

高たんぱく質・糖質間食摂取後の軽レジスタンス運動による 血液量変動パターンの違いが血中アミノ酸濃度の変動に及ぼす影響

身体運動科学研究領域

5008A057-2 宮内 綾子

研究指導教員：鈴木 正成 特任教授

I. 目的

わが国では他国に例を見ないスピードで高齢化が急速に進んでいる。健康寿命を延ばし、生活の質を向上させるためには、老化によるさまざまな生理的变化に対応しながら、健康を維持・向上させることが重要である。加齢による筋力の低下（サルコペニア）防止のためには、筋肉たんぱく質合成に必要なアミノ酸を筋肉に供給するためのたんぱく質またはアミノ酸の摂取と、筋力や筋肉量の増大に有効なレジスタンス運動を組み合わせることが効果的であると考えられる。本研究では、実験 1 で、高たんぱく質・糖質間食摂取後の血中アミノ酸濃度上昇時に軽レジスタンス運動を実施した場合、運動が血漿中の分岐鎖アミノ酸濃度の変動に及ぼす影響を検討することで、運動が血中アミノ酸の筋肉による取り込みを促進するか否かを推定した。さらに、実験 2 で、低強度でも血液量の増大・減少を繰り返すレジスタンス運動は、筋肉による血中アミノ酸の取り込み効率を高め、筋肉たんぱく質の合成を促進させるのに有効であるのではないかという仮説に基づき、筋肉組織の血液量変動パターンの違いによって血漿分岐鎖アミノ酸濃度の変動に差があるか否かを検討することで、低強度の運動で血中アミノ酸の取り込みに効果的な運動条件を推定することを目的とした。

II. 実験 1

【方法】

20 から 23 歳の健康な女性 7 名に、規定の朝食を摂取させ、その 3 時間後に高たんぱく質・糖質間食を摂取させた。被験者は、間食摂取後から実験終了まで安静状態を保持する（安静条件）か、間食摂取 60 分後から約 15 分間のスタンダード玄米にぎにぎダンベル体操を実施した（運

動条件）。高たんぱく質・糖質間食は、乾燥卵白（14.5g）、ゼラチン（2.5g）、上白糖（18g）を水 150ml に溶かして、エネルギー約 130kcal、たんぱく質 15g を含むように調製された。

朝食摂取直前（-180 分時）、間食摂取直前（0 分時）、間食摂取後 30、60、90、および 120 分に採血し、血漿分岐鎖アミノ酸濃度、血漿グルコース濃度、および血漿インスリン濃度を測定した。

【結果】

1. 血漿分岐鎖アミノ酸濃度

血漿分岐鎖アミノ酸濃度は、間食摂取直後から 60 分後にかけて上昇し、120 分後まで間食摂取直前の値と比較して有意に高値（ $p<0.01$ ）であったが、ダンベル体操の実施によって間食摂取後 60 分から 90 分にかけて有意に低下し（ $p<0.05$ ）、間食摂取後 60 分から 90 分の間の変動量は、両条件間で有意な差を示した（ $p<0.05$ ）。

2. 血漿グルコース濃度

血漿グルコース濃度は、両条件ともに間食摂取直後から 30 分後にかけて上昇（ $p<0.05$ ）したあと、60 分後にかけて低下（ $p<0.01$ ）し、安静条件と運動条件の間で差はなかった。

3. 血漿インスリン濃度

血漿インスリン濃度は、両条件ともに間食摂取直後から 30 分後にかけて上昇（ $p<0.01$ ）したあと、60 分後にかけて低下（ $p<0.01$ ）し、安静条件と運動条件の間で差はなかった。

【考察】

本実験の結果より、高たんぱく質・糖質間食摂取後にダンベル体操を実施することは、筋肉による血中アミノ酸の取り込みを増大させることによって、間食摂取によって上昇した血漿中の分岐鎖アミノ酸濃度を低下させたと推定でき

る。実験で実施したダンベル体操は、各運動種目の動作中はダンベルを握り締めて筋肉を緊張させた状態のままで運動するため、筋肉組織への血液流入が制限されて筋肉組織中の血液量が減少しているが、運動種目と運動種目の間のインターバル時にはダンベルの握り締めを緩めて筋肉を弛緩させるため、筋肉組織の血液量が増大するという特徴をもつ。この血液量の変動が筋肉によるアミノ酸の取り込みに影響を与えた可能性が考えられる。

III. 実験 2

【方法】

22 から 35 歳の健常な男女 8 名に、規定の朝食を摂取させ、その 3 時間後に高たんぱく質・糖質間食を摂取させた。被験者は、間食摂取 60 分後から、血液量変動パターンの違う 2 条件の運動を実施した。運動は、(1) 筋肉の緊張状態を維持しながら、肘を各 3 秒で屈曲・伸展させる運動を 15 回繰り返す、10 秒間のインターバルを入れることを 1 セットとして、計 9 セット実施する条件 (L 条件: Low frequency of blood volume fluctuation)、(2) 筋肉の緊張状態を維持しながら、肘を各 3 秒で屈曲・伸展させる運動を 5 回繰り返す、3 または 4 秒間のインターバルを入れることを 1 セットとして、計 27 セット実施する条件 (H 条件: High frequency of blood volume fluctuation) の 2 条件である。高たんぱく質・糖質間食は、実験 1 と同じものを摂取させた。

間食摂取直前 (0 分時)、間食摂取後 60、および 90 分に採血し、血漿分岐鎖アミノ酸濃度および血漿グルコース濃度を測定した。また、近赤外線酸素モニタ装置を用いて、運動中の前腕屈筋群の総ヘモグロビン量の変動を測定した。

【結果】

1. 血漿分岐鎖アミノ酸濃度

血漿分岐鎖アミノ酸濃度は、血液量変動の頻度が低い運動条件 (L 条件) では間食摂取直後から 90 分後まで上昇し続けた ($p < 0.05$) が、血液量変動の頻度が高い運動条件 (H 条件) では間食摂取後 60 分から 90 分にかけて上昇が抑制された。間食摂取後 60 分から 90 分の間の変動量は、

両条件間で有意な差を示した ($p < 0.05$)。

2. 血漿グルコース濃度

血漿グルコース濃度は、間食摂取直前と比較して間食摂取 60 分後で有意に低値 ($p < 0.05$) であり、H 条件では 90 分後も有意に低値 ($p < 0.01$) を示した。間食摂取後 60 分から 90 分の間の変動量は、2 条件の間で差はなかった。

3. 前腕筋肉組織の総ヘモグロビン量の変動

運動中の前腕筋肉組織の総ヘモグロビン量は、両条件とも、インターバル開始時に急激に増大し、インターバル終了直後の運動開始時に急激に減少するパターンを示した。総ヘモグロビン量が急激に増大・減少する回数は、インターバルの回数と等しく、H 条件は L 条件の 3 倍であった。

【考察】

本実験の結果より、筋肉組織の血液量をより高頻度で増減させる運動が、筋肉による血中アミノ酸の取り込み効率を高め、運動中の血漿分岐鎖アミノ酸濃度の上昇を抑制したと推定できる。筋肉の収縮による血液量の減少と、弛緩による血液量の増大を繰り返すことによって、筋肉組織の血液量は大きく増大することから、血液量変動の頻度が高い運動条件 (H 条件) の方が、頻度が低い運動条件 (L 条件) よりも 15 分間の運動中の筋肉組織血液量が大きくなり、筋肉による血中アミノ酸の取り込みを促進させ、血漿分岐鎖アミノ酸濃度の上昇を抑制して、2 条件の血漿分岐鎖アミノ酸濃度の変動量に有意差をもたらしたのではないかと考えられる。

IV. 結論

筋肉組織において、増大・減少を繰り返す血液量の変動は血中栄養成分の取り込みに影響を与え、高頻度で筋肉組織の血液量を増減させる運動を実施することによって取り込み効率を高められる可能性が示された。

今後、低強度でも血中栄養成分の取り込み効率を高めるのに有効な運動について研究を進め、運動と栄養の両面からサルコペニア防止に有効な対策を提示していくことが必要であると考えられる。