

# 骨折後の運動療法



## はじめに

各種骨折後の運動療法は、人工関節置換術などの変性疾患に対する比較的画一的な術後運動療法と違い、1例1例が全て異なることを理解しなければならない。

例えば、診断名は上腕骨近位端骨折であっても、受傷機転、骨折型、軟部組織の損傷状態、血管や神経損傷の有無、整復状態、合併症、全身状態、個人の状況などが異なり、これらを総合的に判断し、その上で保存療法もしくは手術療法が選択される。手術療法が選択された場合には、内固定材料による骨接合部の固定性により外固定期間が異なるだけでなく、その手術方法により侵襲を受ける組織も異なる。運動療法の実施においては、それらを十分に理解するとともに、骨折と同時に損傷した周辺組織や手術侵襲組織の修復過程を考慮し、可動域ならびに筋力を改善することで、患部や全身的な機能の回復を目的とする。このように、同一の骨折名であったとしても、その症例で考えるべき内容や治療過程が大きく異なることもまれではなく、整形外科医との連携と共通認識が非常に大切である。

本書では、あえて骨折後何週で、何らかの治療プログラムを行うという書き方をしていない。修復過程と機能解剖学的な側面から、整形外科医との共通認識の上に治療プログラムを立案することを目的として書かれている。本書が骨折治療に関わるセラピストの一助となれば幸いである。

# 骨に関する基礎知識



## 骨の構造 図1 ●

骨は、骨膜、関節軟骨、血管・リンパ管、神経、骨質、骨質中や表面に存在する細胞、骨髓から構成される。骨折を理解するためには、正常な骨構造を理解し、骨折により骨組織がどのように破壊されているかを想像する必要がある。

### 1 骨膜

骨膜は、筋の付着部や関節軟骨以外の部分を覆っている。血管と神経が多く存在し、骨折時の修復や成長に重要な役割を担っている。外骨膜の表層はコラーゲン線維と線維芽細胞（線維層）から成り、深層は骨芽細胞による造骨能力がある。また、神経は血管運動神経と感覚神経から成るため、痛みの刺激には鋭敏な組織である。

### 2 皮質骨、緻密骨

非常に固い組織であり、外環状層板や幾重にも重なる骨単位（osteon）、内環状層板から構成される。骨単位は、緻密骨の構造を明らかにしたハバースの名前に由来しハバース系とも呼ばれ、血管やリンパ管、神経の通るハバース管を中心に、同心円状の骨層板が形成されており、皮質骨構造の基本単位となる。ハバース管との間は、横走するフォルクマン管によって連結されている。骨単位の隙間には、ハバース管をもたない介在層板が存在している。

このような構造をもつ皮質骨は、縦方向の応力には強く、剪断力や捻転力には弱い特性がある。

### 3 海綿骨、骨梁、骨髓

骨梁は、海綿骨を構成する棒状と板状の微小骨で、互いに結合しスポンジ状・網目状の構造を呈している。強度は皮質骨と同等で、その形状より非常に表面積が大きく、骨にかかる負荷に対応するよう合目的に配列されている。骨梁の間隙には血管や骨髓が存在し、これらを総称して海綿骨という。

骨髓（bone marrow）は、大別して造血細胞（hematopoietic cell）と骨髓基質細胞（bone marrow cell）、幹細胞（stem cell）を有し、主に成人における造血機能を担っている。小児期では全ての骨髓が赤色髄であるが、加齢に伴い脂肪髄へと変化して黄色髄となり造血機能を失う。

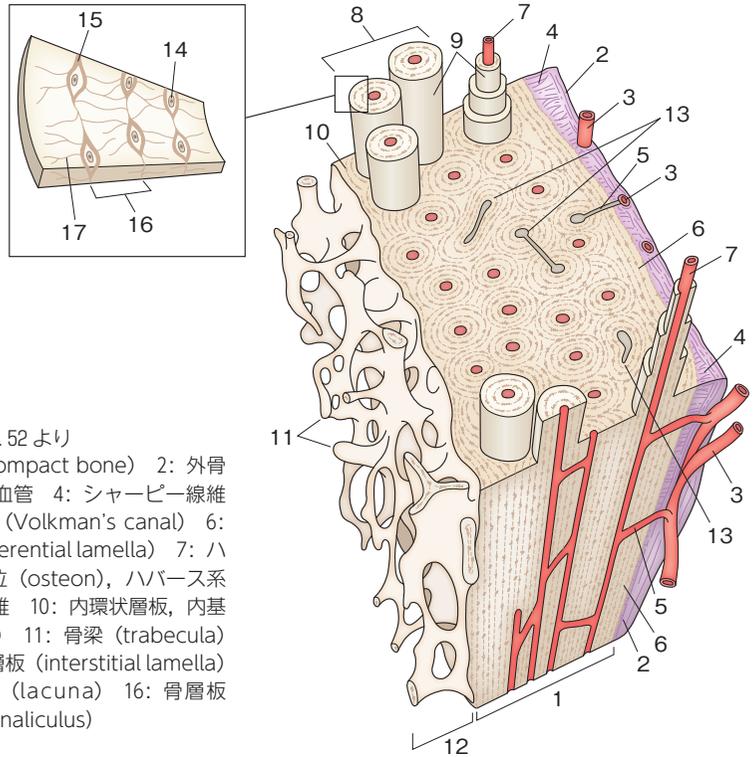


図1 皮質骨と海綿骨の構造 文献① p.52より

1: 皮質骨 (cortical bone), 緻密骨 (compact bone) 2: 外骨膜, 骨膜 (periosteum) 3: 骨膜内の血管 4: シャーピー線維 (Sharpey's fiber) 5: フォルクマン管 (Volkman's canal) 6: 外環状層板, 外基礎層板 (outer circumferential lamella) 7: ハバース管 (Haversian canal) 8: 骨単位 (osteon), ハバース系 (Haversian system) 9: コラーゲン線維 10: 内環状層板, 内基礎層板 (Inner circumferential lamella) 11: 骨梁 (trabecula) 12: 海綿骨 (spongy bone) 13: 介在層板 (interstitial lamella) 14: 骨細胞 (osteocyte) 15: 骨小腔 (lacuna) 16: 骨層板 (bone lamella) 17: 骨細管 (bone canalculus)

## 骨の形による分類

成人の骨の数は206個の骨から構成され、形態上は長管骨、短骨、扁平骨、不規則骨、含気骨、種子骨に分類される。

### 1 長管骨, 長骨 (long bone)

関節軟骨 (articular cartilage), 骨端 (epiphysis), 骨幹端 (metaphysis), 骨幹 (diaphysis) より構成される。

関節軟骨は、硝子軟骨によって覆われ、その下層には軟骨下骨が存在している。関節軟骨には血管・リンパ管・神経はなく、軟骨細胞とコラーゲン (collagen) やプロテオグリカン (proteoglycan) 等の細胞外基質から構成されている。栄養は滑液によりもたらされ、軟骨細胞は代謝が盛んである。コラーゲンとプロテオグリカンの合成と分解とが絶えず行われており、弾性作用や荷重緩衝作用とともに高い耐久性を持ち合わせている。

骨端部は、薄い皮質骨に覆われ海綿骨により満たされている。骨端から骨幹の移行部を骨幹端といい、成長期には骨端成長軟骨板が存在し長軸方向への成長を担っている。強度は、皮質骨や海綿骨よりも劣っている。

骨幹部は皮質骨により囲まれた筒状の部分で骨髓腔を形成しており、海綿骨は少ない。長軸方向の圧や曲げ応力に抗しており、中央部の皮質骨が最も厚くなっている。

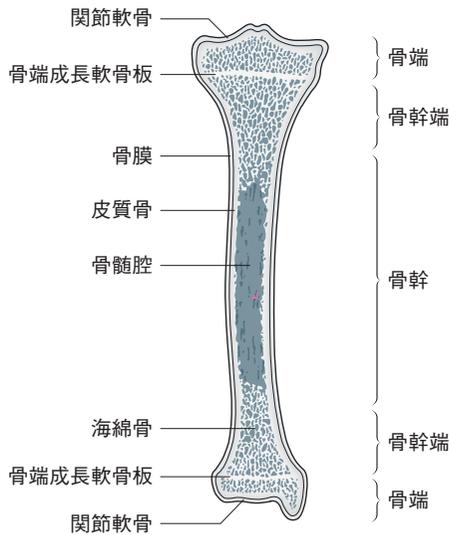


図2 長管骨の構造 文献①より

ナレッジ

## Knowledge AO の分類における長管骨の骨幹部，近位部，遠位部

長管骨の構造を示す際に，図2の構造分類とは別に骨幹部，近位部，遠位部という分け方をすることがあります。一般的に骨幹部はX線写真で皮質骨がみられる部位を指しますが，AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) の分類では関節面より近位部と遠位部の最大横径の平方で囲まれる部位を近位部や遠位部とし，それ以外を骨幹部としています(図3)。

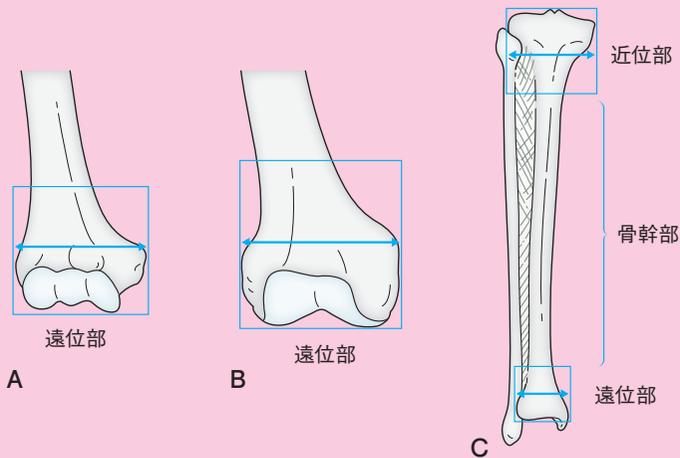


図3 AO の分類における長管骨の骨幹部，近位部，遠位部

A: 上腕骨遠位部 B: 大腿骨遠位部 C: 脛骨近位部と遠位部

**2 短骨 (small bone, short bone) .....**

手根骨や足根骨がこれにあたる。ほとんどが海綿骨で薄い皮質骨と関節軟骨に覆われている。

**3 扁平骨 (flat bone) .....**

頭蓋骨や肩甲骨、腸骨がこれにあたる。内外の緻密骨の間に海綿骨が存在している。

**4 不規則骨 (irregular bone) .....**

不規則な形をした骨で、椎骨や下顎骨など1つの骨で複数の特徴のある骨をいう。

**5 含気骨 (pneumatic bone) .....**

蝶形骨洞や上顎骨洞など、空洞をもつ骨をいう。

**6 種子骨 (sesamoid bone) .....**

種子骨は骨に付着する腱や靭帯内に存在する。滑車の役割を果たし、力の伝達を円滑にしている。人体最大の種子骨は、膝蓋骨である。

## 骨への血管系と神経系 ●

**1 栄養血管系 図4 .....**

長管骨では、骨幹部の皮質骨を斜めに貫いて髓腔へ進入する **図4B**。上下に分岐したのち小動脈から毛細血管へと分岐し皮質骨の内側や骨髄を栄養する。また、貫通前には骨膜に、貫通中も分枝を出しハバース管やフォルクマン管を介して栄養を送っている。また、骨全体の約70%を栄養するとされている。静脈系は、動脈系と対照的に存在し、通常の静脈の構造と異なり弁をもたない。中心静脈洞から動脈系とほぼ並行し骨外へ走行する。

短骨では、複数の栄養動脈が皮質骨を貫いて血液供給を行っている。血管の吻合が豊富であるが、血管の解剖学的走行と骨折線の関係から壊死を起こしやすい骨がいくつか存在する。

**2 骨膜血管系 .....**

骨膜動脈系は、骨膜および皮質の外層1/3しか栄養を行っていない。しかし、骨膜からの血行は、骨折の修復過程にとって非常に重要である。骨単位の中を走行するハバース管からの血流や新生血管の増生には限りがある。栄養血管系が何らかの原因で途絶した場合には、骨膜動脈系がそれを埋め合わせるように血流量が増加する。

**3 骨端・骨幹端部血管系 .....**

骨端動脈や骨幹端動脈は、それぞれの周辺から進入し、栄養動脈との吻合も数多く存在する。成長期では、骨端成長軟骨板が存在するため、骨端部の血液供給は主に骨端動

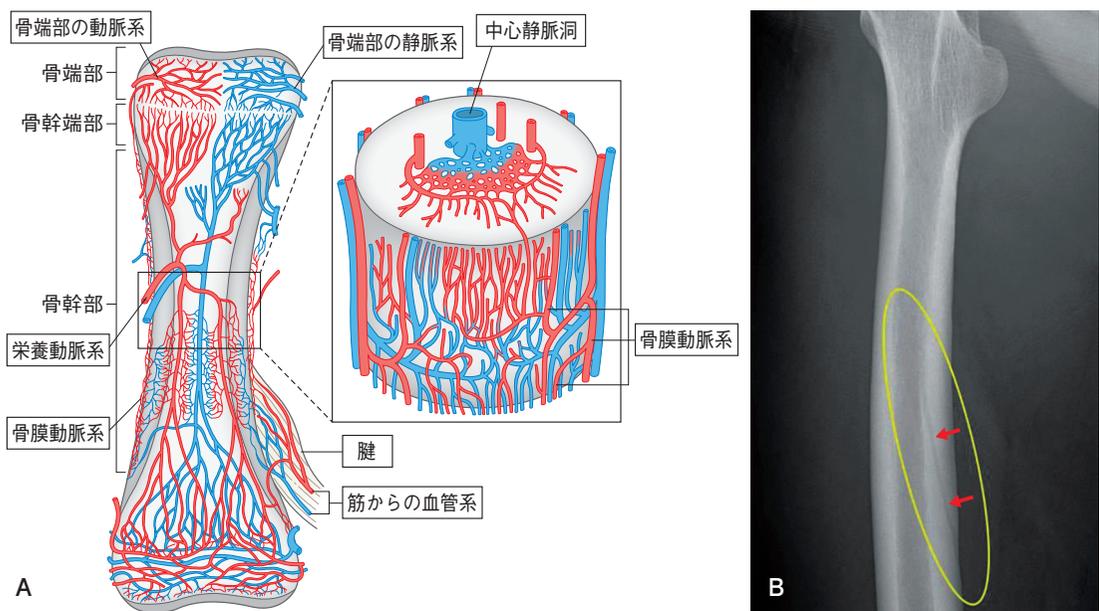


図4 長管骨への血行

- A: 長管骨への血行は、栄養動脈系、骨膜動脈系、骨端・骨幹端動脈系に大別されるが、筋の付着部からも腱を介して骨への血行が存在する。(文献②より改変)
- B: 大腿骨の栄養血管像(40歳男性)  
骨折線のようにも見えるが、反対側の皮質骨には認められない。骨折と見間違えることがあるので注意が必要である。

脈によるものであるが、成長の終了に伴い成長軟骨が消失しこれらは吻合を形成する。

#### 4 骨の神経系

骨への神経分布は、栄養血管系や骨膜血管系とともに走行し、ハバース系にまで至る。有髄神経と無髄神経が存在している。特に、骨膜の神経は血管運動神経と感覚神経が主であるため、痛みの刺激には鋭敏な組織である。

オピニオン

### Opinion 臨床との接点

この章にも臨床に役立つ重要な情報があります。

この章は、骨癒合の予測に役立ちます。X線などで骨折の状態、損傷した組織を想像してみてください。骨膜や血管の損傷程度はどうでしょうか？

骨癒合の可能性をディスカッションする助けになると思いますよ。