

第2回 神経・筋生理学の基礎

教科書 金子公宥、福永哲夫編、バイオメカニクス、杏林書院 第2章から第5章

参考書 河合良訓監修，骨単，NTS，(ISBN4-86043-050-6)

参考書 河合良訓監修，肉単，NTS，(ISBN4-86043-060-3)

参考ソフトウェア 解体演書, ジースポート

(http://www.gsport.co.jp/p_k_top.html)

2.1 身体を形づくる、筋骨格系:骨格

2.1.1 骨

ヒトの骨格は、体幹 80 個と四肢 126 個の合計 206 個の骨でできている。体幹の骨は頭蓋骨 29 個、椎骨 26 個、胸骨 25 個、四肢の骨は上肢 64 個、下肢 62 個で成り立っている。

骨は筋骨格系のうち、みずから収縮する筋肉につながりその収縮を伝達する役割を担っている。能動的に収縮する筋肉に対して、受動的な要素であるともいえる。運動を担うだけでなく骨には造血作用もある。

スポーツバイオメカニクスにおいて頻繁に取り扱うのは、上肢・下肢の骨、また頸椎、胸椎、腰椎といった脊椎といった骨が多い。特にこれらの骨を重点的に覚えておくことが重要である。

ここでは、全身の骨のすべての名称を詳しく述べることは、解剖学の教科書に譲ることにする。特に運動に関係する上肢・下肢や体幹の骨について若干の説明をしておくことにする。図 2.1.1 に全身の骨を図示した。特に運動に必要な上肢・下肢の骨について覚えておくようにしよう。また日本語だけではなく英語表記も調べておこう。

2.1.2 関節の機構

ヒトの骨は様々な形状の関節を形成してつながっている。関節の形状・機構と運動とは密接な関係があり、各関節がきわめて合目的的に作られていることを知るようになるであろう。関節の機構を分類すると以下のようなものがある [1]。

一軸性関節 ● 蝶番関節 腕尺関節

- らせん関節 腕尺関節 (蝶番関節といっても間違いではない)
- 車軸関節 上撓尺関節

二軸性関節 ● 橈円関節 中手指節関節 (MP 関節, 第 2~ 第 5 指)

- 鞍関節 手根中指関節 (CM 関節)

多軸関節 ● 球関節 肩関節、股関節

表 2.1: 全身の骨の名称 (抜粋)

部位	名称	英語表記	部位	名称	英語表記
頭部・顔			下肢		
	前頭骨	os frontale		大腿骨	femur
	側頭骨	os temporale		脛骨	tibia
	頭頂骨	os parietale		腓骨	fibula
	後頭骨	os occipitale		距骨	talus
胴胸部				踵骨	calcaneus
	頸椎	Cervical vertebra C1~ C7		舟状骨	os naviculare
	胸椎	thoracic vertebra T1~ T12		中足骨	os metatarsal
	腰椎	lumbar vertebra L1~ L5		基節骨	phalanx proximalis
	仙骨	sacrum		中節骨	phalanx media
上肢				末節骨	phalanx distalis
	肩甲骨	scapula			
	鎖骨	clavicula			
	上腕骨	humerus			
	橈骨	radius			
	尺骨	ulnar			
	中指骨	os metacarpale			
	基節骨	phalanx proximalis			
	中節骨	phalanx media			
	末節骨	phalanx distalis			

2.2 身体を形づくる、筋骨格系:筋

身体運動に関する研究をする際には、下記に挙げられるような筋については知っておかなくてはならないだろう。この授業ではヒトの運動を計測することが前提なので、特に重要ではないと考えられる、頭部や顔の筋などは省いてある。次の図、ならびに表に書かれた筋は覚えなければならない。

問題

以下の運動を行う際に主として動員される筋、および筋群はどこか？

1. 歩行 (立脚期・遊脚期)
2. スクワット
3. 腕相撲
4. 各自が専門とする運動種目がある場合、その運動について答えよ。

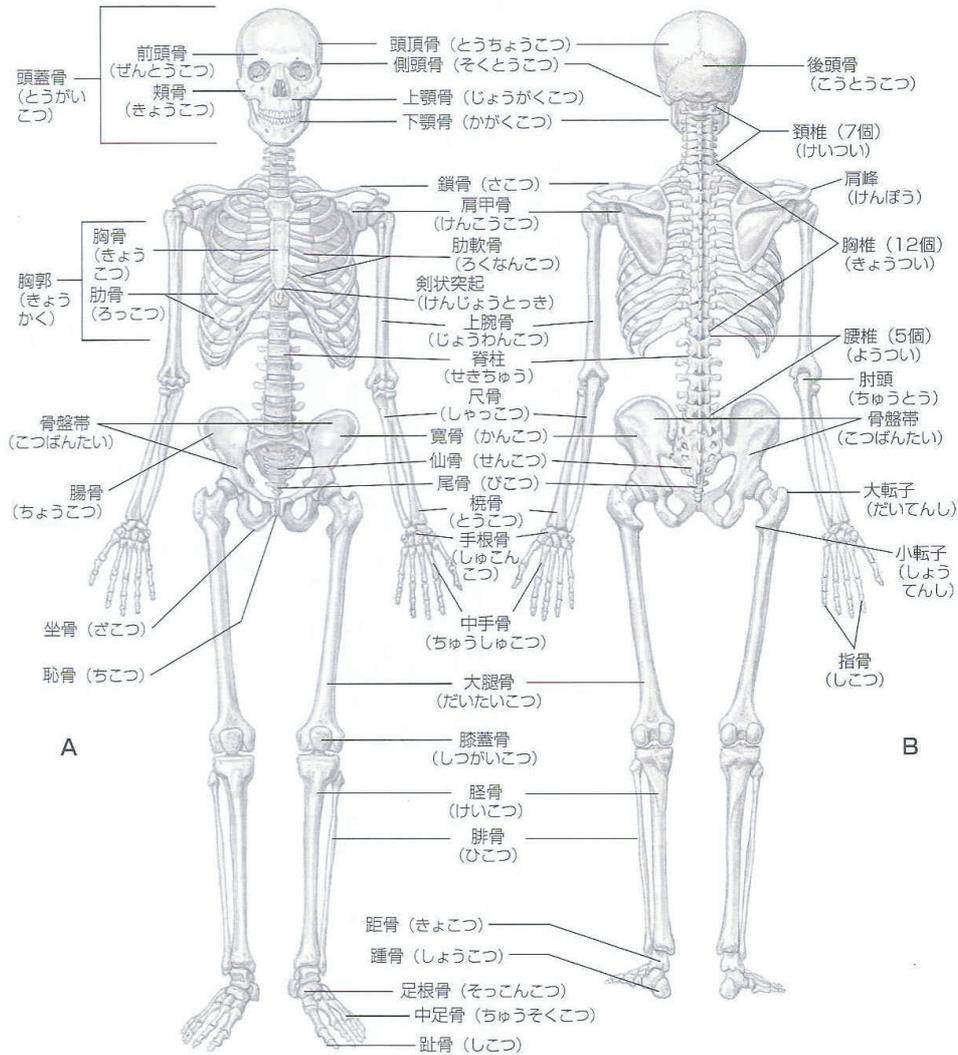


図 1-1 骨格 A. 前面 B. 後面
(Van De Graff KM: *Human Anatomy*, ed 4, 1995, McGraw-Hill Companies, Inc., New York. より)

図 2.1: 全身の骨

2.3 身体運動の表現方法

2.3.1 座標系

運動の計測では、ヒトの運動においてその方向や座標系のとりかたに決まりがある。図では運動の基準となる平面をあらわしている。

2.3.2 特徴点および解剖学的呼称

方向および座標系

運動の計測では、ヒトの運動においてその方向や座標系のとりかたに決まりがある。図では運動の基準となる平面をあらわしている。

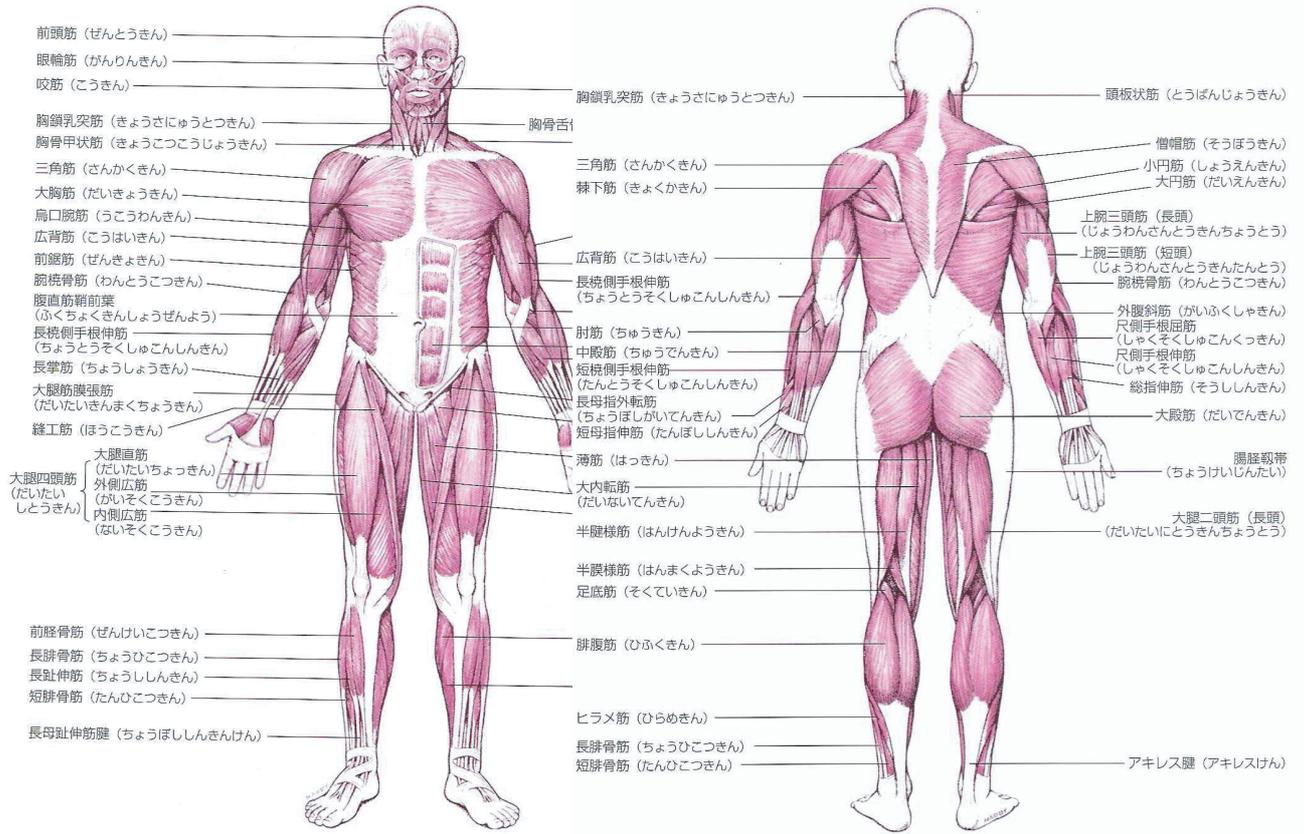


図 1-2 人体の筋肉 (前面)
(Thibodeau GA: *Anatomy and physiology*, St. Louis, 1987, Mosby, より)

図 1-3 人体の筋肉 (後面)
(Thibodeau GA: *Anatomy and physiology*, St. Louis, 1987, Mosby, より)

図 2.2: 全身の筋 (前面)

図 2.3: 全身の筋 (背面)

関節の運動方向

運動の基準平面と同様に、関節ごとに動きの方向が決められていて、この運動方向と呼称を呼ぶことが求められる。理解するには時間がかかるが必ず覚えておこう。

運動の基準平面と同様に、関節ごとに動きの方向が決められていて、この運動方向と呼称を呼ぶことが求められる。理解するには時間がかかるが必ず覚えておこう [2]。

2.4 身体運動を司る、神経筋の機能

大脳から送られる信号によって筋は収縮を行いヒトの運動を可能としているが、このとき上位中枢から送られてくる運動の指令は、運動神経 (α Motor Neuron, α MN) によって神経インパルスの列として送られてくる。運動神経の終端は神経筋接合部 (neuromuscular junction) または、神経終板 (endplate) と呼ばれ、ここに神経インパルスが到達すると、末端からアセチルコリンが放出される。これが筋原線維 (myofibril) の表面にあるイオンチャンネルを開かせ、ナトリウムイオンが移動する。これによって筋原線維膜上が通常は、マイナス 70mV 程度であるのが、脱分極 (depolarization) を起こし、プラス 30mV 程度の電位まで変化する。このように筋原線維上で変化した電位変化は隣あう箇所になんと伝播していく。このときの伝播速度は約 $3m \pm 6m$ 程度である。

表 2.2: 全身の筋肉の名称 (抜粋)

部位	名称	英語表記
胴胸部	大胸筋	pectoralis major
	前鋸筋	serratus anterior
	腹直筋	rectus abdominis
	外腹斜筋	musculus obliquus externus abdominis
	内腹斜筋	musculus obliquus internus abdominis
	上肢	
	三角筋	deltoid
	広背筋	latissimus dorsi
	僧帽筋	trapezius
	上腕二頭筋	biceps brachii
	上腕三頭筋	triceps brachii
下肢		
	大腿四頭筋	quadriceps
	外側広筋	vastus lateralis
	内側広筋	vastus medialis
	中間広筋	vastus intermedius
	大腿直筋	rectus femoris
	大腿二頭筋	biceps femoris
	下腿三頭筋	triceps surae
	ヒラメ筋	soleus
	腓腹筋	gastrocnemius

1本の運動神経は1つ以上、通常は複数の筋原線維を支配している。こまかな制御が必要な指先のような筋では、この支配される筋の数は少なく、逆に大きな動作をつかさどる大筋群では1本の運動神経が支配する筋線維数は多い。この1本の運動神経に支配される筋群のことを運動単位 (Motor Unit, MU) とよぶ。

筋張力は、全か無かの法則 (all-or-none law) に支配されている。すなわち、運動単位 MU は興奮するかしないかのどちらかしか状態をとらない。デジタル的な振る舞いをするわけである。

問題

1. 二人組で、上記の身体各部位の動きを一方の人が行い、それを観察者その動作を説明する用語を用いて答えよ。
2. 複合された関節運動についても説明せよ。
3. テニスのグラウンドストロークの動作を関節運動の専門用語を用いて説明せよ。
4. 野球のピッチャーが上手投げで投球する動作を関節用語の専門用語を用いて説明せよ。
5. 各自の専門とするスポーツ種目がある場合にはその運動を関節用語の専門用語を用いて説明せよ。

表 2.3: 関節運動の一般的呼称

呼称	英語表記	運動の説明	呼称	英語表記	運動の説明
内転	adduction	体幹の中心に向かって近づく動き	外転	abduction	体幹の中心から遠ざかる動き
屈曲	flexion	関節を構成する二つの骨のなす角が小さくなる動き	伸展	extension	関節を構成する二つの骨のなす角が大きくなる動き
内旋	internal rotation	長軸を中心としてその骨が内側に向かって回る動き	外旋	external rotation	長軸を中心としてその骨が外側に向かって回る動き
(足) 内反	inversion	つま先と足の底が内側に向かい、同時に足部の外縁で立つような動き	外反	eversion	つま先と足の底が外側に向かい、同時に足部の内側で立つような動き
(足) 底屈	plantar flexion	つま先が脛骨の前面から離れる動き	背屈	dorsi flexion	つま先が脛骨の前面に向かって近づく動き
(前腕) 回内	pronation	前腕の長軸を中心として前腕が内側に回る動き	回外	supination	前腕の長軸を中心として前腕が外側に回る動き
(肩) 挙上	elevation	肩甲骨が上方へ引き上げられる動き	下制	depression	肩甲骨が下方へ引き下げられる動き
(上腕) 水平進展	horizontal abduction	上腕が水平面上で後方へ向かう動き	水平屈曲	horizontal adduction	上腕が水平面で前方へ向かう動き
(脊柱) 側屈	lateral flexion	腰部や頸部が身体の中心から左右へ曲がる動き	復元	reduction	側屈の状態から直立の状態へ戻る動き
(手) 掌屈	palmar flexion	掌が矢上面上を前腕の方に曲がる動き	背屈	掌が矢上面上を手背側に曲がる動き	
(手) 撓屈	radial flexion	手首が橈骨の方に曲がる運動	尺屈	ulnar flexion	手首が尺骨の方向へ曲がる動き

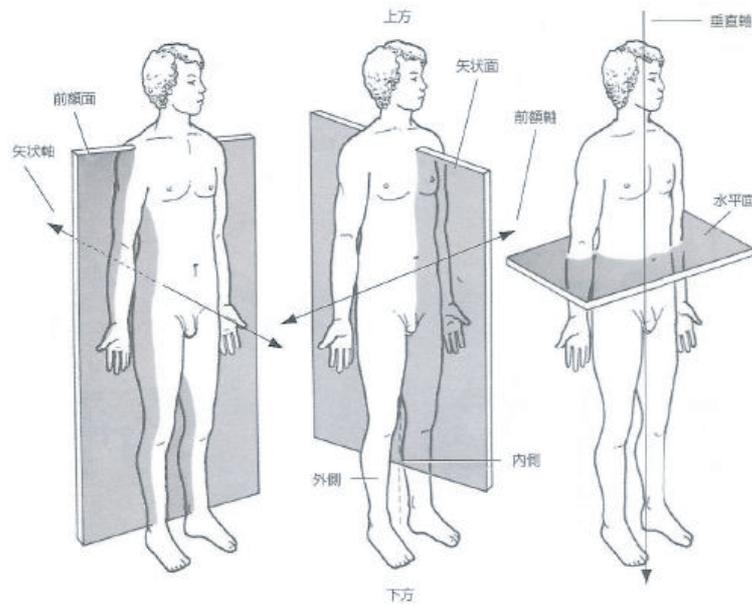


図 2.4: 基準となる平面の呼称

2.5 筋収縮の様式

筋肉はいくつかの収縮の様式をもっている。

等尺性収縮 (Isometric contraction) 静的な収縮様式で筋肉は張力を発揮するが長さが変わらない。腕相撲で拮抗しているときなどがこれに相当する。関節角度や筋の長さは変わらない。

等張生収縮 (Isotonic contraction) 動的な収縮でこれは次の短縮性収縮と伸張性収縮に分けられる

短縮性収縮 (Concentric contraction) 筋肉が短くなりながら筋張力を発揮している状態をさす。発揮しなければならないいけない負荷以上に筋力を発揮した場合は筋が短くなりながら収縮する。

伸張性収縮 (Eccentric contraction) 筋肉が長くなりながら筋張力を発揮している状態を指す。重量物をもってそれを下におろす場合がこれに相当する。

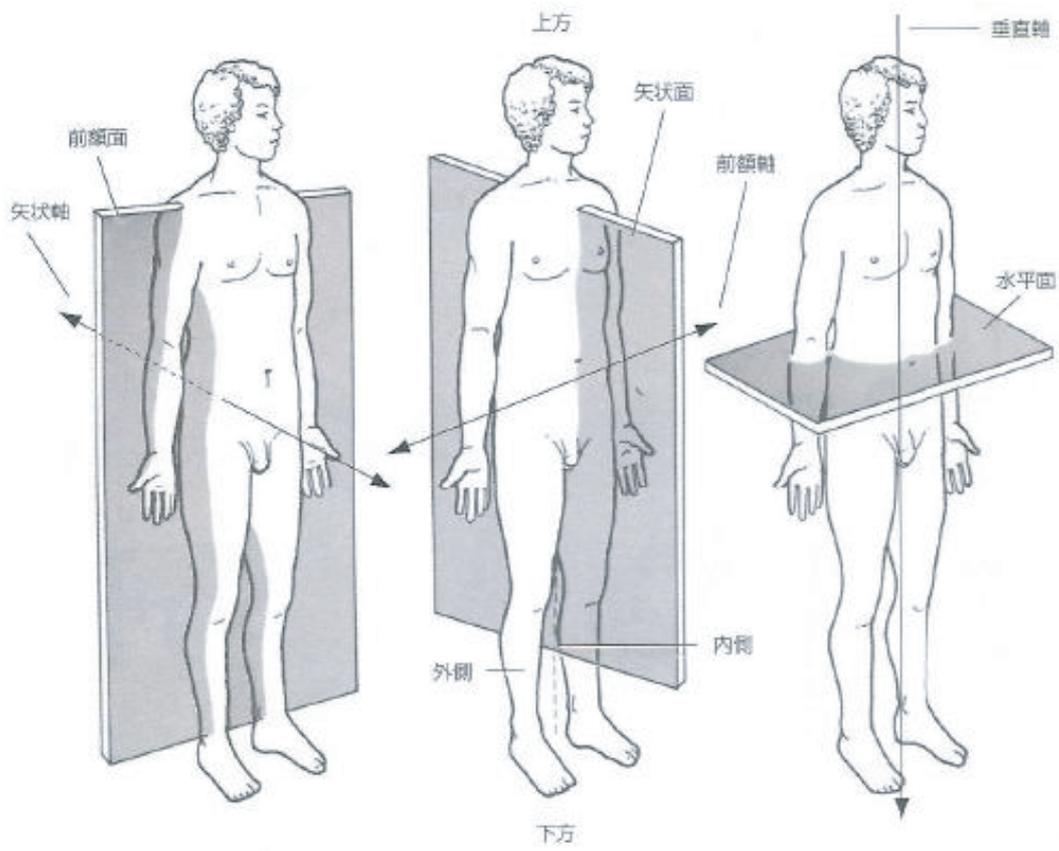


図 2.5: 基準となる平面の呼称

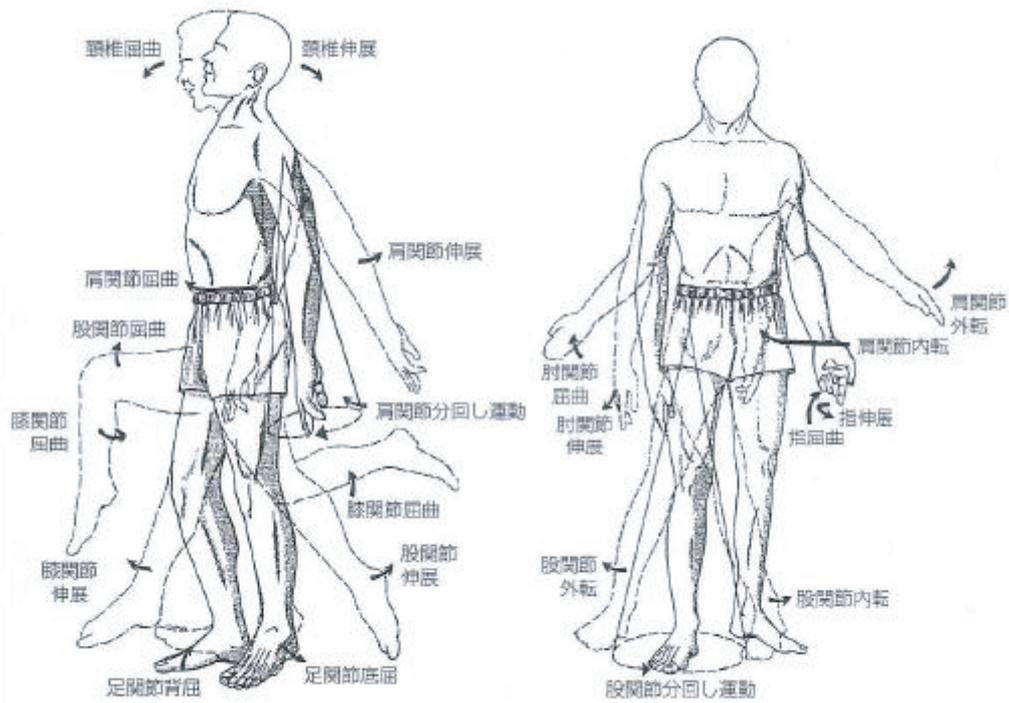


図 1-12 関節の動き

図 2.6: 関節の動き 1

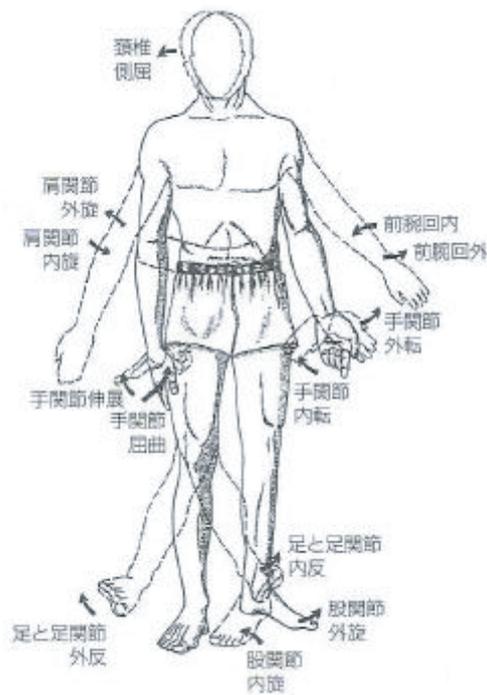


図 2.7: 関節の動き 2

図 8.1 骨格筋とその結合組織被膜。

骨格筋は筋線維（筋細胞）からなる。筋線維は、深筋膜由来の結合組織によって包まれて、さらに束ねられている。

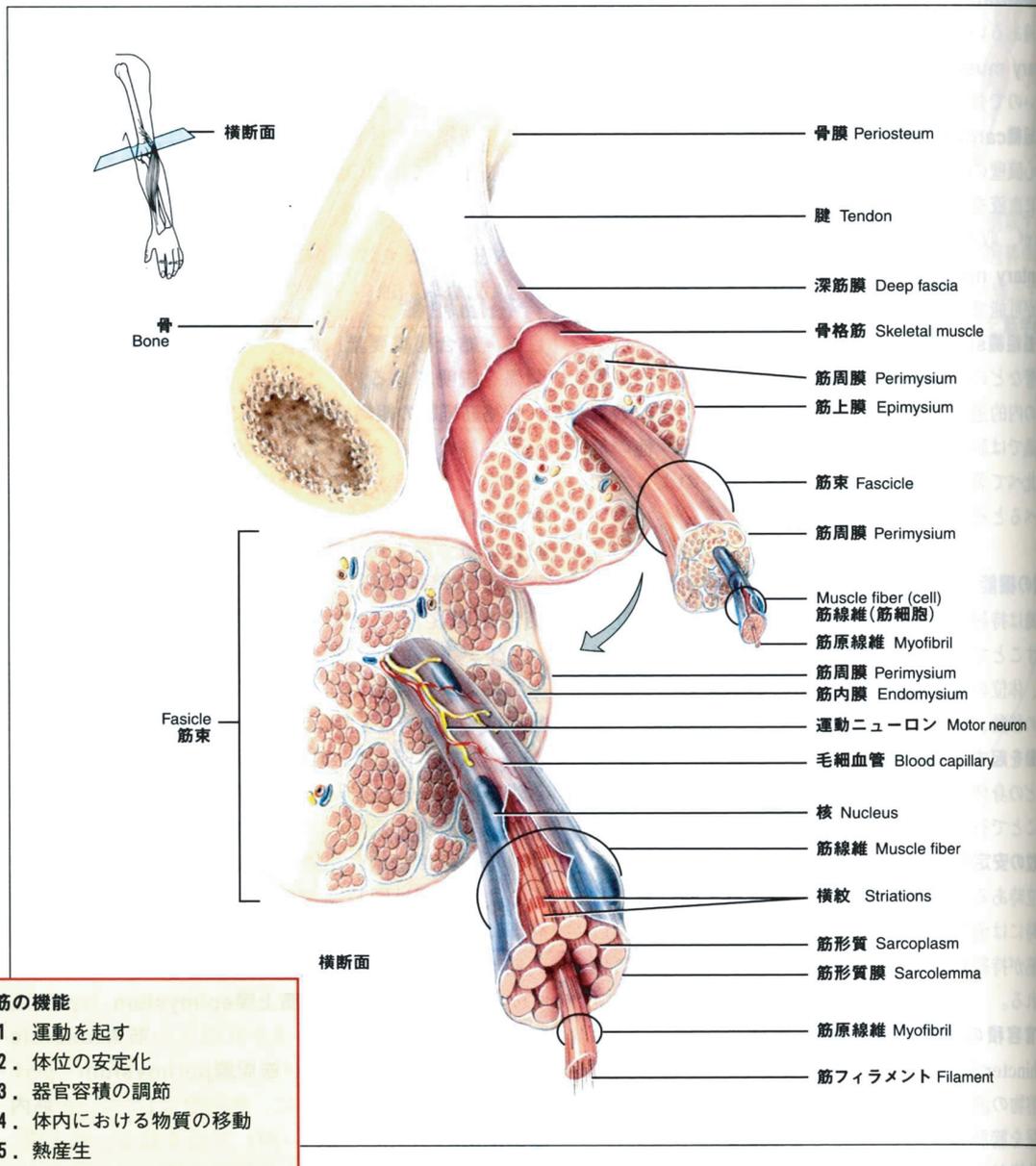


図 2.8: 筋の構造と神経接合部 [3]

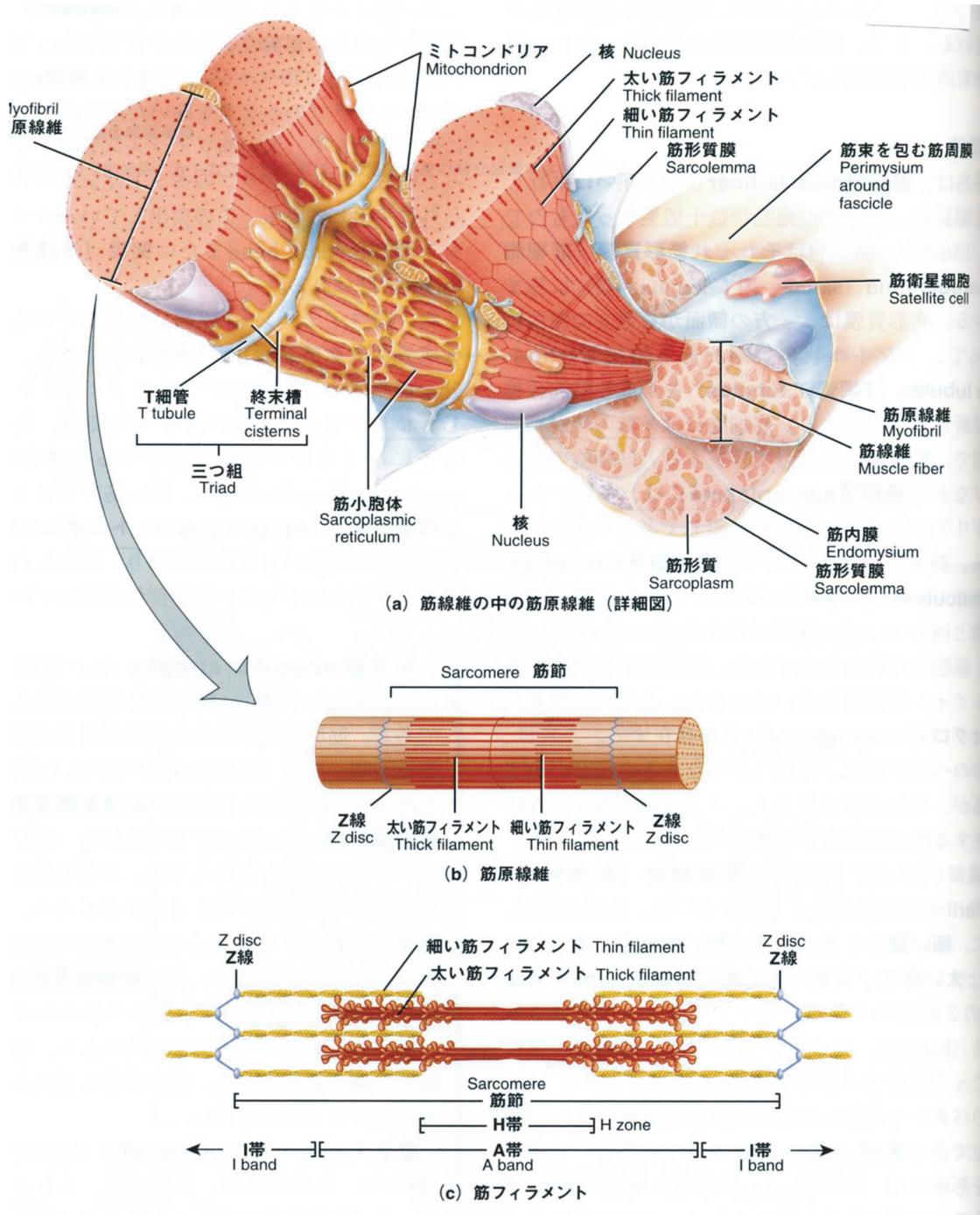


図 2.9: 筋原線維と筋節 [3]

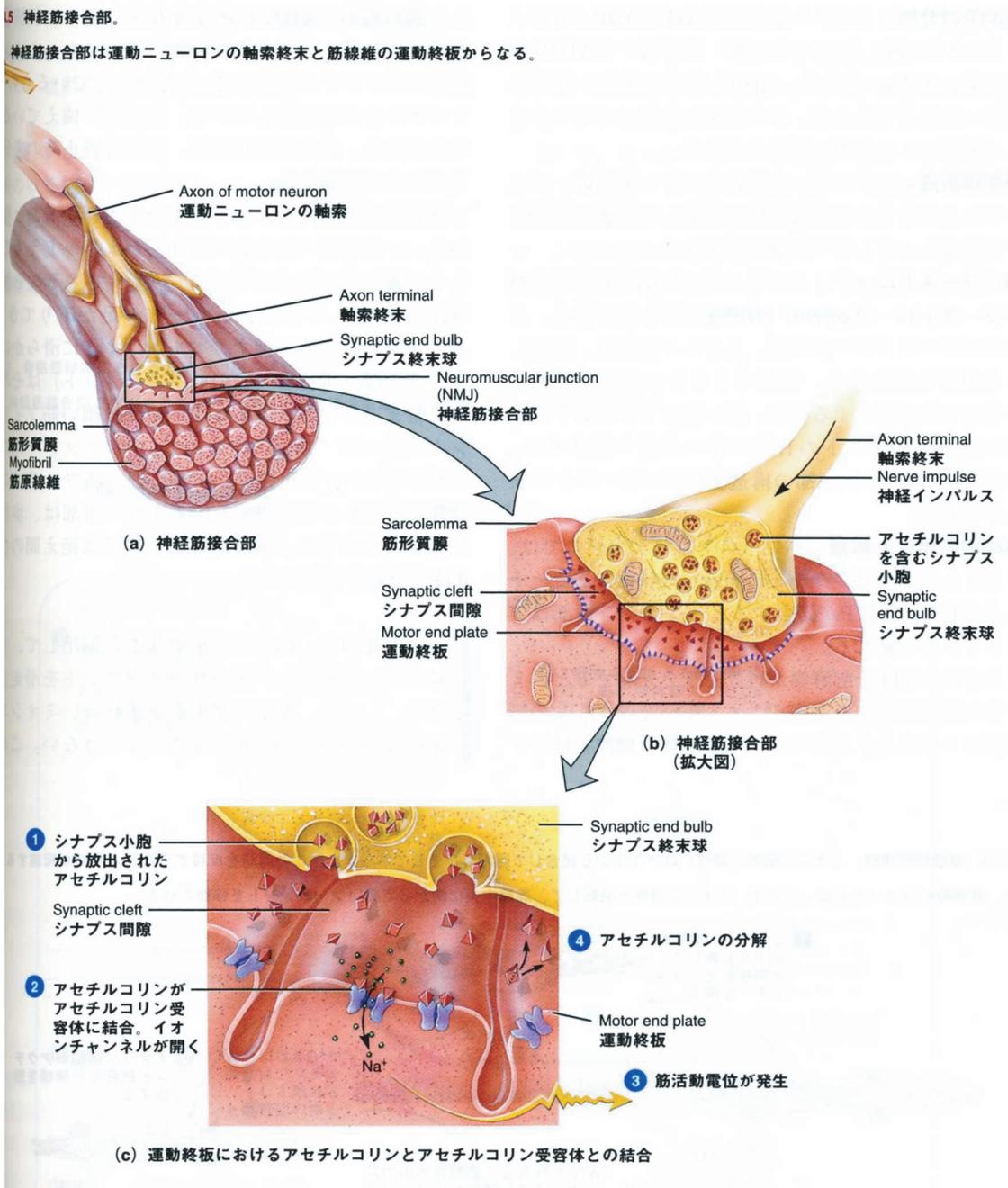


図 2.10: 筋収縮のメカニズム [3]

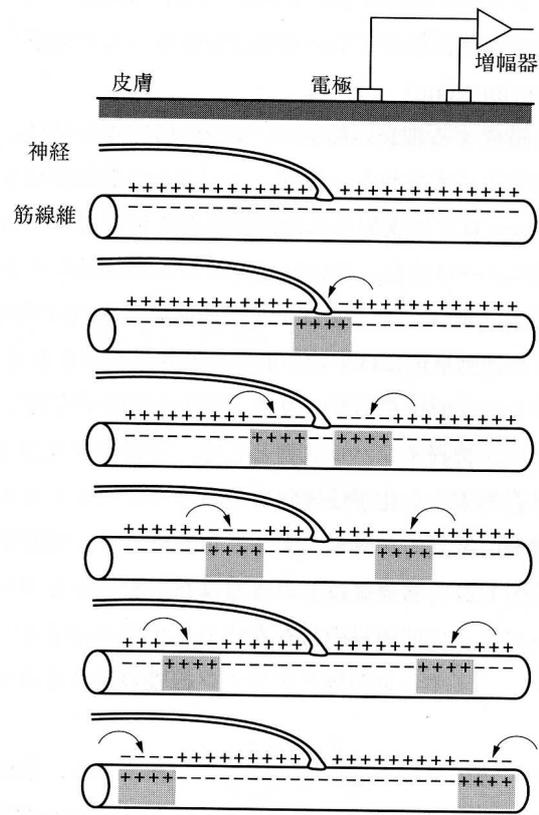


図 1.2 筋電位の発生メカニズム

図 2.11: 筋原繊維上での興奮の伝播

参考文献

- [1] Kingston Bernard, 足立和隆訳. よくわかる筋の機能解剖. メディカルサイエンス・インターナショナル, 2000.
- [2] Thompson Floyd, 中村千秋, 竹内真希. 身体運動の機能解剖 (Manual of Structural Kinesiology). 医道の日本社, 1997.
- [3] 佐伯由香, 黒澤美枝子, 細谷安彦, 高橋研一編訳 (編). トートラ 人体解剖生理学 原書 6 版. 丸善, 2004.