

キーワード：高たんぱく質食、運動、筋肥大

【緒言】

運動による筋肉タンパク質合成には、運動直後のタイミングでたんぱく質を摂取することが効果的である。

ヒトでは、筋肉タンパク質合成に利用できるたんぱく質量の上限は2.0g/kg体重/日程度とされている。過剰に摂取したたんぱく質は主として酸化され、筋肉タンパク質合成には利用されない。しかし、この上限量は運動後の摂取タイミングが重要なことが明らかになる前に検討されたものである。

習慣的な高たんぱく質食は、食後の体タンパク質合成を高めるが食間の体タンパク質分解を高めたり、末梢組織のタンパク質合成を低下させたりすることが報告されている。我々は過剰と考えられる量のたんぱく質でも、運動後速やかに摂取すれば筋肉合成を促進するかどうかにラットで検討した。その結果、運動後速やかに摂取することで高たんぱく質食による筋肥大抑制は軽減されたが、肥大は促進されなかった。この理由として、運動後以外にも高たんぱく質食を摂取していたことが考えられた。

そこで、高たんぱく質食を運動後にだけ摂取すると、筋肥大が促進されるかどうか検討した。

【方法】

4週齢のSD系雄ラットを食餌と運動の条件により、普通食（N、たんぱく質エネルギー比率18.8%）で運動させない（S）NS群（10匹）、普通食で運動させる（E）NE群（10匹）、高たんぱく質食（H、たんぱく質エネルギー比率35.1%）で運動させないHS群（10匹）、高たんぱく質食で

運動させるHE群（11匹）に分けた。食餌は8時～9時と20時～21時に与え、19時～20時にクライミング運動（3日/週）を行わせた。HS群とHE群の運動日の20時からの食餌だけHを与えた。この他のすべての食餌ではすべての群にNを与えた。飼育4週間後と8週間後に屠殺した。

統計処理には運動と食餌を要因とする二元配置分散分析とTukey-Kramer法を用い、危険率5%未満を統計学的に有意とした。

【結果】

屠殺時の体重と実験期間中にラットが摂取したエネルギー摂取量には4週間、8週間ともに群間に差はなかった。たんぱく質摂取量は4週間、8週間ともにHでNより有意に高かった。

長母趾屈筋と前腕屈筋群の重量は4週間、8週間ともにEでSより有意に高値だったが、食餌の影響は認められなかった（表1）。腓腹筋は4週間ではHでNより有意に高かったが、8週間では群間に差は認められなかった（表1）。

4週間の屠殺直前の、窒素の摂取量と尿中排泄量はHでNより有意に高値を示したが糞中排泄量には運動も食餌も影響しなかった（図1）。窒素の吸収量と吸収率及び窒素出納はHでNより有意に高値だった（図1）。窒素出納はEでSより高い傾向にあった（図1）。

血漿中尿素窒素濃度は4週間、8週間ともHでNより有意に高かった。組織中窒素含量は長母趾屈筋と前腕屈筋群で4週間、8週間ともEがSより多かったが食餌の影響は認められなかった（表2）。体液中窒素は4週間、8週間ともHがNよりも有意に多かった。腎臓と腓腹筋では4週間ではHがN

表1 骨格筋重量 (g)

	NS	HS	NE	HE	二元配置分散分析 (P値)		
					運動	食餌	運動×食餌
4週間							
腓腹筋	2.95 (0.15)	3.01 (0.17)	2.91 (0.21)	3.16 (0.11)	0.438	0.047	0.186
長母趾屈筋	0.85 (0.05) a	0.86 (0.07) ab	0.96 (0.05) bc	0.98 (0.06) c	<0.001	0.513	0.716
前腕屈筋群	1.37 (0.05) a	1.39 (0.05) ab	1.48 (0.08) b	1.48 (0.07) ab	0.002	0.800	0.620
8週間							
腓腹筋	4.58 (0.11)	4.48 (0.33)	4.43 (0.35)	4.45 (0.32)	0.509	0.755	0.651
長母趾屈筋	1.28 (0.01)	1.27 (0.13)	1.39 (0.13)	1.38 (0.10)	0.038	0.837	0.926
前腕屈筋群	1.93 (0.08)	1.98 (0.10)	2.02 (0.06)	2.07 (0.12)	0.039	0.232	0.945

平均値（標準偏差） a,b,c アルファベットの異なる群間に有意差あり

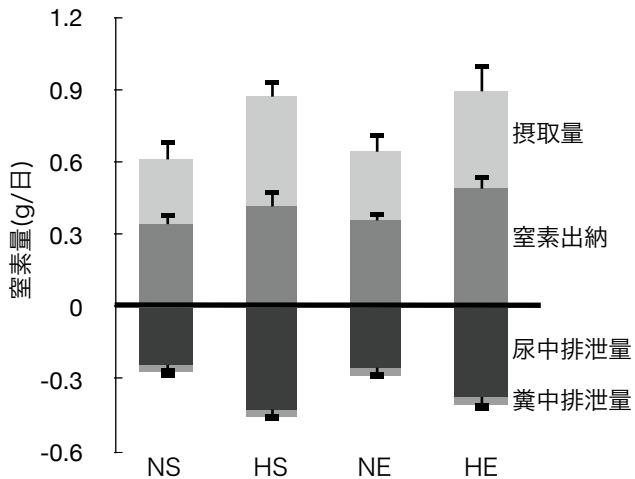


図1 窒素出納

より有意に多く、肝臓では8週間でHがNより多い傾向にあった(表2)。

高たんぱく質食による窒素蓄積量の増大は体液、肝臓、腎臓で大きかったが、運動で肥大した筋肉への蓄積は増大しなかった(表3、HS-NS及びHE-NE)。一方、運動は運動で肥大した筋肉への窒素の蓄積を増大したが(表3、NE-NS)、高たんぱく質食を摂取しても窒素の筋肉への蓄積には影響しなかった(表3、HE-HS)。

【考察】

長母趾屈筋と前腕屈筋群の重量は4週間、8週間ともに運動により有意に増大したが食餌の影響は認められず、運動後にのみ高たんぱく質食を摂取させても、運動による筋肥大を促進させることはなかった。これらのことは普通食のたんぱく質が運動による筋肉合成を最大に刺激する量として十分だったことを示唆している。

表3 組織中窒素含量の群間の平均値の差

	HS-NS	HE-NE	NE-NS	HE-HS
4週間				
肝臓	6.9	29.7	1.5	24.3
腎臓	6.0	8.6	-0.1	2.5
腓腹筋	5.3	9.0	1.0	4.7
長母趾屈筋	0.0	1.2	3.3	4.5
前腕屈筋群	1.1	-0.8	5.5	3.6
体液	32.5	32.8	-11.2	-10.9
8週間				
肝臓	30.5	31.6	14.8	15.9
腎臓	3.6	3.0	5.2	4.6
腓腹筋	-1.7	0.1	-6.4	-4.6
長母趾屈筋	0.4	0.2	3.4	3.2
前腕屈筋群	2.1	2.0	3.8	3.7
体液	49.4	41.4	-0.1	-8.1

窒素出納はHでNより有意に高値を示したことから、高たんぱく質食で体内へ窒素蓄積が増大することが認められた。この時、窒素は筋肉ではなく体液や内臓への蓄積が増大しており、本研究で高たんぱく質食で筋肉が肥大しなかったことと一致した。一方、運動で肥大した筋肉への窒素蓄積量が普通食と高たんぱく質食で大きく異ならなかったことは、高たんぱく質食が運動による筋肥大を促進しなかったことと一致した。運動の有無に関わりなく、高たんぱく質食は体液と内臓への窒素の蓄積を増大させることが示唆された。

本研究の結果、高たんぱく質食は運動後にだけ摂取しても筋肥大を促進することはなく、筋タンパク合成に利用されなかった窒素は体液や内臓に蓄積することが明らかとなった。

表2 組織中窒素含量 (mg)

	NS	HS	NE	HE	二元配置分散分析(P値)		
					運動	食餌	運動×食餌
4週間							
肝臓	389.6 (20.6)	396.5 (19.1)	391.1 (30.1)	420.8 (32.5)	0.284	0.136	0.344
腎臓	63.1 (2.6) a	69.1 (5.4) ab	63.0 (1.9) a	71.6 (3.4) b	0.470	<0.001	0.412
腓腹筋	98.5 (6.2) a	103.8 (5.5) ab	99.5 (6.1) ab	108.5 (4.1) b	0.246	0.008	0.449
長母趾屈筋	28.5 (1.6) a	28.5 (2.1) a	31.8 (1.4) ab	33.0 (2.6) b	<0.001	0.545	0.516
前腕屈筋群	45.0 (3.5) a	46.1 (2.0) ab	50.5 (3.1) b	49.7 (2.2) ab	0.002	0.894	0.445
体液	40.6 (21.5) ab	73.1 (13.8) c	29.4 (9.6) a	62.2 (11.8) bc	0.105	<0.001	0.984
8週間							
肝臓	479.3 (41.7)	509.8 (38.2)	494.1 (31.8)	525.7 (16.2)	0.320	0.054	0.970
腎臓	79.2 (3.5)	82.8 (5.9)	84.4 (4.7)	87.4 (3.8)	0.029	0.126	0.885
腓腹筋	159.8 (5.5)	158.1 (12.5)	153.4 (13.7)	153.5 (10.7)	0.281	0.873	0.861
長母趾屈筋	44.5 (0.3)	44.9 (4.6)	47.9 (4.3)	48.1 (3.4)	0.054	0.910	0.891
前腕屈筋群	67.0 (2.5)	69.1 (4.4)	70.8 (2.4)	72.8 (3.9)	0.027	0.195	0.959
体液	43.2 (16.3) ab	92.6 (27.0) c	43.1 (14.5) a	84.5 (31.6) bc	0.641	<0.001	0.785

平均値(標準偏差) a,b,c アルファベットの異なる群間に有意差あり