

短期間不動後の運動がラット脛骨の海綿骨の構造に及ぼす影響

Effects of Exercise Following Short-term Immobilization Structures of
Tibial Cancellous Bone in Rats

日下翔太* 高橋将人* 大迫正文*
KUSAKA Shota TAKAHASHI Masato OHSAKO Masafumi

要旨

本研究は、発育期ラットに運動または短期間不動後の運動に伴う脛骨海綿骨の構造変化を前方、中央および後方の部位別に観察することより、運動およびその直前の不動処置が骨構造に及ぼす影響について、形態学的に検討することを目的とした。

実験材料として、5週齢のwistar系雄性ラット36匹を用い、それらを運動群 (EX)、不動後運動群 (IM-EX) および対象群 (CO) に分類した。EXおよびIMEXには高さ45cm、40回/日の跳躍運動を毎日、7日間行わせ、IMEXにはその直前に2日間の後肢不動化を図った。実験期間終了後、各群から脛骨を摘出し、肉眼的に観察するとともに、種々な標本を作製して、光学および走査電子顕微鏡により観察した。

脛骨近位骨幹端における一次海綿骨に関しては、肉眼的にいずれの群も骨梁の太さや密度に部位差が認められなかった。しかし、走査電子顕微鏡による骨梁の詳細な観察ではEXと特にIMEXでは、COに比べて太い骨梁が密に存在し、また、骨端板に近い部位から骨が形成され始めていた。二次海綿骨における骨梁を部位別にみると、前方部に比べて中央および後方部が密に存在し、このことに関しては群間に違いがみられなかった。しかし、二次海綿骨全体としてはCOに比べてEXおよびIMEXの骨梁は太く密であった。

これらのことから、短期間の運動に伴い、骨端板直下における骨形成の開始時期が早まることによって海綿骨の骨梁の密度および太さが増し、そのような変化が運動期直前の短期間不動化によって促進されることが理解された。

キーワード：運動と不動 脛骨海綿骨 組織構造

*東洋大学ライフデザイン学部健康スポーツ学科 Toyo Univ. Faculty of Human Life Design

住所：〒351-8510 朝霞市岡48-1 (東洋大学)

電話：048-468-6641 (研究室直通) ファックス：048-468-6790

骨にもたらされるメカニカルストレスの増減は、骨構造の変化を引き起こす。椎体内における海綿骨は、垂直方向に配列する骨梁とそれらを連結する水平方向の骨梁からなり、前者が脊柱にもたらされる荷重に大きな抵抗性を示す¹⁾。滝沢²⁾はラット脛骨を用いて、発育に伴う海綿骨の骨梁構造の変化について検討し、大腿骨から脛骨へのメカニカルストレスの増大が、一次海綿骨における骨梁密度を増加させるとしている。萩原³⁾はラット関節軟骨の構造上の部位差について検討し、中央および後方部は前方部に比べて細胞間基質の幅が広く、そこには密なコラーゲン線維が存在すると報告している。また、発育期ラット脛骨の近位骨幹端では、海綿骨の骨梁構造にも部位差があり、その違いは発育に伴って顕著になることが報告されている^{4,5)}。このように、ラット脛骨では大腿骨との関節状態から、関節軟骨や海綿骨の構造に部位差がみられるが、そのような構造に運動がどのような影響をもたらすかについては明らかにされていない。

骨端板直下の海綿骨は、骨端板の予備石灰化帯で形成された石灰化軟骨梁を芯として、その表面に骨が添加されることによって形成される⁶⁾。幼若な段階の骨端板直下では、いまだ石灰化軟骨梁の表面に骨が添加されず、石灰化軟骨梁のみで一次海綿骨が構成される部位もある⁵⁾。高橋⁷⁾は、ラットに後肢を4日間不動状態においた後、4日間の跳躍運動を課し、その結果、一次海綿骨における骨形成開始部位が、骨端板側に近づくことを報告している。一方、発育期の下顎頭⁸⁾や脛骨骨幹端⁹⁾では、下顎頭軟骨や骨端板に近い部位で形成された骨の基質線維は、疎で配列が不規則であるが、骨幹中央部で形成された骨は基質線維が密で配列も規則的となる。しかしながら、そのような基質線維の密度ならびに配列状態のことを含め、海綿骨の構造に及ぼす運動ならびに運動期直前の不動の影響に関する報告はない。

本研究は、発育期ラットに運動または短期間不動後の運動を課し、それらの脛骨海綿骨の構造を前方、中央および後方の部位別に観察することより、運動およびその直前の不動処置が骨構造に及ぼす影響について、形態学的に検討することを目的とした。

方 法

実験材料

実験材料として、5週齢のwistar系雄性ラット36匹を用い、それらを運動群 (EX)、不動後運動群 (IMEX) および対象群 (CO) に分類した。

実験プロトコール

本実験では、以下の方法によりEXおよびIMEXに跳躍運動を課し、さらにIMEXに関してはその運動期間の直前に後肢の不動化を図った。COはケージ内にて7日間通常飼育した。(図1)

運動負荷実験

EXおよびIMEXには高さ45cm、40回/日の跳躍運動を毎日、7日間行わせた。

本実験の開始に先立って、各群のラットを飼養環境ならびに実験に慣れさせるために1週間予備飼育した。骨への運動の効果が実験期間まで残存しないように、その最初の2日間においてのみ、EX

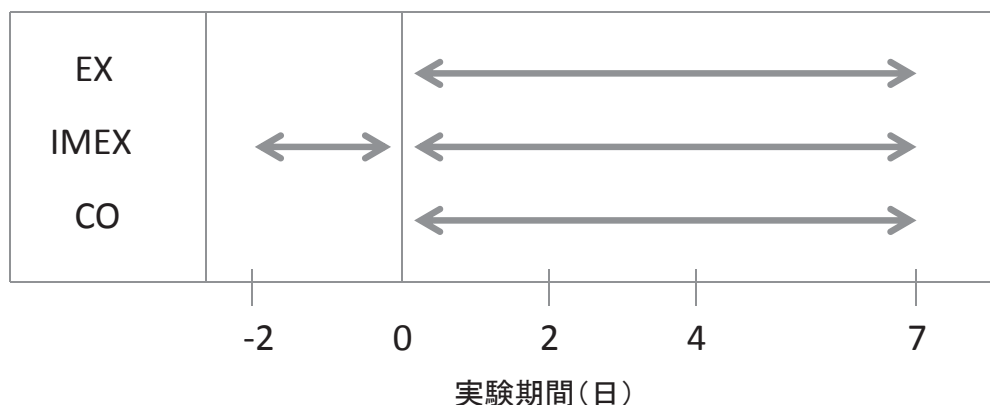


図1. 各群の実験プロトコールの模式図

とIMEXは跳躍運動の練習を行った。その練習では、跳躍運動に用いるケースの床面に通電可能な金属製スノコを置き、それに電流を流してラットに跳躍を行わせ、着地と同時に跳躍を繰り返す反射を獲得させた。

後肢の不動実験

IM-EXには、運動実験直前の2日間、膝関節に不動装置を装着して、後肢の不動化を図った。不動実験期間中、毎日足先の色や腫れの状態を観察し、不動装置装着による虚血状態や皮膚の損傷の有無を確認した。

不動期間で下肢の損傷が見られた場合や、運動実験で運動が遂行不可能となった場合、それをエンドポイントとし、それぞれの実験を中止して実験動物を苦痛から解放した。

標本の摘出

各群の実験期間終了後、ラットを炭酸ガス吸入による深麻酔で安楽死させ、後肢の皮を剥離し軟組織を極力除去して脛骨を摘出した。

観察標本の作製

各群の標本は摘出後、歯科用ハンドモーターにて脛骨の内外的中央部で矢状切断した。その後、速やかに固定液に浸漬し、それをを用いて以下のような肉眼的および組織学的観察用標本を作製した。

固定された標本を30%水酸化カリウム (KOH) にて脱有機処理し、水洗、乾燥の後、実体顕微鏡で切断面を観察した。同様の標本を作製し、試料台に装着した後、カーボンおよびプラチナを真空蒸着して、走査電子顕微鏡 (SEM) により海綿骨の構造を観察した。

他の固定標本は、8% EDTAに浸漬 (4℃) して脱灰し、その後通法に従い脱水、透徹してパラフィンに包埋した。そのブロックを用いてマイクロトームにより厚さ5ミクロンの連続切片を作製し、それにポリクローム染色を施して光学顕微鏡により観察した。

結 果

各群の矢状切断した脛骨をKOHにて処理し、近位骨幹端の海綿骨を肉眼的に観察すると、一次海綿骨の骨梁の密度、太さなどは群間でほとんど差が認められない。二次海綿骨に関しては、骨梁の密度はEXでやや高い傾向が見られるが、海綿骨の上下的な幅には群間にほとんど違いが見られない。また、二次海綿骨における骨梁を前方、中央および後方の3部位に分けて観察すると、いずれの群も前方部に比べ中央および後方部において、高い骨梁密度が認められる。(図2)

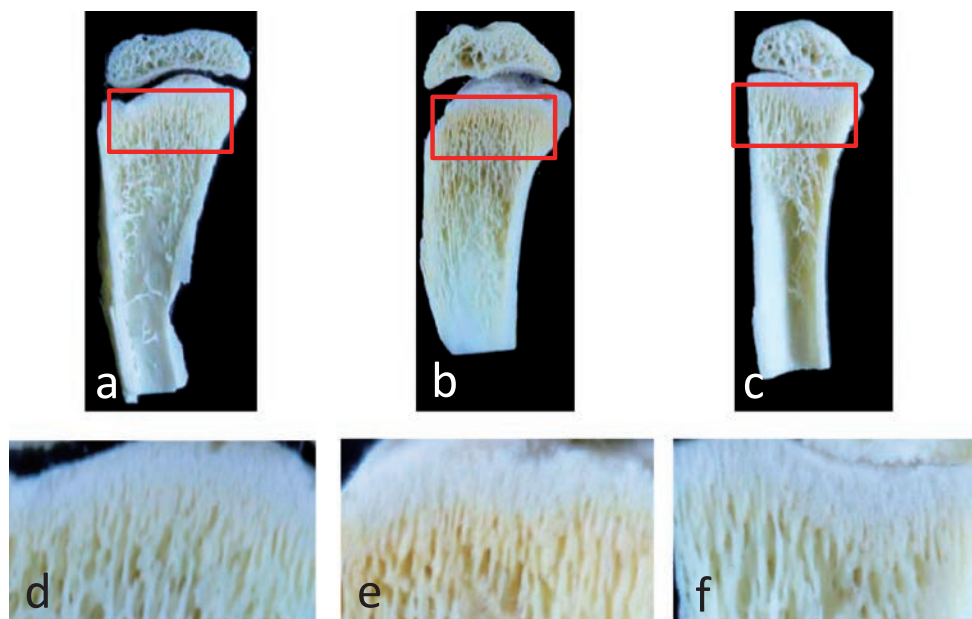


図2. 各群の近位骨幹端における海綿骨の変化
a,d : CO、b,e : EX、c,f : IMEX、d~f : a~cの四角部分の拡大図、
いずれの写真も左側が前方、右側が後方に相当する。

各群の一次海綿骨をSEMで部位別に観察すると、COの前方部では骨梁は上下方向に配列し、その表面は粗造な状態にある。骨梁の表面を拡大すると、それは陥凹をなす構造の連鎖からなる。そのような骨梁を部位別で比較すると、骨梁の幅は前方に比べて中央および後方部の方がやや広く、密度も高い。EXにおいても骨梁の表面が陥凹の連鎖からなることはCOと同様であり、また、前方より中央および後方部で骨梁が密になっていることもCOに類似している。しかし、COでは骨梁間にある程度の間隙がみられるが、EXではそのような状態はほとんどみられず、骨梁が密に存在する。IMEXの中央および後方部は前方部より骨梁の密度が高く、隣接する骨梁が互いに融合してそれらが一塊となっている部位もしばしば観察される。(図3)

二次海綿骨に関しては、COの場合、前方および中央部がやや細く、後方部のみが太い。しかし、EX、IMEXでは、部位別には中央および後方部の骨梁が太いが、いずれの部位においてもCOの骨梁より太い。(図4)

COにおける一次海綿骨の骨梁の表面は全体的に粗造な状態にあり、それを拡大して観察すると、いずれの部位も骨梁表面に多くの陥凹構造がみられる。同様な構造は、EXおよびIMEXでもみられ

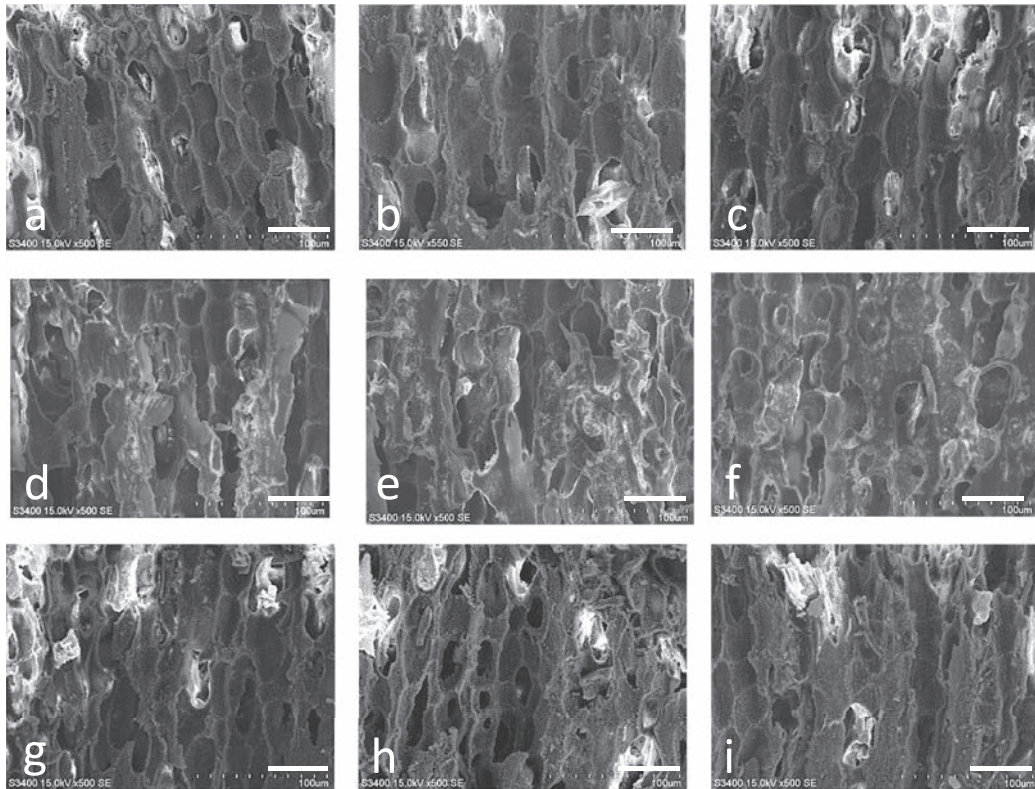


図3. 各群の一次海綿骨上部における骨梁の構造
(矢状割断KOH処理標本、SEM像、Bar=50 μ m)

a~c : CO、d~f : EX、g~i : IMEX、a,d,g : 前方部、b,e,h : 中央部、c,f,i : 後方部

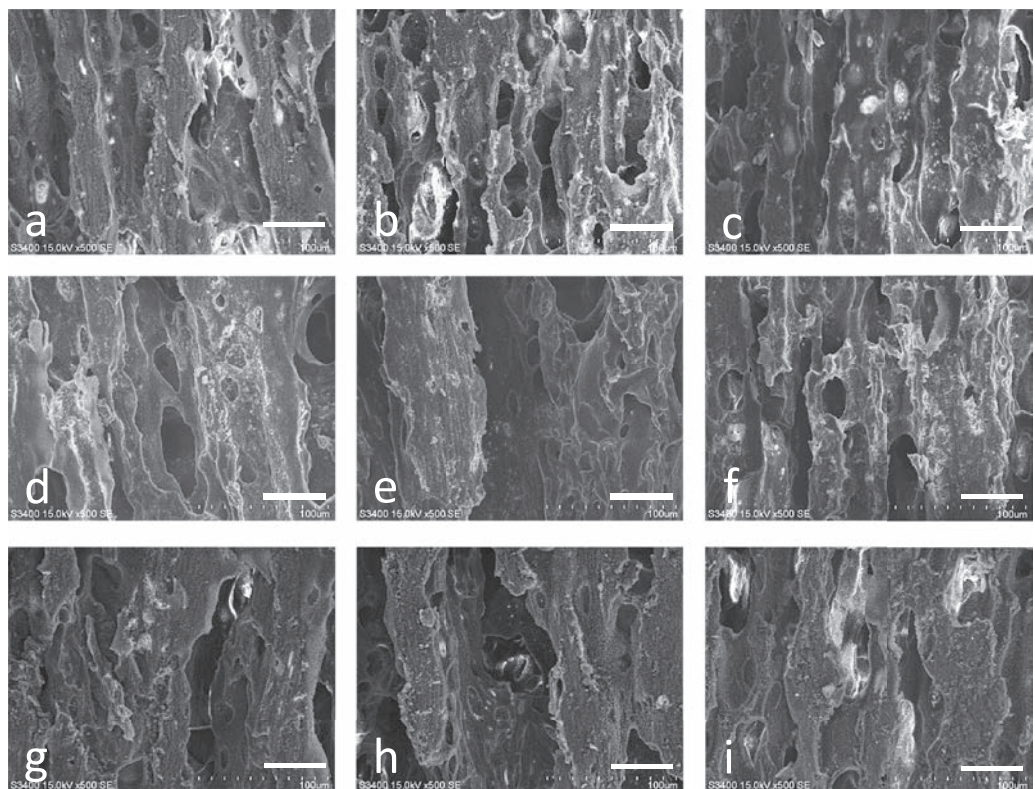


図4. 各群の二次海綿骨上部における骨梁の構造
(矢状割断KOH処理標本、SEM像、Bar=50 μ m)

a~c : CO、d~f : EX、g~i : IMEX、a,d,g : 前方部、b,e,h : 中央部、c,f,i : 後方部

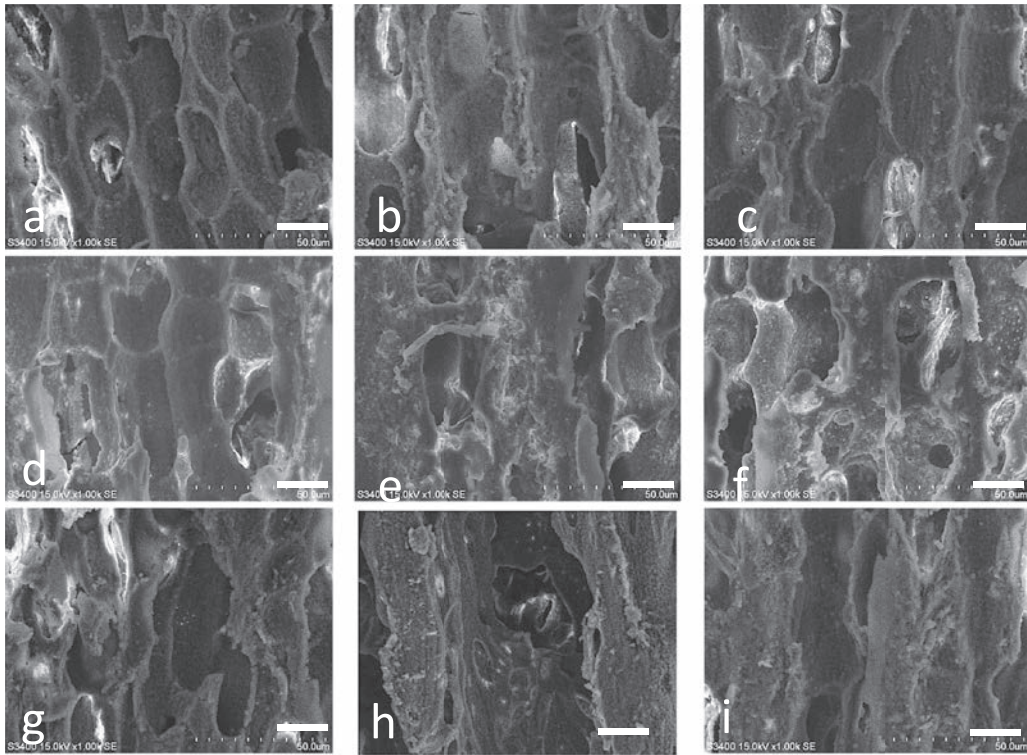


図5. 各群の一次海綿骨上部における骨梁の拡大像
(矢状切断KOH処理標本、SEM像、Bar=20 μm)
a~c : CO、d~f : EX、g~i : IMEX、a,d,g : 前方部、b,e,h : 中央部、c,f,i : 後方部

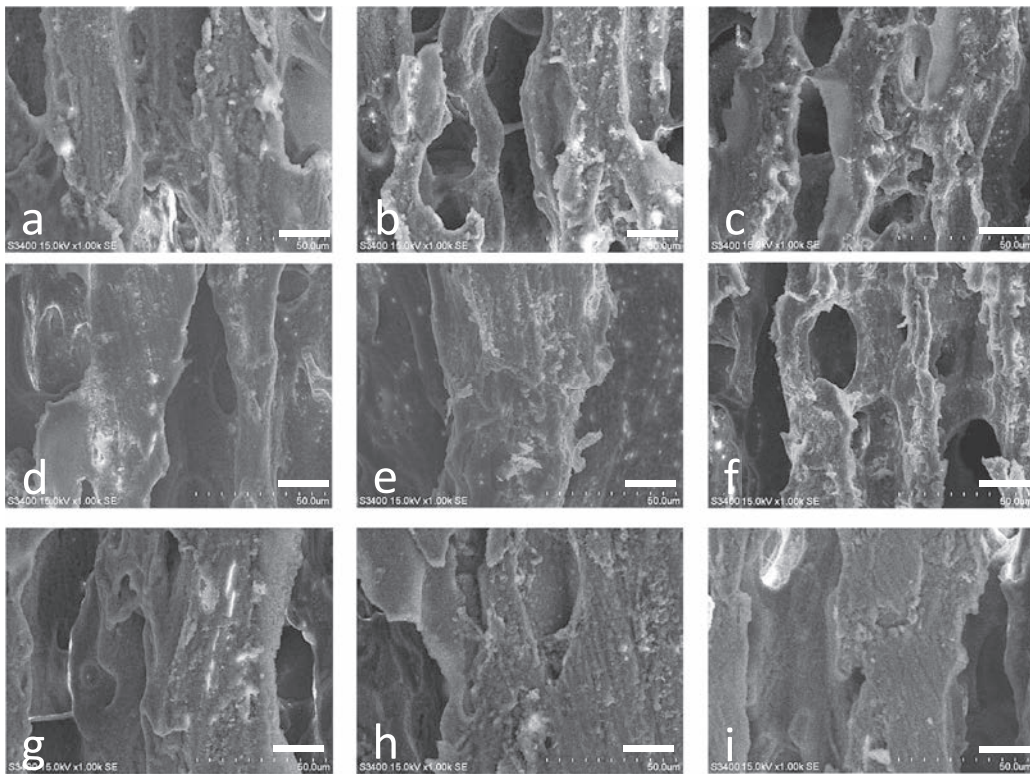


図6. 各群の二次海綿骨上部における骨梁の拡大像
(矢状切断KOH処理標本、SEM像、Bar=20 μm)
a~c : CO、d~f : EX、g~i : IMEX、a,d,g : 前方部、b,e,h : 中央部、c,f,i : 後方部

るが、そのような構造はCOに比べて著しく少なく、骨梁の表面は比較的平滑になっている。(図5)

COの二次海綿骨では、隣接する骨梁が互いに融合するものがあるが、太さの増大はあまりみられない。それに対してEXおよびIMEXでは、特に中央および後方部で太さの増大がみられ、層板様の構造を示すものも観察される。(図6)

脱灰パラフィン切片にポリクローム染色を施して光学顕微鏡により観察すると、COではいずれの部位においてもある一定の上下的な幅をもって一次海綿骨が存在し、その下方に二次海綿骨がみられる。EXおよびIMEXのいずれの部位でも、COと同様な一次および二次海綿骨の構成が認められる。しかし、EXの一次海綿骨ではCOに比べ上下的な幅が狭い。また、IMEXでは一次海綿骨の幅はCOに類似し、EXよりもやや広い。(図7)

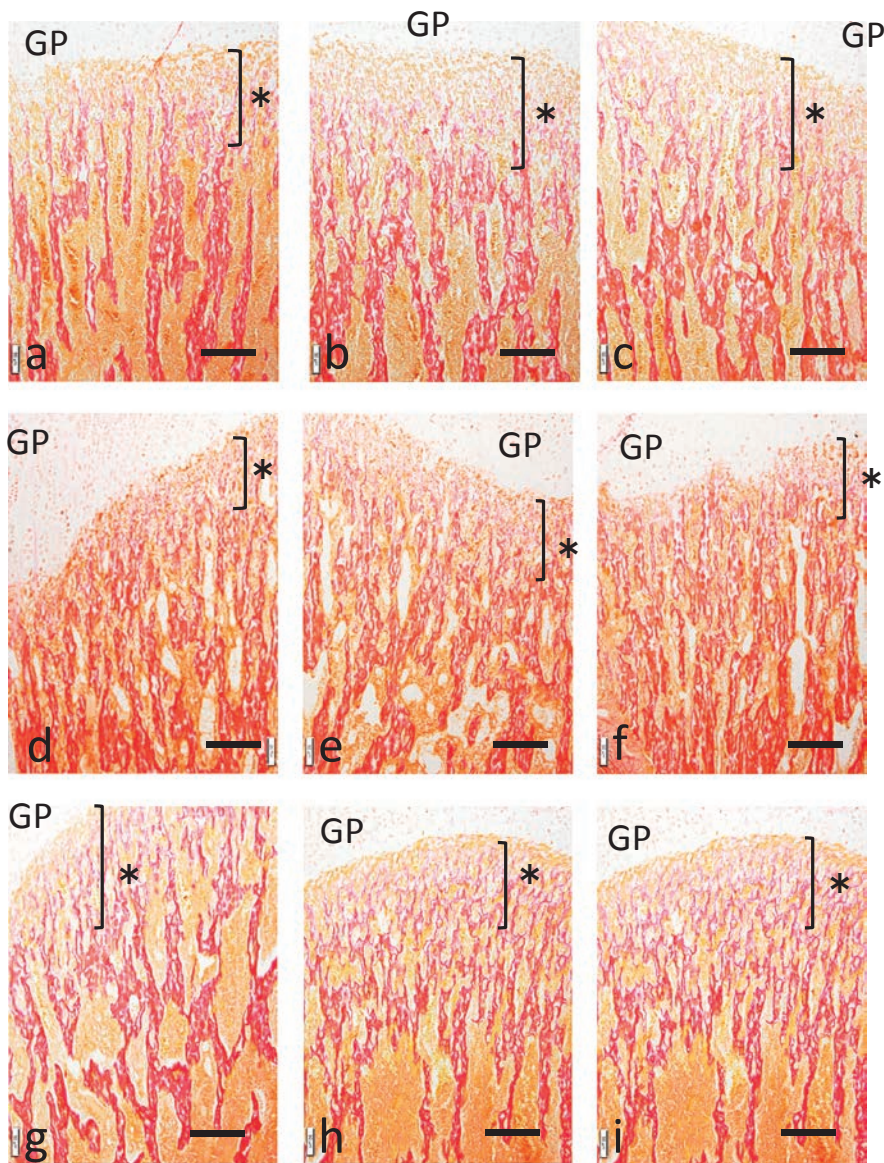


図7. 各群の近位骨幹端における海綿骨の構造
(脱灰パラフィン切片、ポリクローム染色、Bar=100 μ m)

a~c: CO、d~f: EX、g~i: IMEX、a,d,g: 前方部、b,e,h: 中央部、c,f,i: 後方部
*: 一次海綿骨、GP: 骨端板

ポリクローム染色された各群の一次海綿骨を拡大して観察すると、COではいずれの部位も骨端板下縁から石灰化軟骨梁が伸びている。その表面にピンク色に染まる骨が添加されているが、この群では骨端板の下縁から一定の幅で、石灰化軟骨梁が骨髓腔に露出した状態にある。それに対して、EXではピンク色に染まる骨が骨端板下縁に近い部位から添加されており、このことは前方、中央および後方部のいずれにおいても観察される。IMEXではそのピンク色に染まる骨の形成開始部位がより骨端板下縁に近づくとともに、その添加量もEXに比べて明らかに多い。しかし、EXおよびIMEXの骨形成開始部位には、COと同様に前方、中央および後方の部位による違いは認められない。(図8)

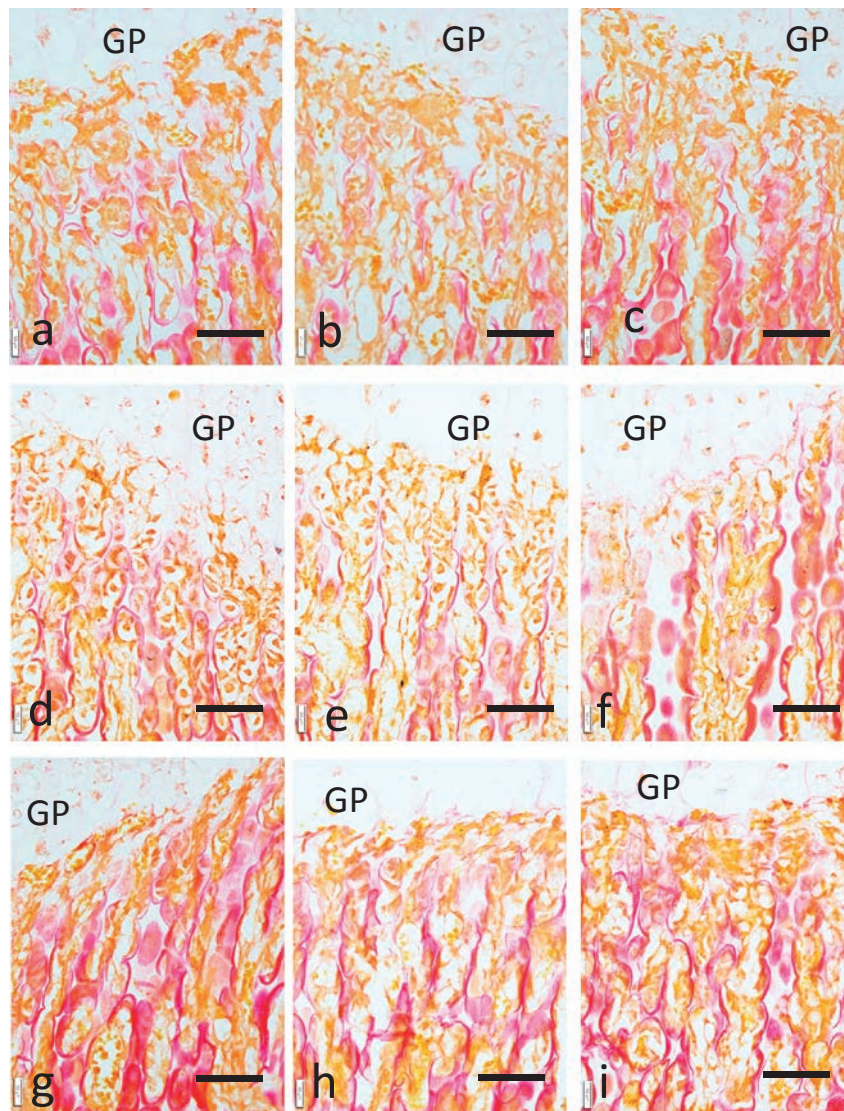


図8. 各群の一次海綿骨上部における骨梁の構造
 (脱灰パラフィン切片、ポリクローム染色、Bar=50 μ m)
 a~c: CO、d~f: EX、g~i: IMEX、a,d,g: 前方部、b,e,h: 中央部、c,f,i: 後方部
 GP: 骨端板

考 察

脛骨骨幹端の骨端板直下に位置する一次海綿骨の役割は、大腿骨からの荷重を二次海綿骨の骨梁に分散し、伝達することにある。滝沢²⁾は発育期ラット脛骨近位骨幹端における海綿骨の骨梁構造の変化について検討し、発育に伴って大腿骨から脛骨にもたらされるメカニカルストレスの増大が、一次および二次海綿骨の骨梁の太さを増加させるとしている。椎体内の海綿骨では、脊柱に加えられる上下方向からの荷重に抵抗するために垂直方向に配列する骨梁が密に存在する¹⁾。本実験では矢状割断した脛骨を、KOHにて処理してSEMにより観察し、その結果、いずれの群の一次海綿骨の骨梁も、基本的に上下方向に配列することが認められた。ラット脛骨の一次海綿骨の骨梁は網状というよりもむしろ上下方向に配列している。このことを椎体における骨梁の配列状態に照らし合わせると、脛骨の一次海綿骨は骨端板にもたらされた荷重を、二次海綿骨の広い範囲に分散するよりも、加重を集束させて限定された骨梁に集中的に伝達する機能が優先されていると考えられる。また、そのような骨梁の配列状態に部位差はみられなかったが、骨梁の密度はいずれの群も前方部に比べ、中央および後方部が高かった。後述するように、二次海綿骨においてもそのような部位差がみられ、大腿骨側の荷重は一次海綿骨を介して伝達される時点から、すでに中央および後方部に大きな荷重がもたらされていると思われる。

ラットは四足歩行の運動形態をとるが、膝は通常屈曲した状態にある。荻原³⁾はラット関節軟骨の構造上の部位差について検討し、中央および後方部は前方部に比べて細胞間基質の幅が広く、そこには密なコラーゲン線維が存在すると報告している。また、脛骨近位骨幹端の海綿骨における骨梁構造の部位別な観察からも、大腿骨から脛骨への荷重状態に部位差がある可能性が示唆されている⁴⁾。本実験では、二次海綿骨の骨梁の密度はEXでやや高い傾向が見られるが、海綿骨の上下的な幅には群間にほとんど違いが見られなかった。また、各群の二次海綿骨における骨梁を前方、中央および後方の3部位に分けて観察すると、いずれの群も前方部に比べ中央および後方部において、高い骨梁密度が観察された。守田⁴⁾は発育に伴うラット脛骨骨幹端における海綿骨の構造変化について報告している。それによると、一週齢の二次海綿骨では骨梁が上下方向にのみ配列するが、週齢が進むにしたがって、中央および後方部の骨梁は、前上方から後下方に配列し、その下端は後方の皮質骨に融合するとされている。このように、発育に伴って脛骨近位骨幹端における海綿骨の骨梁の配列方向が変化することによって、自重や活動量の増加による大腿骨からの荷重を後方の皮質骨に伝達するのに適した構造を示すようになる。本実験で観察された骨梁構造は、荻原³⁾や守田⁴⁾の報告に一致するものであり、脛骨の海綿骨の骨梁構造に見られる部位差は、大腿骨側からもたらされる加重が脛骨の部位によって異なることを意味するものと思われる。

ラット脛骨近位骨幹端における海綿骨構造の発育変化について検討した報告⁵⁾によると、幼若な段階の骨端板直下では、未だ石灰化軟骨梁の表面に骨が添加されず、その部位には石灰化軟骨梁のみで一次海綿骨が構成される。しかし、その後骨添加の開始部位が徐々に骨端板に近づくことによって、成熟期には骨端板直下にも太い骨梁が存在することが示されている。本実験における観察によると、COの一次海綿骨の骨梁は粗造な状態にあり、それを拡大して観察すると、骨梁表面が深い陥凹の連鎖からなっていた。それに対し、EXと特にIMEXの場合、骨梁の表面は比較的平滑で、拡大し

て観察してもCOのような深い陥凹は認められなかった。骨端板直下の海綿骨は、骨端板の予備石灰化帯で形成された石灰化軟骨梁を芯として、その表面に骨が添加されることによって形成される⁶⁾。このことから、COにおける一次海綿骨表面の深い陥凹は、その部位で未だ骨が添加されていないために、石灰化軟骨梁自体の形状を示していたと思われる。それに対して、EXやIMEXにおけるその部位の骨梁表面に深い陥凹が見られないのは、これらの群では石灰化軟骨梁表面に骨の添加がすでになされ、深い陥凹が骨で埋められていたためと考えられる。本実験では、先に述べた二次海綿骨と同様に、一次海綿骨においてもいずれの群も前方に比べて、中央および後方部で骨梁が密に存在しており、このことは大腿骨からの加重が海綿骨の部位によって異なることを意味していると思われる。

高橋⁷⁾はラット後肢を4日間不動状態におき、その後4日間の運動を課し、一次海綿骨における骨形成開始部位が、骨端板直下の骨端板側に近づくことを報告している。本実験におけるポリクローム染色された一次海綿骨を拡大して観察すると、COではいずれの部位も骨端板直下に石灰化軟骨梁が存在し、そのさらに下方にピンク色に染まる骨が添加されていた。しかし、COの場合、一次海綿骨における骨の形成開始部位は、前方、中央または後方で部位差が認められず、EXおよびIMEXにおいても同様に部位差は認められなかった。しかし、脛骨全体でみると、EXでは、ピンク色に染まる骨がCOに比べて骨端板下縁に近い部位から添加されていた。IMEXにおいても同様に、COより骨端板に近い部位からピンク色に染まる骨が形成されているが、その添加量はEXに比べて明らかに多かった。このように、運動に伴って一次海綿骨における骨形成開始部位は、骨端板に近づき、そのような状態はIMEXでより顕著に認められた。本実験の結果は、高橋⁷⁾の研究結果に一致するものであり、このことは運動によって骨芽細胞の分化が促進されることを意味すると思われる。

前述のごとく、発育期ラットの場合、幼若な段階では骨端板直下に石灰化軟骨梁が露出しているが、その後骨形成開始部位が骨端板に近づき、13週齢では骨端板下縁から太い骨梁が形成される⁵⁾。このように発育に伴って骨端板直下の骨梁は太さを増すが、本実験におけるEXおよびIMEXでは、発育変化と同様に骨端板直下の骨梁の増大が見られていた。このことから、発育変化の場合には骨梁の太さの増大に長期間を要するが、運動による荷重増加はそれを短期間のうちに成し遂げる効果をもつと考えられる。また、高橋⁷⁾は運動期直前の短期間の後肢不動化によって、一次海綿骨におけるオステオカルシン免疫染色反応に陽性を示す細胞が多くみられることを報告しており、本実験においてもオステオカルシン免疫反応陽性細胞が多く出現したであろうことが推測される。このことは一次海綿骨において、IMEXの方が早期に骨芽細胞に分化することを意味し、それによってこの部位の骨梁の骨形成が推進されていたと思われる。

しかしながら、EXおよびIMEXで形成された骨の基質線維は、ポリクローム染色で淡いピンク色に染まっていた。物理染色の染色性と、透過電子顕微鏡による観察結果から、この染色で赤色に染まる骨の基質線維は疎で配列も不規則であり、一方、黄色に染まる骨の基質線維は密で、規則的な配列を示すとされている⁸⁾。その報告に本実験の結果をあてはめると、EXと特にIMEXの一次海綿骨でCOより多く形成された骨の基質線維は、疎で配列が不規則なものと思われる。このようにEXおよびIMEXでは一次海綿骨の骨梁の太さが増大していたが、それらの基質線維は疎で不規則な可能性があり、この骨が一次海綿骨の力学的な強度の増加にどの程度寄与するものであるかについては疑問が残る。

守田¹⁰⁾はラットに1～4日間の運動を課し、実験開始2日後では破骨細胞が有意に増加し、それに運動開始直後から産生されるRANKLが関与することを示している。一方、骨基質にはTGF- β やBMPのような骨芽細胞の分化活性化に関わる因子が含まれている¹¹⁻¹³⁾。このことから、運動開始直後の破骨細胞の増加により、それらの因子が骨基質内から骨髄中に放出され、これによって骨芽細胞の分化が促進されたために、IMEXの活発な骨形成がもたらされていたであろうことが推測される。

本研究における二次海綿骨に関しては、EXおよびIMEXの特に中央および後方部で骨梁の太さの増大がみられ、中には層板構造を示す骨梁も存在した。層板構造を示す骨と、示さない骨とでは、それらを形成した骨芽細胞内の細胞小器官にも違いがみられるという報告^{14, 15)}があり、このことから、EXと、特にIMEXにおける骨芽細胞ならびに骨基質は、COに比較して分化度が高かったであろうことが推測される。

以上のように、脛骨海綿骨の一次および二次海綿骨における骨梁は、前方部に比べて中央および後方部が密に存在し、このことに関しては、群間に違いがみられなかった。短期間の運動により、骨端板直下における石灰化軟骨梁表面に、より早期に骨が添加されることによって、一次海綿骨の骨梁の太さが増すが、このような変化は運動期直前の短期間の不動化によって促進されることが理解された。

結 論

短期間の運動に伴い、骨端板直下における骨形成の開始時期が早まることによって一次海綿骨の骨梁の太さが増し、また、二次海綿骨の骨梁は中央および後方部で太さや密度を増すが、このような変化は運動期直前の短期間の不動化によって促進されることが理解された。

謝 辞

本研究を進めるにあたり多くのご協力をいただいた研究室の大学院生および学部生の方々に深謝致します。

倫理審査および動物実験委員会による審査

本研究は東洋大学動物実験委員会ならびにライフデザイン学部研究科研究等倫理委員会の承認を得て実施した。

参考文献

- 1) 織田 格、白土 修：腰痛症に関与する脊柱の解剖学—正常編および異常編—。日本腰痛会誌，7：19-25，2001.
- 2) 滝沢彩音、守田 剛、大迫正文：発育期ラットにおける骨組織の分化過程に関する組織学的研究。東洋大学大学院紀要 48：145-161，2011.
- 3) 荻原 優、藤川芳織、大迫正文：ラット脛骨関節軟骨における基質線維の発育変化。東洋大学大学院紀要 48：199-216，2011.
- 4) 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

- ライフデザイン学研究 6 : 197-209, 2010.
- 5) 大迫正文、鈴木哲郎、野中 卓、中村千秋：発育に伴うラット脛骨海綿骨の構造変化に関する観察. スポーツ健康科学紀要 3 : 51-61, 2003.
 - 6) 新村明達、江川 薫：軟骨内骨化による骨基質形成層の立体超微形態学的研究. 昭歯誌 5 : 118-126, 1985.
 - 7) 高橋将人、西本哲也、大迫正文：発育期ラット脛骨における短期間不動後の運動刺激が骨形成に及ぼす影響. ライフデザイン学研究 8 : 161-175, 2012.
 - 8) 大迫正文：ラット下顎骨関節突起の発育と機能に関する組織学的研究. 口腔病学会雑誌 60 : 475-524, 1993.
 - 9) 大迫正文、鈴木哲郎、野中 卓、中村千秋：発育に伴うラット脛骨海綿骨の構造変化に関する観察. スポーツ健康科学紀要 3 : 51-61, 2003.
 - 10) 守田 剛、藤川芳織、井上 智、大迫正文：ラット脛骨におけるTRAP陽性細胞の出現に及ぼす短期間運動の影響. 体力科学 61 : 595, 2012.
 - 11) Hoang, A.M., et al.: In vitro wound healing responses to enamel matrix derivative. J. Periodontology 71 : 1270-1277, 2000.
 - 12) Schwartz Z., et al.: Porcine fetal enamel matrix derivative stimulates proliferation but not differentiation of pre-osteoblastic 2T9 cells, inhibits proliferation and stimulates differentiation of osteoblast-like MG63 cells, and increases proliferation and differentiation of normal human osteoblast NHOst cells. J. Periodontology 71 : 1287-1296, 2000.
 - 13) Hauschka, P. V., Chen, T. L., Mavrakos, A. E.: Polypeptide growth factors in bone matrix. In Cell and molecular biology of vertebrate hard tissues. Wiley, pp207-225, 1988.
 - 14) Segawa, K., S. Taniuchi, R. Takiguchi, : Three dimensional ultrastructure of formative osteoblast organelles. Jpn. J. Oral Biol., 27 : 334-337, 1985.
 - 15) 倉橋和啓：骨の細胞の微細構造. 細胞, 4 : 25-36, 1972.

Effects of Exercise Following Short-term Immobilization Structures of Tibial Cancellous Bone in Rats

KUSAKA Shota, TAKAHASHI Masato, OHSAKO Masafumi

Abstract

Purpose of this study was to investigate effects of exercise and immobilization just before the exercise on bone structures morphologically, using growing rats as materials. Wistar strain male rats (five week old) were divided into exercise (EX), immobilization just before exercise (IMEX) and control groups (CO). Rats of EX and IMEX performed jumping exercise in everyday for seven days, and hind limbs of IMEX were casted for two days just before the exercise period. Tibiae in each group were excised, and were observed macro- and micro- scopically.

Thickness of bone trabeculae increased at primary cancellous bone in EX and especially IMEX, because bone formation started earlier just under growth plate. Density and thickness of the bone trabeculae increased at middle and posterior portion of secondary cancellous bone in those both groups.

From these facts, it was understood that exercise promoted the bone formation and the exercise following short-term immobilization enhanced activity of that formation remarkably.

Keywords: Exercise and immobilization, Cancellous bone, Histological structure