

# ラット脛骨の海綿骨における骨梁の 配列状態と血管走行の関連性

Relationship between arrangements of bone trabeculae and  
courses of blood vessels of tibial cancellous bone in rats

中世古 梨 奈   鈴木 健 太   大 迫 正 文  
NAKASEKO Rina   SUZUKI Kenta   OHSAKO Masafumi

## 要 旨

本研究は、発育後期のラット脛骨を用い、近位骨幹端における骨梁の構造と血管の走行を観察することにより、両者の関連性について検討することを目的とした。

材料として、13週齢のウィスター系雄性ラット20匹を用い、それらを安楽死させた後、脛骨を摘出し、種々の標本を作製して肉眼および組織学的に観察した。また、一部のラットについては深麻酔下で腹大動脈または総腸骨動脈から墨汁または血管鑄型作製用樹脂を注入した。墨汁注入標本は切片作製に用い、樹脂注入標本は肉眼の観察および走査電子顕微鏡による観察に用いた。

脛骨を矢状切断し次亜塩素酸処理して肉眼的に観察すると、骨幹端の二次海綿骨の骨梁は前上方から後下方に向かって配列し、その下端は後方の皮質骨に融合していた。樹脂血管注入鑄型標本を肉眼的に観察すると、後脛骨動脈の枝が脛骨近位部では後面に開いた栄養孔から骨内に侵入していた。血管墨汁注入標本の切片にヘマトキシリン・エオジン染色を施して観察すると、骨幹端の二次海綿骨の骨梁間に太い血管がみられるが、それは骨端板に近づくにしたがって分岐しながら細くなった。しかし、血管は基本的に骨梁に沿って走行していた。同様な標本で骨端板直下を観察すると、墨汁を含む血管が骨端板下縁の開放した軟骨小腔に向けて侵入する像が認められ、それと同時に、血管と石灰化軟骨基質との間に酸性色素で染まる大型で多核の細胞がしばしば観察された。また、一次・二次海綿骨移行部付近で骨梁間の間隙が狭い部位では、墨汁の入った血管と骨梁との間に酸好性の多核細胞が多く認められ、そのような細胞はTRAP染色を施した切片では陽性反応を示した。脛骨の次亜塩素酸処理標本を用いて、一次・二次海綿骨移行部付近の骨梁をSEMにより観察すると、骨梁の表面には滑沢な部位と小さなクレーター状の凹面の連鎖がみられる部位が存在していた。

これらのことから、海綿骨の中でも骨梁間の間隙の狭い一次海綿骨では二次海綿骨に比べて、骨梁の配列状態に血管の走行が大きく影響するであろうことが示唆された。

キーワード：ラット脛骨   骨梁配列   血管走行

## はじめに

骨にもたらされる力学的負荷は海綿骨の材料特性および異方性に深く関わり、それによって海綿骨における骨梁の配列状態が決定される<sup>1)</sup>。また、発育期における体重や活動量の増加によって、大腿骨から脛骨にもたらされる力学的負荷も変化するため、脛骨の近位骨幹端における海綿骨の骨梁は常にリモデリングを繰り返すとされている<sup>2)</sup>。ラット脛骨の場合、幼若な段階ではほぼ直線的な棒状の形態をなすが、3週齢以降にS字状の彎曲を描くようになる<sup>3, 4)</sup>。また、海綿骨の骨梁は隣接する骨からの加重の分散、伝達に適した配列状態となっていることが示されている<sup>1)</sup>。

一方、クル病ラットを用いた研究では、骨端板の石灰化障害によって骨端板の厚さが増し、そこへの血管侵入がないために骨形成が抑制されることが示されている<sup>5)</sup>。また、胎生期における肢芽形成部位では、骨形成に先立って間葉細胞が凝集しvascular endothelium growth factor (VEGF) を分泌することにより、その周囲に血管網を形成するという報告<sup>6-8)</sup>も見られる。

このように骨梁構造はメカニカルストレスに抵抗するように形成されること、そして、クル病などの病的状態や胎生期には骨形成に血管の分布やその新生に関わることが示されているが、出生後におけるそれらの関係については報告がない。本研究は、発育後期のラット脛骨を用い、その構造と血管の走行を観察することにより両者の関連性について検討することを目的とした。

## 実験方法

### 1. 実験動物

実験動物として、13週齢のウィスター系雄性ラット20匹（平均442g）を材料として用いた。

### 2. 血管墨汁注入および樹脂注入

墨汁および樹脂注入標本のいずれにおいても、ラット脛骨の血管走行を観察するために、以下の方法により動脈から墨汁または血管鋳型用樹脂を注入した。

それらの注入に先立ち、ラットに二酸化炭素を吸引させ、さらにペントバルビタールNa (40mg/kg体重) を腹注し、深麻酔をかけた状態で開胸、開腹した。右心耳を切り、あらかじめ37℃に加温した20～30mlの生理食塩水を腹大動脈または総腸骨動脈から注入し、それに続いて同量の0.1Mカコジル酸ナトリウム (pH7.4) 緩衝2.5%グルタルアルデヒド液を注入することによって灌流固定（注入圧力：約100～150mmHg）を行った。その後、同様な血管の部位ならびに方法により、20～30mlの墨汁もしくは20mlの樹脂（LADD Research社製：Red Mercocox II resin）を注入した。

### 3. 標本摘出および固定

組織観察用標本の作製では、まずラットの下肢の皮を剥離し、軟組織を丁寧に除去して脛骨を摘出した。マイクロハンドモーターにて脛骨の近位4分の1部を切りだし、さらにそれを内外的中央部で矢状方向に切断した。その標本を速やかに4℃の4%パラホルムアルデヒドに浸漬し、一晚固定した。

組織観察用標本の中でも、血管に墨汁を注入したものについては、「2. 血管墨汁注入および樹脂注入」で示した標本作製法とほぼ同様であったが、墨汁注入する前に2.5%グルタルアルデヒドにより灌流固定し、また、標本摘出後にはホルマリンアルコール液にて固定処置を行った。

血管鋳型用樹脂を注入したラットについては、樹脂注入後、下肢の皮を剥離し、股関節を外して下肢全体を60℃の温水に30分間浸漬して、血管内に注入した樹脂を重合、硬化させた。なお、先に述べたごとく、血管内に樹脂を注入する前に灌流固定がなされているために、標本摘出後は固定処置を施さなかった。

#### 4. 肉眼的および組織学的観察標本の作製

##### ① 海綿骨構造観察用の標本

海綿骨の構造観察用の標本作製には、血管に墨汁または血管鋳型用樹脂を注入しないものを用いた。

肉眼的観察標本の作製では、ラットから摘出した脛骨を用い、マイクロハンドモーターにて近位4分の1部を切り出し、さらに内外の中央部で矢状方向に切断した。それを10%次亜塩素酸ナトリウム水溶液に浸漬して有機質をすべて除去し、水洗、乾燥の後、肉眼的に観察した。

組織観察用標本の作製では、摘出した標本を22.5%蟻酸を含むモース液に約2週間浸漬して脱灰し、それに続いて通法にしたがって脱水、透徹し、パラフィンに包埋した。そのブロックを用いて、ミクロトームにより厚さ約5ミクロンの完全連続切片を作製し、それにヘマトキシリン・エオジン(HE)染色、マッソン・トリクローム染色、ポリクローム染色および酒石酸抵抗酸フォスファターゼ(Tartrate Resistant Acid Phosphatase: TRAP染色)を施し、光学顕微鏡により観察した。

##### ② 血管走行観察用の標本

この標本作製では、血管に墨汁または血管鋳型用樹脂を注入したものを用いた。

墨汁注入標本は観察用途別にパラフィンまたはリゴラック樹脂に包埋した。パラフィン包埋は先に述べた方法と同様な方法にて行った。リゴラック樹脂包埋では、標本を脱灰することなく脱水からの行程を経て、樹脂に包埋し加温重合の後、硬化させた。そのブロックをトリミングし、砥石および研磨用フィルムにて、厚さ約150ミクロンになるまで丁寧に研磨した。標本の表面を0.1N塩酸により酸腐蝕を施し、水洗の後、トルイジンブルー染色をおこなって光学顕微鏡により観察した。

血管鋳型用樹脂の注入標本を用いて、以下のような肉眼および組織観察用標本作製した。

これらの標本作製では、肉眼観察および組織観察のいずれにおいても、まず標本を10%次亜塩素酸ナトリウム水溶液または10%水酸化カリウム水溶液に浸漬し、筋、血管および神経等の軟組織を除去した。十分に水洗を行い、乾燥させた後に下肢に分布する動脈を肉眼的に観察した。また、脛骨内側面の皮質骨を丁寧に削除して取り除き、骨髓腔内の血管鋳型を肉眼的に観察した。同様な標本を試料台に着けて、カーボンとプラチナを真空蒸着し、骨梁および血管鋳型の構造を走査電子顕微鏡(SEM)により観察した。

## 所 見

13週齢のラット脛骨を矢状切断した後次亜塩素酸処理して肉眼的に観察すると、骨幹端では一次および二次海綿骨が認められるが、後者は骨幹端において上下的に広い範囲を占めていた。二次海綿骨の骨梁は前上方から後下方に向かって配列し、その下端は後方の皮質骨に融合していた。(図1a) 一次海綿骨の骨梁をSEMで観察すると、それは細く、上下方向に配列していた。また、その表面には

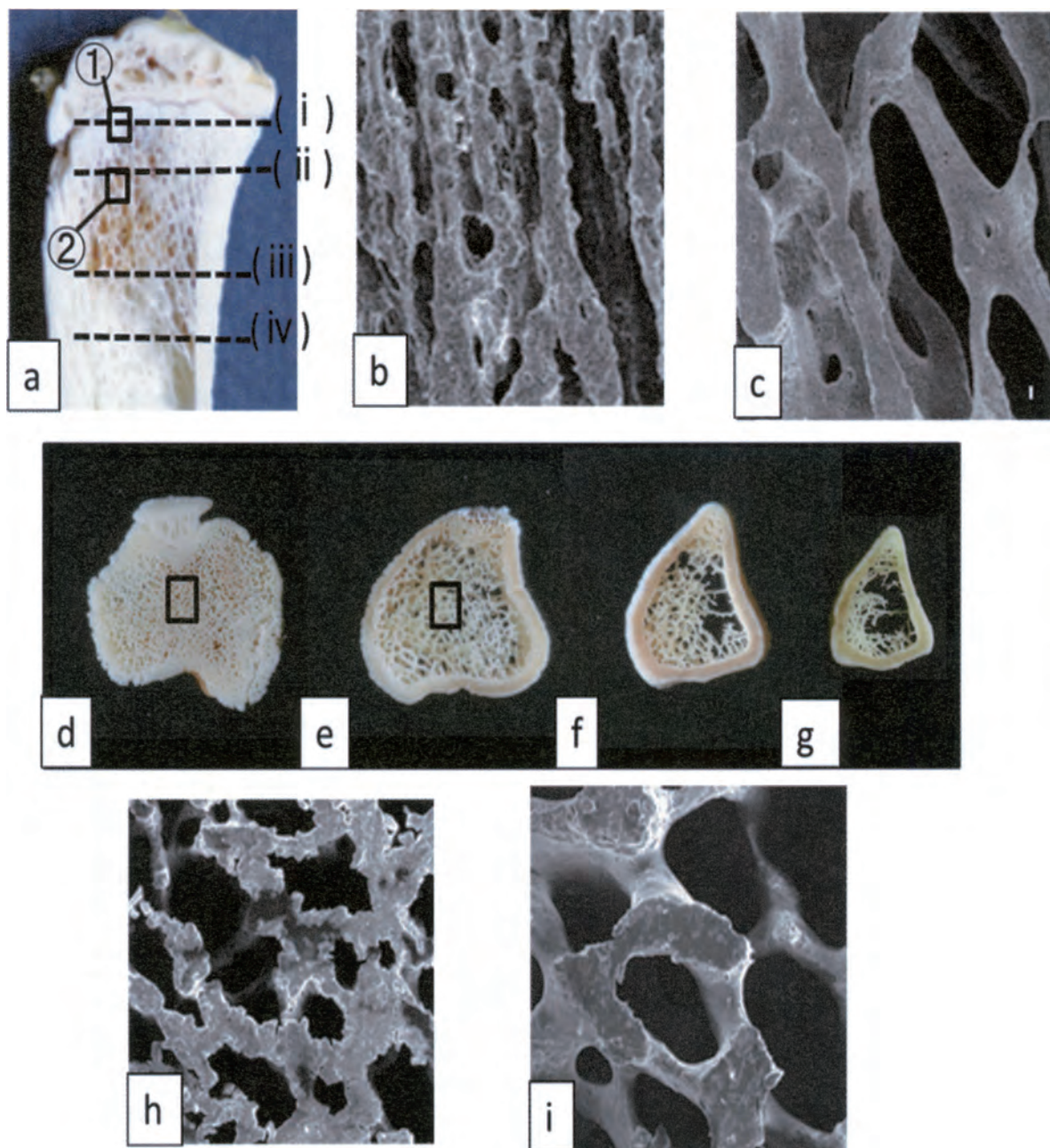


図1. 脛骨の矢状および水平断面（次亜塩素酸処理標本）

- a、d～g：肉眼観察像、
- b、c、h、i：SEM像、
- b：①の拡大 c：②の拡大像
- d～g：(i)～(iv)の高さにおける水平断面
- h：dの四角部分の拡大像（SEM像）
- i：eの四角部分の拡大像（SEM像）

細かい凹凸がみられるが、全体的に棒状の形態をなしていた。(図1b) 二次海綿骨になると、骨梁は太さを増すが密度が低下した。その表面は一次海綿骨とは異なって滑沢な状態にあり、目の粗い網目構造をなしていた。(図1c) 次亜塩素酸ナトリウムで処理した脛骨を近位骨端から遠位方向に向かって順次約2mmの厚さで水平断し、その断面を肉眼的に観察すると、一次海綿骨の高さでは非常に目の細かい網目状構造をなしているが、遠位方向に向かうにしたがって海綿骨の骨梁は徐々に太さを増すとともに密度が低下し、目の粗い網状の構造となった。(図1d-g) このような水平断された海綿骨をSEMで観察すると、一次および二次海綿骨のいずれにおいても骨梁の縁は直線的というよりもむしろ骨髓腔側に凹面をなし、複数の骨梁が円形または楕円形の骨髓腔を取り囲むように配列していた。(図1h, i)

樹脂血管注入鋳型標本を肉眼的に観察すると、大腿動脈は大腿骨の内側を通過して膝窩に至り、膝窩動脈に移行した。(図2a) それはさらに遠位方向に進むと後脛骨動脈になるが、これらから分枝された栄養動脈は脛骨後面近位部に開いた栄養孔から骨内に侵入していた。(図2b) 骨内に入った血管の本幹は骨髓腔中心部を真っ直ぐ遠位方向に向けて走行していた。(図2c)

骨内の本幹からは骨端板方向に向けて多くの枝を出す、それらの枝は基本的にそれぞれの骨梁の間に一本ずつ存在し、それらは骨端板付近でさらに分枝した。(図3) また、遠位方向に進む本幹は種々の高さで枝を出し、それらは二次および三次の枝に分岐して、最終的に毛細血管網を形成していた。(図4)

血管に墨汁を注入した標本の切片にHE染色を施して観察すると、骨幹端の二次海綿骨の骨梁間には太い血管がみられるが、それは骨端板に近づくにしたがって分岐しながら細くなった。(図5a) 骨梁が密に存在して、骨梁間の間隙の狭い部位では、狭い内腔をもつ細い血管と、広い内腔をもつ太い血管がその間隙を埋めるように位置していた。そのような部位では血管が骨梁表面と密に接し、両者

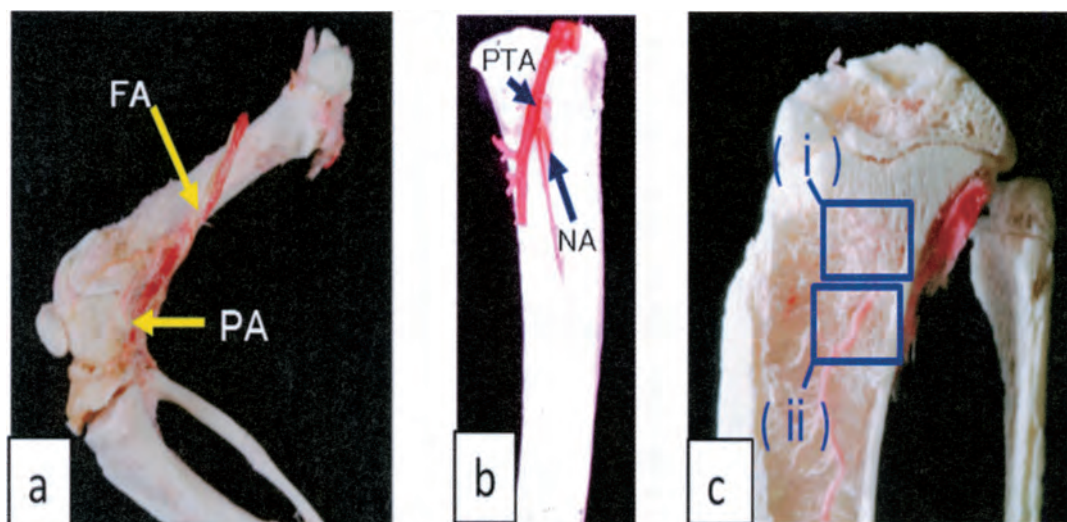


図2. 血管鋳型標本の肉眼観察像

FA：大腿動脈 PA：膝窩動脈 PTA：後脛骨動脈 NA：栄養動脈

(i)：骨端板方向へ向かう血管、

(ii)：骨髓腔内の本幹をなす血管からの枝

の間に骨髄細胞はほとんど認められなかった。それらの血管のうち、細い血管には壁が内皮細胞のみで構成されるものと、それを包むようにわずかな平滑筋細胞が存在するものが見られた。一方、太い血管の内腔は広いが、その壁は扁平な内皮細胞のみで構成されていた。本実験における墨汁注入標本では、それらのいずれの血管内にも墨汁の存在が認められた。(図5b)

同様な墨汁注入標本で骨端板直下を観察すると、墨汁を含む血管が骨端板下縁の開放した軟骨小腔

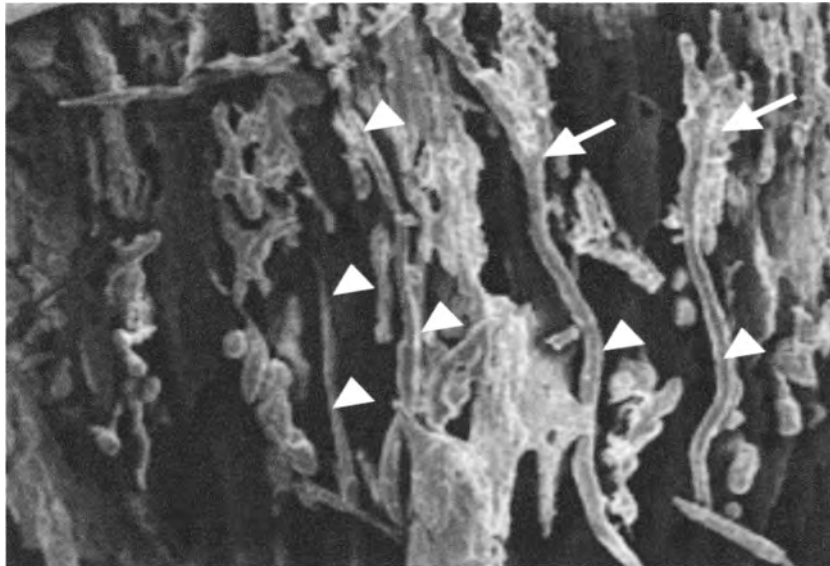


図3. 図2 c ( i )部分の拡大 (SEM像)  
矢頭：骨端板に向かう血管  
矢印：骨端板付近で分岐する血管

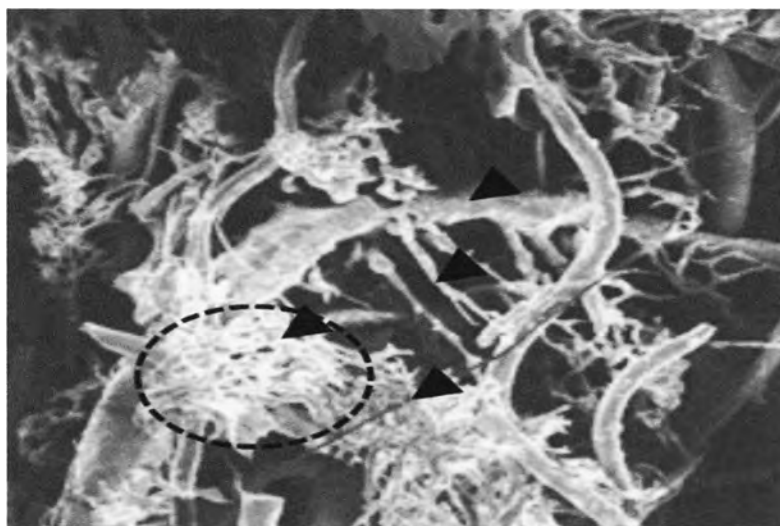


図4. 図2 C ( ii )の部分の拡大 (SEM像)  
矢頭：栄養孔から骨内に入った血管が分枝した枝  
○円：毛細血管網

に向けて侵入する像が認められ、それと同時に、血管と石灰化軟骨基質との間に酸性色素で染まる大型で多核の細胞がしばしば観察された。(図6a) また、一次・二次海綿骨移行部付近の骨梁間の狭い部位では、墨汁の入った血管と骨梁間の狭い間隙に酸好性の多核細胞が多く認められた。(図6b) TRAP染色を施した切片で軟骨小腔開放部付近を観察すると、上述のHE染色標本と同様に、石灰化軟骨基質と血管との間にTRAP陽性細胞が存在していた。(図7a) 一次・二次海綿骨移行部付近に

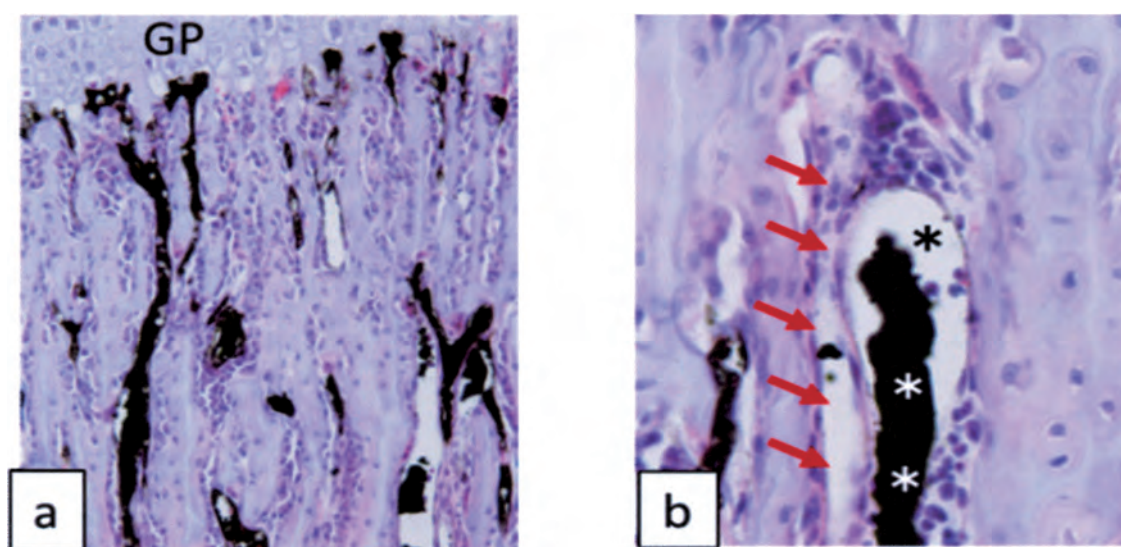


図5. 骨幹端における血管の走行（墨汁注入標本）  
a：一次海綿骨、b：二次海綿骨  
GP：骨端板 矢印：毛細血管 \*：洞様血管

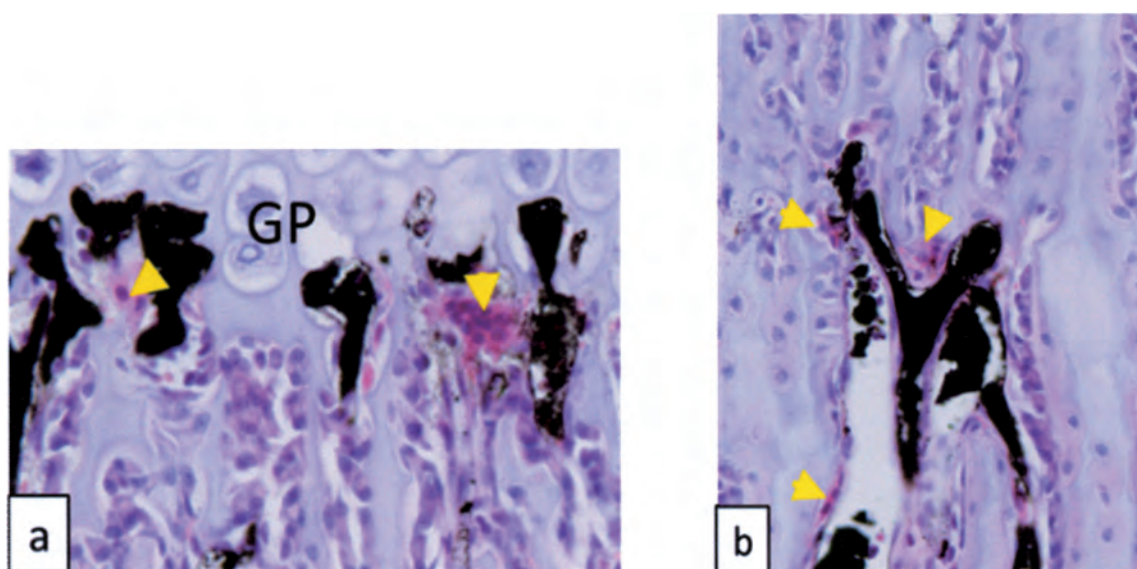


図6. 墨汁注入血管標本の拡大像  
a：骨端板直下  
b：一次、二次海綿骨移行部  
GP：骨端板  
矢頭：多核の酸好性

においても、HE染色標本で観察されたものと同様に、TRAP陽性細胞が血管と骨梁の間隙が狭い部位で多く認められた。(図7b)

脛骨の次亜塩素酸処理標本を用いて、一次・二次海綿骨移行部付近の骨梁をSEMにより観察すると、骨梁の表面には滑沢な部位と小さなクレーター状の凹面の連鎖がみられる部位が存在していた。(図8) 一次海綿骨やその付近では血管と骨基質との間が狭く、そこにTRAP陽性細胞が存在することが多く見られたが、二次海綿骨では骨梁間の間隙が広いためにそのような状態はあまり多く認められなかった。(図9)

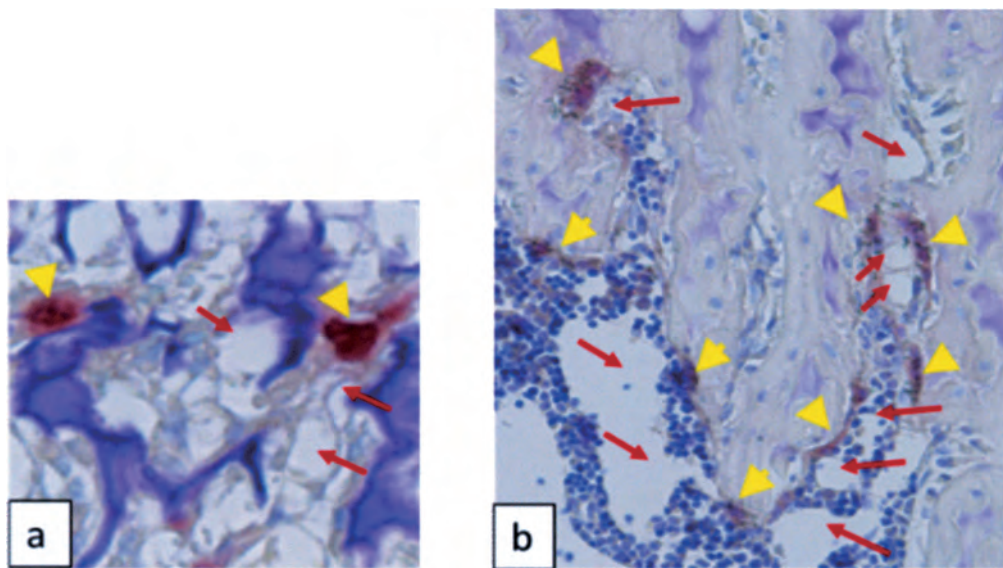


図7. 骨梁とTRAP陽性細胞の位置関係  
a：骨端板直下  
b：一次・二次海綿骨移行部  
GP：骨端板

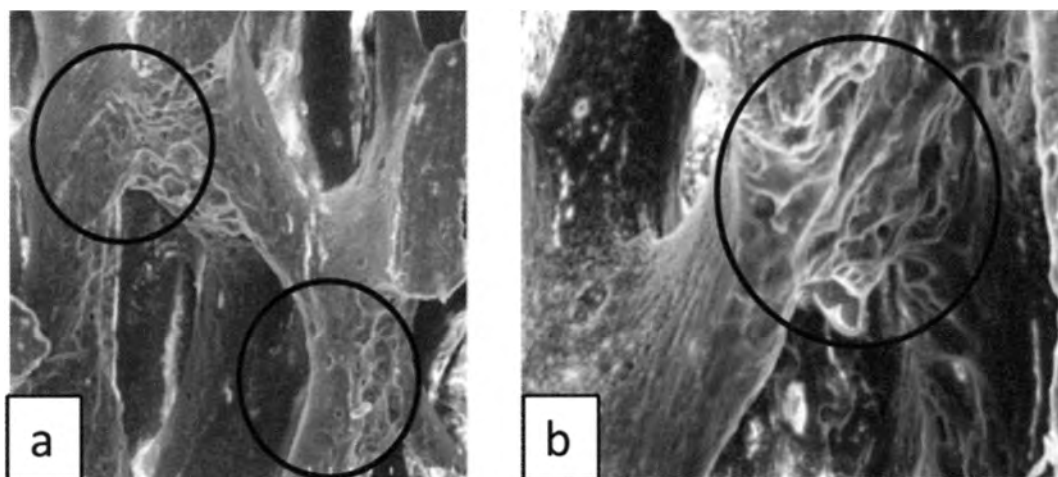


図8. 骨梁表面の構造(次亜塩素酸処理)  
a、b：一次、二次海綿骨移行部付近

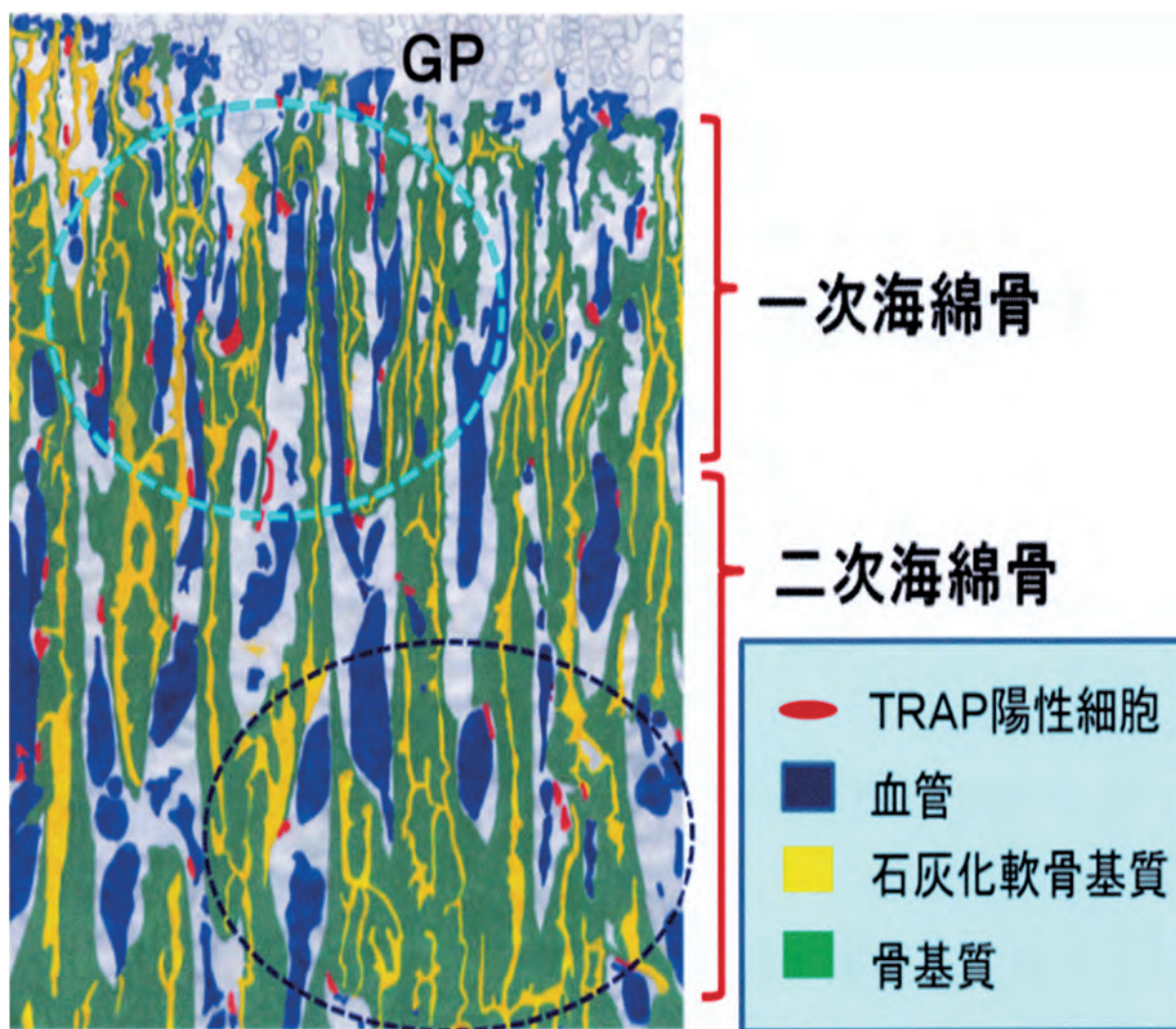


図9. 脛骨近位骨幹端における骨梁、血管およびTRAP陽性細胞の位置関係を示すトレース  
GP：骨端板  
水色サークル内：骨梁間の間隙が狭い領域  
黒色サークル内：骨梁間の間隙が広い領域

## 考 察

本研究は、ラットの下肢の血管に墨汁または血管鋳型用樹脂を注入した標本を用いて、血管の走行と海綿骨構造を観察することにより、骨内における骨梁の配列状態と血管の走行との関連性について検討するものである。

骨にもたらされる力学的負荷は海綿骨における骨梁の配列状態に深く関わり<sup>1)</sup>、発育期においては骨梁の改造が繰り返されることによって、体重や活動量の増加に見合う強度が維持される<sup>2)</sup>。

ラット脛骨の近位海綿骨は、骨端板に近い一次海綿骨とそれより遠位の二次海綿骨によって構成される。一次海綿骨では細い骨梁が密に存在するが、二次海綿骨に向かうにしたがって骨梁の密度低下と太さの増大がみられる<sup>4)</sup>。また、二次海綿骨の上下的な幅は幼若な段階では狭く骨端板直下のわ

ずかな領域を占めるが、発育に伴ってそれは順次拡がり、骨幹端の中で広い範囲を占めるようになる<sup>4)</sup>。本研究では、近位骨幹端における海綿骨は上下的に広い範囲を占めており、その骨梁は主として前上方から後下方に向かって配列し、その下端は後方の皮質骨に癒合することが認められた。守田<sup>3)</sup>はラットの脛骨を用いて、二次海綿骨を前方、中央および後方に区分し、発育に伴うそれぞれの部位における骨梁の配列変化について検討している。それによると、前方部では骨梁の下端が前方の皮質骨に融合するが、それ以外の部位の骨梁は主として前上方から後下方に向かって配列し、その下端は後方の皮質骨に融合すると述べている。本研究で用いた13週齢のラットは発育後期に相当するもので、その海綿骨構造に関する結果は守田<sup>3)</sup>の報告と一致しており、発育の最終段階における体重や活動に耐えうる構造になっていると思われる。

1 週齢のラットの脛骨はほぼ直線的な棒状の形態をなすが、3 週齢以降近位骨幹端が後方に傾き、反対に遠位骨幹端が前方に傾くことにより、脛骨を側方からみるとS字状の彎曲を描くようになることが示されている<sup>3, 9)</sup>。そのことから、近位骨幹端の前上方から後下方に向かって配列する骨梁は、脛骨全体の長軸にほぼ一致すると考えられている<sup>3, 9)</sup>。

このようにラットの場合、大腿骨からの加重は近位骨幹端の海綿骨の骨梁を介して後方の皮質骨に伝えられ、さらには骨全体で受け止められる機構になっており、そのような構造の獲得には大腿骨からの加重や脛骨内での力線の方向が深く関わっていると思われる<sup>1, 9)</sup>。

SEMを用いて脛骨の矢状断研磨標本を観察すると、一次および二次海綿骨の骨梁は基本的に棒状を成していたが、脛骨の水平断標本で観察すると、骨梁間に円形または楕円形の骨髓腔を取り囲むように骨梁の縁は円弧を描いていた。この構造には骨梁と骨梁の連結を高める力学的な意味もあると思われるが、それと同時に円形の断面をなす血管を中心とする骨髓腔を極力広く確保する役割も担っていると考えられる。

長骨内に分布する動脈はまず骨幹および骨幹端にみられる栄養孔から侵入し、骨幹に向かう血管は分岐しながら遠位方向に向かい、後者も分岐しながら骨端板下縁に向かうとされている<sup>10)</sup>。本研究でラット下肢の血管鋳型標本作製して観察した結果、大腿動脈は大腿内側部を遠位方向に進み膝窩に至って膝窩動脈となり、それから分枝した後脛骨動脈の枝が脛骨の骨幹端背面の栄養孔より骨内に入っていた。骨幹端の栄養孔から侵入した血管の本幹は、様々な高さで枝を分岐しながら遠位方向に走行していたが、骨幹端に向かう動脈は骨端板下縁に向けて走行していた。このように、ラット脛骨においても動脈の侵入部位ならびに走行はJee<sup>10)</sup>が示すものに一致していた。

ラット下肢の動脈から墨汁を注入した標本の切片を観察すると、骨梁間の狭い部位では、細い内腔をもつ血管と太い内腔をもつ血管がその間隙を埋めるように存在していた。その細い血管では壁が薄い内皮細胞のみで構成されるものや、その外側にわずかに平滑筋細胞が存在するものも認められた。一方、太い血管は内腔が広いがその壁は扁平な内皮細胞のみで構成されていた。この血管壁の構造から、骨梁間に存在する細い血管は毛細血管または細動脈に相当し、太い血管は洞様血管であると考えられる。この墨汁注入標本ではそのいずれにも墨汁がみられることから、下肢の動脈に注入した墨汁は骨端板下縁付近で折れ返り、毛細血管後の洞様血管（静脈）にまで達していたと思われる。

クル病ラットを用いた研究<sup>5)</sup>によると、骨端板の石灰化障害によって骨端板の厚さが増し、そこには血管侵入がなく骨形成も抑制されることが示されている。また、胎生期の肢芽形成部位についてみ

た報告<sup>6-8)</sup>によると、骨形成に先立って間葉細胞が凝集しVEGFを分泌することにより、その周囲に血管網が形成される。このように、血管の供給および新生が骨形成に関わることが指摘されているが、本研究の肉眼所見では、まず、脛骨骨幹端に分布する動脈は、脛骨後面近位部に開いた栄養孔から骨内に侵入していた。それは骨内で骨端板方向に向けて多くの枝を出す、その枝は基本的にそれぞれの骨梁の間に一本ずつ存在し、しかもいずれも骨梁にそって走行していた。それらは骨端板付近でさらに分枝し、最終的に骨端板下縁にまで達し開放した軟骨小腔に向けて侵入する像が認められた。また、そこまでの経過中に、骨梁間の狭い部位では血管と石灰化軟骨基質との間に酸性色素で染まる大型で多核の細胞がしばしば観察された。それらの細胞がみられる同様な部位をTRAP染色切片で観察すると、反応陽性細胞が認められた。次亜塩素酸処理した標本でそのような部位をSEMで観察すると、骨梁の表面には滑沢な部位と、吸収窩と思われる小さなクレーター状の小窩が連続している部位がみられた。それらの吸収窩の中には、上記のような血管と骨梁が接近することによって形成されたものもあるように考えられる。

皮質骨内には骨の長軸方向に走行する血管を入れた無数の円筒状をなすハヴァース層板が存在し、これは骨の長軸方向からの加重抵抗に寄与する<sup>11)</sup>。その層板の改造ではcutting coneがみられ、その先端では破骨細胞による骨吸収が先行して、ハヴァース層板内の内皮細胞の増殖が進められる<sup>2)</sup>。Ohsakoら<sup>12)</sup>は、発育期ラットの後肢を不動化し、皮質骨内の血管走行が対照群に比べて乱れることを報告している。これらの報告<sup>2, 11, 12)</sup>は皮質骨内に関するものであるが、血管の走行方向は骨にもたらされる加重の方向に関係を示唆するものである。骨への機械的刺激は骨細胞の突起を介したネットワークによって感知され、その刺激が骨表面の骨芽細胞や骨髄細胞に伝えられることによって骨形成や骨吸収が進められると考えられている<sup>13)</sup>。しかし、骨細胞のほとんど存在しない骨端板直下の一次海綿骨でもモデリングは行われており、そのような部位では骨細胞による機械的刺激の感知は不可能である。これらのことから、骨梁形成にメカニカルストレスは直接的に関わるであろうが、血管の配列も関わることを推測される。しかし、最近、前破骨細胞が骨形成を促進する血小板由来因子BBを放出することによって骨形成に寄与するほか、それが骨の血管新生にも関わることを示されており<sup>14)</sup>、骨の改造は血管新生と骨の形成・吸収のどちらが先行するのかについては不明なままであり、このことは今後の課題として考えている。

## 結 論

海綿骨の中でも骨梁間の間隙の狭い一次海綿骨では、骨梁の配列状態に血管の走行が関わるであろうことが示唆された。

## 倫理審査

本研究は東洋大学動物実験委員会および福祉社会デザイン研究科研究等倫理委員会の審査により承認された。

## 謝辞

稿を終わるに臨み、多くのご協力をいただいた研究室の方々に深謝致します。

## 参考文献

- 1) Goldstein S.A.: The mechanical properties of trabecular bone: Dependence on anatomic location and function. *J. Biomech* 20 : 1055-1061, 1987.
- 2) Parfitt A.M.: The bone remodeling compartment: A Circulatory function for bone lining cells. *J. Bone Miner. Res.* 16 : 1583-1585, 2001.
- 3) 守田 剛、尾淵紀之、大迫正文：発育に伴うラット脛骨の形態変化ならびにリモデリングに関する研究. *ライフデザイン学研究* 6 : 197-209, 2010.
- 4) 大迫正文、他：発育に伴うラット脛骨海綿骨の構造変化に関する観察. *スポーツ研究科学紀要* 3 : 51-61, 2003.
- 5) Trueta J., Buhr, A.J.: The vascular contribution to osteogenesis. V. The vascular supplying the epiphyseal cartilage in rachitic rats. *J. Bone Joint Surg. Br.* 45 : 52-581, 1963.
- 6) Eshkar-Oren I., et al.: The forming limb skeleton serves as a signaling center for limb vasculature patterning via regulation of VEGF. *Development* 136 : 1263-1272, 2009.
- 7) Maes C., et al.: Increased skeletal VEGF enhances  $\beta$ -catenin activity and results in excessively ossified bones. *EMBO J.* 29 : 424-441, 2010.
- 8) Kusumbe A.P., Ramasamy S.K., Adams R. H.: Coupling of angiogenesis and osteogenesis by a specific vessel subtype in bone. *Nature* 507 : 323-328, 2014.
- 9) 大迫正文、他：発育期ラットの脛骨近位骨端の構造変化. *スポーツ研究科学紀要* 4 : 45-53, 2004.
- 10) Jee W.S.S.: The skeletal tissue. In *Histology-Cell and Tissue Biology*. 5<sup>th</sup> ed. MacMillan press London, pp201-255, 1983.
- 11) Morgan J.D.: Blood supply of growing rabbit's tibia. *J. Bone joint Surg.* 41B. 185-203, 1959.
- 12) Ohsako M, et al.: Characteristics of bone structural changes by growth and mechanical stress in growing rats. *J. Phys. Fitness Sports Med.* 3 : 327-333, 2014.
- 13) 上岡 寛、他：骨のバイオエンジニアリング・骨細胞における機械的刺激への対応能について. *生体医工学* 44 : 484-489, 2006.
- 14) Xie H., et al.: PDGF-BB secreted by preosteoclasts induces angiogenesis during coupling with osteogenesis. *Nature Med.* 20 : 1270-1278, 2014.

## Relationship between arrangements of bone trabeculae and courses of blood vessels of tibial cancellous bone in rats

NAKASEKO Rina, SUZUKI Kenta, OHSAKO Masafumi

### Abstract

This study aimed to investigate relationship between arrangements of bone trabeculae and courses of blood vessels, using rats in late stage of growing period.

Twenty male rats (wistar strain, thirteen-week-old) were used as materials. Resin or india-ink were infused into abdominal aorta, their tibiae were excised, and those specimens were observed macroscopically and histologically.

The blood vessels ran along the bone trabeculae fundamentally. The blood vessels containing india-ink invaded into cartilage lacunas opened at inferior margin of growth plates, at the same time, there were many large-size multinuclear cells that were stained by an acid dye at the spaces between the bone trabeculae and the vessels. More large-size multinuclear cells that showed same stainability as those cells were recognized at the narrow spaces between the cancellous bone and the blood vessels at the narrow spaces, like between the primary cancellous bone and the vessels, and those cells agreed with positive cells of TRAP staining.

It was suggested that the arrangements of the bone trabeculas was related to the courses of the vessels, at primary cancellous bone.

**Keywords:** Rat's tibiae, Bone trabeculae, Blood vessels