

(別紙様式博 5)

## 学位論文要旨

学位授与申請者

氏名 岩佐 真代

題目 : The effect of fermented milk and milk casein hydrolysate on muscle damage after exercise

(発酵乳および乳カゼイン加水分解物が運動後の筋損傷に及ぼす影響)

本研究は、運動後の筋損傷に対する *Lactobacillus helveticus* 発酵乳および乳カゼイン加水分解物の有効性をヒト試験において検討し、運動現場における幅広い活用をめざしたものである。

### Chapter 1. General introduction (緒言)

運動はエネルギー代謝をはじめ、さまざまな生理機能を変化させ、持久力の向上および肥満や糖尿病などの生活習慣病の予防、改善に寄与することが広く知られている。しかしながら、激しい運動や習慣性のない運動を行った後には筋損傷が生じ、筋肉痛や筋疲労が引き起こされる。さらに、損傷した骨格筋内では炎症性因子および酸化ストレスが増大するとともに、これらがインスリン依存性の糖取り込みを阻害することによって糖代謝の低下が生じ、運動による糖代謝改善効果の減弱を引き起こす可能性が考えられる。これらの症状は、競技能力や運動意欲の低下につながる可能性があり、運動後の筋損傷を抑制するための簡便かつ効果的な対処法が求められる。

これまでの研究において、*L. helveticus* 発酵乳を摂取することによって運動後に生じる筋損傷が抑制されることが動物試験において明らかとなっている。発酵乳のような食品を用いた筋損傷の抑制は、スポーツ現場や健康づくりを目的とした運動において利用価値が高く、活用が期待される。しかしながら、ヒトにおける *L. helveticus* 発酵乳の筋損傷抑制作用については明らかでない。さらに、乳カゼイン加水分解物は *L. helveticus* 発酵乳と同様のペプチドを含有しており、発酵乳と同等の効果を有する可能性がある。そこで本研究では、発酵乳および乳カゼイン加水分解物が運動後の筋損傷に及ぼす影響についてヒトを対象として検討することを目的とした。

### Chapter 2. The effect of fermented milk on muscle damage after exercise in young men

(発酵乳が若齢者における運動後の筋損傷に及ぼす影響)

本章では、発酵乳が若齢者における高強度レジスタンス運動後の筋損傷に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

運動習慣のない健康な若齢男性 18 名 ( $21.6 \pm 0.8$  歳) を対象とし、①安静条件、②運動+プラセボ摂取条件 (プラセボ条件) および③運動+発酵乳摂取条件 (発酵乳条件) の 3 条件を実施した。運動はレッグプレスおよびベンチプレスを用いたレジスタンス運動 (強度: 12 回最大挙上重量の 70-100%, 回数: 1 セットあたり 10 回, セット数: 5 セット) とし、運動 30 分前、運動終了 1 時間後および 3 時間後に試験飲料であるプラセボ (未発酵乳) または *L. helveticus* 発酵乳を二重盲検法により摂取させた。運動直後および運動翌日に測定を行い、筋逸脱酵素、炎症・酸化ストレス指標、血中・呼気代謝指標および筋肉痛スコアについて評価した。

運動直後において、血中乳酸はプラセボ条件 ( $10.8 \pm 0.9$  mmol/L) と比較して発酵乳条件 ( $8.6 \pm 0.5$  mmol/L,  $P = 0.04$ ) で有意に低値を示した。また、運動翌日において、筋肉痛スコアはプラセボ条件 ( $14.2 \pm 1.2$ ) と比較して発酵乳条件 ( $12.6 \pm 1.1$ ,  $P = 0.02$ ) で有意に低値を示した。血清クレアチンホスホキナーゼは安静条件 ( $96 \pm 7$  IU/L) と比較してプラセボ条件 ( $193 \pm 27$  IU/L,  $P = 0.001$ ) および発酵乳条件 ( $152 \pm 15$  IU/L,  $P = 0.02$ ) でそれぞれ有意に高値であったが、プラセボ条件と比較して発酵乳条件 ( $P = 0.06$ ) で低値を示す傾向がみられた。呼気ガス測定によって得られた呼吸商は安静条件 ( $0.88 \pm 0.01$ ) と比較してプラセボ条件 ( $0.84 \pm 0.02$ ,  $P = 0.03$ ) で有意に低値であったが、プラセボ条件と比較して発酵乳条件 ( $0.88 \pm 0.01$ ,  $P = 0.02$ ) で有意に高値を示した。抗酸化指標である血清酸素ラジカル吸収能は安静条件 ( $6.9 \pm 0.4$   $\mu\text{mol trolox equivalent (TE)/g}$ ) と比較してプラセボ条件 ( $6.0 \pm 0.3$   $\mu\text{mol TE/g}$ ,  $P = 0.01$ ) で有意に低値を示したが、発酵乳条件 ( $6.2 \pm 0.3$   $\mu\text{mol TE/g}$ ,  $P = 0.16$ ) では有意な変化はみられなかった。

以上より、若齢者において、運動前後の発酵乳の摂取が筋損傷を抑制し、この機序として抗酸化能の調節が関与する可能性が示唆された。

### Chapter 3. The effect of milk casein hydrolysate on muscle damage after exercise in middle-aged to elderly men

(乳カゼイン加水分解物が中高齢者における運動後の筋損傷に及ぼす影響)

本章では、乳カゼイン加水分解物が中高齢者における歩行運動後の筋損傷に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

運動習慣のない健康な中高齢男性 14 名 ( $56.6 \pm 2.8$  歳) を対象とし、①運動+プラセボ摂取条件 (プラセボ条件) および②運動+乳カゼイン加水分解物摂取条件 (乳カゼイン加水分解物条件) の 2 条件を実施した。運動はトレッドミルを用いた下り勾配歩行運動 (傾斜: -5%, 速度: 時速 5 km, 時間: 30 分) とし、運動 30 分前および運動終了 30 分後に試験食であるプラセボ (乳カゼイン) または乳カゼイン加水分解物を

二重盲検法により摂取させた。運動直後および運動翌日に測定を行い、筋逸脱酵素、血中代謝指標、血管指標、主観的疲労スコアおよび筋肉痛スコアについて評価した。

運動直後において、疲労スコアはプラセボ条件 ( $3.4 \pm 0.5$ ) と比較して乳カゼイン加水分解物条件 ( $2.5 \pm 0.4$ ,  $P = 0.03$ ) において有意に低値であるとともに、血中乳酸はプラセボ条件 ( $1.6 \pm 0.2$  mmol/L) と比較して乳カゼイン加水分解物条件 ( $1.2 \pm 0.1$  mmol/L,  $P = 0.08$ ) で低い傾向がみられた。また、運動翌日において、筋肉痛スコアはプラセボ条件 ( $4.7 \pm 1.5$ ) と比較して乳カゼイン加水分解物条件 ( $3.4 \pm 1.3$ ,  $P = 0.03$ ) において有意に低値を示した。その他の指標については、条件間で有意差はみられなかった。

以上より、中高齢者において、運動前後の乳カゼイン加水分解物の摂取が筋損傷の抑制に有効であることが示唆された。

#### Chapter 4. General discussion and conclusions (総括と結論)

本研究は、*L. helveticus* 発酵乳および乳カゼイン加水分解物が運動後の筋損傷に及ぼす影響についてヒトを対象として運動試験を実施した。

Chapter 2 では、若齢男性において、*L. helveticus* 発酵乳の筋損傷抑制作用を明らかにした。本章で得られた知見は、アスリートやスポーツ現場において、身体機能の維持・調整に有用である。さらに Chapter 3 では、中高齢男性において、乳カゼイン加水分解物の筋損傷抑制作用を見出し、健康づくりを目的とした運動において、応用・発展可能な知見を得た。

また、これらの試験で用いた *L. helveticus* 発酵乳および乳カゼイン加水分解物には、共通のペプチドが含有されており、これらのペプチドが有効成分として関与している可能性が考えられる。今後は、有効成分の同定およびさらなる機序解明が必要である。