

キーワード: 減量, 体組成, エネルギー負債量, 運動習慣

[緒言]

脂肪組織の貯蔵エネルギーは 1kg 当たり約 7,000kcal であるため、減量では体重を 1kg 減らすためにエネルギーを 7,000kcal 不足させる。しかし、除脂肪組織は約 1,000kcal なので脂肪組織だけではなく除脂肪組織も減少すると、理論的には 7,000kcal のエネルギー不足で 1kg 以上の体重が減少する。減量時の脂肪組織と除脂肪組織の減少には運動習慣の有無が影響する。本研究では、減量時の体組成の変化とエネルギー負債との関係をヒトで検討するとともに、ラットで運動習慣の影響を検討した。

[方法]

<ヒト実験>

女子柔道選手 4 人の減量期間中の体重と体組成の変化、およびエネルギー摂取量(食事調査)と消費量(要因加算法)とからエネルギー負債量を測定した。体組成の変化はインピーダンス法と理論的計算法で求めた。脂肪組織(FAT)と除脂肪組織(LBM)のエネルギー量はラット組織の測定結果より、それぞれ 1kg 当たり 7,600kcal と 1,050kcal とした。理論的計算法には FAT 減少量(Δ FAT)、LBM 減少量(Δ LBM)、体重減少量(Δ BW)およびエネルギー負債量(Δ E)の関係から成り立つ以下の連立方程式を用いた。 Δ FAT (kg) + Δ LBM (kg) = Δ BW (kg)・・・(1)、7,600 (kcal/kg) \times Δ FAT (kg) + 1,050 (kcal/kg) \times Δ LBM (kg) = Δ E(kcal)・・・(2)。また、インピーダンス法での FAT と LBM の減量による重量変化から FAT、LBM および全身の蓄積エネルギーの変化を算出した。

<ラット実験>

4 週齢の SD 系雄ラット 21 匹を非運動群とクライミング運動を週 3 回行わせる運動群に分けた。3 週間後、3 日間の絶食の前後で各群のラット 5~6 匹ずつを屠殺した。全身から消化管の内容物を除いた屠体を均質化しタンパク質、脂質およびグリコーゲンの含量を測定し、個体のエネルギー蓄積量を求めた。

[結果]

<ヒト実験>

減量期間は対象者 A と B で 16 日、C で 30 日、D で 9 日だった(表 2)。体重は A、B、C は減少したが D は変化しなかった(表 1)。D は理論的計算法とインピーダンス法の両方で脂肪組織が減少し除脂肪組織が増加した。A、B、C は理論的計算法では脂肪組織が減少し除脂肪組織が増加したが、インピーダンス法では脂肪組織と除脂肪組織の両組織が減少し、体組成の変化は二つの方法で一致しなかった(表 2)。減量期間中の総エネルギー負債量は理論的計算法で求めたもの(-11,659 ~ -57,826kcal)が、インピーダンス法での組織量の変化から算出したもの(-3,960 ~ -21,440kcal)よりも多かった(表 2)。減量期間中の 1 日当たりのエネルギー負債量も、理論的計算方法で求めたもの(-1,295 ~ -2,196kcal/日)がインピーダンス法での組織量の変化から求めたもの(-248 ~ -946kcal)よりも多かった(表 2)。体重を 1kg 減少させるためのエネルギー負債量は全ての対象者で、理論的計算法では 7,000kcal 以上だったが、インピーダンス法より算出したものは 7,000kcal 未満だった(表 2)。

<ラット実験>

減量前の屠体の平均重量は非運動群が 265g、運動群が 252g で群間に差はなかった。減量前後の平均屠体重量の差は非運動群で 54.1g、運動群で 53.7g でほぼ同じだった。一方、減量前の屠体の貯蔵エネルギーの平均値は非運動群が 381.2kcal、運動群が 378.1kcal でほぼ等しかったが、減量前後の屠体の平均貯蔵エネルギーの差は非運動群(103.3kcal)よりも運動群(132.5kcal)が 22%多かった(表 3)。減量後の屠体の水分と炭水化物の減少は両群でほぼ同じだったが、タンパク質の減少は非運動群が多く脂質の減少は運動群が多かった(表 3)。

表 1 減量前後の体重とインピーダンス法による体組成

対象者	A		B		C		D	
	前	後	前	後	前	後	前	後
体重 (kg)	50.7	48.7	56.4	52.6	61.5	57.3	63.9	63.9
FAT (kg)	8.7	8.4	10.8	9.5	13.4	10.8	15.7	14.4
FAT% (%)	17.2	17.2	19.1	18.1	21.8	18.8	24.6	22.5
LBM (kg)	42.0	40.4	45.7	43.1	48.1	46.5	48.3	49.6

表2 理論的計算法とインピーダンス法の結果の比較

対象者	A	B	C	D
減量期間 (日)	16	16	30	9
体重変化量 (kg)	-2.0	-3.8	-4.2	0
理論的計算法				
ΔFAT (kg)	-3.3	-4.8	-8.2	-1.8
ΔLBM (kg)	1.3	1.0	4.0	1.8
エネルギー摂取量(kcal/減量期間)	29,807	16,793	64,220	15,775
エネルギー消費量(kcal/減量期間)	53,384	51,936	122,046	27,434
エネルギー負債量(kcal/減量期間)	-23,577	-35,143	-57,826	-11,659
1日あたりのエネルギー負債量(kcal/日)	-1,474	-2,196	-1,928	-1,295
体重1kg減少のためのエネルギー負債量(kcal/kg)	-11,789	-9,248	-13,768	-
インピーダンス法				
ΔFAT (kg)	-0.3	-1.3	-2.6	-1.3
ΔLBM (kg)	-1.6	-2.6	-1.6	1.3
FAT貯蔵エネルギーの変化(kcal/減量期間)	-2,280	-9,880	-19,760	-9,880
LBM貯蔵エネルギーの変化(kcal/減量期間)	-1,680	-2,730	-1,680	1,365
全身貯蔵エネルギーの変化(kcal/減量期間)	-3,960	-12,610	-21,440	-8,515
1日あたりのエネルギー負債量(kcal/日)	-248	-788	-715	-946
体重1kg減少のためのエネルギー負債量(kcal/kg)	-1,980	-3,318	-5,105	-

[考察]

理論的計算法では、要因加算法によるエネルギー消費量と食事調査によるエネルギー摂取量とから求めたエネルギー負債量の信頼性が重要である。要因加算法で評価した1日当たりの消費エネルギーは3,048~4,068kcalだった。アスリートのエネルギー消費量は除脂肪組織1kg当たり28.5kcalとされており、除脂肪体重と身体活動レベルを乗じることで推定エネルギー消費量を算出できる。この式より算出した本研究の対象者の推定エネルギー消費量は2,993~3,427kcalである。したがって、理論的計算法で用いた1日当たりの消費エネルギーは妥当と考えられる。また、食事調査による1日当たりの摂取エネルギーは1,050~2,141kcalであり減量時の値として妥当と考えられる。一方、インピーダンス法の測定値から算出された1日当たりのエネルギー負債量の248~946kcalは、食事制限時のものとしては少ないと考えられる。これらのことから、理論的計算法で求められたエネルギー負債量には信頼性があると考えられる。理論的計算法とインピーダンス法で減量中の体組成の変化が異なった理由は明らかではない。

体重を1kg減少させるためのエネルギー負債量は、減量で除脂肪組織が増加した理論的計算法では7,000kcal以上だったが、除脂肪組織も減少し

たインピーダンス法では7,000kcal未満だった。理論的計算法でも除脂肪組織が減少すれば、体重を1kg減少させるためのエネルギー負債量は7,000kcal未満になる。

今回のラット実験では体重減少量が同等でも、脂質の減少量が多くタンパク質の減少量が少なかった運動群が非運動群よりもエネルギー負債量が大きかった。ラットでの結果を体重1kg減少当たりのエネルギー負債量に換算すると、非運動群で1,909kcalであるのに対して運動群では2,469kcalとなる。

体重減少量が等しい場合、除脂肪組織が増加していると、より多くの脂肪組織が減少している。また、除脂肪組織の合成のための消費エネルギーが増える。このため理論的には、減量のためのエネルギー負債量は脂肪組織だけが減少する場合よりも増大し、体重1kg減少のための負債量が7,000kcal以上になりうる。減量時にも筋力トレーニングをすると除脂肪組織を維持または増加させるとの報告がある。本実験では減量期間中に全ての被験者が筋力トレーニングを含む練習をしていた。このため減量後に筋肉が増加していた可能性がある。今回の理論的計算法での除脂肪組織が増大したとの結果を支持するものと考えられる。

本研究の結果、減量期間中の運動は除脂肪組織を増加させるため、1kgの体重減少のために7,000kcal以上のエネルギー負債量が必要な場合のあることが示唆された。また、運動習慣があると減量中の除脂肪組織の減少が少ないため、運動習慣のない場合よりも体重減少のためのエネルギー負債量が多い可能性が示唆された。

表3 ラットの減量前後の身体成分とエネルギーの変化

	非運動群		運動群	
	(g)	(kcal)	(g)	(kcal)
水分	-33.8	0	-32.7	0
タンパク質	-5.0	-20.0	-3.9	-15.6
脂質	-9.2	-82.8	-12.9	-116.3
炭水化物	-0.1	-0.5	-0.2	-0.6
全身		-103.3		-132.5