

氏名（本籍）	服部 聡士（鹿児島）		
学位の種類	博士（体育科学）		
学位記番号	博甲第 6997 号		
学位授与年月	平成26年 3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	食餌制限を伴う自発走行運動が成長期および成熟期雄ラットの骨に及ぼす影響		
主査	筑波大学教授	学術博士	西平 賀昭
副査	筑波大学教授	教育学博士	鍋倉 賢治
副査	筑波大学准教授	博士（学術）	麻見 直美
副査	筑波大学准教授	博士（医学）	向井 直樹

## 論文の内容の要旨

### （目的）

食餌制限を伴う自発走行運動が成長期および成熟期雄ラットの骨に及ぼす影響を明らかにする。

### （対象と方法）

#### 研究課題 1：食餌制限を伴う自発走行運動が雄ラットの骨強度および骨構造に及ぼす影響

##### —成長期雄ラットにおける検討—

Energy availability（エネルギー摂取量からエネルギー消費量を除いた値）の低下しているジュニア期の男性アスリートを想定し、食餌制限を伴う自発走行運動を成長期雄ラットに行わせ、骨量や骨構造について検討した。4週齢の成長期雄ラットをコントロール群（安静状態、自由摂取）、運動群（運動、自由摂取）、食餌制限群（安静状態、食餌制限）、食餌制限+運動群（運動、食餌制限）の4群に分け、予備飼育後に12週間の飼育を行った。運動は回転車ケージを用いた自発走行運動とし、食餌制限はコントロール群の70%の摂取量に調整した。飼育終了後、大腿骨・脛骨を摘出し、大腿骨は骨破断特性測定装置を用いて骨破断強度を測定した。また、脛骨は二重エネルギーX線測定装置（Dual-energy X-ray Absorption; DXA）、高解像度マイクロコンピュータ断層撮影（micro-computed-tomography;  $\mu$ CT）を用いて骨塩量・骨密度・骨構造を測定した。

#### 研究課題 2：食餌制限を伴う自発走行運動が雄ラットの骨強度および骨形態に及ぼす影響

##### —成熟期雄ラットにおける検討—

シニア期の男性アスリートを想定し、成熟期雄ラットにおける検討を行った。研究課題1と同様に、14週齢の成熟期雄ラットをコントロール群、運動群、食餌制限群、食餌制限+運動群の4群に分けて飼育を行った。運動条件および食餌制限は、研究課題1と同じ方法を用いた。飼育終了後、大腿骨、脛骨を摘出し、骨破断強度・骨塩量・骨密度・骨構造を測定した。

### 研究課題 3 : 食餌制限を伴う自発走行運動が成長期および成熟期雄ラットの骨代謝動態に及ぼす影響

Energy availability の低下が発育段階の異なる雄性動物の骨代謝動態に及ぼす影響について着目し、実験を行った。成長期（4 週齢）および成熟期（14 週齢）雄ラットを運動群・食餌制限＋運動群にそれぞれ分け、12 週間の飼育を行った。解剖時に大腿骨・脛骨を摘出し、骨破断強度・骨塩量・骨密度、さらに骨形態計測法による骨代謝動態の評価を行った。

#### （結果）

研究課題 1 で、食餌制限＋運動群では、コントロール群と比較して、骨強度や骨密度の低下、さらに皮質骨と骨梁における著しい骨構造の脆弱化が認められた。このことから、成長期の雄性動物では Energy availability が低下すると、骨の脆弱化が引き起こされる可能性が示された。研究課題 2 では、食餌制限＋運動群で、コントロール群と比較して、骨強度は低値傾向を示したものの、骨密度や骨構造などに群間の差は認められなかった。したがって、成熟期の雄性動物では Energy availability が低下すると、骨強度は低下する傾向にあるものの、骨密度や骨構造には変化が認められない可能性が示された。研究課題 3 において成長期および成熟期雄ラットの骨代謝動態は、骨形成および石灰化速度の減少とともに、骨吸収の減少が認められ、低骨代謝回転型の様相を呈した。成熟期の雄性動物では Energy availability が低下すると、骨吸収と骨形成のバランスを均衡に保つことで、代謝的に適応し、骨の脆弱化を抑制する可能性が示された。

#### （考察）

本研究の結果から、1) Energy availability が低下すると雄性動物の骨強度は減少すること、2) 成熟期よりも成長期において、その影響は顕著であり、成長期では著しい骨密度の減少と骨構造の脆弱化が引き起こされる可能性が示唆された。さらに、3) それらの成長期と成熟期における骨の反応の違いは、成熟期における Energy availability に対する骨代謝動態の適応に起因する可能性が示された。したがって、男性アスリートも、骨障害の発症を防ぐために、食事摂取量や体脂肪量の計測や、血中ホルモンレベルの測定を行い、コンディショニングの維持に努める必要があると考えられる。

#### 審査の結果の要旨

#### （批評）

本研究は、これまで女性アスリートにおいてのみ大きく着目されてきた energy availability と骨との関係について、男性アスリートを視野に入れ、雄性動物を用いて検討した点が評価される。さらに成長期と成熟期を比較してどの時期により危険性が高いかについても検討している。今後は、age の違い、運動量の違い、運動の種類などにも着目し、さらに詳細な検討がなされることが期待されること、発症機序および予防についての検討もなされるべきである事などが批評された。

平成 26 年 1 月 23 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士（ 体育科学 ）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。