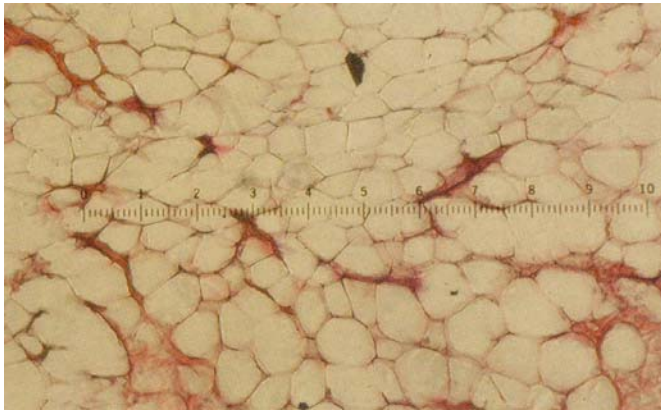

Co się dzieje z tłuszczem po zabiegu z wykorzystaniem urządzenia UltraShape?

Spencer Brown, Ph.D., *Director of Plastic Surgery Research, UT Southwestern Medical Center, Dallas, USA*

Wprowadzenie

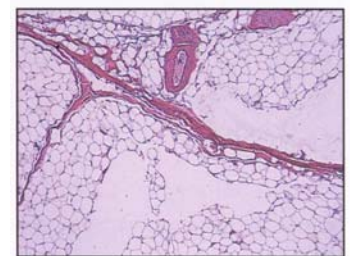
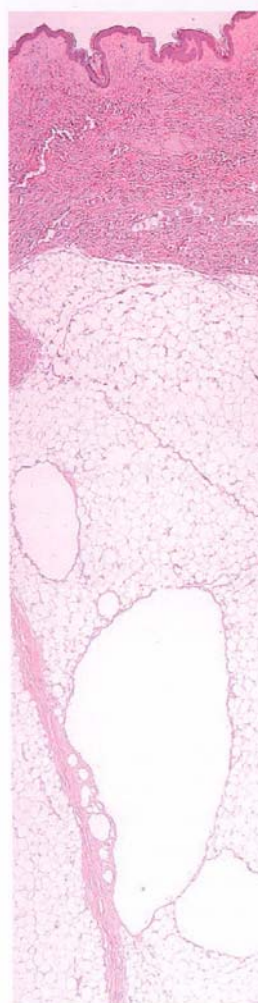
Tłuszcz jest naturalną i bardzo efektywną formą przechowywania nadmiaru energii, ze względu na niewielką zajmowaną ilość miejsca oraz niewielkie wymagania, co do ilości wody w trakcie przechowywania. Rysunek 1 pokazuje typowy preparat histopatologiczny ludzkich komórek tłuszczowych. To, co jest widoczne jako puste przestrzenie, jest w rzeczywistości komórką wypełnioną tłuszczem. Do 75% objętości komórki tłuszczowej zajęte jest tym, co nazywamy tłuszczem (trójglicerydy).



Rysunek 1: Typowe komórki tłuszczowe (Hematoxylin-Eosin staining)

Gdy oddziałujemy na tkankę tłuszczową aparatem UltraShape, na określony obszar w warstwie tłuszczowej kierowana jest zogniskowana wiązka ultradźwięków. Fale ultradźwiękowe powodują mechaniczne rozerwanie błon komórek tłuszczowych, zachowując naczynia krwionośne, obwodowe nerwy czuciowe i tkankę łączną. Ponieważ efekt jest skupiony na określonej głębokości, nie są uszkodzane warstwy skóry położone powyżej. Rysunki 2 i 3 prezentują preparaty histopatologiczne po zabiegu UltraShape i pokazują widoczne rozróżnienie pomiędzy obszarem uszkodzonego tłuszczu, oraz nietkniętym obszarem otaczających tkanek tłuszczowych, tkanki łącznej, naczyń krwionośnych i skóry.

Najczęściej zadawane pytanie brzmi: co dzieje się z tłuszczem poprzednio zawartym w komórkach tłuszczowych, po przerwaniu ich błony komórkowej? Niniejsza publikacja skupia się na opisanu mechanizmów absorpcji tłuszczu po zabiegu aparatem UltraShape.



Rysunek 2: Histopatologiczny preparat natychmiast po zabiegu UltraShape (Hematoxylin-Eosin staining, x50). Obraz pokazuje rozerwane komórki tłuszczowe bez uszkodzenia sąsiadujących naczyń krwionośnych.

Rysunek 3: Histopatologiczny preparat natychmiast po zabiegu UltraShape (Hematoxylin-Eosin staining, x25). Należy zwrócić uwagę na komórki tłuszczowe (puste obszary) i nietkniętą skórę i tkankę łączną

MECHANIZM USUWANIA TŁUSZCZU

Tłuszcz wewnątrz komórek tłuszczowych występuje w formie trójglicerydów. Cząsteczka trójglicerydu składa się z trzech kwasów tłuszczowych dołączonych do glicerolu (gliceryny). Gdy komórka tłuszczowa zostanie zniszczona, trójglicerydy uwalniane są do płynu międzykomórkowego (śródmiaższowego).

Obecność dużych ilości trójglicerydów w przedziale płynu śródmiąższowego, nie ma odniesienia do warunków naturalnych. Gdy trójglicerydy są poza komórką tłuszczową, zwykle upakowane są w cząsteczki lipoprotein – kombinację apolipoprotein oraz lipidów, cholesterolu, trójglicerydów i estrów cholesterolu. Cząsteczki cholesterolu i trójglicerydów, nierozpuszczalnych w wodzie, prowadzone są w oparty na wodzie systemie krążenia i przestrzeniach śródmiąższowych, przez szereg procesów metabolicznych. W czasie transportu przez naczynia i przestrzenie międzykomórkowe, trójglicerydy związane w lipoproteiny, katabolizowane są do wolnych kwasów tłuszczowych i cząsteczek glicerolu.

Jest niewiele badań klinicznych oraz badań na zwierzętach, opisujących dystrybucję i czasowe przetwarzanie wolnych trójglicerydów, uwolnionych z uszkodzonych komórek tłuszczowych (adipocytów). Jedynymi podobnymi klinicznie, są przypadki uszkodzenia dużych obszarów tkanek miękkich (wypadek samochodowy, oparzenie, itp.).

Prowadzone dyskusje skupiają się na przedziale śródmiąższowym (interstitial compartment) oraz metabolizmie trójglicerydów, wolnych kwasów tłuszczowych oraz glicerolu. Jest dobrze udokumentowane, że przedział płynu śródmiąższowego zawiera lipoproteiny, biologiczne sygnalizatory i analizatory chemiczne (analytes), które oddziałują między sobą, oraz z receptorami w błonach komórkowych i procesami (fagocytoza, itp.). Ponieważ około 42% całej wody ciała jest zawarte w przestrzeni zewnątrzkomórkowej², cechy kinetyczne przedziału śródmiąższowego są obecnie dobrze poznane.

Czy cząsteczki trójglicerydów obecne w płynie międzykomórkowym są metabolizowane do wolnych kwasów tłuszczowych i glicerolu? Zgodnie z literaturą, rozsądne wydaje się przyjąć, że trójglicerydy w płynie międzykomórkowym są natychmiast przetwarzane przez lipazę lipoproteinową (LPL) i enzymy związane z komórkami tłuszczowymi^{3,4}. Badania *in vitro* pokazują, że trójglicerydy w formie emulsji, a nie cząsteczek lipoprotein, są z łatwością hydrolizowane przez LPL do glicerolu i wolnych kwasów tłuszczowych^{5,6}.

Glicerol jest cząsteczką rozpuszczalną w wodzie i nie wymaga nośników ani cząsteczek towarzyszących w transporcie przez płyn śródmiąższowy. Krótkotrwały wzrost stężenia glicerolu po zabiegu UltraShape wydaje się być rozsądny, ale nie został bezpośrednio zmierzony.

Jednakże, śródmiąższowy poziom glicerolu podobny jest do poziomowi osocza², a do dziś, u żadnego pacjenta, u którego przeprowadzono zabieg UltraShape, nie raportowano znaczącego klinicznie wzrostu glicerolu osocza. Można zatem ekstrapolować, że poziom śródmiąższowego glicerolu nie był również znacząco podniesiony po zabiegu UltraShape w przedziale śródmiąższowym. Wolne kwasy tłuszczowe nie łączą się łatwo z wodą i ich transport realizowany jest przez albuminy. Albuminy, obecne w płynie śródmiąższowym i układzie krążenia, mają zdolność związania 2-3 cząsteczek wolnych kwasów tłuszczowych⁷. W jednej z ostatnich publikacji analizowano zachowanie się znaczących trójglicerydów (radiolabeled)⁸ po wprowadzeniu do układu krążenia 8 pacjentów. Cząstki glicerolu i kwasów tłuszczowych miały różne oznaczenia, co pozwoliło na badanie kinetyki ich przetwarzania. Ogólnoustrojowe usuwanie glicerolu i częściowe usuwanie w przedramieniu (59%), było większe niż dla oleinianu (14%). Zaobserwowano, równe poziomy ogólnoustrojowego i częściowego usuwania LPL generowanego w przedramieniu, ponownie dowodzące, że istnieje równowaga dla glicerolu pomiędzy obydwojema przedziałami płynów. Badanie to sugeruje, że wychwyt kwasów tłuszczowych przenoszonych przez LPL, jest procesem nie efektywnym, ale mięsień jest bardziej efektywny niż tkanka tłuszczowa.

Wolne kwasy tłuszczowe uwolnione w trakcie zabiegu, dostarczane są w końcu do wątroby. W wątrobie, nie ma rozróżnienia pomiędzy kwasami tłuszczowymi, które pochodzą ze zniszczonych komórek ani tymi, które są odzyskane z komórek tłuszczowych ze względu na potrzeby fizjologiczne, ani tymi, które pochodzą z konsumowanych kilka godzin wcześniej posiłków. Innymi słowy, wolne kwasy tłuszczowe uwolnione w trakcie zabiegu UltraShape są przetwarzane z wykorzystaniem normalnych procesów, które natura stworzyła do transportu tłuszczu.

Uproszczona ilustracja (na następnej stronie) pokazuje normalny transport cholesterolu i trójglicerydów w naszym układzie krążenia. Trójglicerydy połykane są głównie podczas procesów odżywiania, i transportowane są z żołądka i jelit, z wykorzystaniem chylomikronów przez naczynia włosowate (czerwona strzałka) i limfę, gdzie duża część jest przetwarzana do wolnych kwasów tłuszczowych i glicerolu. Nieprzetworzone trójglicerydy w chylomikronach przejmowane są przez wątrobę. Drugim źródłem trójglicerydów jest ich produkcja w wątrobie z nadmiarowych wolnych kwasów tłuszczowych i glicerolu. Komórki, które ostatecznie magazynują trójglicerydy jako bank energii to komórki tłuszczowe, lub w bardziej naukowy sposób - adipocyty.

UltraShape (czerwony prostokąt) uszkadza komórki tłuszczowe rozrywając błonę komórkową, powodując uwolnienie trójglicerydów (zielony) z komórek. Większa część trójglicerydów jest najprawdopodobniej rozbijana na wolne kwasy tłuszczowe i glicerol na błonach komórkowych komórek tłuszczowych, przez enzymy i lipazę lipoproteinową.

Wolne kwasy tłuszczowe, które są prawie nierozpuszczalne w wodzie, łączą się z albuminami i są wolno transportowane do wątroby lub innych tkanek, które ich potrzebują jako elementów budujących lub źródła energii.

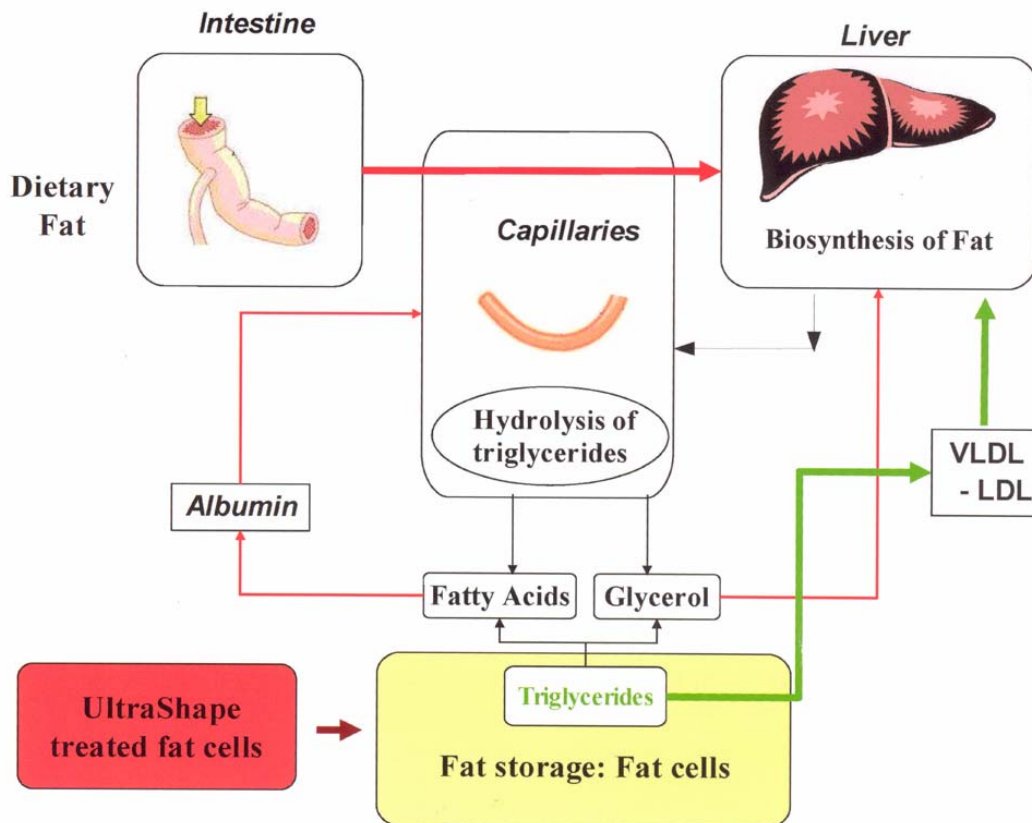
Glicerol jest rozpuszczalny w wodzie i bez dodatkowych mechanizmów jest transportowany do wątroby lub innych komórek, które mogą go zużyć. Wolny glicerol jest w równowadze pomiędzy przedziałem płynów śródmiąższowych, a przedziałem płynów ustrojowych (krew).

Jeśli uwolnione trójglicerydy (zielone) nie zostaną przetworzone, mogą się połączyć w cząsteczki lipoprotein o bardzo niskiej gęstości (VLDL) znajdujące w limfie. VLDL jest następnie przetwarzany do innych klas lipoprotein (IDL, LDL) i ostatecznie transportowany do wątroby, do powtórnej transformacji do wolnego glicerolu i wolnych kwasów tłuszczowych.

Wszystkie procesy przetwarzania trójglicerydów mają ogromną bezwładność i bardzo długi czas reakcji, co potwierdza 3-4 godzinne usuwanie trójglicerydów z 2000cal milkshake'a.

PODSUMOWANIE

Podsumowując, uwolnione trójglicerydy lub ich pochodne, przetwarzane są przez powszechnie znane procesy metaboliczne. Żadne nie naturalne ani nowe procesy metaboliczne nie są wymagane do usunięcia uwolnionych trójglicerydów. Trójglicerydy z komórek tłuszczowych uszkodzonych aparatem UltraShape, w końcu trafiają do wątroby, gdzie są powtórnie przetwarzane do postaci odpowiadającej wymaganiom ciała ludzkiego.



REFERENCJE

1. Brown, M.S. and J.L. Goldstein, "A receptor-mediated pathway for cholesterol homeostasis". *Science*, 1986. 232(4746): p. 34-47.
2. Samra, J.S., et al., "Interstitial glycerol concentration in human skeletal muscle and adipose tissue is close to the concentration in blood". *Clin Sci (Lond)*, 1996. 90(6): p. 453-6.
3. Kern, P.A., S. Marshall, and R.H. Eckel, "Regulation of lipoprotein lipase in primary cultures of isolated human adipocytes". *J Clin Invest*, 1985. 75(1):p. 199-208.
4. Pradines-Figueres, A., C. Vannier, and G. Ailhaud, "Lipoprotein lipase stored in adipocytes and muscle cells is a cryptic enzyme". *J Lipid Res*, 1990. 31(8):p. 1467-76.
5. Posner, I., C.S. Wang, and W.J. McConathy, "Kinetics of bovine milk lipoprotein lipase and the mechanism of enzyme activation by apolipoprotein C-II". *Biochemistry*, 1983. 22(17): p. 4041-7.
6. Tajima, S., S. Yokoyama, and A. Yamamoto, "Mechanism of action of lipoprotein lipase on triolein particles: effect of apolipoprotein C-II". *J Biochem (Tokyo)*, 1984. 96(6): p. 1753-67.
7. Spector, A.A., J.E. Fletcher, and J.D. Ashbrook, "Analysis of long-chain free fatty acid binding to bovine serum albumin by determination of stepwise equilibrium constants". *Biochemistry*, 1971. 10(17):p. 3229-32.
8. Miles, J.M., et al., "Systemic and forearm triglyceride metabolism: fate of lipoprotein lipase-generated glycerol and free fatty acids". *Diabetes*, 2004. 53(3):p. 521-7.



UltraShape Ltd.

30 Habarzel
Tel Aviv 67910, Israel
Tel. + 972.3.645.7100
Fax. + 972.3.647.9321



wyłączny dystrybutor
Street **SHAR-POL Sp. z o.o.**
44-100 Gliwice, ul.Bednarska 6a/1
(32) 231 36 07, 231 03 40, 231 33 84
www.shar-pol.com.pl

