

たんぱく質の摂取パターンとレジスタンス運動が成長期ラットの成長に及ぼす影響

204M10 鶴見 保公
指導教員 岡村 浩嗣

キーワード: Spread 食、Pulse 食、体たんぱく質合成、体たんぱく質蓄積

【目的】

たんぱく質代謝は、摂取するたんぱく質の量や質だけでなく、その食べ方によっても栄養効果が変わることが知られている。最近報告されているたんぱく質の摂取パターンに、Spread 食と Pulse 食がある。Spread 食では、一日に必要なたんぱく質量を各食事に均等に分けて摂取させるのに対して、Pulse 食では 1 食にまとめて摂取させる。Arnal らは、身体へのたんぱく質の蓄積は、人でもラットでも高齢群では Pulse 食が Spread 食よりも効果的と報告している。これに対して若齢者や成熟ラットでは摂取パターンによる差がないと報告している。しかし、発育の盛んな成長期に焦点をあてた研究はない。また、レジスタンス運動はたんぱく質合成に強い刺激を及ぼすことが知られおり、定期的なレジスタンス運動が筋量の増加につながることはよく知られている。しかし、たんぱく質摂取パターンとレジスタンス運動とを組み合わせた研究報告は見当たらない。

そこで本研究は、成長期ラットを用い、たんぱく質摂取パターンの違いとレジスタンス運動との併用が、ラットの成長にどのような影響を及ぼすかを検討した。

【研究方法】

実験動物には 4 週齢の Wister 系雄ラット(日本クレア(株)) 25 匹を用いた。動物飼育室は 08:00-20:00 時を暗期、20:00-08:00 を明期とし、室内温度は 23°Cとした。ラットは一日に摂取するたんぱく質を 4 食に均等に分けて摂取させる Spread 食群 (Sp) と、1 食にまとめて摂取させる Pulse 食群 (P) に分け、さらに各グループを非運動群 (Sedentary; S) と運動群 (Exercise; E) とに分けた。各群の平均体重が等しくなるようにし、それぞれを Spread 食・非運動群 (SpS, n = 6)、Pulse 食・非運動群 (PS, n = 6)、Spread 食・運動群 (SpE, n = 7)、Pulse 食・運動群 (PE, n = 6) とした。

飼育開始 7 日目から、SpS と SpE には普通たんぱく食を 08:00、12:00、16:00 および 20:00 の 4 回与え、各食餌に占めるたんぱく質摂取量の比率は 25%ずつとした。これに対して PS と PE には、20:00 の食餌で高たんぱく食を、残りの 3 回で低たんぱく食を与え、各食餌に占めるたんぱく質摂取量の比率は、20:00 の食餌で 66%、残りの 3 回で 11%ずつとした。SpE と PE の運動群には、20 時の食餌前にクライミング運動を行わせた。一日あたりのエネルギー (16g, 63.1kcal/日) とたんぱく質 (3.2g/日) の

摂取量はすべての群で等しくし、8 週間飼育した。

データは平均(標準偏差)で示した。運動と摂取パターンを要因とする二元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合に Scheffe 法を用いて各群間の比較を行った。危険率 5%未満を統計学的に有意とした。

【結果】

① 実験期間中の総エネルギー摂取量

実験期間中の総エネルギー摂取量、たんぱく質摂取量、脂質摂取量および糖質摂取量には、運動と摂取パターンのどちらの影響も認められず、群間に有意な差はなかった。

② 体重と組織重量

実験終了時の体重 (SpS 314g (9), PS 304 (7), SpE 281 (10), PE 279 (9)) および屠体重量は、Pulse 食で減少傾向 (体重; P = 0.0956, 屠体重量; P = 0.1114) があり、運動によって有意に低かった。肝臓重量、腓腹筋重量、採取した脂肪組織合計重量および骨格筋合計重量は、運動によって有意に減少したが、摂取パターンによる影響は認められなかった。一方、体重 100gあたりの臓器・組織重量には摂取パターンの影響は認められなかつた。

③ 屠体、肝臓および腓腹筋の組成

運動で屠体、肝臓および腓腹筋の水分量とたんぱく質量は有意に減少した。Pulse 食で屠体のたんぱく質量が有意に減少し (SpS 55.0g (2.8), PS 51.5 (1.0), SpE 48.3 (1.9), PE 47.5 (2.2), P = 0.0198)、屠体 1gあたりのたんぱく質量には減少傾向がみられた (SpS 0.223g/g 湿組織 (0.005), PS 0.217 (0.005), SpE 0.220 (0.006), PE 0.218 (0.005), P = 0.0644)。屠体のたんぱく質量は、PS が SpS より低い傾向 (P = 0.0709) だったのに対して、PE と SpE では差がなかった。総脂質量は運動によって肝臓で有意に減少し、屠体では減少傾向がみられた。グリコーゲン量には、摂取パターンと運動のどちらの影響も認められなかった。

④ 窒素出納

飼育開始直後の窒素摂取量、尿・糞中窒素排泄量および窒素出納は、運動と摂取パターンのどちらの影響も認められず、群間で有意な差はなかった。飼育終了直前の窒素摂取量は群間に有意な差はなかった。糞中窒素排泄量は、摂取パターンの影響は認められなかつたが運動によって有意に減少した。尿中窒素排泄量は、非運動群では PS

が SpS より、統計学的に有意ではないものの約 10% 多かったが (SpE 0.660 vs PE 0.724 g/3days)、運動群では PE と SpE に差はなかった (SpE 0.770 vs PE 0.767 g/3days)。窒素出納には運動と摂取パターンのどちらの影響も認められず、群間に有意な差は認められなかった。

【考察】

本研究は、高齢者や高齢ラットの体たんぱく質蓄積を増大させることができると報告されているたんぱく質の Pulse 食パターンが、成長期のラットの成長や体組成に及ぼす影響を検討するとともに、体組成に影響を及ぼす要因である運動を併用する影響について検討した。

その結果、Pulse 食で成長期の体重増加が抑制される傾向にあった。本研究では、体重 100gあたりの臓器・組織重量には摂取パターンの影響は認められなかったことから、Pulse 食は特定の臓器・組織の成長を抑制するのではなく、全般的な成長を抑制したと考えられた。

糞中窒素排泄量には摂取パターンの影響は認められなかった。糞中窒素排泄量は、摂取したたんぱく質の消化・吸収が減少すると増加する。本研究では、非運動群の SpS と PS に有意な差が認められなかったことから、運動をしていない場合、一度にまとめてたんぱく質を摂取しても、均等に分けた時と同等に消化・吸収されていたことが示唆された。尿中窒素排泄量は、非運動群では Pulse 食の PS が Spread 食の SpS よりも、統計学的に有意ではないものの約 10% 多かった。しかし、運動群では Pulse 食の PE と Spread 食の SpE に差はなかった(図)。尿中窒素排泄量は、たんぱく質が消化・吸収されても、体たんぱく質合成に利用されないものが多いと増加する。本研究結果は、Pulse 食を運動と併用すると尿中窒素排泄量が減少する可能性を示唆しており、Pulse 食で摂取したたんぱく質は、運動しない場合には体たんぱく質の合成に利用されにくいのに対して、運動を併用すると体たんぱく質合成に利用されやすくなることを示唆している。また、レジスタンス運動後の骨格筋たんぱく質は分解と合成の両方が増加するが、運動後にアミノ酸を摂取すると合成を促進する一方で分解を抑制し、合成が分解を上回ることが報告されている。本研究で Pulse 食に運動を併用することで尿中窒素排泄量が減少したことは、運動後にたんぱく質を大量に摂取するという摂取タイミングが、摂取したたんぱく質の骨格筋たんぱく質への合成を促進したためと考えられる。

本研究では、内臓組織を除いたものを屠体としたので、屠体は骨格筋、骨格、皮下脂肪を含む皮膚が主要な組織である。このため、屠体のたんぱく質量は内臓組織を除いた全身のたんぱく質量を反映すると考えられる。本研究では、屠体のたんぱく質量は Pulse 食で Spread 食よりも有意に少なく、屠

体 1gあたりのたんぱく質量も少ない傾向が認められたことから、たんぱく質を一度にまとめて摂取する Pulse 食は成長期の体たんぱく質蓄積には効果的でないことが示唆された。しかし、Pulse 食と Spread 食の屠体のたんぱく質量の差は、非運動群では Pulse 食の PS は Spread 食の SpS より 6.4% 少なかつたのに対して、運動群では Pulse 食の PE は Spread 食の SpE より 1.7% 少なく、運動群のほうが Pulse 食と Spread 食の差は小さかった(図)。このことは、成長期に一度にまとめてたんぱく質を摂取する摂取パターンは体たんぱく質蓄積を抑制するものの、レジスタンス運動を組み合わせることで、この抑制が改善される可能性を示唆している。

本研究では1食あたりのエネルギー量を Pulse 食でも Spread 食でも等しくした。このため、高たんぱく質食摂取時に摂取する糖質量は少なかった。摂取したたんぱく質の体たんぱく質への合成は、エネルギー摂取量が増加すると高まり、体たんぱく質蓄積も増大することが報告されている。したがって本研究では、高たんぱく質食摂取後に多量に吸収されたたんぱく質を、体たんぱく質合成に利用するのに必要なエネルギー量が供給されていなかった可能性が考えられる。また、運動後にたんぱく質と糖質を同時に投与すると尿中窒素排泄量が減少することから、糖質を同時に摂取したほうが摂取したたんぱく質を効率よく体たんぱく質合成に利用できるのに対して、安静時で等エネルギーの脂肪を摂取した場合にはこの効果は認められなかったと報告されている。このことは、高たんぱく質食によって多量のたんぱく質を一度に摂取する場合には、それに見合うだけのエネルギー量が必要であり、そのエネルギーとしては糖質のほうが脂質よりも望ましいことが考えられる。

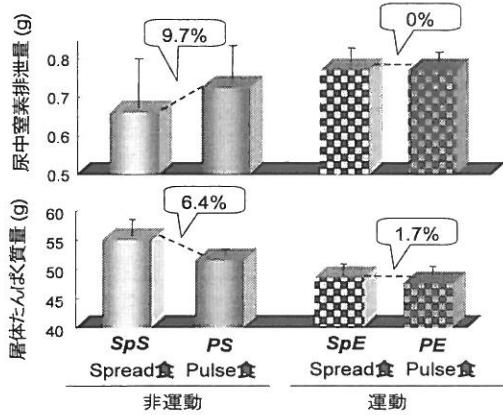


図 Pulse 食で抑制される体たんぱく質蓄積はレジスタンス運動によって改善する

【結論】

Pulse 食は Spread 食より全般的な成長および体たんぱく質蓄積を抑制するが、この抑制はレジスタンス運動によって改善される可能性が示唆された。今後、Pulse 食として摂取するたんぱく質の量や一日摂取量に占める割合、摂取するたんぱく質量とエネルギー量の比率について検討する必要があると考えられる。