

プロジェクト名	摂食パターンからみたアスリートの乳製品摂取に関する栄養生理学的研究		
プロジェクト期間	平成 23 年度		
申請代表者 (所属講座等)	屋代正範 (保健体育講座)	共同研究者 (所属講座等)	本多壮太郎 (保健体育講座) 片平誠人 (保健体育講座) 市丸直人 (体育研究センター)
<p><b>1 研究の目的</b></p> <p>食餌の質や量、栄養素及び摂食様式などの栄養環境が生体の代謝系に対して適応的変動をもたらすことは、申請者の研究も含めて多くの研究により明らかにされている。申請者はこれまで糖質や脂質などの各代謝系の調節に対する栄養条件の働きかけに注目し、持久力を中心とした基礎体力づくりに関与する食環境要因のあり方について考究してきた。その中で、良質な蛋白源としてのミルクカゼインの摂取が運動時の脂肪燃焼に大きな役割を果たすことをβ-酸化系酵素の活性化を通して示したこと、また、食物摂取行動としての朝食多食及び夕食多食などの摂食パターンのあり方の中で、特に朝食多食のグループでは血中中性脂肪やコレステロールレベルが顕著に減少したのに対してエネルギー基質としての脂肪酸の利用度が大きいことを見出してきた。さらに申請者らはたんぱく源及びカルシウム源としての牛乳の持つ栄養生理的意義についていくつかの知見をこれまでに得てきた。すなわち、アスリートを対象に継続的に牛乳を摂取することが、血糖値の上昇を抑える傾向がおおきいこと、運動時の血中遊離脂肪酸レベルの高まりや運動後の血中分枝鎖アミノ酸が高いレベルで維持されていること、骨密度の上昇を促すこと、など体づくり及び健康づくりに資する牛乳の栄養生理的効果を実証してきた。</p> <p>本研究では、先に述べたように牛乳摂取の様式として活動期前の朝食及び休息期前の夕食でそれぞれ摂取する摂食パターンを採用した場合の筋肉性状及び血液性状ならびに運動時における血中グルコース、脂肪酸及びアミノ酸などのエネルギー基質の動態及び筋肉組織の損傷の程度などを検討する。そのことを通して食習慣としての食物摂取行動の中でもとりわけ摂食パターンのあり方が体づくり及び体力づくりに関連して牛乳の栄養生理的効果の発現にどう影響を及ぼすのかを考察することが本研究の目的とするところである。活動の在り方を明らかにすることに着目した研究を行う。</p> <p><b>2 実験方法</b></p> <p>被験者は某大学剣道部に所属する学生であり、健康な男子学生 10 名を対象とし、朝食時から昼食時までに牛乳を摂取する朝食時摂取群 5 名と夕食時から就寝前までの夕食時摂取群 5 名に分けた。両群の被験者に 45 日間牛乳 1 日当たり 1 リットルを摂取させた。実験開始当日は、前日の夕食後より絶食とし、水分補給は水に限定した。エルゴメータ走を行なう直前と開始後 25 分経過時に水を 120ml 摂取させた。採血は運動前後に行い、運動負荷は、70%V02max 相当の自転車エルゴメータ走を 50 分間実施した。さらに、実験終了後、再び実験開始日と同様の自転車エルゴメータ走を行なった。実験期間中の朝食と夕食は同一の食事を摂取し、昼は自由摂取とした。ただし、実験終了 2 週間前の 14 日間の昼食は、本学の食堂で同一食を提供し、可能な限り 3 食の食事が同一となるよう調整を行なった。(測定項目):身体計測については、身長、体重、体脂肪について測定を行なった。血液の生化学分析は血清グルコース、血清遊離脂肪酸、血清乳酸、血清総ケトン体及び血清クレアチンホスホキナーゼの分析を各々実施した。データの統計処理については、Spss for Windows ver.17.0 を使用して、分析値、身体組成値を対応のある t 検定、並びに二元配置の分散分析を行なった。いずれも有意水準は 5%未満とした。尚、本研究では「ヘルシンキ宣言」に則り人権を尊重した上で、被験者に研究目的や実験上の危険性を十分に説明し、同意を得て実験を行なった。</p> <p><b>3 結果</b></p> <p>1) 体重:両群いずれも実験終了後の方が、実験開始前より増加していた。特に、夕食時摂取群において有意(p&lt;0.05)に増加していた。2) 体脂肪率:朝食時摂取群において、平均 1.1%増加していた</p>			

のに対し、夕食時摂取群ではほぼ変動がなかった“本脂肪量については、朝食時摂取群において増加傾向にあったのに対して、夕食時摂取群ではほとんど変化はなかった。3) 除脂肪量”朝食時摂取群では、実験終了後で概ね 0.5kg 増加していたのに対して夕食時摂取群においては、平均 19kg 増加していた。4) 血清グルコース:両群いずれも実験開始前並びに終了後において、運動前より運動後のほうが、高い値を示したが、有意に高いレベルではなかった。5) 乳酸:両群いずれも実験開始前並びに終了後において、運動前より運動後の方が高い値を示した。朝食時摂取群において、実験開始前の運動前後の上昇率は、79.2%は実験終了後は 75.1%であり、終了後において有意( $p<0.05$ )に高い値が得られた。夕食時摂取群は、実験開始前の運動による上昇率は 70.0%な実験終了後は 55.2%であり、いずれも有意( $P<0.05$ )な変動であった。6) 血清遊離脂肪酸:両群いずれも実験終了後において運動前より運動後の方が高い値を示した。朝食時摂取群において、実験開始前及び実験終了後いずれも有意( $P<0.05$ )に高かった。7) 総ケトン体朝食時時摂取群において、実験開始前、実験終了後いずれも、運動後で有意( $P<0.05$ )に高い値を示した。夕食時摂取群は実験開始前においてあまり変動がなかったのに対して、実験終了後は運動後の方が、有意( $P<0.05$ )な高値を示した。8) クレアチンホスホキナーゼ(CPK) : CPK 活性の上昇率は、摂取期間前に比べ、摂取期間後が有意中 $< P 0.05$ )に低かった。CPK 活性の運動前後における上昇率は朝食時牛乳摂取群に比べ、夕食時牛乳摂取群が低い様子であった。9) 分枝鎖アミノ酸(BCAA):夕食時牛乳摂取群は、運動により、血中 BCAA レベルは増加しているが、朝食時牛乳摂取群は、運動により減少する傾向にあった。

#### 4 考察

本研究では 45 日間の牛乳の摂食パターンの違いが生体に及ぼす影響について体重、体脂肪、除脂肪量、及び血中グルコース、血中乳酸、血中遊離脂肪酸、血中ケトン体、血中クレアチンホスホキナーゼ、血中分枝鎖アミノ酸の変動を通して検討を行なった。実験期間中の体重増加をみると、夕食時摂取群で増加傾向を示したのに対して、朝食時摂取群では増加抑制傾向にあることが観察された Halberg らはヒトを対象に、朝食もしくは夕食いずれか一回の食事で 2000kcal を摂取する実験において、朝食のみで摂取した方が、夕食のみで摂取するよりも体重の増加は抑えられることを報告している。また、屋代は摂取カロリーを同一にし、朝食多食型と夕食多食型の摂食パターンの実験をおこなっており、朝食多食型の方で体重減少がみられ、夕食多食型では、体重が増加傾向を示したことを報告している。本研究とは実験条件が異なるが、Halberg ら及び屋代の報告と共通する現象であった。血中遊離脂肪酸値の上昇率は朝食時摂取群では牛乳摂取実験開始前と終了後と比較すると 67.4%から 58.8%に減少しており、夕食時摂取群では 49.9%から 70.4%に上昇していた。興味深いことに乳酸値の上昇率をみると、両群いずれも牛乳摂取実験終了後の方が上昇率は抑えられていたが、朝食時摂取群よりも夕食時摂取群のほうが上昇率は抑制されていた。乳酸は運動時にグルコースの不完全燃焼によって得られるものであり、乳酸産生が抑制されていたということはエネルギー基質において、グルコース利用が抑えられ、脂肪酸利用が活発化していたとかがえられる。一般的に持久的運動時の主なエネルギー源は糖質及び脂質である。軽度の運動においては主に遊離脂肪酸が利用されるが、運動強度が増大するにしたがって骨格筋のグリコーゲンがエネルギー源として役割を果たすことが知られている。比較的高強度の運動ではグリコーゲンの消費速度は大きく、脂肪酸が利用される間もなく疲労困憊に至り、中等度の運動においても筋肉グリコーゲンは経時的に減少し、運動の継続が困難となる。従って、運動時に筋肉への脂肪酸供給を高く維持し、肝臓及び筋肉のグリコーゲン消費を節約することが持久的運動のパフォーマンス向上には重要である。CPK 活性について本研究では摂取期間前後において有意に活性の上昇率を抑制することは結果で述べたとおりである。本研究とは実験条件は異なるが、渡辺らは運動時に BCAA を中心とするアミノ酸混合物を摂取した場合、血中 CPK 活性が抑制されることを報告している。工藤らは BCAA を 2000mg 摂取した場合、血清 BCAA 濃度が摂取 30 分後に 120%まで増加し、摂取 120 分後も血清濃度を高く維持できることを述べ、さらに、2000mg の BCAA を含有した飲料を長距離選手に摂取させ運動した場合、コントロール群と比較し、血中 BCAA の低下を抑制したことを報告している。これは、アミノ酸の供給が体内で消費されたたんぱく質の補充に利用されたことを示唆している。

本研究では、恒常的に牛乳を摂取することが、牛乳に含まれる 6200mg/l/day の BCAA 及び良質なたんぱく質、並びに三食の食事に含まれるたんぱく質を摂取することになり、そのことが牛乳摂取期間前後における血中 BCAA 濃度の上昇傾向に反映したものと推測される。すなわち、牛乳を摂取することで、摂取した BCAA が崩壊した筋肉たんぱく質の修復にあてられ、その結果、血中 CPK 活性が抑えられたものと考えられる。濱田らは BCAA 含有飲料摂取後の筋損傷の指標である CPK や乳酸脱水素酵素を検討した結果、BCAA は筋損傷の軽減効果があるとほうこくしている。たんぱく質合成の場であるリボソーム上で、mRNA の暗号に従って、たんぱく質合成がアミノ酸の結合によって行なわれる。そこで BCAA の中でもとくにロイシンは mTOR 経路を介して翻訳開始を活性化し、たんぱく質合成を促進し、分解を抑制することが示されている。たんぱく質合成の刺激としてインスリンの細胞内ターゲットの一つが、mTOR として知られるたんぱく質キナーゼであり、ロイシンにも mTOR を活性化することが報告されている。また、興味深いことに牛乳摂取実験後に運動による CPK 活性が朝食時摂取群に比較し、夕食時摂取群が低く抑えられる傾向にあった。夕食時のタイミングで牛乳を摂取する食習慣が昼間の活動及び運動時の血中 BCAA レベルを高く維持することにつながり、そのことは運動時における筋損傷の速やかな修復を可能にしたと考えられる。さらに、牛乳を日常的に摂取することで牛乳中に含有する 1100mg/day のカルシウムを摂取することが可能となり一日の 18~29 歳男性における推奨量 778mg/day を十分に満たすことができる。そのことが、骨密度の上昇に導いたことが考えられる。以上、恒常的に夕食時に牛乳を摂取することで運動による筋肉たんぱく質分解後の補充修復に役割をはたすことを本研究は示唆したものといえよう。