

特集：成人の後足部変形と障害

距骨骨折後の変形と骨壊死

井口 傑*

Key words : 距骨(talus), 骨折(fracture), 脱臼(dislocation), 変形治癒(malunion), 無腐性壊死(aseptic necrosis), 阻血性壊死(avascular necrosis), 変形性関節症(osteoarthritis deformance)

Abstract 距骨骨折は変形や骨壊死を起こす治療の難しい骨折なので、解剖と機能、骨折の分類に精通し、骨折や脱臼の病態を正確に把握し、解剖学的な整復に務めるとともに、治療の過程において血行障害を増悪させない細心の注意が必要である。その上で、早期非荷重自動運動で拘縮の防止に努める。体部の骨壊死に対しては、PTBによる非荷重によって対処し、陥没の防止に努める。不幸にして変形性関節症を起こし疼痛による機能障害が残れば、関節固定術で対処する。

はじめに

距骨骨折は稀な骨折ではあるが、変形や骨壊死を起こし易く、治療の難しい骨折である。Stealy (1909)は距骨脱臼骨折の死亡率が50%にも達し、下腿切断が最良の治療と報告している。現在では死亡原因になり得ないのは当然であるが、変形や骨壊死を起こす成績の悪い骨折であることに変わりはない。したがって、距骨骨折を治療するためには、解剖と骨折分類に精通し解剖学的な整復から変形を防止することと、無腐性壊死を確実に診断し荷重による陥没を防ぐことが肝要である。

解剖(図1, 2)

距骨はサイコロ状の体部と半球形の頭部を三角柱の頸部で繋ぐ、3つの部分からなる。距骨は頸骨、腓骨と距腿関節、踵骨と距骨下関節、舟状骨と距舟関節を形成し、靭帯で強固に連結されるが、筋肉や腱の付着はない。

体部は冠状面では前方、前額面では下方が広い台形を呈し、上面の距骨滑車上面、内側の内果面、外側の外果面、下面の後距骨下関節面を持つ。距骨体部の外側には外側突起、後方には後突起があり、後突起は長母趾屈筋腱溝で外側結節と内側結節に分かれる。

頭部は体部の前内方に位置し、前方で舟状骨と距舟関節、下方で踵骨と前・中距骨下関節を形成する。

体部と頭部を繋ぐ頸部の断面は内側上縁に頂点を持つ直角二等辺三角形で、上面は水平、内側面は垂直に近い。

距骨頸部と踵骨の間には外側突起の前方に底面を持ち、後突起内側結節の前方に頂点を持つ円錐形の間隙がある。外側の広い部分を足根洞、内側の狭い部分を足根管と言ひ、頭部の中距骨下関節と体部の後距骨下関節を分け、幅広く強靭な骨幹距踵靭帯を容れる。

距骨は腓骨外果と前・後距腓靭帯、胫骨内果と三角靭帯、踵骨と頸靭帯、骨間靭帯、舟状骨と上・内側・底側距舟靭帯で結ばれている。

体部の長軸は足部の長軸とほぼ一致し矢状面を通るのに対し、頭部、頸部を含む距骨全体の長軸

* Suguru INOKUCHI, 〒160-8582 東京都新宿区信濃町35 慶應義塾大学整形外科学教室、講師

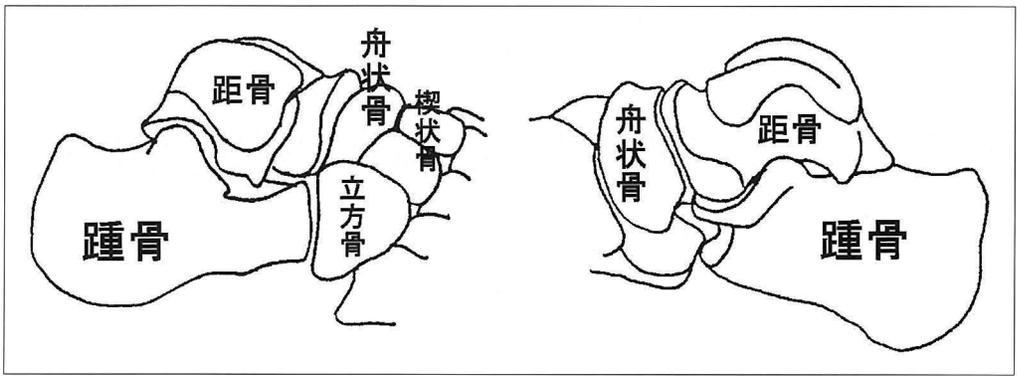


図 1. 左：外側 右：内側

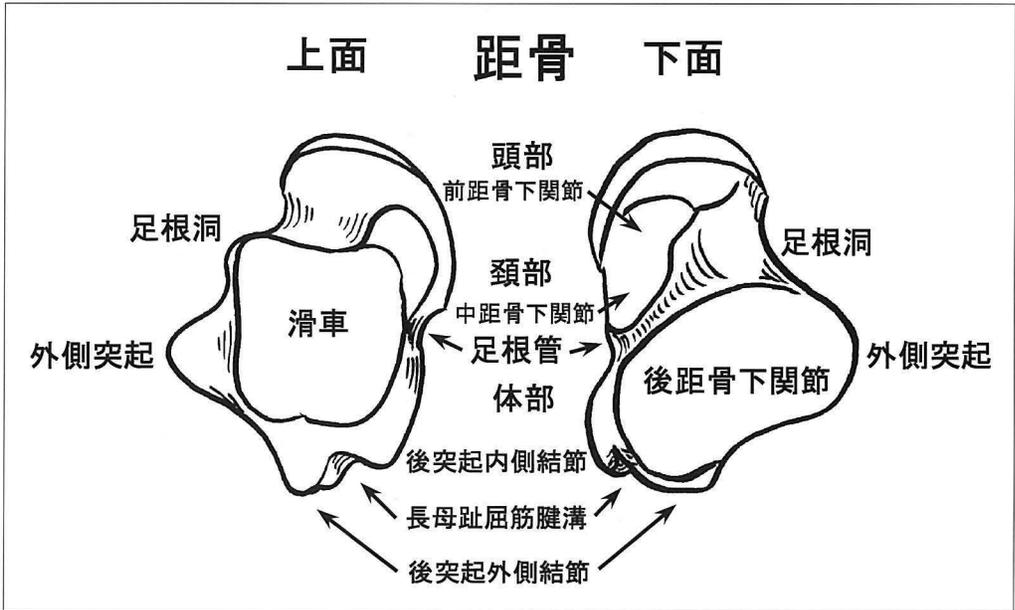


図 2. 左：上面 右：下面

は矢状面から内方へ約 15°から 20°偏位している (図 3)。

機 能

距骨は単位面積当たり最大の荷重を受けている。

距腿関節の運動軸は前額面で外果下端の高さを水平に通る、矢状面内で底背屈する。

距骨下関節の、前・中距骨下関節面は凸面、後距骨下関節面は凹面と曲率が逆で足根洞、足根管で明確に区分される。しかし、三者の回転軸は共通で、踵骨隆起外側から内上方に向かい水平面と約 40°、足部の長軸と約 30°偏位している。したがって、前・中・後距骨下関節は一体の関節とし

て回内底屈、回外背屈を行う。

距腿関節と距骨下関節は協調して距骨を中心にユニバーサル・ジョイントを形成し、広義の足関節としていかなる姿勢、地形でも足底を地面に密着させる重要な役割を果たしている。

また、距骨体部が冠状面で前方が、前額面で下方が広がっているため、背屈位、荷重位では、距腿関節窩に距骨滑車が楔状に嵌入し、固定される。逆に底屈位、非荷重位では可動性が増え、不安定となる。

骨折型の分類と X 線学的診断法

1. 従来分類

従来、頸部骨折、体部骨折など解剖学的部位名

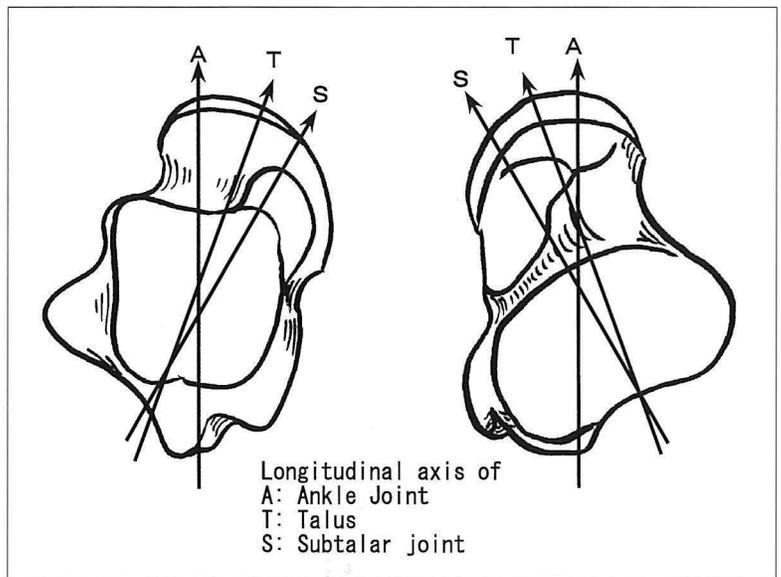


図 3.
A：足関節の長軸 T：距骨の長軸
S：距骨下関節の回転軸

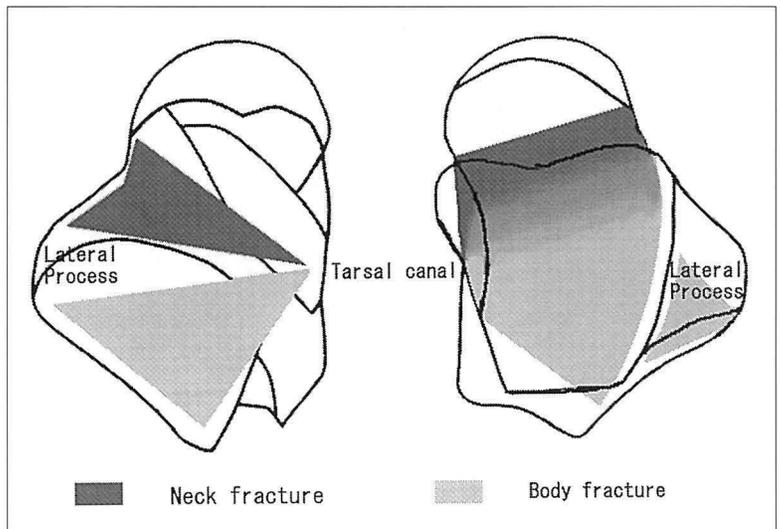


図 4.
左：距骨の下面 右：距骨上面
距骨下面では頸部骨折と体部骨折は外側突起により明確に分離される。上面では連続的に移行する。

による分類が漠然と行われてきた。すなわち、骨折が頸部にあれば頸部骨折、体部にあれば体部骨折と言う訳だが、一見単純で当たり前に思えるこの分類は、多くの骨折が距骨滑車前縁を横切っていると言う事実のため、定義が極めて曖昧になっている。

前述した如く、頸部の長軸は体部の長軸、すなわち距腿関節の長軸に対して約 20°内側に振れているので、最も多い頸部骨折の骨折線は距骨滑車前縁を内後方から前外方へ横切る。また、研究者の多くは、足関節側面単純 X 線写真で判読しやすい距骨上面で骨折線の部位を判定する。そのため、この骨折線が距骨滑車部を通る頸部骨折を体部骨

折と誤って分類することが少なくない。その結果、頸部骨折と体部骨折の頻度の比率は報告者によって 1：2 から 2：1 と大きく異なっている。

すなわち、足関節側面 X 線写真の距骨上縁での骨折線の位置で骨折型を診断すると、その 1/3 は研究者によって診断が異なることになる。これは、頻度の高い体部と頸部の境界部の骨折が解剖学的には両者に跨っているため、一見明解な分類が、実は明確に定義を持たないためである。

2. 我々の分類

距骨は、距骨頭部を大きな突起と考えると、外側突起、後突起と併せて 3 つの構造的に強い突起部でサイコロ状の距骨滑車部を支える構造を持

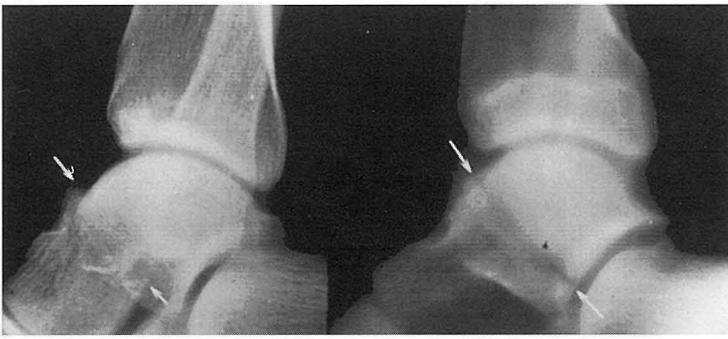


図 5.
 上面の滑車部では区別できないが、下面では外側突起の前方と後方に明確に分かれる。
 左：neck fracture
 右：body fracture

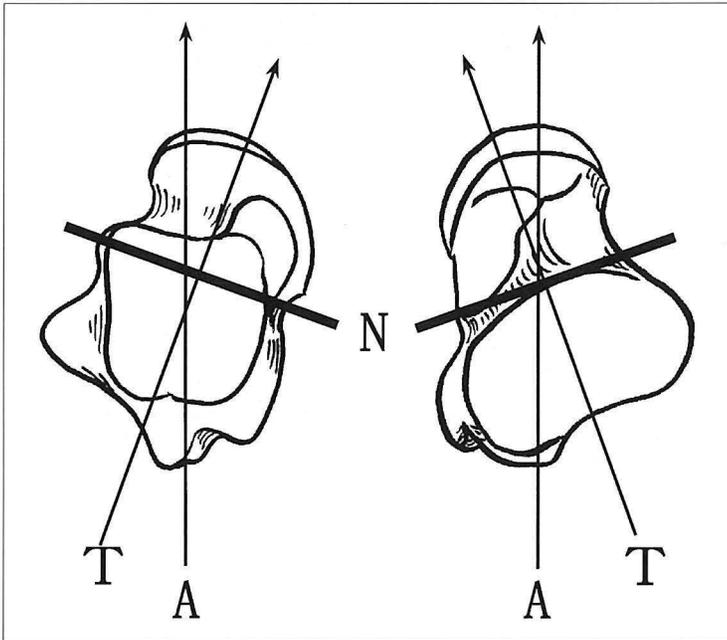


図 6.
 A：足関節の長軸 T：距骨の長軸
 N：頸部骨折
 頸部骨折は距骨の軸に垂直

つ、頸部以外特に構造的弱点を持たない距骨上面に対し、距骨下面では頭部、外側突起、後突起に挟まれた足根管から足根洞、足根管から後距骨関節最陥凹部を結ぶ2か所の構造的弱点があり、外側突起で明確に区別されている(図4)。

我々の300例近い症例の分析によれば距骨骨折の約9割は足根管内側開口部を通り、前述したいずれかの構造的弱点を通過する骨折であった。足根管から足根洞に抜ける骨折と同じく足根管から後距骨下関節陥凹部に抜ける骨折の比率は約2:1で、両者は外側突起によって明確に区別されていた。

両者を鑑別診断しなければならない理由は、足根管から足根洞に抜ける骨折が関節外骨折で、前額面に約20°の内方偏位を持つのに対し、足根管から後距骨下関節へ抜ける骨折は関節内骨折で、

前額面に平行かむしろ外方に偏位し、進入法、固定法、骨壊死の発生や血行再開など治療法や予後が異なるためである。

足根管から足根洞に骨折があり、かつ距骨滑車部に骨折のある症例が約1/3もあることから、足根管から足根洞の骨折を即、従来の解剖学における部位名による分類法での頸部骨折、足根管から後距骨下関節の骨折を即、体部骨折とする訳にはいかない。と言って、別の名前にすれば無用な混乱を招く。

そこで、距骨上面で骨折が頸部にあろうと体部にあろうと、下面で足根管から足根洞に骨折があれば頸部骨折、足根管から後距骨下関節に骨折があれば体部骨折と定義してしまえば、両者は外側突起で明確に分離され移行型はないので、研究者による分類の混乱は無くなる。

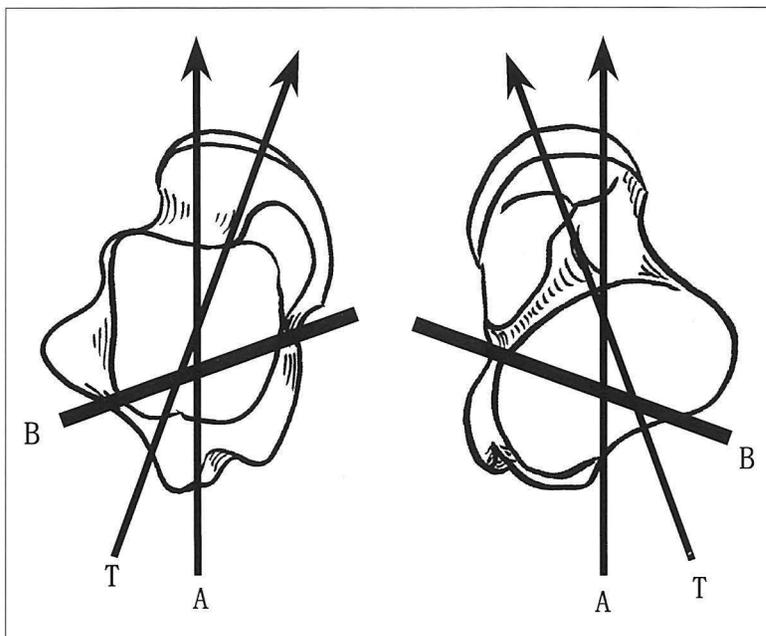


図 7. A：足関節の長軸 T：距骨の長軸 B：体部骨折
体部骨折は足関節の長軸に垂直，ないしはより外方へ偏位



図 8. 体部骨折，前内側，前外側より後方へ向けて螺子固定

簡単に言えば，X線写真側面の距骨下面で骨折線が外側突起の前であれば頸部骨折，後であれば体部骨折と分類すれば，診断と治療，予後の判定に困ることはない(図5)。

今後は，ほかの部位でどこに骨折があろうと，距骨下面で足根管から足根洞に抜ける骨折を頸部骨折，足根管から後距骨下関節陥凹部に抜ける骨折を体部骨折として定義する。

距骨骨折後の変形の診断と治療

前述した如く，頸部骨折は関節外骨折である。しかし，前・中・後距骨下関節面は同一の回転軸を持つので，一体の関節として機能しており，骨片の転位により前・中距骨下関節と後距骨下関節面の回転軸の位置関係が変わると，関節内骨折と同様に，関節面の不適合が生じる(図6)。そのため，関節面自体には変形がないのにも関わらず，荷重時や運動時に接触圧の異常な偏在と上昇が起り，変形性関節症の原因となる。

1. 頸部骨折の治療

頸部骨折は，骨折部に欠損がなければ，前内側からの展開で，頸部内側と背側の骨皮質を正確に

整復すれば，変形を防ぐことができる。また，2本の螺子，ないしは1本の螺子とキルシュナー鋼線で圧迫内固定すれば，回旋変形も含め，術後の再転位も防止できる。

骨折部に，粉碎された小骨片や欠損を伴うと，解剖学的な整復が難しくなるばかりでなく，強固な固定ができないことがある。しかし，長期に外固定を追加すると，距骨下関節の拘縮を起し，不整地歩行での疼痛を残す。

骨折の整復が内前方の展開からだけでは確認できない場合には，前外方切開を追加し，足根洞側からも確認する。それでも骨折部で整復が確認できない場合には，距骨下関節を徒手的に動かし，可及的に抵抗の少ない位置を探して固定する。欠損が大きく間隙を残す場合は，骨移植が必要となる。頸部骨折が偽関節になることは稀なので，このような症例でも早期に非荷重自動運動を開始した方がよい。

骨折部の欠損がある距骨骨折で，転位のある踵骨骨折を合併する症例では，距骨下関節の機能的な整復を得ることは難しい。可及的な整復と早期の非荷重自動運動を行い，拘縮と骨萎縮の防止に

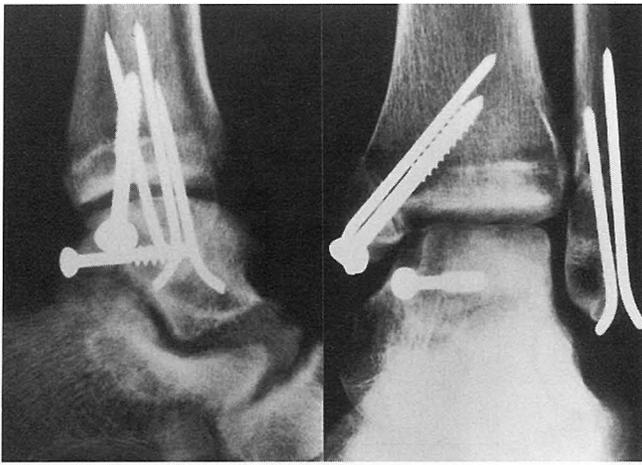
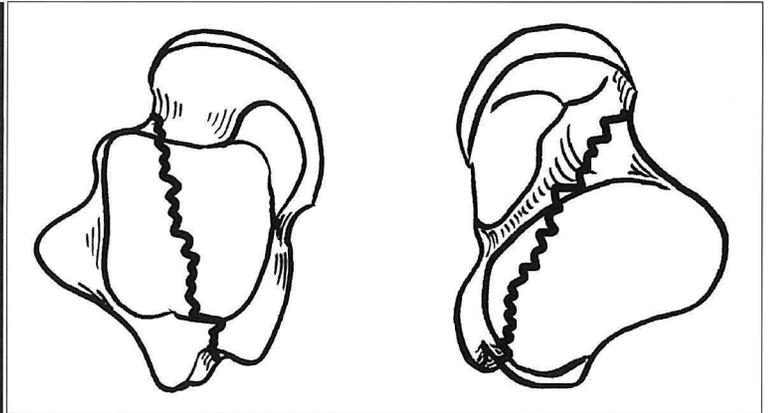
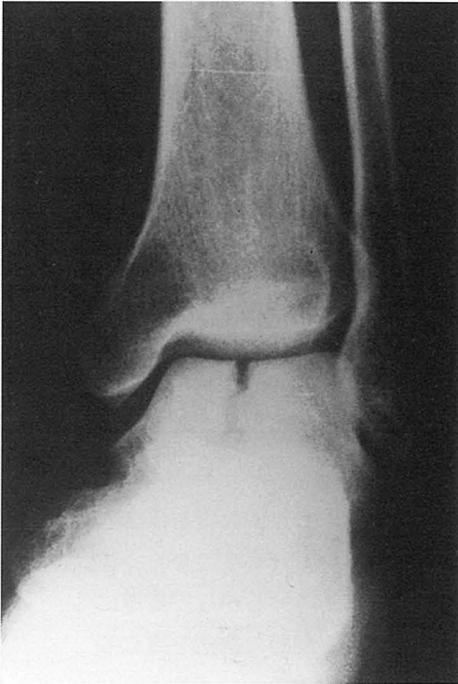


図 9.
体部骨折，後外側より前内方へ向けて螺
子固定



a|b

図 10.
a：矢状面骨折の正面像
b：左：上面 右：下面で足根洞から長母趾屈
筋腱溝へ抜ける

務めるしかない。

2. 体部骨折の治療

体部骨折は関節内骨折であり，距腿関節と後距骨下関節の関節面が損傷されている。また，体部骨折は前額面に平行，ないしは頸部骨折とは逆の外方へ偏位し，距骨の長軸ではなく足部の長軸に直交している(図7)。

骨折の整復は，頸部骨折と同様に前内方から滑車上面と内果面を展開して行うが，骨折線が後方にある症例での展開には，内果の骨切りが必要となる。後距骨下関節，滑車外果面を直接，確認す

ることはできないが，立方体の二面が正確に整復されれば他も整復されているはずである。前内方から骨折面に垂直に螺子を刺入することは困難なので，前外方からの展開を追加し，頸部外側基部より後結節内側結節へ向けて螺子で固定するか(図8)，または後外側切開から後突起外側結節の上縁から頭部を目指して螺子を刺入し固定する(図9)。

粉碎骨折や陥没骨折では解剖学的整復が困難なばかりでなく，関節軟骨の損傷も強いので，変形性関節症を生じ易く，疼痛を残せば距腿，距骨下



図 11.
CT 正面像
右：外側突起骨折 後距
骨下関節面にかかる

関節の関節固定の適応となる。

Snappen は体部の垂直骨折のひとつとして体部矢状面骨折を挙げている。しかし、体部矢状面骨折は足根洞から長母趾屈筋腱溝へ抜ける骨折で、骨折型からはむしろ足根洞から足根管に抜ける頸部骨折に近い(図 10)。また、矢状面骨折の前方部は足根洞に抜けるのであって、一部の成書に記載される如く頭部や頸部の矢状面を通ることは無い。したがって、前外方から展開して足根洞から骨折の整復を確認する。矢状面骨折は、後距骨下関節面や距腿関節の回転軸に対し垂直に近い骨折面を持つので、踵骨の後距骨下関節面や胫骨天蓋部に骨折がなければ、この間隙に押し込めば自然に整復され、意外と変形を残さない。

3. 外側突起骨折の治療

外側突起骨折は、外側突起先端に付着する距踵靭帯による剥離骨折と、足根洞から後距骨下関節面に抜ける外側突起基部骨折に分けられる。外側突起基部骨折は、後距骨下関節の関節内骨折であり、体部骨折と同様に正確な整復と内固定を要する(図 11)。先端部の剥離骨折では、疼痛を残せば骨片を摘出する。

4. 後突起骨折の治療

一般に言われている後突起骨折、Shepherd 骨折とは、後突起の外側結節の骨折であり、内側結

節の結節は稀である。後突起全体の骨折は体部骨折と連続的に移行し、明確には区別できない。いわゆる後突起骨折が転位したまま放置されると impingement を起こしたり、長母趾屈筋腱の腱鞘炎を起こすことがあるので、変形や疼痛を残せば骨片を切除する。

距骨骨折後の骨壊死

1. 距骨体部の血行と骨壊死の原因

距骨は表面の約 6 割を関節面で覆われる上に、筋肉や腱の付着がないため、栄養血管の進入部は限られる。

従来、体部の大部分は前脛骨動脈から分岐し距舟靭帯に沿って頸部背側から進入する血管からの骨内循環によってのみ栄養されると考えられていた。そのため、頸部骨折で骨内循環が遮断されると体部は阻血性骨壊死に陥るとされていた。

現在では、体部の大部分は後脛骨動脈から分岐した足根管動脈と腓骨動脈貫通枝から分岐した足根洞動脈が足根管内で吻合し、これから距踵骨間靭帯に沿って出る数本の枝により直接、栄養されていると考えられている。足根洞動脈は外側足根動脈の反回枝とも吻合し、前脛骨動脈からも血行を得ている。それ以外に体部の内側は足根管動脈から分岐した三角靭帯動脈で、後突起は後脛骨動

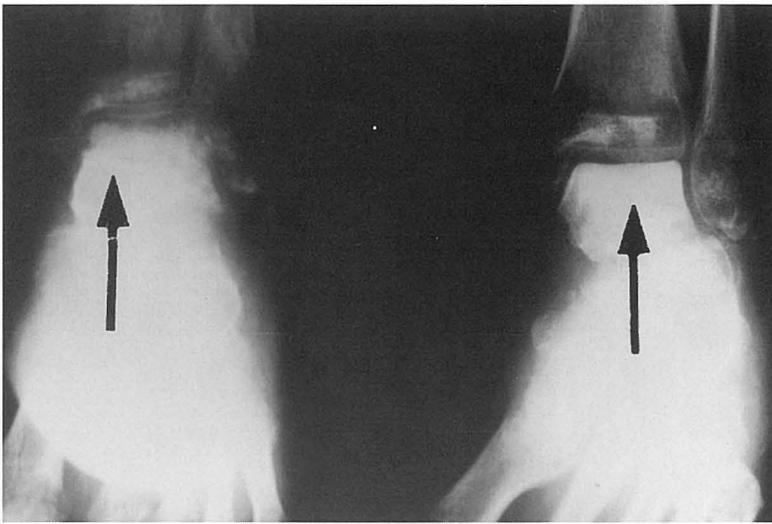


図 12.
Hawkins のサイン
左：陽性 右：陰性

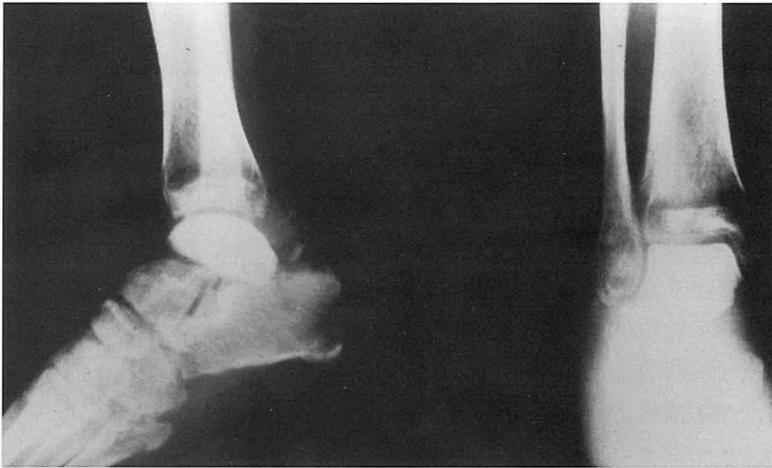


図 13.
距骨体部の硬化像

脈の分岐で栄養されている。したがって、頸部骨折だけでは体部阻血性骨壊死の発生頻度は低く、体部の脱臼が起こって足根管内で骨間靭帯に沿って体部へ進入する栄養血管が損傷されると骨壊死の頻度が高くなる。体部が距腿関節窩から脱臼し、三角靭帯に沿った血行や後突起への血行も断たれると、骨壊死の頻度は更に高まる。

2. 脱臼分類と骨壊死の頻度

Hawkins は距骨頸部骨折を脱臼のない I 型、後距骨下関節が脱臼した II 型、距骨下関節、距腿関節の脱臼した III 型に分類し、阻血性壊死発生頻度との関連を指摘した。現在は、Canele が追加した距骨下、距腿、距舟関節の全てが脱臼した IV 型を加え 4 型に分類している。

体部の阻血性壊死の発生頻度は、Hawkins の報

告によれば、I 型で 0%、II 型で 42%、III 型で 91% に達している。我々の症例では、I 型で 15%、II 型で 50%、III 型で 46%、IV 型で 50%であった。

体部骨折では原則として骨間距踵靭帯は保たれ、体部後方骨片が脱臼しても体部の前方を含む前方部への血行は遮断されない。体部の骨内循環は断たれるが、頸部骨折に比較して後方骨片は小さいので、三角靭帯に沿う血行や後突起への血行だけで保持されて骨壊死を免れることも少なくない。また、骨壊死を起こしても小部分で障害も少なく血行再開も早いとされている。我々の症例では体部の骨折のみの症例で 8%、脱臼骨折で 50%であった。

図 14.
骨壊死の MRI (Hawkins 4 型)



図 15.
血行再開に伴う骨萎縮像



3. 骨壊死の診断

1) Hawkins のサイン

Hawkins は足関節正面単純 X 線写真で距骨滑車部の軟骨下骨に骨萎縮を「Hawkins のサイン」とし、距骨頸部骨折の受傷後 4~6 週間でこのサインが無い場合に距骨体部の阻血性骨壊死と診断すると報告した(図 12)。このサインにより、受傷後 3~6 か月後に生じる距骨体部の骨硬化像(図 13)によるよりも、骨壊死を早期に診断できる。このサインは、距骨体部の血行が受傷後も保たれていれば、この時期には廃用性の骨萎縮が軟骨下骨に生じることに因っている。現在では、内固定による早期非荷重自動運動が行われるために、血行が保たれていても廃用性の骨萎縮が生じないこともあるので、「胫骨天蓋部に軟骨下骨萎縮があるので」と言う但し書きを付けて、Hawkins サイン陰性を体部阻血性骨壊死の診断根拠としている。

2) MRI

MRI は受傷後早期から輝度の低下を示し、阻血性骨壊死の診断に役立つ(図 14)。しかし、MRI で輝度の低下がありながら、X 線写真では Hawkins のサインが陽性で骨硬化像も示さず、3 か月程度で荷重を開始しても陥没することもなく、従来の診断基準では阻血性骨壊死とは診断できない症例が多い。外固定を追加せず早期に運動を開始した

例では、MRI で輝度の低下があり Hawkins のサインが陰性でも、結局、骨硬化像が出現せず追想的には阻血性骨壊死ではなかったと思われる症例も少なくない。したがって、現状では MRI で輝度の低下が無ければ早期から阻血性壊死を除外診断しうが、MRI の異常があっても直ちに阻血性壊死と即決するわけにはいかず、注意して経過を見る以上の診断的意義は少ない。

4. 骨壊死の治療

阻血性骨壊死が生じれば、距骨滑車の陥没を防

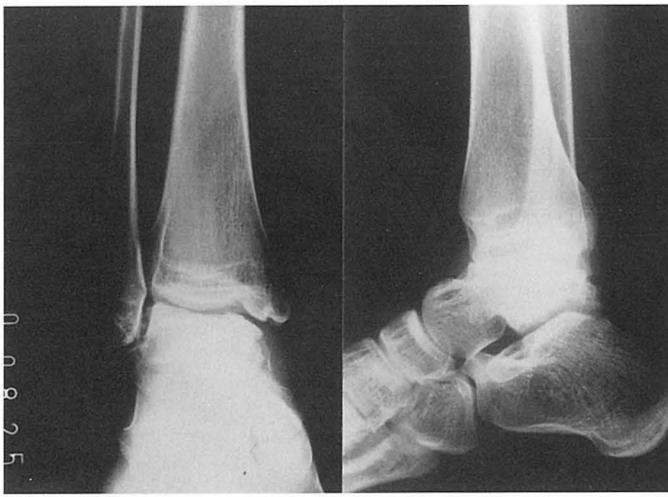


図 16. 骨壊死による滑車部の陥没



図 17. 脛骨腫骨間固定術

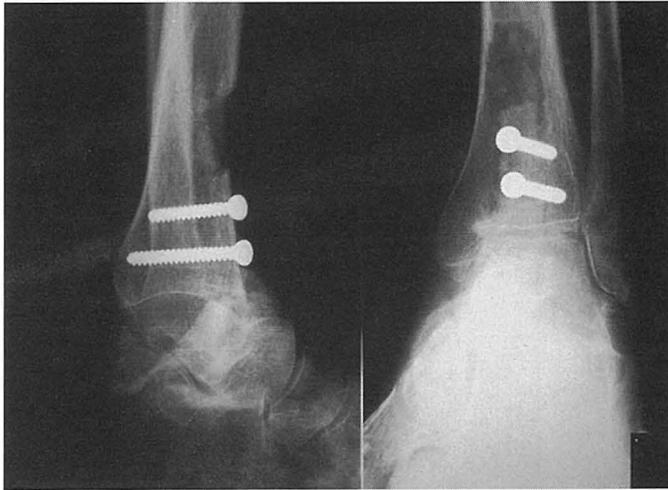


図 18. Blair 関節固定術

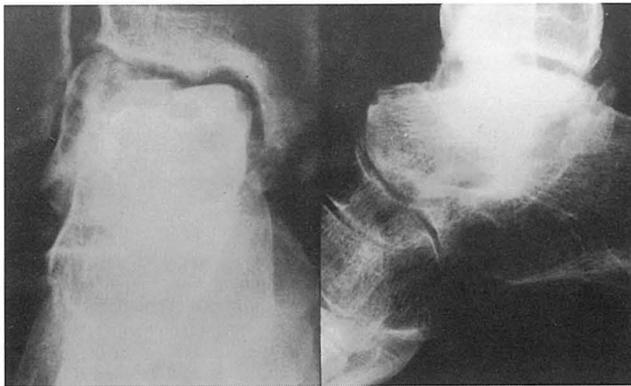


図 19. Hawkins 4 型後の頭部に及ぶ骨壊死

ぐため荷重を禁止し、PTB を装着させる。6 か月から2年で血行再開を示す骨萎縮像が体部外上方部、三角靭帯附着部、後突起から始まり、斑紋状に広がる(図 15)。血行が再開すると、壊死骨が吸収された後に新生骨で再構築される訳であるが、骨萎縮が拡大している時期には、かえって強度は弱いと考えられるので、荷重を急いではならない。血行再開に3年以上を要した症例もあるが、それ以上長期にPTBを使用させることは社会的に困難なので、骨硬化像を示しているも3年をめどに荷重を開始しているが、多くの場合距骨滑車と後距骨下関節の両方に陥没を生じ疼痛を残す(図 16)。

5. 関節固定術

体部の骨壊死を残したまま距腿・距骨下の両関節を固定し骨癒合を得るのは難しいが、体部を切除して脛骨と踵骨を直接固定すると脚長差を生じる(図 17)。壊死に陥った距骨体部を摘出し、脛骨前縁部から残った頸部にスライディング骨移植を行い脛骨と距骨の頸部を固定する Blair 関節固定術は、脚長差も生

じず、ある程度の距骨下関節の機能の温存も期待できる優れた治療法であるが、固定部の偽関節を生じたりするので難しい手術法でもある(図18)。体部ばかりでなく頭部も脱臼する Hawkins の4型では、体部ばかりでなく頭・頸部と骨壊死に陥ることがあり、このような症例では Blair 関節固定術は行えない(図19)。

阻血性の壊死を見過ごしたり、荷重時期を誤って陥没を生じると、血行が再開しても距腿関節、距骨下関節に変形と不適合を残し、変形性関節症に移行する。疼痛が残存する場合には、断層撮影やCT、局麻剤による関節ブロックにより責任関節を特定した上で、MRI、骨シンチなどで血行再開を確認し、距腿関節固定術、距骨下関節固定術、Blair 関節固定術を使い分ける。

6. 骨壊死の防止

阻血性骨壊死を防止するために、距骨下関節固定術が行われたこともあるが、効果があったという根拠はない。受傷の段階で、栄養血行の損傷の程度は決定し、骨壊死が生じるか否かも決定している。脱臼を放置して腫脹を増悪させたり、整復の操作で血行をさらに障害して、起こらなくても済んだ骨壊死を起こしてしまうことは十分ありうる。しかし、受傷時の血管損傷により起こるべくして起こる骨壊死を治療によって防止することはできない。したがって、早期に脱臼を整復し、整復操作によって血管損傷を拡大しないように十分注意し、術後も患肢高挙などにより腫脹の改善に努めることが肝要である。

7. 血行再開の促進

同様に、阻血性壊死の血行再開を早めるために、距骨下関節固定術が血管柄付き骨移植などによって、壊死部への血管進入を助けようとする試みが行われてきた。しかし、1 cm 以上離れた壊死部への血行再開が早まったという証拠はなく、手術自体の侵襲も考えると、いまだ臨床的な意義はない。

参考文献(自著のみ)

- 1) 井口 傑, 小川清久: 距骨骨折の臨床像. 整災外科. **26**: 227-235, 1983.
- 2) 井口 傑, 小川清久, 田辺秀樹: 距骨の骨折と脱臼骨折. 関節外科. **5**: 449-461, 1986.
- 3) 井口 傑, 小川清久: 距骨骨折 骨折・外傷シリーズ 5 関節部骨折. 278-285, 南江堂, 1987.
- 4) 井口 傑, 小川清久: 治療に難渋した足関節周辺(脛, 腓, 距骨)骨折例の検討—距骨脱臼骨折と無腐性壊死. 日災医誌. **37**: 350-355, 1989.
- 5) 井口 傑, 小川清久, 松村崇史: 距骨矢状面骨折と距骨骨折分類. 別冊整形外科. **25**(足の外科・最近の進歩): 183-187, 1994.
- 6) 井口 傑, 小川清久, 宇佐見則夫ほか: 距骨骨折の分類—頸部骨折と体部骨折の区別. 日本足の外科学会雑誌. **17**: 199-203, 1996.
- 7) 若松次郎, 井口 傑, 宇佐見則夫, 星野 達, 桜田卓也, 早稲田明生: 距骨無腐性壊死の治療過程におけるMRI像とX線像の比較. 日足外会誌. **17**: 44-48, 1996.
- 8) Inokuchi, S., Ogawa, K., Usami, N.: Fracture of talus in children under the age of ten. Foot Diseases. **1**: 29-35, 1994.
- 9) Inokuchi, S., Ogawa, K., Usami, N.: Fracture of the body of the talus in the sagittal plane. The Foot. **5**: 143-147, 1995.
- 10) Inokuchi, S., Ogawa, K., Usami, N., Hashimoto, T.: Long-term follow up of Talus Fractures. Orthopaedics. **19**: 477-481, 1996.
- 11) Inokuchi, S., Hashimoto, T., Usami, N., Ogawa, K.: Subtalar dislocation of the foot. The Foot. **6**: 168-174, 1996.
- 12) Inokuchi, S., Usami, N.: Fractures of the lateral process of the talus. The Foot. **6**: 188-192, 1996.
- 13) Inokuchi, S., Ogawa, K., Usami, N.: Classification of Fractures of the Talus: Clear Differentiation Between Neck and Body Fractures. Foot & Ankle International. **17**: 748-750, 1996.
- 14) Inokuchi, S.: Talus Fractures—Open Reduction and Internal fixation. Atlas of Foot and Ankle Surgery edit by Wuelker Martin Dunitz, London, 1997.