

脊椎・脊髄の構造と機能

1 脊椎の構造と機能

a 脊柱の構造と機能

1) 脊柱のアライメント

脊柱は脊髄を保護する機能に加えて、支持性と可動性という相反する機能を併せもった構造体である。脊柱

図1 脊柱の構造

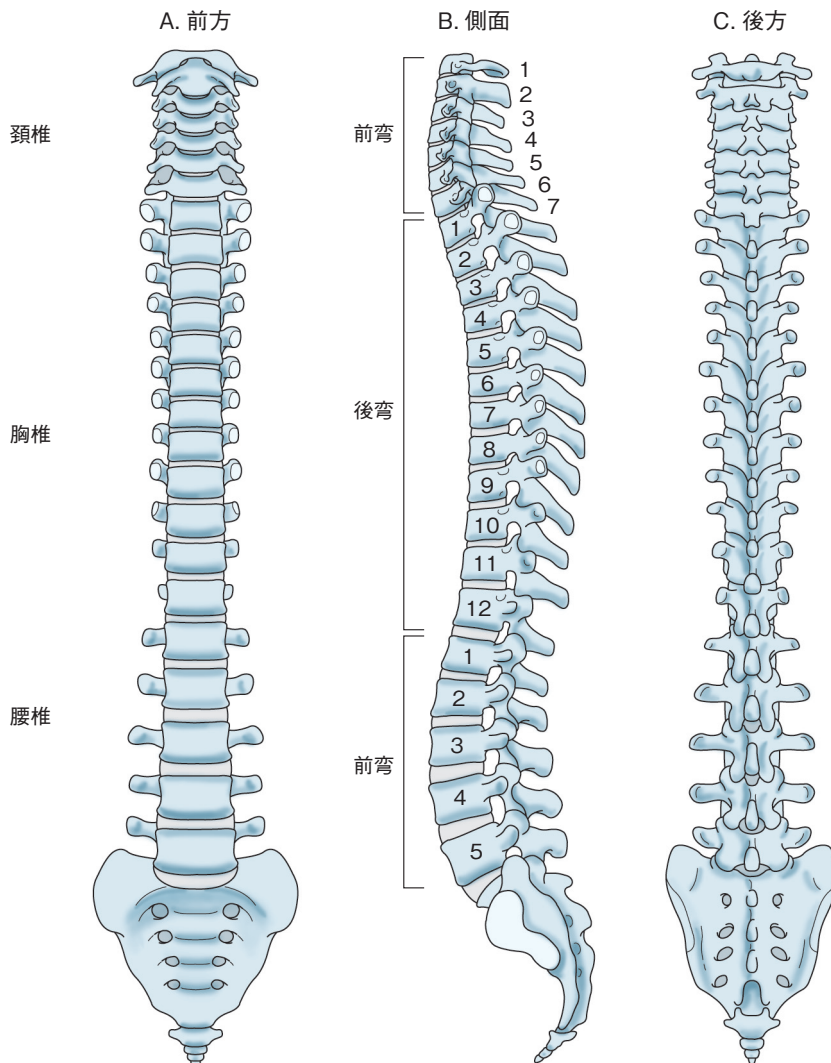


図 2A 脊柱を支える靱帯

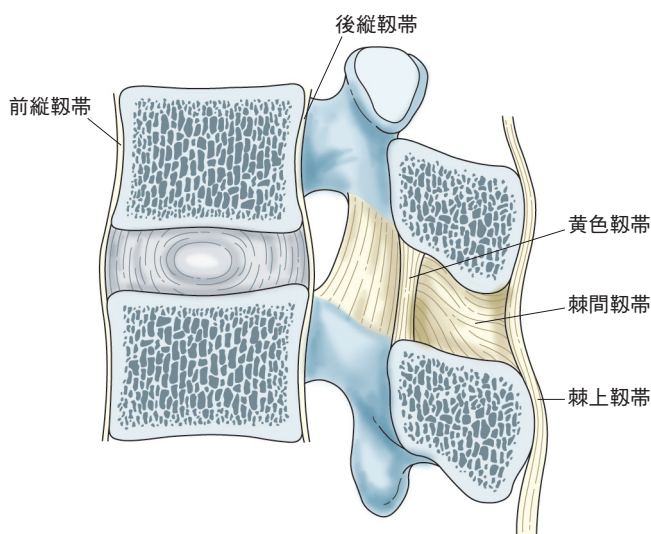
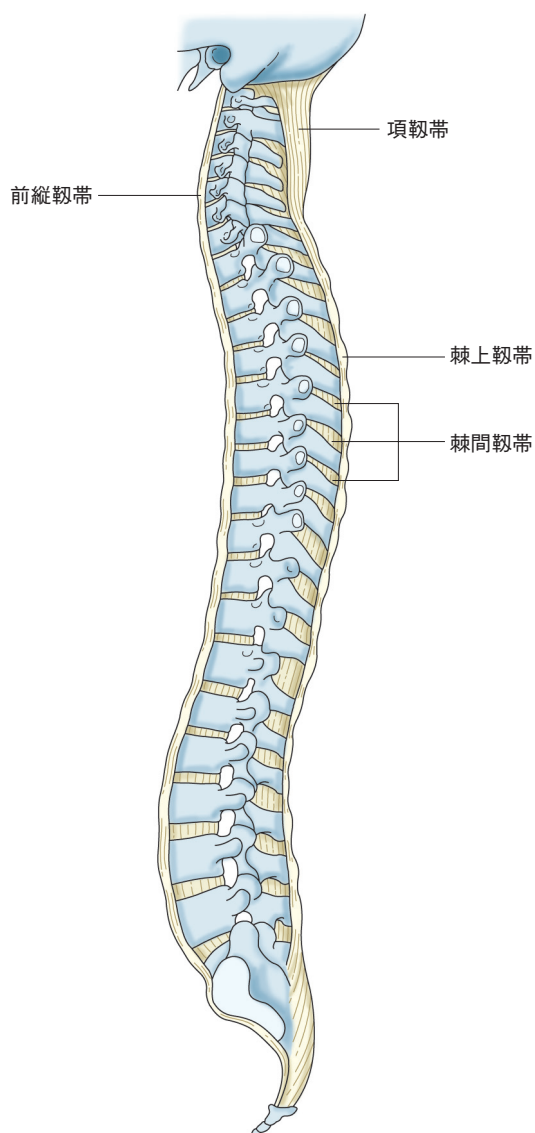


図 2B 脊柱を支える靱帯



は通常、後頭骨に続き 7 個の椎骨からなる頸椎、12 個の椎骨からなる胸椎、通常 5 個の椎骨からなる腰椎、5 個の椎骨が癒合して一体となった仙椎、および尾椎から構成される。全体として脊柱のアライメントは前額面で直線状、矢状面で頸椎部では前弯、胸椎部で後弯、腰椎部で前弯を呈しており（図 1）、これら脊柱の弯曲は人類が 2 足歩行への進化の過程で生じたものである。脊柱にはこれら 3 つの弯曲が存在することで、長軸方向に加わる圧力に対する抵抗性が、まっすぐな柱と比較して 10 倍に増すといわれる¹⁾。

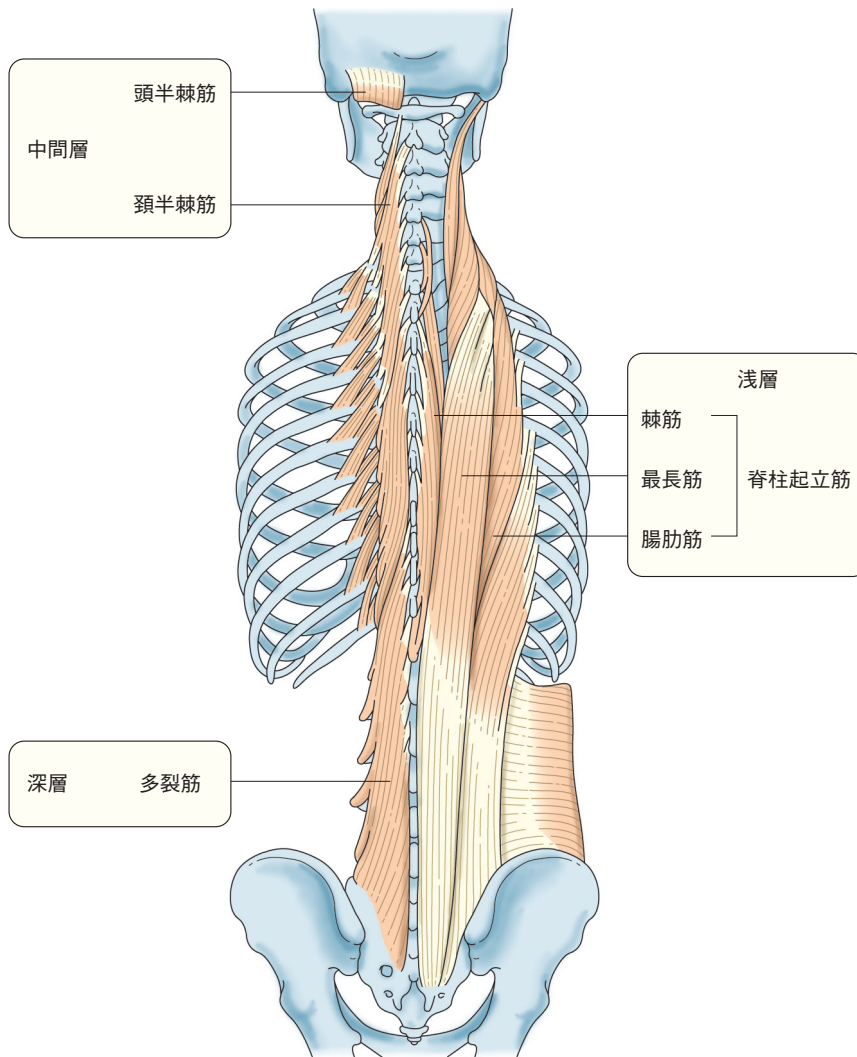
2) 脊柱を支える靱帯

脊柱を支持する靱帯組織として、椎体前面に強靱な前縦靱帯が頭蓋底から仙骨まで、椎体後面には後縦靱帯が斜台から仙骨管内まで密着している。さらに脊柱管内椎弓後面には黄色靱帯が、脊柱後方には棘上靱帯と棘間靱帯が存在し、これら靱帯群は脊柱に強固な支持性を与えるとともに、可動性をも許容している（図 2）。

3) 脊柱周囲筋

脊柱周囲を取り巻く傍脊柱筋群も脊柱の支持性と可動性の付与に大きな貢献をはたしている。脊柱支持筋の低下が脊柱の後弯変形を招くことは広く知られているが、なかでも特に背筋群（脊柱後方筋群）の低下が脊柱の後弯変形と大きく関係するといわれている²⁾。脊柱の支持や運動に関与する筋肉の構造は非常に複雑であり、

図3 脊柱後方筋群



主に脊柱後方筋群と脊柱前方筋群に大別できる。脊椎後方手術の展開時に重要な脊柱後方筋群の構造について以下に述べる。

脊柱後方筋群は最外層に僧帽筋、腰背筋を有し、僧帽筋はさらに下行部、中間部、上行部に分けられる。中でも僧帽筋中間部は第7頸椎-第5胸椎の棘突起に付着し、上肢肩甲支持筋の1つとして重要な役割を占め、頸椎椎弓形成術においてこれらの筋付着部の温存が軸性疼痛の発生を抑制するという報告もあり、頸椎後方手術では可及的温存に努める³⁾。さらに内側は浅層、中間層、深層に分類される(図3)。浅層は腸肋筋、最長筋、棘筋より構成され、これらは脊柱起立筋と総称される。中間層は半棘筋から構成され、これらの筋肉は横突起上縁を起始部として上内側を走り、上位椎の棘突起側面に付着する。なかでも頸半棘筋には軸椎棘突起に大きな付着部があり、後方伸筋群の中でも特に同部は頸椎のアライメント保持に重要な役割をはたしていると考えられており、頸椎後方手術の展開時において重要である。深層は多裂筋、横突間筋、回旋筋、肋骨挙筋から構成され、これらは全脊柱にわたって存在する。多裂筋は横突起より起始し2-4椎体を飛び越えて上位の棘突起に付着し、腰椎で最も発達している。横突間筋は隣接する上下の横突起を連結している。回旋筋は横突起より起始し、上位の同側椎弓尾側から棘突起基部に付着する。最外層や浅層の筋群は主に伸展に関与するが、中間層や深層の筋群では脊柱の回旋や側屈にも関与している。

図4 FSU (functional spinal unit): 脊柱運動の基本単位

(White AA. et al. Clinical biomechanics of the spine. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1990)⁴⁾

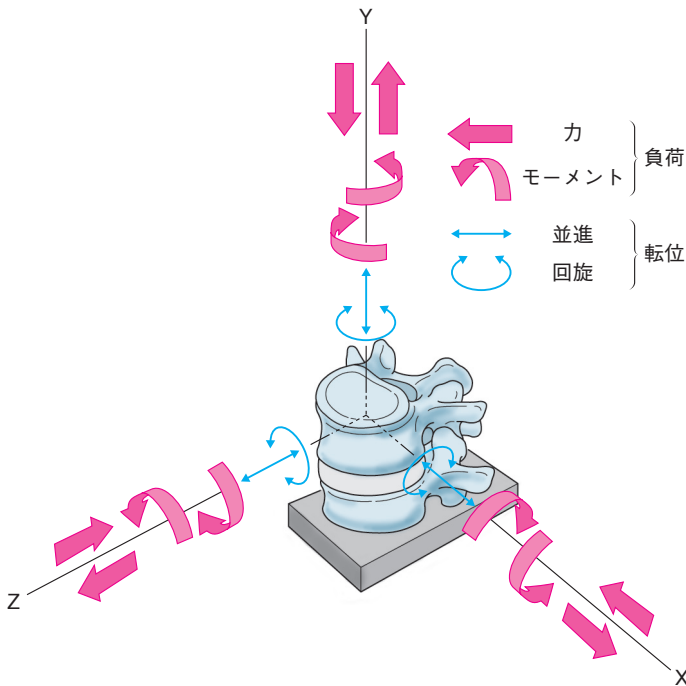
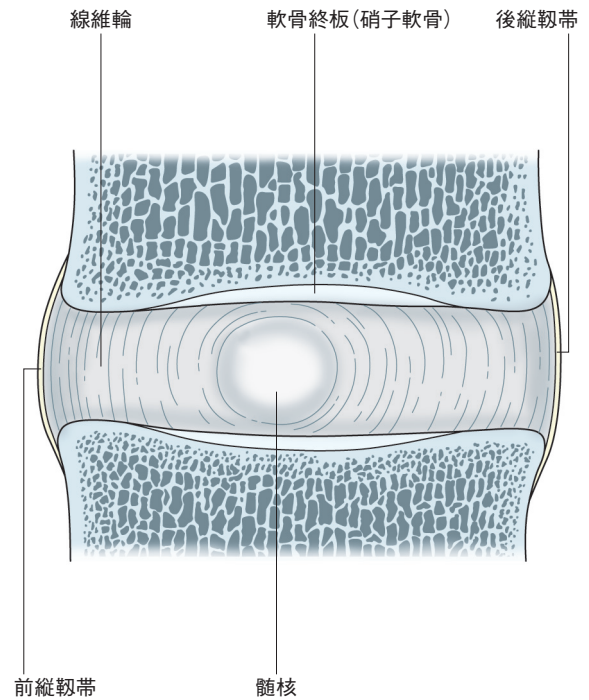


図5 椎間板の構造



b 脊柱構成要素の構造と機能

1) Functional spinal unit (FSU)

隣接する2個の椎骨とそれらを連結する椎間板、椎間関節、靭帯は脊柱運動の基本単位であり functional spinal unit (FSU) あるいは motion segment とよばれる (図4)⁴⁾。椎間板と両側の椎間関節は、併せて three-joint complex よばれ、互いに連携することで椎間可動性を獲得している。この概念では、構成要素の1つが機能不全を起こすと、残り全ての構成要素に影響を及ぼして機能不全が生じるとするもので、この three-joint complex は脊椎変性進展のメカニズムを説明する概念の一つとして重要である⁵⁾。一方で椎間の安定には前方要素として椎間板、前および後縦靭帯、後方要素として黄色靭帯、棘上、棘間靭帯が重要である。これら FSU の構成要素は C2/3 から L5/S まで共通しているが、鈎状突起の有無、椎間関節形態の相違、肋骨の有無など様々な要因が各 FSU の運動性や支持性に違いをもたらしている。各構成要素についてはさらに以下で各論的に説明する。

2) 椎間板

椎間板は人体最大の無血管組織として知られ、C2/3 間から L5/S1 間の隣接する椎体間に介在する円板状の組織で、その大部分は線維軟骨から構成されている。椎間板は頸椎、胸椎、腰椎でそれぞれ大きさ、形は異なるが、いずれも基本的な構造は同じである。その構成要素は、外側の強固な線維輪と内側の髓核、そして隣接する椎体を強固に連結する硝子軟骨組織である終板である (図5)。線維輪は髓核の外側に同心円状の層板とよばれるコラーゲン線維から構成され、各層における線維方向は一定で走行、互いに交差しており (図6)、前方で厚く、後方で薄い構造になっている。このため頸椎や腰椎では生理的前弯が形成され、張力や回旋力に対する抵抗性が生み出されている⁶⁾。後方線維輪では層板同士の結合も弱いため脆弱で、退行性変化は同部に亀裂が生じて始まることが多い。髓核は椎間板体積の40-60%を占め、髓核細胞が産生する細胞外基質の主成分は、プロテオグリカンとII型コラーゲンであり、コラーゲンネットワークの間にプロテオグリカンが豊富に存在し

図 6 線維輪の構造

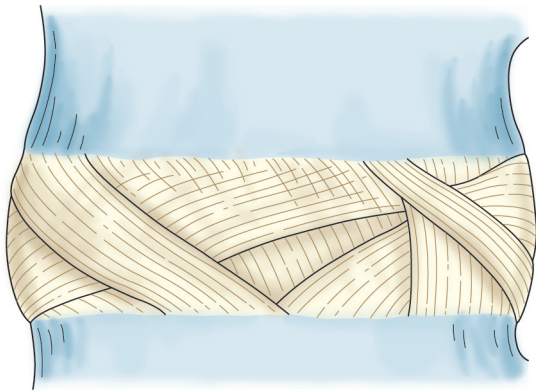


図 7 椎間板の構造

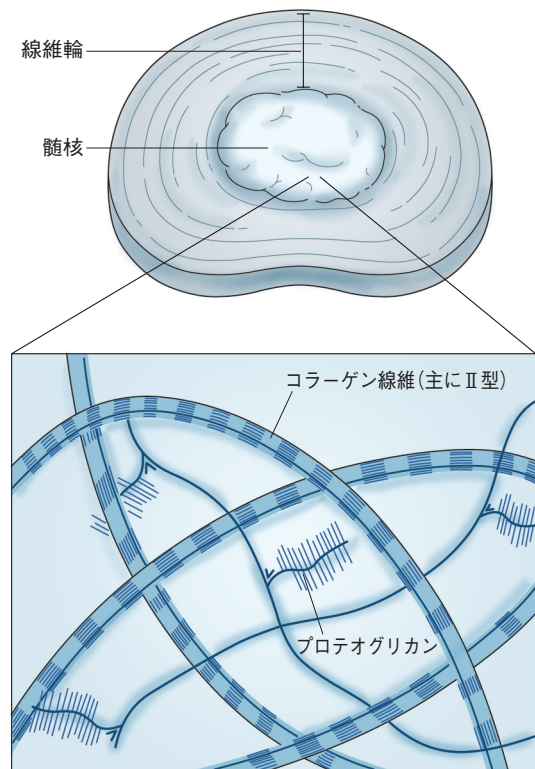
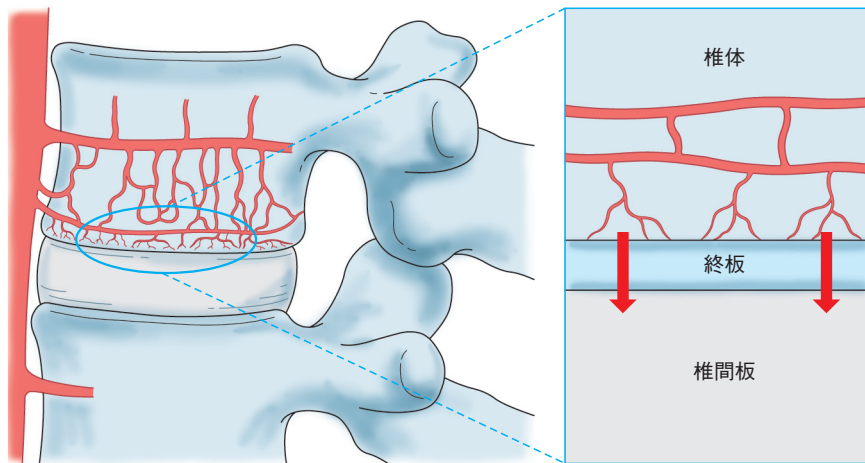


図 8 椎間板への栄養供給



椎体の毛細血管から
終板を介して拡散する

ている。プロテオグリカンの高浸透圧性により髄核組織のおよそ 80%は水分で構成され、透明なゲル状の性質を示す(図 7)。終板は厚さ 1-2 mm の硝子軟骨組織であり、椎体上下の皮質骨面を覆っている。無血管組織である椎間板への栄養補給経路としても重要である。椎間板の栄養、特に髄核と線維輪内層の酸素や栄養は、腰椎分節動脈の分枝より軟骨終板を介して拡散して供給され、軟骨下静脈叢より老廃物を排出している(図 8)。

健全な椎間板はゲル状の髄核を線維輪の中に封入させることで一定の内圧を保っており、これにより椎体間の運動を許容すると同時に、体幹にかかる体重を支えている。椎間板は無血管組織でありながら常に大きな負荷にさらされるため、加齢に伴う退行性変化をきたしやすく、その変化は 10 代後半から始まるといわれてい