

Monograph

Tejido Adiposo: Anatomía y Estructura Básica

Darío F Cappa, MSc¹

¹Instituto de Educación Física Dr. Jorge E. Coll, Mendoza, Argentina.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una serie de contenidos básicos sobre el tejido adiposo. El mismo pertenece a una serie de artículos que intentan completar el estudio de este tejido tan importante. Es bien sabido que el sobrepeso y la obesidad obedecen a un aumento desmedido del este tejido. Sin embargo se puede considerar un aumento del tejido por hipertrofia (aumento del tamaño) o por hiperplasia (aumento del número de células grasas - adipocitos). Es importante conocer además la composición interna de los adipocitos. Por ello se desarrolla en detalle que ácidos grasos componen el tejido adiposo. Por último se dedica una parte del artículo a la medición externa del tejido adiposo para poder ser cuantificada como un porcentaje de grasa del peso total para controlar los cambios por ejercicio y/o dieta.

Palabras Clave: adipocito, célula grasa

El tejido adiposo es fundamental para el ser humano. Es responsable de muchas funciones y no se podría prescindir de él. Sin embargo un exceso de este tejido genera una serie de complicaciones en la salud del ser humano. El exceso de tejido adiposo se conoce como sobrepeso y obesidad. Las enfermedades más comunes derivadas de la obesidad son los problemas cardiovasculares y traumatológicos que en ocasiones llegan a la muerte. La obesidad y el sobrepeso es considerada una pandemia según la Organización Mundial de la Salud y muchos profesionales la combaten a diario (médicos, nutricionistas y profesionales del ejercicio).

La función que tradicionalmente se le atribuye a este tejido es la de almacenar energía en forma de triglicéridos aunque también es un órgano endocrino que produce una gran cantidad de péptidos y otros factores que tienen funciones endocrinas y paracrinas. El tejido adiposo representa en sujetos normales y sanos entre el 10 y 30% del peso corporal total (Snyder 1975). Sin embargo en sujetos con obesidad mórbida puede ocupar más del 80% del peso total. Estos valores pueden variar muchísimo teniendo en cuenta la forma o el método de valorar la cantidad de tejido.

El tejido adiposo está compuesto por muchas células. Según Langin en el 2009, los adipocitos constituyen del 80-90% del volumen total del tejido pero solo el 60-70% del número de células. El tejido adiposo está altamente vascularizado (Frayn 2006). Por lo menos un capilar toma contacto con cada adipocito. El flujo sanguíneo en el tejido adiposo subcutáneo es de 3 a 4 ml x 100gr x min. En general este valor es mayor a los valores para el músculo esquelético en reposo (1.5 ml x 100gr x min). Esto explica que el adipocito tiene un metabolismo importante y no es solo un depósito de energía como se lo consideraba hace algunos años.

En sujetos normales (delgados) el tejido adiposo contiene 18% de agua, 80% de triglicéridos y 2% de proteínas aproximadamente. Sin embargo en sujetos obesos el contenido graso aumenta y disminuye proporcionalmente el contenido acuoso.

El tamaño del adipocito es de suma importancia porque se utiliza como criterio para medir cambios en la grasa corporal y valorar cambios como consecuencia de diferentes tratamientos o programas de ejercicio. También se utiliza para realizar comparaciones entre diferentes grupos (entrenados - no entrenados / obesos - no obesos).

Existen dos tejidos de grasa: tejido adiposo blanco y marrón. El tejido adiposo blanco está compuesto en forma de adipocitos esféricos empaquetados fuertemente. Los adipocitos varían en diámetro de 30-130 micrómetros. En los adipocitos maduros una gota grande de grasa compone su interior. Se requiere una estructura externa importante de tejido conectivo para sostener los adipocitos en su lugar.

El exoesqueleto del adipocito está compuesto por una red de fibras reticulares y colágeno 1 formando una canasta de colágeno peri adipocito cuya función es la de proteger a la célula de rupturas mecánicas (Sbarbati 2010). Cada célula produce una lámina basal con una composición típica. La red que generan las láminas basales del adipocito y las proteínas y proteoglicanos de la matriz extracelular (fibronectin, decorin, tenascin C, osteonectin, osteopontin, matrix metalloproteinases) reducen las fuerzas externas y aseguran la estructura y funcionalidad del tejido adiposo (Mariman 2010). A parte de las células de la matriz extracelular también forma parte del tejido adiposo la parte vascular, células progenitoras, preadipocito, fibroblastos, células endoteliales de la sangre, macrófagos, vasos linfáticos y células inmunes infiltradas. La figura 1 muestra la estructura completa.

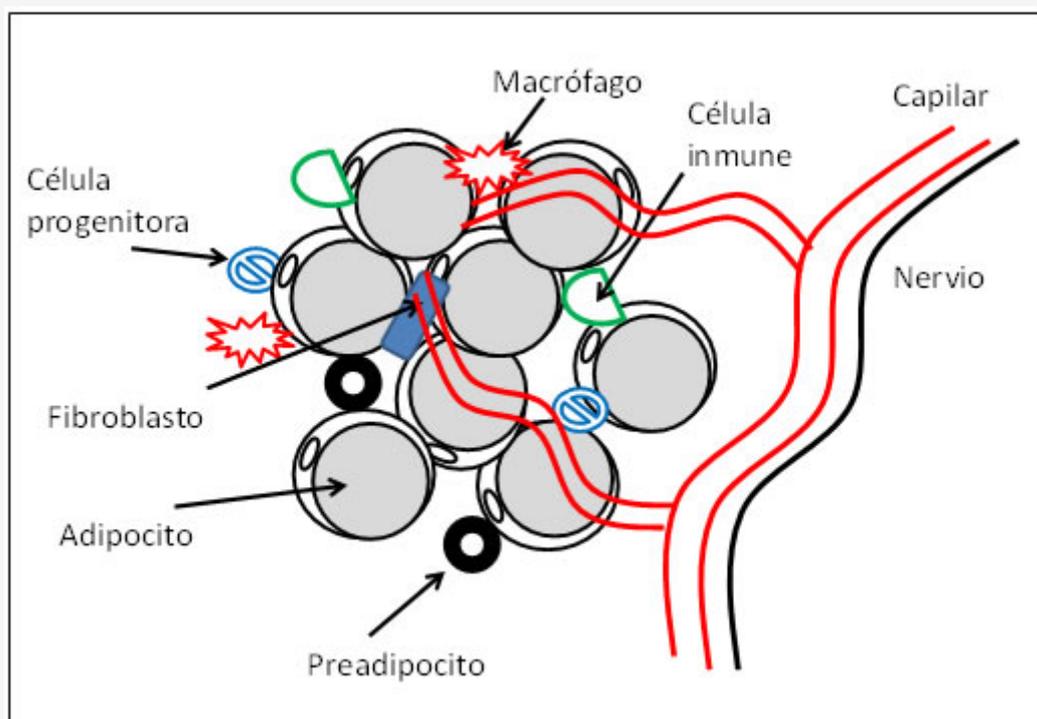


Figura 1

Las células progenitoras tienen la capacidad de diferenciarse no solo en adipocitos maduros sino también en neuronas, hepatocitos y otros (Yarak 2010). Los preadipocitos representan del 15-50% del tejido blanco adiposo. También este tejido está infiltrado por varias células inmunológicas como macrófagos, linfocitos (natural killer, T helper, T regulatory and B lymphocytes). En sujetos magros predominan los macrófagos M2 mientras que en los sujetos obesos predominan los macrófagos polarizados (activados y pro inflamatorios M1) (Anderson 2010).

Existen datos relevantes sobre diferencias regionales importantes en el tamaño de la célula grasa y por lo tanto estos datos siguen conflictivos. Por ejemplo los trabajos de Sjöström y Björntorp no muestran diferencias entre adipocitos de la zona hipogástrica, los glúteos y la zona femoral en adultos jóvenes. Mientras que Salans y col. encontraron una diferencia importante entre la zona glútea comparada con los tríceps y la región abdominal.

Algunos estudios calculan el valor total de la grasa con datos de una sola región mientras que otros lo hacen utilizando promedios de varias zonas. Si no se utilizan promedios de varias zonas se pueden obtener datos erróneos sobre este tejido tan importante.

Clarkson en 1980 publicó un trabajo analizando el tamaño de las células grasas de varios sitios anatómicos con el objetivo de establecer datos de base. Se evaluaron 18 sujetos de peso normal entre 20-26 años (80 kg - 13.6 % grasa). Se realizaron biopsias de grasa de la zona subescapular, abdominal y glútea en dos ocasiones para minimizar el error. Las células grasas

fueron analizadas con el método de Lavau. Los resultados se observan en la tabla 1.

	Diámetros micrómetros		Volumen celular micrómetros ³
	Día 1	Día 2	
Subescapular n=13	79.3 ± 13.5	77.9 ± 13.8	318.001
Abdominal n=15	81.2 ± 17.2	80.8 ± 14.5	366.450
Glúteo n=16	90.2 ± 9.8	90.4 ± 9.8	478.084

Tabla 1. Resultados del tamaño de las células grasas por regiones.

Se encontró una diferencia significativa en el volumen de las células grasas a favor de la zona glútea y se recomienda realizar biopsias en esta zona para el cálculo de la masa grasa total cuando se quiere valorar la posibilidad de generar patologías.

Los datos de Clarkson pertenecen a sujetos que no estaban excedidos de peso corporal y creemos que es importante conocer si los sujetos que han perdido la relación entre su peso y la talla tienen o no valores similares. Garaulet en el 2006 publicó un estudio realizado en 29 hombres y 55 mujeres excedidos de peso con un BMI arriba de 31 mts x kg² que se considera según la Organización Mundial de la Salud grado de Obesidad 1. Los resultados se aprecian en la tabla 2.

	Total	Hombres	Mujeres
Subcutánea			
Diámetro (micrómetro)	95 ± 11.6	93.7 ± 10.7	95.9 ± 12.3
Peso (microgramo)	0.49 ± 0.1	0.46 ± 0.1	0.5 ± 0.1
Perivisceral			
Diámetro (micrómetro)	95.2 ± 12.2	97.9 ± 10.7	94.7 ± 11.8
Peso (microgramo)	0.46 ± 0.1	0.52 ± 0.2	0.45 ± 0.1

Tabla 2. Tamaños y pesos de la célula grasa en sujetos obesos.

Como podemos apreciar comparando los datos de la tabla 1 y 2, el diámetro de las células grasas no difiere mucho entre sujetos normales y obesos. Por ello se acepta en la actualidad de que la obesidad es un problema de cantidad de células (hiperplasia) y no de tamaño solamente. Björntorp en 1971 estableció que la obesidad puede ser por hipertrofia o hiperplasia de los adipocitos. Se ha establecido que el número de adipocitos en los sujetos normales es de 3 x 10¹⁰, mientras que se considera una hiperplasia valores arriba de 5 x 10¹⁰ (valor arbitrario propuesto por Björntorp). Para aclarar esto a continuación mostramos datos de un trabajo de Tchoukalova en el 2008 donde analizó el tamaño de los adipocitos en 188 mujeres y 133 hombres que estaban catalogados según su BMI en sujetos normales, con sobrepeso y con obesidad. La tabla 3 muestra los resultados.

BMI categoría	Abdominal	Glútea	Femoral
<25	0.41 ± 0.2	0.48 ± 0.15	0.57 ± 0.23
25 – 30	0.59 ± 0.23	0.47 ± 0.15	0.67 ± 0.26
>30	0.78 ± 0.24	0.71 ± 0.23	0.83 ± 0.18

Tabla 3. Resultados de tamaño de los adipocito según valores de BMI. Los datos son en microgramos.

En la tabla 3 se puede apreciar claramente el fenómeno de hipertrofia que genera el adipocito conforme continua aumentando el peso corporal en sujetos adultos por sobrealimentación. Esto muestra la capacidad de la célula grasa para acumular una mayor cantidad de energía en forma de triglicéridos. Sin embargo esta capacidad de aumento de tamaño parece tener un límite. Se ha propuesto que cuando el tamaño de la célula grasa alcanza un 170-180% de su valor normal, se genera un proceso de hiperplasia (se divide en 2 células) (Hirsh 1989).

Para aclarar el tema de la diferencia en el tipo de obesidad es útil analizar los datos de Björntorp de 1975 donde midió a mujeres adultas obesas. El autor las divide en personas con dos tipos de obesidades (hipertrófica o hiperplásica).

	Obesidad hipertrófica	Obesidad hiperplásica
Tamaño adipocito microgramo		
Abdominal	0.80 ± 0.03	0.71 ± 0.06
Femoral	0.89 ± 0.03	0.74 ± 0.04
Glútea	0.97 ± 0.04	0.69 ± 0.06
Cantidad adipocito x10¹⁰	4.4 ± 0.2	6.2 ± 0.5

Tabla 4. Tamaño y cantidad de adipocito de acuerdo al tipo de obesidad.

Como se puede observar en la tabla 4 las mujeres que pertenecían al grupo de obesidad hiperplásica tenían casi un 50% más de adipocitos que los del grupo de obesidad hipertrófica. Mientras que las mujeres del grupo de obesidad hipertrófica mostraban un 20% más de tamaño en los adipocito.

En este estudio también se sometió a los sujetos a un proceso de dieta para ver como se modificaba el tejido adiposo. Los datos se muestran en la tabla 5.

	Obesidad hipertrófica	Obesidad hiperplásica
Grasa kilos	-12 ± 4	-17 ± 3
Tamaño adipocito microgramo		
Abdominal	-0.25 ± 0.06	-0.20 ± 0.05
Femoral	-0.28 ± 0.05	-0.15 ± 0.06
Glútea	-0.31 ± 0.03	-0.13 ± 0.05
Cantidad adipocito x10¹⁰	+0.1 ± 0.3	-0.2 ± 0.3

Tabla 5. *Tamaño y cantidad de adipocito luego de 26 semanas de dieta.*

La tabla 5 muestra que cuando se realiza un periodo de dieta importante y se pierden más de 10 kilos de peso, las modificaciones del adipocito no son siempre iguales.

Por ejemplo se observa claramente que ha habido una pérdida de tamaño en ambos tipos de obesidad, mientras que no se han perdido cantidad de células grasas.

Ácidos grasos

Si bien hemos hablado mucho de la estructura externa del adipocito, es importante conocer como está formado en su interior. Es ampliamente sabido que los adipocitos contienen triglicéridos y que estos son la suma de un glicerol y 3 ácidos grasos. Los triglicéridos en el tejido adiposo humano contienen ácidos grasos de 10 a 22 átomos de carbono y con 0 a 6 dobles ligaduras entre carbonos.

La tabla 6 muestra el nombre y las características de los ácidos grasos más comunes.

Nombre Común	Carbonos	Enlaces Dobles	Nomenclatura Química	Fuentes
Acido Butírico	4	0	ácido butanoico	mantequilla
Acido Caproico	6	0	ácido hexanoico	mantequilla
Acido Caprílico	8	0	ácido octanoico	aceite de coco
Acido Cáprico	10	0	ácido decanoico	aceite de coco
Acido Láurico	12	0	ácido dodecanoico	aceite de coco
Acido Mirístico	14	0	ácido tetradecanoico	aceite de palmiste
Acido Palmítico	16	0	ácido hexadecanoico	aceite de palma
Acido Palmitoleico	16	1	ácido 9-hexadecenoico	grasas animales
Acido Esteárico	18	0	ácido octadecanoico	grasas animales
Acido Oleico	18	1	ácido 9-octadecenoico	aceite de oliva
Acido Ricinoleico	18	1	ácido 12-hidroxi-9-octadecenoico	aceite de ricino
Acido Vaccénico	18	1	ácido 11-octadecenoico	mantequilla
Acido Linoleico	18	2	ácido 9,12-octadecadienoico	aceite de semilla de uva
Acido Alfa-Linolénico (ALA)	18	3	ácido 9,12,15-octadecatrienoico	aceite de lino (linaza)
Acido Gamma-Linolénico (GLA)	18	3	ácido 6,9,12-octadecatrienoico	aceite de borraja
Acido Araquídico	20	0	ácido eicosanoico	aceite de cacahuate y de pescado
Acido Gadoleico	20	1	ácido 9-eicosenoico	aceite de pescado
Acido Araquidónico (AA)	20	4	ácido 5,8,11,14-eicosatetraenoico	grasas del hígado
EPA eicosapentanoico	20	5	ácido 5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	aceite de pescado
Acido Behénico	22	0	ácido docosanoico	aceite de colza (canola)
Acido Erucico	22	1	ácido 13-docosenoico	aceite de colza (canola)
DHA Acido Docosahexaenoico	22	6	ácido 4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	aceite de pescado
Acido Lignocérico	24	0	ácido tetracosanoico	pequeñas cantidades muchas grasas

Tabla 6. Nomenclatura de los ácidos grasos.

La nomenclatura oficial de ácidos grasos consiste en establecer el número de átomos de carbono de la cadena, seguido por dos puntos y el número de dobles enlaces. La localización del doble enlace se designa con el número del átomo de carbono donde empieza, contando a partir del extremo carboxílico. De este modo el ácido oleico es 18:1(9); este tiene 18 carbonos y el 1 tras los dos puntos es el número de dobles enlaces y el 9 entre paréntesis representa que el doble enlace comienza en el 9º carbono, contando desde el extremo -COOH.

La tabla 7 muestra la composición general básica de los adipocitos:

Nombre acido	% contenido del adipocito
Ácido palmítico 16C:0	20-21%
Ácido palmítoleico 16C:1(9)	5-6%
Acido esteárico 18C	3-4%
Acido oleico 18C:1(9)	40-41%
Ácido linoleico 18C:2(6)	14-15%

Tabla 7. Contenido general de ácidos grasos de los adipocitos.

Los demás ácidos grasos solo aportan cantidades menores debajo del 1-2 % del total. El ejercicio promueve la movilización de estos ácidos grasos para la producción de energía y por lo tanto de la pérdida de tamaño del adipocito. Conocer el tipo de ejercicio y las intensidades que generan la optima movilización de los ácidos grasos es de suma importancia para la prescripción del entrenamiento.

Esta pequeña introducción sirve para analizar como es el tejido adiposo en el ser humano. Mientras más sabemos de él mejores programas de entrenamiento se podrán aplicar con el objetivo de disminuir su nivel cuando así se lo desee. Sin embargo la masa adiposa pocas veces se analiza con biopsias en la ciencia del ejercicio cuando se considera programa de intervención para bajar de peso corporal. En muy común que en gimnasios y clubes se mida la acumulación de grasa con métodos indirectos. Estos métodos están descriptos en la antropometría que utiliza mediciones externas del tejido adiposo (no están considerados en este escrito los diagnósticos por imágenes, la bioimpedancia eléctrica u otros métodos que utilizan técnicas de laboratorio). Son los métodos indirectos de medición de pliegues subcutáneos de grasa los que tienen mayor popularidad en las ciencias aplicadas del ejercicio y por ello aportaremos algunos datos para poder comprender la valoración del tejido adiposo.

Los pliegues subcutáneos de grasa se miden con plicómetros o pinzas de antropometría (para más datos visitar <http://www.isakonline.com/>). Las quijadas de la pinza de pliegues se aplican al doble pliegue de grasa (figura 2) para medir la distancia del tamaño del pliegue.

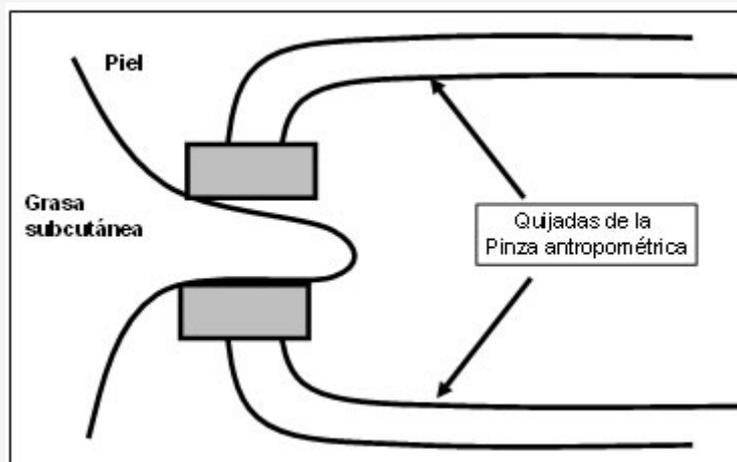


Figura 2. Doble pliegue de grasa subcutánea.

En general ese este valor se ingresa a formulas para la estimación de la densidad de la masa grasa para luego calcular el porcentaje que representa esta del peso total. Se debe asumir que el tejido adiposo tiene una densidad (peso / volumen) similar en todo el ser humano. Fidanza ya en 1953 estudió la densidad de la masa grasa y la misma muestra una densidad bastante constante independientemente del sitio que se considere, del sexo y del estado nutricional. Los datos del trabajo

se muestran en la tabla 8.

Sujeto	Sexo	Edad años	Estado	Grasa subcutánea	Grasa interna
AN	Mujer	76	Magro	0.8998	0.8998
RB	Mujer	56	Bien nutrido	0.8992	0.9002
HM	Hombre	38	Bien nutrido	-----	0.8998
AM	Hombre	54	Bien nutrido	0.9009	0.9004
AS	Hombre	53	Obeso	0.9006	0.8999
Media				0.9000	0.9000
Desvío estándar				± 0.00103	± 0.0051

Tabla 8. Densidades de la grasa subcutánea e interna en gramo x cm² a 37C°.

Como conclusión parcial podemos decir que es claro que existe una diferencia en el tejido adiposo entre sujetos normales y obesos. En artículos siguientes se desarrollaran más aspectos fisiológicos de este tejido y sobre todo como se genera el gasto de energía durante el ejercicio.

REFERENCIAS

- Anderson, E., Gutierrez, D. & Hasty, A. (2010). Adipose tissue recruitment of leukocytes. *Curr Opin Lipidol* 21, 172-177
- Björntorp P, Carlgren G, B Isaksson, Krotkiewski M, Larsson B, and Sjöström L (1975). Effect of an energy-reduced dietary regimen in relation to adipose tissue cellularity in obese women. *The American Journal of Clinical Nutrition* 28: MAY, pp. 445-452
- Björntorp, P (1974). Effects of age, sex, and clinical conditions on adipose tissue cellularity in man. *Metabolism* 23: 1091
- Björntorp P, Bengtsson C, Blohm C, Jonsson A, Sjornstrom P, Tibblin E, Tibblin G, and Wilhelmsen L (1971). Adipose Tissue Fat Cell Size and Number in Relation to Metabolism in Randomly Selected Middle-Aged Men and Women. *Metabolism*, vol. 20, no. 10 (october)
- Fidanza F, Keys A and Anderson T (1953). Density of Body Fat in Man and Other Mammals. *J Appl Physiol*. Oct;6(4):252-6
- Frayn KN, Macdonald IA (1996). Adipose tissue circulation. In: Nervous Control of Blood Vessels, edited by Bennett T, Gardiner SM. Amsterdam: Harwood Academic, p. 505-539
- Garaulet M, Hernandez-Morante JJ, Lujan J, Tebar FJ, Zamora S (2006). Relationship between fat cell size and number and fatty acid composition in adipose tissue from different fat depots in overweight/obese humans. *Int J Obes (Lond)*. Jun;30(6):899-905
- Hirsch J. y col (1989). The Fat Cell. *Med Clin of North America*. Vol 73 Nº1 January. p79-93
- Lavau, M, Susini C, Knirtle J, Blanchethirst s and Greenwood M (1977). A reliable photomicrograph method for determining fat cell size and number: application to dietary obesity. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med*. 156: 251
- Langin D, Frühbeck G, Frayn KN, Lafontan M (2009). Adipose tissue: development, anatomy and functions. *Obesity: Science to Practice*, edited by Williams G, Frühbeck G. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, p. 79-108
- Snyder WS (1975). Report of the Task Force on Reference Man. Oxford, UK: Pergamon Press for the International Commission on Radiological Protection
- Mariman, E. & Wang, P (2010). Adipocyte extracellular matrix composition, dynamics and role in obesity. *Cell Mol Life Sci* 67, 1277-1292
- Salans, L, Cushman S and Weisman R (1973). Studies on human adipose tissue: adipose cell size and number in nonobese and obese patients. *J. Clin. Invest*. 52: 929
- Sbarbati A, Accorsi D, Benati D, Marchetti L, Orsini G, Rigotti G, Panettiere P (2010). Subcutaneous adipose tissue classification. *European Journal of Histochemistry*; volume 54:e48
- Sjöström I, Smith U, Krotkiewski M and Björntorp P (1972). Cellularity in different regions of adipose tissue in young men and women. *Metabolism* 21: 1143
- Tchoukalova Y, Koutsari C, Karpyak M, Votruba S, Wendland E, and Jensen M (2008). Subcutaneous adipocyte size and body fat distribution. *Am J Clin Nutr*; 87:56-63

17. Yarak, S. & Okamoto, O (2010). Human adipose-derived stem cells: current challenges and clinical perspectives. *An Bras Dermatol* 85, 647-656