
＝原著論文＝

ラットの臓器及び脂肪組織重量に対する ギプス固定による不活動の影響

辻本 尚 弥¹⁾ 鈴木 英 樹²⁾

Effects of Casted-Immobilization-Induced Hypokinesia on Weight of Visceral and Adipose Tissues in Rats

Hisaya TSUJIMOTO¹⁾ Hideki SUZUKI²⁾

Abstract

We studied the effects of cast immobilization on the weights of visceral and adipose tissues in 14 male mature Sprague_Dawley rats (8 weeks old). The animals were divided into two groups: sedentary (S; n = 7) and cast-immobilized (CAS; n = 7). Animals in the CAS group were immobilized at the knee and foot joints for 10 days. After 10 days of immobilization, the viscera (heart, liver, spleen, adrenal gland, and kidney) and adipose tissue [interscapular brown adipose tissue (IBAT) and perirenal, epididymal, mesenteric and subcutaneous tissues of the groin] were isolated and weighed.

Both liver weight and relative liver weight were significantly lower in the CAS group than in the S group. No statistical differences were found between the two groups in the weights of the other visceral tissues. The IBAT weight and relative IBAT weight of the CAS group were not significantly different from those of the S group. Except for the groin subcutaneous tissue, the white adipose tissue weights also did not differ significantly between the groups. However, the groin subcutaneous tissue weight and its relative weight were significantly lower in the CAS group compared with the S group.

These results indicated that the effects of cast immobilization differ according to the particular visceral or adipose tissue.

Key words : Sprague-Dawley rat, Casted-immobilization, Visceral tissue weight, Adipose tissue weight,

緒 言

恒温動物の生体内には生理的役割の異なる二種類の脂肪組織がある¹⁾⁻⁵⁾。ひとつはエネルギー源としての脂肪を貯蔵する白色脂肪組織(white adipose tissue ;

WAT)であり、他方は脂肪や糖を分解して熱産生を行う褐色脂肪組織(brown adipose tissue ; BAT)である¹⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。活動量の増減に伴いWATでは脂肪の合成・分解と取り込み・放出の適応がおこり、組織重量が変化する⁸⁾⁻¹³⁾。一方、BATでは、活動量の増減に伴い熱

1) 久留米大学 健康・スポーツ科学センター

2) 愛知教育大学 保健体育講座

産生能に適応がおり熱産生量が変化し、WATと同様に組織重量も変化する¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。

ギプスによる下肢の固定は、活動量を低下させ、生体内のホルモン分泌や交感神経活性、エネルギー需要に影響する¹⁷⁾⁻²⁰⁾。しかし、ギプス固定による活動量変化が、WATとBATの脂肪組織に対していかなる影響を及ぼすかについての詳細は、未だ明確ではない。これまで我々は、ギプス固定による活動量の変化に対する、組織重量および脂肪分解や熱産生に関係した受容体の変化について報告してきた²¹⁾²²⁾。その結果、下肢ギプス固定による不活動により、組織重量及びRNA総量は異なる変化を示したが、脂肪分解及び熱産生に関係したmRNAの発現は、両脂肪組織において低下あるいは低下傾向と同様な変化を示した²¹⁾²²⁾。先の研究では肩甲骨間BAT(Interscapular BAT; IBAT)と腎周囲WATの二つの組織についてのみ検討した²¹⁾²²⁾。しかしWATは皮下及び各臓器周囲に多く存在し²³⁾²⁴⁾²⁵⁾、先の研究で得られた結果が、存在部位の異なる各脂肪組織で同様に観察されるのかどうかについては不明である。

そこで本研究では、体脂肪率や各内臓組織重量と、褐色および各白色脂肪重量に対する下肢ギプス固定による不活動の影響について明らかにする事を目的とした。

方 法

実験動物には、生後8週齢のSprague-Dawley系雄性ラットを用いた(日本SLC)。実験群として対照群(Sedentary; S群, n=7)とギプス固定群(Cast-immobilization; CAS群, n=7)の2群を設けた。ラットはステンレス製ワイヤーケージにて、昼夜逆転した12時間の明暗サイクルで室温 $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 5\%$ の環境下で飼育した。飲水は自由摂取とした。摂餌についてはCAS群を持続的な自由給餌とし、S群はpair-feedingとした(餌, CE-2:日本クレア)。CAS群には8週齢時に麻酔下にて、後肢を弛緩させた状態で、膝関節および足関節を包帯式ギプス(スコッチキャスト; 住友スリーエム社)で10日間固定した²⁶⁾。固定終了後、ラットを麻酔下にて頸動脈より放血し屠殺した。その後、心臓、肝臓、腎臓、副腎および脾臓を摘出し重量を測定した。また脂肪組織としてIBAT、副睾丸脂肪、腎周囲脂肪、腸間膜脂肪と単径部皮下脂肪を摘出し重量を測定した。単径部の皮下脂肪はラット前肢の腋窩まで摘出した。次に、体脂肪率を算出するため、下顎部の食道と下腹部の結腸までの内臓を除去した。また、水中体重

測定時に気泡の影響を除去するため、ラットの体毛を電動バリカンにて可能な限り刈り取った。その後、処理した屠体をアンプに接続したストレンゲージに糸を用いて吊るし体重を測定した。水中体重は、ストレンゲージに吊るした屠体を水を満たした容器に完全に沈め、十分に気泡が出た事を確認した後に測定した。体脂肪率は体重と水中体重から比重を算出し、その値をRathbun & Paceの計算式²⁷⁾を用いて求めた。なお飼育および屠殺でのラットの取り扱いについては、「実験動物の飼養及び保管並びに苦痛の軽減に関する基準」に沿って行った²⁸⁾²⁹⁾。ギプス固定群では、後肢固定部に異常な浮腫や壊死が観察されたものは、サンプルから除外した。

各測定値は群ごとに平均値及び標準偏差を求め統計学的な検定を行った。体重では1要因に対応がある2要因の分散分析を用いた。組織重量及び相対的組織重量では、それぞれの群の比較に、分散の検定にはF検定法を用い、分散が等質であった場合はt検定法を、分散が等質でなかった場合はAspin - Welch検定法を用いた。全ての検定において有意水準は5% ($p < 0.05$) とした³⁰⁾。

結 果

固定開始時の体重は、S群が 254 ± 6 g、CAS群が 254 ± 9 gと両群間に有意な差が見られなかった。しかし固定終了時の体重は、S群が 265 ± 8 gと開始時に比べ増加したのに対し、CAS群では 237 ± 20 gと開始時に比べ減少し、両群間でも有意な差が認められた。体脂肪率は、CAS群が 20.6 ± 3.4 %とS群の 15.8 ± 5.3 %、に比べ有意に高値を示した。表1には心臓、肝臓、脾臓、副腎および腎臓の組織重量を平均値と標準偏差により示した。各臓器では肝臓においてのみ有意な差がみられ、S群に比べCAS群で低値を示した。他の内臓組織はS群とCAS群の間に有意な差は認められなかった。心臓、肝臓、脾臓、副腎および腎臓の相対的組織重量を平均値と標準偏差により表2に示した。相対的組織重量では絶対重量の結果と異なり、肝臓以外の他の組織でS群に比べCAS群で有意に高値を示した。

表3にはIBAT、腎周囲、副睾丸、腸間膜と単径部の各脂肪組織重量を平均値と標準偏差により示した。IBATではCAS群で低値を示す傾向はあるものの有意な差は認められなかった。また腎周囲、副睾丸、腸間膜の各WATでも、CAS群で高値を示す傾向はあるものの有意な差は認められなかった。しかし、単径

部皮下脂肪組織ではS群に比べCAS群で有意に低値を示した。次にIBAT、腎周囲、副睾丸、腸間膜と単径部の各脂肪組織の相対的重量を平均値と標準偏差により表4に示した。相対的重量では、腎周囲、腸間

膜の各WATでS群に比べCAS群で有意に高値を示した。一方、単径部皮下脂肪組織ではS群に比べCAS群で有意に低値を示した。IBATでは有意な差は認められなかった。

Table 1. Weight of Heart, liver, spleen, adrenal gland and kidney in rat

	Sedentary (n=7)	Cast-immobilization (n=7)	
Heart (mg)	712±27	737±54	
Liver (mg)	9375±1037	8040±997	*
Spleen (mg)	499±48	517±61	
Adrenal gland (mg)	21±4	24±5	
Kidney (mg)	960±56	951±44	

Values are expressed as mean ± SD

* : Significant difference from the value in sedentary group (p<0.05)

Table 2. Relative weight of Heart, liver, spleen, adrenal gland and kidney in rat.

	Sedentary (n=7)	Cast-immobilization (n=7)	
Heart (mg/g BW)	2.7±0.1	3.1±0.2	*
Liver (mg/g BW)	35.3±3.2	34.1±1.9	
Spleen (mg/g BW)	1.9±0.2	2.2±0.3	*
Adrenal gland (mg/g BW)	0.08±0.02	0.10±0.01	*
Kidney (mg/g BW)	3.6±0.3	4.1±0.2	*

Values are expressed as mean ± SD

BW ; Body weight

* : Significant difference from the value in sedentary group (p<0.05)

Table 3. Brown and white adipose tissue weight in rat.

	Sedentary (n=7)	Cast-immobilization (n=7)	
IBAT (mg)	147±28	120±24	
Perirenal (mg)	1036±194	1055±176	
Epididymal (mg)	1111±126	1179±192	
Mesenteric (mg)	2659±431	2959±214	
Subcutaneous of groin (mg)	2156±458	1668±275	*

Values are expressed as mean ± SD

IBAT ; interscapula brown adipose tissue

* : Significant difference from the value in sedentary group (p<0.05)

Table 4. Brown and white adipose tissue relative weight in rat.

	Sedentary (n=7)	Cast-immobilization (n=7)	
IBAT (mg/g BW)	0.55±0.09	0.52±0.13	
Perirenal (mg/g BW)	3.9±0.7	4.5±0.9	
Epididymal (mg/g BW)	4.2±0.4	5.0±0.6	*
Mesenteric (mg/g BW)	10.0±1.4	12.6±1.3	*
Subcutaneous of groin (mg/g BW)	8.1±1.6	7.1±1.1	*

Values are expressed as mean ± SD

BW ; Body weight

IBAT ; interscapula brown adipose tissue

* : Significant difference from the value in sedentary group (p<0.05)

考 察

本研究では、体脂肪率や各内臓組織重量と白色および褐色の各脂肪重量に対する下肢ギプス固定による不活動の影響について検討し、以下の主な結果を得た。ひとつは各内臓組織重量において、下肢ギプス固定による不活動により、肝臓重量においてのみ有意な変化が見られたことである。ふたつ目はWATのなかでも皮下脂肪組織重量については不活動の影響がみられるものの、他のWATやIBATの重量には影響が見られなかったことである。

各内臓組織重量については、肝臓において下肢ギプス固定による不活動により組織重量が減少し、相対的重量では差がみられなかった。Imaizumi and Tachiyashiki³¹⁾及びImaizumiら³²⁾は、Whole body suspension (WBS) による不活動で同様な報告をしている。また我々も運動量の変化に対する肝臓重量の適応を報告しており³³⁾、肝臓は他の内臓組織に比べて、活動量の変化と、それによる代謝およびエネルギー収支の変化に対して適応が速いのではないかと考えられる。また心臓、脾臓、腎臓は相対的組織重量で、対照群に比べて有意に高値を示した。これらはImaizumi and Tachiyashiki³¹⁾、Imaizumiら³²⁾およびShiratoら³⁴⁾の報告と同様であり、その理由は体重の減少によるものと考えられる。副腎重量は、ストレスにより増加する事が知られている^{35) 36)}。Shiratoら³⁴⁾はラットを用いた不活動の実験により、対照群に対して1.13倍の副腎重量の増加を報告している。本研究では副腎重量は、対照群に対して1.25倍を示し、Shiratoら³⁴⁾の報告と同様に、下肢ギプス固定による不活動はストレス状態を引き起こすことが示された。Imaizumi and Tachiyashiki³¹⁾とImaizumiら³²⁾は10日間のWBSによる不活動で、対照群に対して1.5倍からほぼ2倍の副腎重量の増加を報告している。これらと比較すると、本研究で用いた下肢ギプス固定はストレス状態を引き起こすものの、不活動を引き起こす条件として多く用いられているサスペンションに比べて、穏やかな条件であると考えられる。

本研究ではIBAT重量においては両群間で有意な差が認められなかった。我々は、本研究と同様に10日間の下肢ギプス固定による不活動で、対照群に比べて有意に低値を示す事を報告している²²⁾。本研究ではIBAT重量は有意な差はみられないものの、対照群に対して、絶対重量で0.82倍、相対重量で0.95倍を示した。Imaizumi and Tachiyashiki³¹⁾とImaizumiら³²⁾は、WBS

によりラットの直腸温が高値を示し、それはストレスによる代謝亢進によるのではないかと考察している。BATは体熱産生に関与する器官であり¹⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾、代謝が亢進した場合、熱産生が上昇する可能性が考えられる。BATは組織中に産熱のエネルギー源となる多数の小脂肪滴を有している¹⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。ストレスによりIBAT組織内の脂肪滴をエネルギー源として熱産生が上昇した結果、組織重量が低値を示すのではないかと推察される。本研究でも副腎重量の増加から考えて、下肢ギプス固定によるストレス状態がIBAT重量に影響したのではないかと考えられる。しかし、本研究の結果は、我々の先の研究²²⁾と異なる結果であった。その理由については明らかではないが、今回はIBATの熱産生量や脂肪含量を測定していないため、今後さらに詳細に検討する必要があると考えられる。

本研究では、WATにおいて、内臓脂肪組織と皮下脂肪組織では下肢ギプス固定の影響に違いがみられた。すなわち、内臓脂肪組織ではその重量に変化がみられなかったものの、皮下脂肪組織では有意に低値を示した。白色脂肪である皮下脂肪と内臓脂肪では、それぞれに特異的ないくつかの遺伝子発現があると報告されている^{37) 38)}。そのため両組織に存在する脂肪代謝にかかわるタンパク質やその量比も異なり、脂肪の合成と分解の速度、脂肪酸放出能および飢餓などのエネルギーバランスの変化に対する反応も異なると考えられる³⁹⁾⁻⁴²⁾。WATの脂肪細胞は、その容積の大部分を貯蔵脂肪で占められている²⁾⁴⁾⁵⁾。そのため組織重量は貯蔵脂肪量に影響される。脂肪細胞における脂肪の合成と分解について、岩尾ら³⁹⁾は、 β アドレナリン性脂肪分解能は、皮下脂肪に比べて内臓脂肪組織で活性が高いと報告している。またLiら⁴⁰⁾は 飢餓状態のように脂肪が動員・分解される状況では、脂肪分解のキー酵素であるホルモン感受性リパーゼ発現は、内臓脂肪において高値を示すと報告している。さらにLiら⁴⁰⁾は、飢餓時には皮下脂肪において、脂肪酸合成酵素の発現が有意に抑制される事を報告している。つまり通常の飼育状態では、内臓脂肪組織は皮下脂肪組織に比べて脂肪分解活性が高く、さらに脂肪が動員・分解される状況においては、脂肪合成は抑制されず、分解がさらに亢進される事を示している。しかし、本研究では内臓脂肪組織重量に有意な変化がみられず、皮下脂肪組織においてのみ有意な変化がみられた。本研究では、今回対照とした脂肪組織での脂肪細胞の形態や、脂肪の合成・分解を測定していないため、先行研究との相違につ

いての理由は不明である。我々の先の研究^{21) 22)}において、総mRNA量等から間接的に脂肪分解能抑制の推定を行ったが、今回の結果を踏まえて、脂肪細胞の形態の変化や脂肪代謝の律速段階となる酵素活性等を測定し、さらに詳細に検討する必要がある。

引用文献

- 1) Cinti S. Between brown and white: novel aspects of adipocyte differentiation. *Ann Med.* 2011; 43 (2): 104-15.
- 2) Fawcett DF, Jensch RP. *Bloom and Fawcett's Concise Histology*. 2nd. London: Edward Arnold, 2002.
- 3) 井澤 鉄也, 駒林 隆夫. 脂肪組織のエクササイズバイオロジー. 1版. 東京: NAP, 2011.
- 4) 門脇 孝, 小川 佳宏. 糖尿病カレントライブラリー 7 脂肪細胞と脂肪組織. 1版. 東京: 文光堂, 2007.
- 5) McCance RA, Widdowson EM. *Fat*. *Pediatr Res.* 1977; 11(10 Pt 2): 1081-3.
- 6) Himms-Hagen J. Regulation of metabolic processes in brown adipose tissue in relation to nonshivering thermogenesis. *Adv Enzyme Regul.* 1970;8:131-51.
- 7) Himms-Hagen J. Brown adipose tissue metabolism and thermogenesis. *Annu Rev Nutr.* 1985;5:69-94.
- 8) Sakurai T, Endo S, Hatano D, Ogasawara J, Kizaki T, Oh-ishi S, Izawa T, Ishida H, Ohno H. Effects of exercise training on adipogenesis of stromal-vascular fraction cells in rat epididymal white adipose tissue. *Acta Physiol (Oxf).* 2010; 200(4): 325-38.
- 9) Miyazaki S, Izawa T, Ogasawara JE, Sakurai T, Nomura S, Kizaki T, Ohno H, Komabayashi T. Effect of exercise training on adipocyte-size-dependent expression of leptin and adiponectin. *Life Sci.* 2010; 86(17-18): 691-8.
- 10) Hatano D, Ogasawara J, Endoh S, Sakurai T, Nomura S, Kizaki T, Ohno H, Komabayashi T, Izawa T. Effect of exercise training on the density of endothelial cells in the white adipose tissue of rats. *Scand J Med Sci Sports.* 2011; 21 (6): e115-21.
- 11) Stallknecht B. Influence of physical training on adipose tissue metabolism--with special focus on effects of insulin and epinephrine. *Dan Med Bull.* 2004; 51(1): 1-33.
- 12) Booth MA, Booth MJ, Taylor AW. Rat fat cell size and number with exercise training, detraining and weight loss. *Fed Proc.* 1974; 33(8): 1959-63.
- 13) Terblanche SE, Gohil K, Packer L, Henderson S, Brooks GA. The effects of endurance training and exhaustive exercise on mitochondrial enzymes in tissues of the rat (*Rattus norvegicus*). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2001; 128 (4): 889-96.
- 14) Boss O, Samec S, Desplanches D, Mayet MH, Seydoux J, Muzzin P, Giacobino JP. Effect of endurance training on mRNA expression of uncoupling proteins 1, 2, and 3 in the rat. *FASEB J.* 1998; 12(3): 335-9.
- 15) Yamashita H, Yamamoto M, Sato Y, Izawa T, Komabayashi T, Saito D, Ohno H. Effect of running training on uncoupling protein mRNA expression in rat brown adipose tissue. *Int J Biometeorol.* 1993; 37(1): 61-4.
- 16) Barja de Quiroga G. Brown fat thermogenesis and exercise: two examples of physiological oxidative stress? *Free Radic Biol Med.* 1992; 13(4):325-40.
- 17) Hnik P, Vejsada R, Goldspink DF, Kasicki S, Krekule I. Quantitative evaluation of electromyogram activity in rat extensor and flexor muscles immobilized at different lengths. *Exp Neurol.* 1985; 88(3):515-28.
- 18) Lindboe CF, Presthus J. Effects of denervation, immobilization and cachexia on fibre size in the anterior tibial muscle of the rat. *Acta Neuropathol.* 1985; 66(1): 42-51.
- 19) Steinberg ME, Trueta J. Effects of activity on bone growth and development in the rat. *Clin Orthop Relat Res.* 1981; (156): 52-60.
- 20) Szöör A, Rapcsák M, Hollósi G. Experimental investigations on the hypokinesia of skeletal muscles with different functions, VIII. Effect of plaster-cast immobilization on the contractile properties of rat skeletal muscles with different functions. *Acta Biol Acad Sci Hung.* 1981; 32(2): 129-35.
- 21) 辻本尚弥, 佐藤章悟, 鈴木英樹, 立屋敷かおる, 白土 健, 今泉和彦. ギブス固定によるラット

- 褐色・白色脂肪組織における β ?アドレナリン受容体、グルココルチコイド受容体、脱共役タンパク質発現の応答. 体力科学 2011; 60(6): 104.
- 22) Sato S, Tsujimoto H, Suzuki H, Tachiyashiki K, Shirato K, Imaizumi K. Effects of caged-immobilization on the expressions of β -adrenergic receptors, glucocorticoid receptor and uncoupling proteins in brown and white adipose tissues of rats. The 7th Congress of Federation of Asia and Oceania Physiological Societies abstract. 2011;P31: 275.
- 23) Larson KA, Anderson DB. The effects of lipectomy on remaining adipose tissue depots in the Sprague Dawley rat. Growth. 1978; 42(4): 469-77.
- 24) LaFranchi S, Hanna CE, Torresani T, Schoenle E, Illig R. Comparison of growth hormone binding and metabolic response in rat adipocytes of epididymal, subcutaneous, and retroperitoneal origin. Acta Endocrinol (Copenh). 1985; 110(1): 50-5.
- 25) Newby FD, DiGirolamo M, Cotsonis GA, Kutner MH. Model of spontaneous obesity in aging male Wistar rats. Am J Physiol. 1990; 259(6 Pt 2): R1117-25.
- 26) 鈴木英樹, 辻本尚弥. ラットの後肢骨格筋における固定とサスペンションの影響. 愛知教育大学研究報告 芸術・保健体育・家政・技術科学・創作編 2010; 59: 43-6.
- 27) Rathbun EN, Pace N, Howard E (technical assistant). STUDIES ON BODY COMPOSITION: I. The determination of total body fat means of the body specific gravity. J. Biol. Chem. 1945; 158: 667-76.
- 28) 総理府内閣総理大臣官房管理室. 実験動物飼育保管研究実験動物飼育及び保管等に関する基準の解説. 1版. 東京: ぎょうせい, 1980.
- 29) 前島一淑, 江崎考三郎, 篠田元扶, 山内忠平, 光岡知足, 菅野茂, 辻 茂, 土井邦雄. 新実験動物学. 1版. 東京: 朝倉書店, 1988.
- 30) 森敏昭, 吉田寿夫. 心理学のためのデータ解析テクニカルブック, 1版, 京都:北大路書房, 1990.
- 31) Imaizumi K, Tachiyashiki K. Effects of Feeding Levels and Body Weight Loading on Muscle Mass and Visceral Organ Size in Rats. Adv Exerc Sports Physiol 1994; 1(1): 41-50.
- 32) Imaizumi K, Tachiyashiki K, Jikihara K. Responses of Visceral Organ Size and Skeletal Muscle Mass During Whole Body Suspension and Recovery in Rats. Adv Exerc Sports Physiol 1996; 2(1): 19-29.
- 33) 辻本尚弥, 鈴木英樹, 春日規克. 走及びジャンプトレーニングの前脛骨筋に対する効果. 名古屋経済大学・市邨学園短期大学 自然科学研究会誌 1994; 29(1): 5-18.
- 34) Shirato K, Motohashi N, Tanihata J, Tachiyashiki K, Tomoda A, Imaizumi K. Effects of two types of inactivity on the number of white blood cells in rats. Eur J Appl Physiol. 2006; 98(6): 590-600.
- 35) Yokogoshi H, Takase S, Goda T, Hoshi T. Effects of suspension hypokinesia/hypodynamia on the body weight and nitrogen balance in rats fed with various protein concentrations. 1990; 54: 779-89.
- 36) Hayase K, Yokogoshi H. Effect of suspension hypokinesia/hypodynamia on tissue protein turnover in rats. Jpn J Physiol. 1991; 41(3): 473-82.
- 37) 和田淳, 肥田和之, 四方賢一, 槇野博史. OLETF ラット内臓脂肪組織に発現する遺伝子の同定. 肥満研究. 2001; 7(1): 54-6.
- 38) Kawano K, Hirashima T, Mori S, Saitoh Y, Kurosumi M, Natori T. Spontaneous long-term hyperglycemic rat with diabetic complications. Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) strain. Diabetes. 1992; 41(11): 1422-8.
- 39) 岩尾暢子, 押田芳治, 佐藤祐造. 遺伝性および後天性肥満における内臓脂肪と皮下脂肪との脂肪分解能の相違に関する研究 microdialysis法を用いた検討. 健康医科学研究助成論文集. 1997; 12: 10-20,
- 40) Li Y, Bujo H, Takahashi K, Shibasaki M, Zhu Y, Yoshida Y, Otsuka Y, Hashimoto N, Saito Y. Visceral fat: higher responsiveness of fat mass and gene expression to calorie restriction than subcutaneous fat. Exp Biol Med (Maywood). 2003; 228(10): 1118-23.
- 41) Wajchenberg BL. Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. Endocr Rev. 2000; 21(6): 697-738.
- 42) Jensen MD. Lipolysis: contribution from regional fat. Annu Rev Nutr. 1997; 17:127-39.