 225
acromioclavicular joint • 123
active insufficiency • 100, 181
active lengthening • 102
active muscle tension • 86
adduction • 15
adductor brevis • 208
adductor magnus • 208
adductor pollicis • 170
alpha motor neuron • 87
amount of pennation • 92
amphiarthrosis • 56
anastomosing membranous channel • 88
angular motion • 4
anisotropic • 85
anserine bursitis • 233
anterior drawer sign • 221
anterior tibialis • 247
anulus fibrosus • 266
ape hand deformity • 191

arthrokinematics • 13, 15
arthrokinematics • 73
arthrology • 54
articular surface • 121
ataxic • 319
atlas-occipital joint • 271
atlantoaxial joint • 271
axial rotation • 225

【B】

back knee • 319
back knee gait • 320
backward pelvic tilt • 200
ball-and-socket joint • 62, 197
biceps brachii • 145
biceps femoris • 206, 228
biomechanics • 4
bipennate • 93
bishop' hand or benediction hand deformity • 192
bone & joint position • 18
boutonniere • 190
buoyant • 22

【C】

cadence, walking rate • 304
calcaneocaval deformity • 251
calcaneous gait • 320
calf group • 311

carpal tunnel syndrome • 187
carpo-metacarpal joint • 156
carrying angle • 144
center of gravity • 292
central muscle tendon • 93
check rein ligament • 158
chondromalacia patella
circumduction • 15
claw foot • 258, 260
claw hand • 186, 191
claw toe • 259
close kinematic chain • 12
close-packed position • 18
close-packed position • 69
coccyx • 196
collateral ligament • 221
compliance • 97
component motion • 17
concentric contraction • 87
condylar joint • 61
contact force • 22
counternutation • 201
creep • 52
cruciate ligament • 221
cubital angle • 144
cubitus valgus • 144
cuneonavicular joint • 242
curved line • 231
cylindric grasp • 184

[D]

degeneration of the
diarthrodial joint • 68
dense irregular connective
tissue • 55
depolarization cycle • 89
distracting force • 28, 122
dorsal interossei • 171
dorsi flexion • 244
dorsiflexors of the ankle •
310
double limb support • 305
drawer test • 233
dupuytren's contraction •
192
dynamics • 4

[E]

eccentric contraction • 87,
103
elastic limit • 50
elastic limit • 51
elastic range • 51
elasticity • 50
ellipsoid joint • 62
enzymatic degradation • 68
ergonomics • 4
extension • 15
extensor carpi ulnaris • 160
extensor digiti minimi • 165
extensor digitorum • 164
extensor indicis proprius •
167
extensor plus deformity •
191
extra-articular pain
syndromes • 234
extraforaminal entrapment •

287

[F]

failure • 52
fibrous membrane • 66
fist grasp • 184
flat foot • 321
flatfoot deformity • 253
flexion • 15
flexor carpi radialis • 160
flexor carpi ulnaris • 162
flexor digiti minimi brevis
• 170
flexor digitorum profundus
• 164
flexor digitorum
superficialis • 163
flexor pollicis brevis • 169
flexor pollicis longus • 164
force • 22
forward pelvic tilt 200
free body diagram • 24, 42

[G]

gait cycle • 303
gemellus inferior • 209
gemellus superior • 208
genu valgus • 319
glenohumeral joint • 119
gliding • 16, 75, 223
gliding guiding • 282
gliding movement • 242
gluteus maximus • 206, 313
gluteus medius • 207
gluteus medius lurch • 319
gluteus minimus • 207
gomphosis • 56
goniometer • 14

gracilis • 207
gravity • 22
ground reaction • 28
guyons canal • 188

[H]

hallux valgus • 259
hammer toe • 259
hamstring • 312
herniated nucleus pulposus
• 266
hillton's Low • 70
hinge joint • 230
hinge joint • 61, 230
hip abductors • 313
hip adductors • 313
hip flexors • 313
hip joint • 197
hook grasp • 184
housemaid's knee • 234

[I]

iliacus • 204
impulse • 40
impulse force • 22
infraspinatus muscle • 127
instant center of rotation •
19
intact kinesthetic • 303
intermetatarsal joints • 243
internal derangement • 233
interphalangeal joint • 158
interphalangeal joint • 243
interspinalis • 284
intrinsic plus position • 177
inversion • 244
isometric contraction • 87,
103, 226

isotonic contraction • 102
isotropic • 85

【J】

joint capsule • 65, 222
joint play • 13, 15, 143

【K】

kinematic chain • 11
kinematic data • 306
kinematics • 4
kinetics • 22
kyphosis • 264

【L】

lateral prehension • 186
levator scapulae • 126
leverage • 226
ligament • 67
lisfranc • 242
locking mechanism • 225, 231
locking mechanism • 231
lordosis • 264

【M】

mallet finger • 192
measurement of motion • 5
mechanical advantage • 33
mechanical chain • 154
median nerve palsy • 187
meniscus • 222
metacarpophalangeal joint • 157, 243
midcarpal joint • 154
moment arm • 92
moment of inertia • 38

momentum • 39
multifidus • 283
multipennate • 93
muscle dystrophy • 319
muscle tension • 98
myofacial origin • 218

【N】

nodding movement • 271
normal gait • 303
nutration • 201

【O】

ober' s test • 218
obturator externus • 209
obturator internus • 209
open kinematic chain • 12
open or loose-packed position • 70
opponens digiti minimi • 170
opponens pollicis • 168
osteoarthritis • 234
osteokinematics • 14, 71
osteophyte • 68, 199, 218
ovoid joint • 64

【P】

palmar interossei • 170
palmar prehension • 184
palmaris longus • 161
parallel elastic component • 96
passive insufficiency • 111, 144, 179
passive tension • 182
patellofemoral joint • 225

pectineus • 205
pectoralis major • 127
pectoralis minor • 127
pedicular kinking • 287
pelvis • 196
peroneals • 312
pes cavus • 258
pes planus • 256
physiologic curve • 264
piriformis • 208
pivot gliding • 17
plane synovial joint • 156
plantar flexion • 244
plastic range • 51
poliomyelitis • 319
postural control • 292
postural sway • 300
posture • 292
power grip • 183
precision grip • 183
preswing • 308
pronation • 15
proprioceptive sense • 303
psoas major • 203
pulley system • 34
pulling • 138
push-off • 253
pushing • 139

【Q】

quadratus femoris • 208
quadriceps • 312

【R】

radial nerve palsy • 186
reaction force • 22
rectus femoris • 205
resultant force • 28

rhomboid muscle • 126
 rolling • 16, 74, 223
 rotation • 4, 15
 rotational force • 122
 rotatores • 284
 rotatory movement • 303
 ruffini ending • 70

[S]

sacroiliac joint • 199, 218
 sacrum • 196
 saddle • 62
 sarcomere • 85
 sartorius • 205
 scapulaohumeral rhythm • 133
 scapulothoracic joint • 118
 scissor gait • 319
 scoliosis • 264
 screw home movement • 231
 self-locking mechanism • 199
 sellar joint • 62
 semimembranosus • 206, 228
 semispinalis • 283
 semitendinosus • 206, 228
 serratus anterior • 126
 shear stress • 48
 shock-absorbing • 276
 shortening contraction • 87
 shoulder capsule • 122
 shunt muscle • 110, 146
 sliding filament theory • 98
 soleus • 249
 spheric grasp • 184
 spheroidal • 62
 spin • 16, 73
 spina bifida • 251
 stability of the diarthrodial

joint • 68
 stance phase • 304
 stationary mechanical axis • 72
 steppage gait • 259, 320
 sternoclavicular joint • 125
 strength • 51
 stress • 47
 stress-strain curve • 50
 stretch reflex • 113
 striated muscle • 83
 subchondral sclerosis • 218
 subclavius muscle • 127
 subscapularis muscle • 127
 superior radioulnar • 143
 supination • 15
 supinator • 147
 suprahumeral joint • 119
 supraspinatus muscle • 127
 suture • 55
 swan-neck • 190
 swing phase • 304
 symphysis • 57
 synchondrosis • 57
 syndesmosis • 56
 synovial fluid • 67
 synovial hinge joint • 158
 synovial membrane • 66

[T]

talipes calcaneus • 258
 talipes equinus • 258
 talipes valgus • 258
 talipes varus • 258
 tendon action • 182
 tenodesis • 180
 tensile stress • 47
 tensor fascia lata • 205

tip prehension • 184
 torsion • 287
 torsional loading • 48
 translation • 4
 translatoric gliding • 69
 translatoric gliding • 78
 translatory motion • 13
 transverse arch of hand • 157
 trapezius muscle • 125
 trendelenburg test • 218
 trigger finger • 191
 trigger point • 233
 trochoid joint • 61
 true joint • 276

[U]

ulnar drift • 191
 ulnar nerve palsy • 186
 uniaxial joint • 144
 unipennate • 93

[V]

vertebral column • 263
 viscoelastic manner • 65

[W]

wear • 65
 weight-bearing • 276
 winging of the scapula • 124
 wrist drop • 151, 186, 192
 yield point • 51

[Z]

Z deformity of the thumb • 192