

早稲田大学審査学位論文  
博士（スポーツ科学）

女性アスリートの骨粗鬆症予防のための栄養生理学的研究

Nutritional and physiological study for prevention of osteoporosis in female  
athlete.

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科  
谷中 かおる  
Yanaka Kaoru

指導教員 樋口 満 教授

女性のスポーツ参加人口は、ここ 30 年間で急激に増加している。しかし、高い競技水準を保つために高強度で高頻度なトレーニングが要求されるため、摂食障害、運動性無月経、骨粗鬆症を引き起こす。1992 年、米国スポーツ医学会 (ACSM: American College of Sports Medicine) により、摂食障害、運動性無月経、骨粗鬆症のそれぞれの疾患とその三つの疾患における相互関係について、“女性アスリートの三主徴 (FAT: The Female Athlete Triad)” という言葉が造られ、広く認識されるようになった (Nattiv A et al., 1994; Yeager K et al., 1993)。1997 年に、三つの疾患の相互関係を示す模式図がスペクトラムとして描かれ (Nattiv A et al., 1997)、2007 年には科学的知見を基に最新の情報に更新されている (Nattiv A et al., 2007)。Nichols らは (2006) 米国のアスリートの 21.8%、エリート水泳競技者の 17.9%が、低骨密度であったと報告している。さらに、正常月経競技者は無月経競技者と比較して骨密度が低い事が多数報告されていることから (Marcus R et al., 1985; Myburgh KH et al., 1993; Otis CL et al., 1997)、低エストロゲンレベルが骨代謝に影響していることが示唆される。エストロゲン分泌の低下の他、エネルギー摂取不足は直接骨にも影響を及ぼすため、女性アスリートの骨粗鬆症の要因は、主にエネルギー摂取不足とエストロゲン分泌の低下である。アスリートは一度骨折すると、競技生活の中断を余儀なくしなければならず、競技復帰に至るまで長い時間を要する為、その予防が重要である。

一方、骨代謝に有用な成分として植物性エストロゲンである大豆イソフラボンが注目を浴びている。大豆イソフラボンは、化学構造がエストロゲンと類似しており、エストロゲンレセプターとの親和性を有することから、生体内において弱いエストロゲン様作用を示す (Santell, R.C et al., 1997)。また、乳癌に罹患している方を除き発がん性の危険性が少ないことから、特に閉経期女性のホルモン代替医療の成分としても期待されている。現在は、骨の健康が気になる方のため特定保健用食品の関与成分として国の許可を受けている。これまで、疫学研究において大豆イソフラボンは、閉経期女性の骨密度低下に対し拮抗的に働くことが示されてきた (Ho SC et al., 2001)。また、動物を用いた実験においても卵巣摘出モデル動物の骨密度低下に対し、抑制効果があることが多数報告されている。さらに、閉経期女性において、大豆イソフラボン摂取と運動の実施が骨密度抑制効果をより増強することが示されており (Wu J et al., 2006)、大豆イソフラボンは低エストロゲン時の骨代謝に良い効果をもたらすことが多数示されてきた。しかし、女性アスリートにおける骨密度の低下に対し、大豆イソフラボン摂取がどのような影響をもたらすのかを検討した報告はない。

そこで本研究は、女性アスリートの骨粗鬆症予防を課題とし、女性アスリートの骨粗鬆症モデル動物の確立を目的とすること、また骨粗鬆症モデル動物に対し、大豆イソフラボン摂取がどのような効果をもたらすのかを検討することを目的として行った。検討課題 1 では、女性アスリートの骨粗鬆症モデル動物確立するため、自発運動及びエネルギー制限負荷が成熟期雌ラットの骨に与える影響を検討した。その結果、自発運動とエネルギー制限を同時に負荷することにより、成熟期雌ラット大腿骨の骨密度が有意に低値を示した。また、同時に血中エストロゲン濃度、黄体形成ホルモン濃度が自発運動の対照群と比較して有意に低値を示した。このことより、自発運動とエネルギー制限を同時に負荷することにより、内分泌機能が低下した骨密度低下モデル動物の確立が示唆された。また、検討課題 2 では、検討課題 1 で得られたモデル動物の骨密度低下に対し、大豆イソフラボン摂取がどのように影響するのかを検討した。その結果、自発運動及びエネルギー制限負荷群は自発運動、自由摂取群と比較して有意に低値を示した。しかし、自発運動及びイソフラボン添加食群は自発運動、自由摂取群と比較して差が認められなかったことから、自発運動及びエネルギー制限誘発性骨密度低下を抑制したことが示された。さらに、イソフラボン添加食群の血中エストロゲン濃度は自由摂取群と比較して有意に低値を示したことから、低エストロゲンレベル時の骨密度低下を抑制したことが示唆された。

検討課題 1、2 より、自発運動にエネルギー制限を負荷することにより、大腿骨骨密度が自発運動の対照群と比較して低値を示すことが示され、骨密度低下モデルを誘導することが明らかとなった。また、大豆イソフラボン摂取が本研究のモデルに対し、骨密度低下を抑制することも明らかとなった。しかしながら、自発運動を用いたことにより、走行距離に再現性が得られないことや、サンプル数が少なかったことが本研究の限界として挙げられる。今後は、より精確な研究成果を得るために、走行距離に再現性が得られるような工夫をすること、また、より多くのサンプル数を確保することが課題として求められる。

本研究により、自発運動とエネルギー制限を同時に負荷することにより大腿骨骨密度が低値を示すことが確認された。そして、本研究により運動とエネルギー制限により作成された骨粗鬆症モデル動物において、大豆イソフラボン摂取が骨密度低下を抑制する効果があることが初めて示された。このような骨代謝に関わる栄養生理学的応答はスポーツの現場、すなわち人においても起こり得る現象であると考えられる。したがって、本博士学位論文で得られた知見は女性アスリートの骨粗鬆症予防のための基礎的な資料を提示したものと考えられる。