

原 著

中鎖脂肪酸トリグリセリド乳剤静注時の肝における
脂質代謝に関する電子顕微鏡学的研究

†馬庭 芳朗 谷村 弘 杉本 恵洋
永井 祐吾 内山 和久 *平岡 純一

静注用脂肪乳剤中の人工脂肪粒子の体内における代謝はまだまだ不明な点が多い。今回われわれは、osmium-malachite green overnight 固定法を考案し中鎖脂肪酸トリグリセリド (MCT) 乳剤静注時の肝における代謝過程を初めて電子顕微鏡学的に検討した。その結果、MCT 乳剤粒子は Kupffer 細胞などの網内系にあまり取り込まれることなく、肝内皮細胞間隙をリン脂質外膜を有した形で通過し、肝実質細胞に pinocytosis により取り込まれ、静注後 5~60 分で速やかに代謝されることを確認した。従来の長鎖脂肪酸の乳剤と比べ、網内系や肝細胞内の蓄積が軽微である点、MCT 乳剤の肝代謝に関する有用性を形態学的に証明できた。

脂肪乳剤, MCT, 電子顕微鏡

はじめに

静注用脂肪乳剤に含まれる人工的に作成された脂肪粒子は、内因性カイロミクロンのようにアポ蛋白やコレステロールをもたず、脂肪酸組成も大いに異なり、その体内における代謝を食事性由来の脂肪と同様に考えることはできない¹⁾。また、現在わが国で臨床使用できる静注用脂肪乳剤は大豆油を卵黄または大豆レシチンで乳化したものであるが、最近ミトコンドリア内への転送にカルニチンを必要とせず、代謝も早い MCT が、特に外科領域で新しい熱源として注目されている²⁻⁴⁾。

このような内因性カイロミクロンと全く組成の異なる人工脂肪粒子の体内における代謝について、電子顕微鏡では脂肪の固定が困難であったためほとんど検討されていなかった。われわれは osmium-malachite green overnight 脂肪粒子固

定法を新たに考案し、従来の長鎖脂肪酸トリグリセリド (LCT) に比べてなお固定が困難であった MCT 粒子の肝における代謝過程を初めて電顕的に解明し、LCT の粒子の代謝と比較し得たので報告する。

対象と方法

対象には Wistar 系雄性ラット 7 週齢を 1 週間予備飼育後、肝グリコーゲンの影響を除くため 24 時間絶食したものをを用いた (n=50)。これに 10% tricaprylin (MCT) 乳剤または 10% Intralipid® 2.5 ml/kg を尾静脈より 2 分かけて緩徐に静注し、5, 30, 60, 90, 120 分後の肝組織を osmium-malachite green overnight 固定法にて固定した (図 1)。試料ブロックをエタノール系列による脱水後エポキシ樹脂包埋し、Potter-Blum MT-2 型 Ultra Microtome にて超薄切片を作成した。なお、電子染色には酢酸ウランおよびクエン酸鉛による 2 重染色を行い日本電子製 SX 200 型透過電

1991 年 1 月 8 日受付：7 月 13 日採用決定 (学会推薦論文)
*和歌山県立医科大学消化器外科：和歌山市 7 番丁 27 番地
(〒640)

第 27 回日本外科代謝栄養学会発表 (1990 年 7 月)

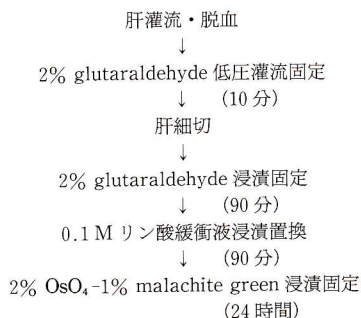


図1 osmium-malachite green overnight 固定法

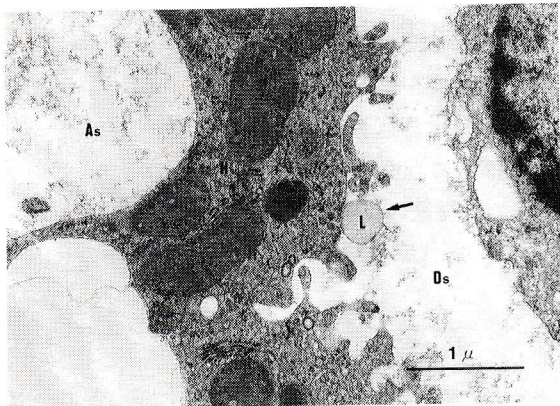


図2 10% MCT 乳剤静注 5 分後の肝組織像 (×10000)
As : 液胞, Ds : Disse 腔, H : 肝実質細胞, L : MCT 粒子
矢印のように MCT 粒子は膜構造を保ったまま
Disse 腔より肝実質細胞に取り込まれている。

子顕微鏡にて肝組織を観察した。

また 10% MCT 乳剤静注 5, 60, 120 分後の肝中性脂肪の脂肪酸作成を、われわれの開発した HPLC 法により分析し⁵⁾、形態学的所見と比較検討した (n=15)。

結 果

1. 人工脂肪粒子の取り込みにおける肝類洞壁細胞と肝実質細胞の役割

静注された人工脂肪粒子のうち主に 1 μ 以下のものは、LCT 粒子でも MCT 粒子でも、静注後 5 分ですでに肝内皮細胞間隙を容易に通過して肝実質細胞に pinocytosis より直接取り込まれている像が観察された (図 2)。

また Kupffer 細胞は主に 1 μ 以上の大きな LCT 粒子を Phagocyte している像が観察された

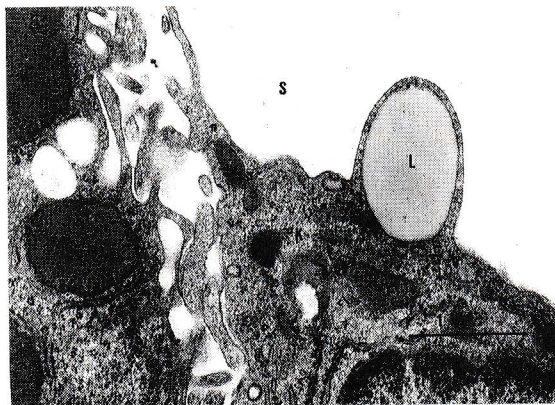


図3 10% Intralipid 静注 5 分後の Kupffer 細胞 (×15000)
K : Kupffer 細胞, L : 脂肪粒子, S : 類洞

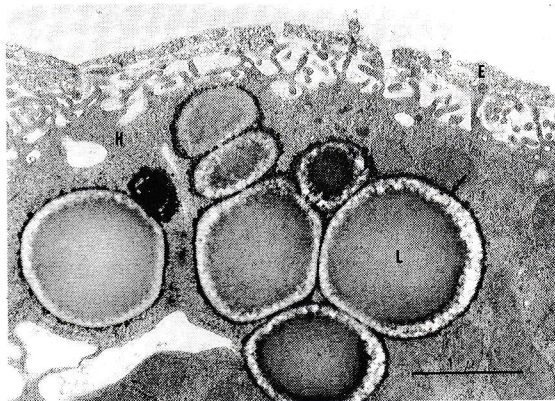


図4 10% Intralipid 静注 60 分後の肝組織像 (×10000)
E : 肝内皮細胞, H : 肝実質細胞, L : 脂肪粒子
矢印のように Intralipid 粒子は辺縁より徐々に代謝されている。

が (図 3), MCT 静注時ではその数はきわめて少なかった。同じ肝類洞壁の構成細胞である伊東脂肪摂取細胞には、外因性脂肪とは濃度の異なる脂肪粒子の蓄積を認めるのみで、また内皮細胞には脂肪粒子の取り込みや蓄積像は認めなかった。

2. LCT 粒子の肝実質細胞内における代謝

LCT 粒子は肝実質細胞内に取り込まれると容易に癒合して 1 μ 以上の大粒子となり、またその消失は緩やかで、静注後 30~120 分で辺縁より徐々に代謝されている像が確認された (図 4)。また、このような代謝像の観察された脂肪球周囲にはミトコンドリアの集積がみられ、この点で、肝細胞内に蓄積された脂肪球と区別できた。

3. MCT 粒子の肝実質細胞内における代謝

LCT 粒子に比べ、MCT 粒子は肝における代謝



図5 10% MCT 乳剤静注 5 分後の肝組織像 (×6000)
As: 液胞, L: MCT 粒子, N: 核



図7 10% MCT 乳剤静注 120 分後の肝組織像 (×3000)
Fs: 伊東脂肪摂取細胞, L: 脂肪粒子, S: 類洞

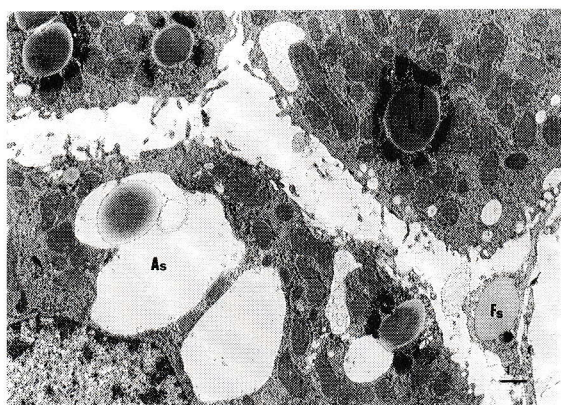


図6 10% MCT 乳剤静注 5 分後の肝組織像 (×4000)
As: 液胞, Fs: 伊東脂肪摂取細胞, L: MCT 脂肪粒子
液胞中の部分的に代謝された脂肪粒子にはいまだ外膜構造が認められる。矢印に示すように代謝過程にある脂肪粒子周囲にミトコンドリアの集積と強電子染色帯像を認める。

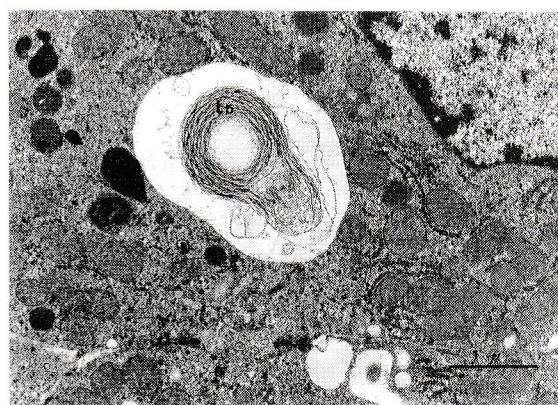


図8 10% MCT 乳剤静注 60 分後のラメラ体 (×8000)

が迅速で、静注後 5 分ですでに肝実質細胞内に部分的に代謝された脂肪球や、完全に代謝された後の液胞を多数認めた (図 5)。

また、代謝過程にある脂肪球周囲には脂肪酸と思われる強電子染色帯像があり、これに一致してミトコンドリアの集積が観察され、脂肪粒子の代謝とミトコンドリアの関連を LCT 粒子と同様に電顕的に証明し得た (図 6)。しかし、静注後 90~120 分になると、肝実質細胞内には少量の脂肪球の蓄積を認めるのみであった (図 7)。

4. 人工脂肪粒子とラメラ体

人工脂肪粒子が肝実質細胞内で代謝された後の液胞中には、その構造から脂肪乳剤由来のリン脂質あるいは脂肪酸と思われるラメラ体が、MCT

粒子では静注後 5~60 分に、LCT 粒子では 60~120 分に認め、この点でも両者の代謝速度が大いに異なることが判明した。LCT 脂肪乳剤投与時のリン脂質の肝内における蓄積を示唆するものである (図 8)。

5. 肝内中性脂肪中 caprylic acid 分画の推移

10% tricaprylin 乳剤 2.5 ml/kg 静注後の肝内中性脂肪中 caprylic acid 分画は 5 分後には $15.4 \pm 3.0\%$ 、60 分後には $2.6 \pm 1.4\%$ 、120 分後はゼロと速やかに減少し、人工脂肪粒子の形で中性脂肪として肝内に取り込まれるものの電顕的観察と同様、MCT の代謝が速いことが確認された。

考 察

透過電顕観察のための組織固定には glutar-

aldehyde (GA) による前固定と osmium tetroxide (OS) による後固定が最も繁用されている。GA は膜リン脂質とタンパクの間の交叉鎖の形成により細胞を不溶化・固定するものの、他の大部分の脂質は固定しない。一方、OS は不飽和脂質の 2 重結合を含むジエステル結合により脂質を固定するが、OS の組織浸透性は緩徐で、単独では組織内脂肪の固定は不十分であり、脂肪は脱水操作や樹脂包埋中に容易に溶出してしまう。

このため、電顕試料の脂肪の固定法に関しては、現在のところ確立された方法がなく、(1) imidazol 緩衝 OS の使用 (2) p-phenylenediamine によるブロック染色 (3) malachite-green (MG) の併用などが試みられてきた⁶⁻⁸⁾。

今日まで、脂肪乳剤静注後の代謝に関する電顕的観察の報告は散見されるが⁹⁻¹²⁾、単なる GA-OS の 2 重固定を用いたもののみで、組織内脂肪球は不完全固定の状態のままであり、代謝を論じるには不備があった。

一方、外科領域において、最近、新しい静注用の熱源として MCT が注目されているが、従来の固定法ではこのような疎水基の短い飽和脂肪の固定は極めて困難で、その代謝に関する電顕的観察の報告は皆無であった。

われわれは静注用脂肪乳剤粒子の走査電顕的観察にリン脂質と中性脂肪の両者に対して特異的な染色性を持ち、しかも電顕的に高い電子密度を与える MG の有用性をすでに報告してきたが^{13,14)}、今回、GA の低圧灌流前固定に続く OS-MG overnight 後固定法を新しく考案し、MCT など非常に溶出しやすい脂肪粒子の代謝が初めて電顕的に観察できるようになった。

リポ蛋白の研究から、静注された人工脂肪粒子は、まず血中で HDL よりアポ C II、アポ C III、アポ E とコレステロールエステルの供給を受け、lipoprotein lipase により粒子中の中性脂肪が水解されてそのレムナントが肝で代謝されるとされてきた^{1,15,16)}。

しかし血中レベルで人工脂肪粒子がどの程度分

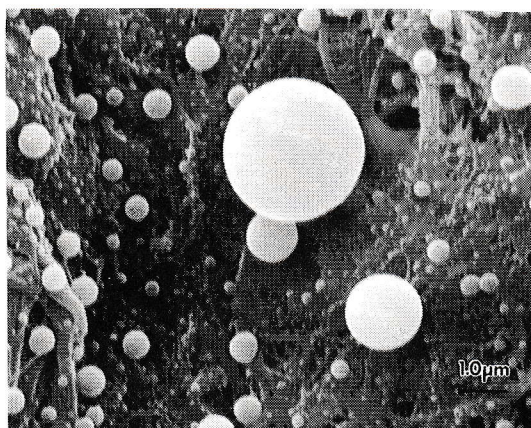
解されるかについては、数時間以内に中性脂肪の大部分が脂肪組織に移行し、リン脂質とコレステロールの比率が 1:1 の単分子 2 重膜のレムナント (LPX) が肝で代謝されるという説や、静注用脂肪乳剤粒子中には中性脂肪が主成分の大粒子とリン脂質が主成分の小粒子 (リポソーム) があり、別々の代謝経路を経るという説があるなど、いまだ不明な点も多い^{1,17)}。

さらに肝組織における脂肪粒子の代謝の場が、内皮細胞や Kupffer 細胞などのいわゆる類洞壁細胞であるか^{9,11,18)}、あるいは肝実質細胞であるかについてはいまだ controversial であり^{19,20)}、内皮細胞説を主張する Scow らは、内皮細胞から肝実質細胞のミトコンドリアまでの水解された脂肪酸の細胞間輸送路を形態学的に証明できたとしている^{21,22)}。

今回の検討成績では主に 1 μ 以下の人工脂肪粒子は LCT でも MCT でも、投与後 5 分ですでに肝内皮細胞間隙を通過して Disse 腔から肝実質細胞内に pinocytosis により取り込まれており、Disse 腔内の脂肪粒子には未だ膜構造が認められた。この事実は静注された人工脂肪粒子が血中でたとえ部分的に水解されても、リン脂質の外膜を有したまま肝実質細胞に取り込まれ、そこではじめて水解されることを示しており、LpX の出現や Scow らの提唱する脂肪酸の "lateral movement" とは別の代謝経路であることを電顕的に証明したことになる。

加えて、従来から脂肪乳剤大量投与による網内系のブロックが危惧されてきたが^{23,24)}、人工脂肪粒子の粒径や組成により Kupffer 細胞の取り込みに相違があるという報告もある²⁵⁻²⁷⁾。われわれの検討でも、10% 脂肪乳剤を少量 (2.5 ml/kg) 静注したあとでは主に 1 μ 以上の粒子を、また、7.5 ml/kg と比較的大量静注後では、過剰となった 1 μ 以下の粒子まで phagocyte されていた。肝内皮細胞間隙あるいは内皮細胞小孔は、0.1~1 μ であることが形態学的に証明されており²⁸⁾、これを通り得ない大粒子や脂肪乳剤大量投与時に脂肪

10% LCT 粒子



10% MCT 粒子

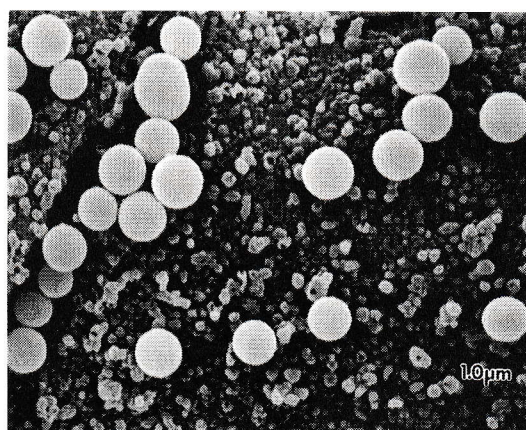


図9 10% LCT (Intralipid) および MCT 粒子の走査電顕像 (×6000)

粒子が Kuffer 細胞で phagocyte されることは容易に理解でき、一方で、このことは、現在市販されている脂肪乳剤中にはいまだ 1μ 以上の大粒子が混在することに起因すると考えてよく、乳化法や乳化剤の改良が強く望まれる所以である²⁹⁻³¹⁾。また、今回使用した MCT 粒子を走査電顕で観察すると、従来の LCT 粒子の中には 1μ 以上のものがかなり混在しているのに比べて、MCT 粒子は 1μ 以上の大粒子は混在していないことが確認され(図9)、血中でも水解されることも考えると網内系への影響も LCT 乳剤に比べ少ないといえる。加えて、これまで、脂肪乳剤の粒子径は光散乱法で測定されていたが、この方法では 1μ 以上の粒子の混在を評価することができず、脂肪乳剤粒子の代謝を論ずる上では、走査電顕による粒子径の測定が今後重要であると思われる。

一方、LCT 粒子は肝実質細胞内に取り込まれると容易に癒合して 2μ 以上の大粒子となり、投与後 60~120 分で辺縁より徐々に代謝されるのに比べ、MCT 粒子の代謝は迅速で投与後 5 分ですでにその大部分が代謝された後の液胞となっており、また代謝過程にある脂肪球周囲には強電子密度帯と、それに一致してミトコンドリアの集積を認めた。遊離した脂肪酸は、OS や電子染色の際のクエ

ン酸鉛と塩を形成し、強電子密度帯を形成することが示唆されており³²⁾、MCT の肝代謝における有用性を電顕的に初めて証明し得た。

他方、脂肪粒子の代謝後の液胞中の観察されたラメラ体についてはリン脂質という説や³³⁾、脂肪酸も界面活性作用を持つため同様の構造を取り得るとの説があるが³⁴⁾、今回の観察では、脂肪酸は強電子密度帯となっており、その染色性からリン酸脂質が最も考えやすく、乳化剤として脂肪乳剤に含まれるリン脂質の蓄積の可能性が疑われ、逆にその出現時期からみて、投与された脂肪粒子の代謝速度を推定できると考えられる。

また、われわれは、従来のレシチンに代え phosphatidyl glycerol (P-GL), phosphatidyl PEG (P-PEG) を乳化剤とした新しい脂肪乳剤の肝における代謝を同様に透過電顕を用いて検討してきたが、P-GL 乳剤静注後では肝細胞内の代謝終末像であるラメラ体の出現がレシチンを乳化剤とした従来の脂肪乳剤と比べ速いこと、P-PEG 乳剤静注後では肝細胞内に代謝されずに強染したリン脂質外膜をもつ脂肪球が静注 120 分後でも存在することが判明した。このことは、静注された人工脂肪粒子がリン脂質外膜を有した形で pinocytosis により肝細胞に取り込まれるというこれまで述べてきた事実を追証するものとい

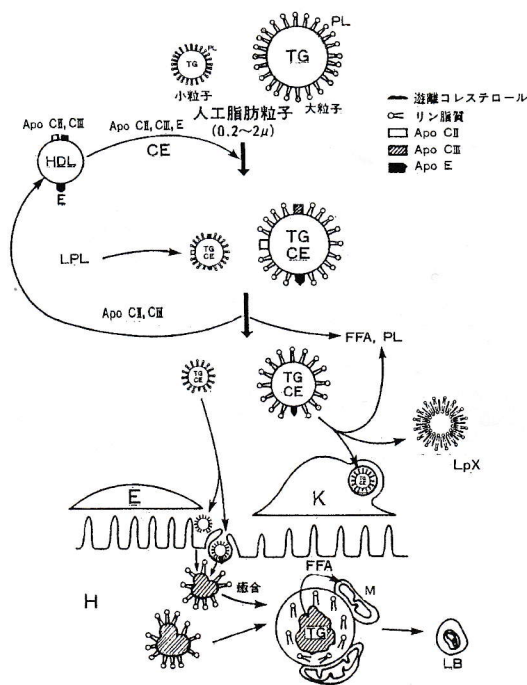


図10 人工脂肪粒子の代謝

FFA：遊離脂肪酸，TG：中性脂肪，PL：リン脂質，
LB：ラメラ体，E：肝内皮細胞，K：Kupffer細胞，
H：肝実質細胞，M：ミトコンドリア

える。他方、P-PEG乳剤静注5～60分後で、Kupffer細胞に取り込まれる脂肪粒子が肝細胞のものより多数であったことも確認しており、粒子の界面構造の違いにより、アポEなどの結合に変化を来し、これがレセプターを介するこれら細胞内への取り込みの違いとなって現れたと推定できる³⁵⁾。

以上のような所見を総合すると、静注された人工脂肪粒子の代謝は、まず血中でHDLよりアポ蛋白の供給を受け、アポCIIをlipoprotein lipaseが認識することにより部分的に人工脂肪粒子中の中性脂肪が水解されること、その水解速度は投与量や投与時のエネルギー需要にも左右されるが、1) 肝実質細胞に直接取り込まれるもの、2) Kupffer細胞に取り込まれるもの（大粒子あるいは過剰粒子）、3) LpXとなって緩徐に代謝されるものの3つの運命が推定できる（図10）。

この点に関して、MCT粒子の肝代謝は迅速で

あり、LCT粒子のように代謝の場である肝実質細胞内を長時間占居しないことは、とくに外科領域において新しい熱源として有用であり、また、疎水基が短いために乳化し易く大粒子が少ないため、網内系への影響も少ないといえる。とはいえ、容易に分解された脂肪酸のミトコンドリアに対する過負担・毒性については、今後十分考慮して投与量・投与速度を決定する必要があると思われる。

結 語

MCT乳剤の肝代謝に関する特性と人工脂肪粒子の代謝過程を電子顕微鏡学的に解明した。

本論文の要旨は第27回日本外科代謝栄養学会に発表した。

参考文献

- 1) Carpentier YA : Intravascular metabolism of fat emulsion ; The Arvid Wretling Lecture, ESPEN 1988. Clin Nutr 8 : 115-125, 1989.
- 2) Crow PJ, Dennison AR, Royle GT : A new intravenous emulsion containing medium-chain triglyceride ; Studies of its metabolic effects in the perioperative period compared with a conventional long chain triglyceride emulsion. JPEN 9 : 720-724, 1985.
- 3) Dawes R, Royle GT, Dennison AR et al : Metabolic studies of a lipid emulsion containing medium-chain triglyceride in perioperative and total parenteral nutrition infusions. World J Surg 10 : 38-46, 1986.
- 4) 岩佐幹恵, 岩佐正人, 小越章平 : MCTを用いた脂肪乳剤. JJPEN 12 : 1115-1121, 1990.
- 5) Sato T : A new double column HPLC method for rapid separation of fatty acids. Arch Jpn Chir 53 : 33-46, 1984.
- 6) Boishier DP, Holoway H, Kitchin LF : A comparison of standard lipid staining techniques used in electron microscopic studies of mammalian tissues. Stain technol 59 : 83-89, 1984.
- 7) Theichman RJ, Cummius JM, Takei GH : The characterization of malachite green stainable, glutaraldehyde extractable phospholipid in rabbit spermata. Biol Reproduction 10 : 565-577, 1974.

- 8) Angermüller S, Fahimi HD : Imidazolebuffered osmium tetroxide ; An excellent stain for visualization of lipids in transmission electron microscopy. *Histochem J* 14 : 823-831, 1982.
- 9) Tokunaga Y : Electron microscopic study on the absorption and metabolism of intraportally infused fats in the liver. *Kumamoto Med J* 15 : 93-111, 1962.
- 10) Hatae T : Electron-microscopic observation on the mouse liver after intravenous administration of fat emulsion. *Arch Histol Jpn* 37 : 149-163, 1974.
- 11) Okayasu I, Hatakeyama S, Sato T et al : Experimental study on the drainage of so-called intravenous fat pigment from the liver. Long-term observation with histologic, enzyme-histochemical and electron microscopic analysis. *Bull Tokyo Med Dent Univ* 29 : 63-70, 1982.
- 12) Vilario S, Llobera M : Uptake and metabolism of Intralipid by rat liver ; An electron-microscopic study. *J Nutr* 118 : 932-940, 1988.
- 13) 谷村 弘, 三木毅一郎, 日笠頼則 : 脂肪乳剤の形態学的観察. *JJPEN* 2 : 579-584, 1980.
- 14) Miki K, Tanimura H : Scanning electron microscopic study of fat emulsion. *J Clin Electron Microscopy* 12 : 855-856, 1979.
- 15) Redgrave TG, Maranhao RC : Metabolism of protein free lipid emulsion models of chylomicron in rats. *Biochim Biophys Acta* 35 : 104-112, 1985.
- 16) 入山圭二 : アポリポ蛋白代謝. *JJPEN* 10 : 109-112, 1988.
- 17) Unrucht SH : Intravascular metabolism of triacylglycerols. Alteration of serum lipoproteins resulting from total parenteral nutrition with Intralipid. *Biochim Biophys Acta* 711 : 176-192, 1982.
- 18) Lipiello PM, Sisson PJ, Watte M : The uptake and metabolism of chylomicron-remnant lipids by rat liver parenchymal and non-parenchymal cells *in vitro*. *Biochem J* 232 : 395-401, 1985.
- 19) Jones AL, Hradek GT, Hornick C et al : Uptake and processing of remnants of chylomicrons and very low density lipoprotein by rat liver. *J Lipid Res* 25 : 1151-1158, 1984.
- 20) Chao YS, Jones AL, Hradek GT et al : Autoradiographic localization of the sites of uptake, cellular transport, and catabolism of low density lipoproteins in the liver of normal and estrogen-treated rats. *Proc Natl Acad Sci USA* 78 : 597-601, 1981.
- 21) Scow RO, Blanchette-Mackie EJ : Why fatty acids flow in cell membranes. *Prog Lipid Res* 24 : 197-241, 1985.
- 22) Blanchette-Mackie EJ, Scow RO : Continuity of intracellular channels with extracellular space in adipose tissue and liver ; Demonstrated with tannic acid and lanthanum. *Anat Rec* 203 : 205-219, 1982.
- 23) Tover JA, Mahour GH, Miller SW et al : Endotoxin clearance after Intralipid infusion. *J Pediatr Surg* 11 (1) : 236-237, 1976.
- 24) Nugent KM : Intralipid effects on reticuloendothelial function. *J Leukocyte Biol* 36 : 123-132, 1984.
- 25) Rahman YE, Cerny EA, Patel KR et al : Differential uptake of liposomes varying in size and lipid composition by parenchymal and Kupffer cells of mouse liver. *Life Science* 31 : 2061-2071, 1982.
- 26) Winder E, Chao Y, Haver RJ : Determinant of hepatic uptake of triglyceride-rich lipoproteins and their remnants in the rat. *J Biol Chem* 255 (11) : 5475-5480, 1980.
- 27) Connelly PW, Kuksis A : Effect of core composition and particle size of lipid emulsion on apolipoprotein transfer of plasma lipoprotein *in vivo*. *Biochim Biophys Acta* 666 : 80-89, 1981.
- 28) 織田正也, 東 俊文, 西田次郎ほか : 肝類洞内皮細胞代謝 27 : 701-721, 1990.
- 29) 谷村 弘, 馬庭芳朗 : 外科と栄養・輸液 19. 肝不全時の栄養・輸液管理. *外科治療* 63 : 571-574, 1990.
- 30) 谷村 弘, 馬庭芳朗 : 脂肪—素材の導入と展開. *癌・免疫・栄養* 3 (1) : 18-23, 1989.
- 31) 谷村 弘, 東 芳典 : 最近の脂肪乳剤研究の動向. *JJPEN* 10 : 103-108, 1988.
- 32) Blanchette-Mackie EJ, Scow RO : Effects of lipoprotein lipase on the structure of chylomicrons. *J Cell Biol* 58 : 689-708, 1973.
- 33) Degott C, Messing B, Moreau D et al : Liver phospholipidosis induced by parenteral nutrition : Histologic histochemical and ultrastructural investigations *Gastroenterology* 95 : 183-191, 1988.
- 34) Wegel MG, Scow RO : Lipolysis and fatty acid transport in rat heart : Electron microscopic study. *Am J Physiol* 246 : 467-485, 1984.
- 35) 馬庭芳朗, 谷村 弘, 瀧藤克也ほか : 新組成の脂肪乳剤の開発と肝の電顕的検討からみた有用性. *日外会誌* 92 : 117, 1991.

A New Electron Microscopic Study of Uptake and Metabolism in Rat Liver after Intravenous Administration of Medium-chain Triglyceride

[†]Yoshio MANIWA, Hiroshi TANIMURA, Yoshihiro SUGIMOTO,
Yugo NAGAI, Kazuhisa UCHIYAMA and ^{*}Junichi HIRAOKA

Medium-chain triglycerides (MCT) which do not require carnitine for β -oxidation, are theoretically a superior lipid source to LCT as they are rapidly cleared from the blood. However, the metabolism of MCT has not been investigated using an ultrastructural approach because of unsatisfactory electron staining of MCT.

In this paper the successful fixation and staining of MCT particles and its metabolism in rat livers were investigated and compared with long-chain triglycerides (LCT).

The uptake and metabolism of intravenously injected MCT particules rapidly entered the liver. Numerous aqueous spaces were detected showing completely or partially hydrolyzed droplets 5-60 min after administration and then, closed contact with mitochondria in hepatocytes.

Contrary to the belief of rapidly clearing, the particles of Intralipids accumulated in the hepatocyte 60-120 min after administration. Large particles (1.2μ) received phagocytosis in Kupffer cells. MCT particles compared with LCT were transferred and metabolized by the rat liver and cleared morphologically by electron microscopy.

Jap. J. Surg. Metab. Nutr. (JJSMN) 25 : 375-382, 1991.

medium-chain triglyceride, electron microscopy, fat emulsion, liver tissue

[†]Department of Gastroenterological Surgery and Anatomy*, Wakayama Medical College : 27, Shichibancho, Wakayama, 640, Japan