

204-M08 田井 伸二  
指導教員 岡村 浩嗣

キーワード: 絶食、制限食、再給餌、体組成、ラット

### 【緒言】

レスリングなどの体重階級性のある競技では、急速な減量は筋肉量を減少させるので望ましくないとしている。しかし、実際にはほとんどの選手が試合直前に急速減量を行っている。我々は減量を急速に行った場合と緩徐に行った場合の体組成をラットで検討した結果、筋肉量や脂肪組織量には差がないが肝臓や消化器官の重量が急速減量後に低かったことを認めた(7日間絶食 vs. 50日間制限食)。しかし、減量前の組織重量が不明だったため、これらの組織がどの程度減少したかについては明らかではなかった。本研究では、急速または緩徐に減量した場合の体組成の変化についてラットを用いて検討し(実験Ⅰ)、さらにこの減量速度の違いが再給餌後の体組成に及ぼす影響についても検討した(実験Ⅱ)。

### 【方法】

#### <実験Ⅰ>

10週令のSD系雄ラット15匹を16日間自由に摂食させるControl群(C)、16日間でゆっくりと減量するように食餌量を制限するSlow群(S)、減量期間の最後の3日間の絶食でSと同体重になるまで急速に減量するRapid群(R)に分けた。Rには屠殺前の21時間は飲水もさせなかった。すべてのラットにクライミング運動を毎日、10分間×3セット行わせた。屠殺前の3日間は尿と糞を採取した。屠殺日に尾静脈採血を行い、屠殺解剖した。

#### <実験Ⅱ>

10週令のSD系雄ラット15匹を対象とし、9:00-21:00を暗期とする12時間の明暗サイクル下で実験Ⅰと同様の方法で減量21日目まで飼育した。運動は週6回、20分×3セット行わせた。減量21日目の9:00から21:00まで、すべてのラットに餌と水を自由に摂取させた。再給餌終了4時間後に尾静脈採血を行い、屠殺解剖した。胃、小腸および大腸はそれぞれの両端を結紮して内容物を保持した状態で採取し、内容物の重量を測定した。また腹腔内の内臓組織と脂肪組織を取り除いた屠体の分析も行った。

統計処理は、一元配置分散分析で有意だった場合にFisher's PLSDの多重比較検定を行った。

### 【結果】

#### <実験Ⅰ>

実験最終日の体重はCが470.0g(SD 28.3)、Rが394.0g(28.6)、Sが394.8g(25.1)で、RとSはCよりも16%低かったがRとSで差はなかった。

減量しても腓腹筋重量は有意に減少せず、組織の水分量、たんぱく質量、総脂質量、グリコーゲン量も3群間で差がなかった。一方、腎周囲脂肪組織と肝臓は減量によって有意に減少したがRとSで差はなかった。腎周囲脂肪組織の減少の大部分は総脂質量の減少によるもので、肝臓ではすべての組成に減量した群で減少が認められた。減量速度による差があったのは胃と小腸で、組織重量はRで有意に低く、これは水分量、たんぱく質量、総脂質量の減少量がRで多かったためだった。

屠殺前3日間の尿中3メチルヒスチジン(3MH)排泄量は、RがCとSよりも約80%多かった。また、絶食させたRで骨格筋のたんぱく質の分解が亢進し3MH排泄量が増加すると考えられるので探索的にRとSの2群間の比較(unpaired t-test、片側検定)を行ったところ、RがSよりも多い傾向にあった( $p=0.078$ )。この期間の窒素出納はRだけが負の値でCとSよりも低かった。水分出納はRが負の値で他の2群よりも有意に低く、ヘマトクリット値はRが最も高かった。屠殺日の血漿グルコース濃度はRが最も低かった。

#### <実験Ⅱ>

減量後の体重はCが528g(16)、Rが444g(14)、Sが445g(21)でRとSはCよりも16%低く、体重減少率は実験Ⅰと差がなかった。再給餌期の摂食量は、Cが21.8g/12h(2.8)、Rが27.5g(1.7)、Sが37.1g(5.1)だった。屠殺時の消化管の内容物はSが最も多く、次いでR、Cの順だった。屠殺時の体重から消化管の内容物を差し引いた重量が実質の体重と考えられる。この重量はCが515g(14)、Rが465g(16)、Sが455g(19)でRとSはCよりも有意に低く、完全には回復しなかった。

再給餌後も腓腹筋の重量は3群間で差がなかったが、RとSで総脂質量は低くグリコーゲン量は有意に増加した。胃では組織の重量や組成は群間で差がなくなった。肝臓重量も、RとSで水分量とグリコーゲン量が増加して回復したが、たんぱく質量と総脂質量は回復しなかった。小腸、脂肪組織および屠体の重量は回復せずRとSがCよりも有意に低かった。小腸と屠体は水分量とたんぱく質量および総脂質量が回復していないかった。

再給餌期の水分出納はRとSがCよりも高くか

った。しかし、ヘマトクリット値は R が S との差はないが C よりも有意に高かった。再給餌後の血漿グルコース濃度に群間で差はなかった。

### 【考察】

ラットでは減量速度に関係なく骨格筋重量は減少せず 3 群間で差がなかった。一方、胃と小腸は減量で減少するが減少量は R で大きかった。また屠殺前 3 日間の尿中 3MH の排泄量は R が C と S よりも約 80% 高かった。尿中に排泄される 3MH の 15~41% は消化管などの平滑筋のたんぱく質の分解に由来することが報告されている。このことは、消化管の減少量が R で大きかった結果と一致しており、これらの組織のたんぱく質が減量中に急速に分解されていたことを示唆するものであった。以上のことから、骨格筋重量が減量中も減少しなかつたことは、骨格筋の材料となるアミノ酸が内臓組織のたんぱく質を分解することによって供給され骨格筋のたんぱく質の合成が維持されていたためと考えられた。このために骨格筋重量は R と S で差はないが、内臓重量は栄養素の供給のない R で小さかったことが示唆された。

肝臓、小腸および脂肪組織の総脂質量とグリコーゲン量が R と S で減少することを認めた。絶食中に脂肪組織の酸化が亢進することで骨格筋のたんぱく質の分解が抑制されるとの報告がある。本研究でも減量中に脂質やグリコーゲンをエネルギー源として利用したことが減量群で骨格筋たんぱく質を維持した要因であったことが示唆された。また、R の血漿グルコース濃度が低血糖に至らなかつたことも、こうした脂肪組織の代謝産物であるグリセロールを基質とする糖新生や肝臓のグリコーゲンの分解によるものと推察される。このようにどちらの減量でも減量中に体脂肪が果たす役割は大きい。しかし、実際のレスリング選手では体脂肪率が 5% 以下なので、利用可能な脂肪量には限りがあり骨格筋のたんぱく質の分解は体脂肪のある人よりも早期に起こる可能性が考えられる。ただし、これらの一流選手の場合でも骨格筋を維持するために減量早期には内臓組織重量の減少が認められることが推察される。

再給餌後に胃のたんぱく質量は完全に回復したが、小腸や肝臓のたんぱく質量は R と S で回復しなかった。このことは、肝臓や小腸では減量によるたんぱく質の減少量が胃よりも多かったためと考えられる。つまり、回復するのに必要なたんぱく質量は肝臓や小腸の方が胃よりも多かったために代謝回転が速いといわれる肝臓や小腸でたんぱく質量が回復しなかったものと推察できる。ただし、肝臓のたんぱく質量が全く回復しなかったわけではなく、減量後に R が C の 69.7% だったのに対して、再給餌後では R が C の 74.8% になり R が追いついて来ていた。

この傾向は小腸でも認められ、これらの組織のたんぱく質量は 16 時間の再給餌期間では完全には回復できないが回復する傾向にあったことが示唆された。

減量後の内臓重量は実験 I で観察されたように R の方が小さかったが、再給餌後の内臓重量や組成には R と S で差はなかった。このことは再給餌中の内臓重量の回復速度は R の方が速かったことを示唆している。この理由は、絶食後の再給餌では窒素貯留が高まることや、肝臓でたんぱく質合成能が急激に高まること、そして骨格筋のたんぱく質分解が通常期よりも低下してたんぱく質の合成が高まるなど報告から、体内を正常に戻そうとするホメオスタシスの働きによるものであると考えられた。

### 【まとめ】

ラットでは、減量速度に関係なく減量後の骨格筋量は減少しないことを認めた。これに対して脂肪組織はどちらの減量を行っても減少し、その減少量に差はなかった。内臓重量は減量で減少するが、減少量は急速減量群で大きかった。減量後の再給餌によって胃や肝臓の重量は回復するが、小腸、脂肪組織および屠体の重量は回復しなかった。急速減量群と緩徐減量群でこれらの組織重量や組成に差がなかったことから、再給餌後の体組成は減量速度によって影響されないことを認めた。しかし、減量後の内臓重量は急速減量群の方が小さかったにも関わらず、再給餌後の内臓重量に急速減量群と緩徐減量群で差がなかったことから、再給餌による内臓重量の回復速度は急速減量群の方が速かったことが示唆された。