

# 식이지방의 체지방축적에 관한 연구

전문연구위원 박무현

## 1. 기술의 개요

- 체지방이 과잉으로 축적된 상태인 비만은 당뇨병이나 동맥경화증 등의 위험인자이다. 그래서 식사에 의한 체지방축적의 제어는 생활습관 병의 예방적 관점에서 상당히 중요하다.
  
- 우리들이 섭취하고 있는 지질의 대부분은 글리세롤(glycerol)에 지방산이 3개 결합된 triacylglycerol이다. triacylglycerol은 결합되어있는 지방산의 종류에 따라서 물리적, 영양학적인 성질이 다르다. 자연계에는 수십 종류 이상의 지방산의 종류가 존재하나, 탄소수의 차이에 따라
  - 단쇄(短鎖),
  - 중쇄
  - 장쇄지방산의 3가지로 크게 분류하는 것이 가능하다.
  
- 섭취지방산의 대부분을 점하고 있는 장쇄지방산에는 2중결합의 수에 따라
  - 포화,
  - 1가불포화
  - 다가불포화지방산이 있다.또, 다가불포화지방산은 2중결합의 위치에 따라 n-6계지방산과 n-3계지방산이 존재한다. 양 지방산은 각각 다른 작용을 하는 필수지방산이다.
  
- 방사선동위체로 표지한 여러 가지 지방산을 래트에 투여한 실험에서 탄소 수나 2중결합의 수에 따라 지방산의 분해속도는 다른 것으로 보고되었다.
  
- 또 역학조사 결과, 체지방과 포화지방산 섭취와의 사이에, 정(正)의 관계가 있다는 것이 보고되었다. 이들의 결과는 지방산의 분자 종류에 따라 체지방의 축적성이 다른 것을 의미하고 있다. 본 논문에서는 주로 탄소 수 18개의 장쇄지방산에서 불포화도의 영향, 중쇄지방

산의 체지방 축적억제작용에 대하여 식용유에의 응용에 관련된 연구 결과는 다음과 같다.

## 2. 기술의 내용

### □ 장쇄지방산의 불포화도와 체지방축적

식물유(植物油)에 비하여 동물지방을 함유한 식이를 섭취한 실험동물의 체지방 축적량은 많은 것이 보고되었다.

○ 여원 유전성비만 마우스에 우지(牛脂)식 또는 옥수수유 식을 같은 에너지량으로 2주간 투여한 결과, 우지군의 체(體)에너지 증가량이 높다는 것이 보고되었다. 또, 래트에 우지식 또는 홍화유(紅花油) 식을 같은 대사 에너지량으로 2식(食)제로서 4개월간 투여하였다. 그 결과 우지식 군의 도체 지방량은 홍화유식에 비하여 유의 적으로 높았다.

○ 우지에는 장쇄지방산인 palmitin산(탄소 수 16)이나 stearin산(탄소 수 18), 1가불포화산인 oleic acid(올레인산: 탄소 수 18)가 많이 함유되어 있다. 옥수수유나 홍화유에는 n-6계 다가 불포화 지방산의 리놀산(linoleic acid: 탄소 수 18)이 많이 함유하고 있다. 또

- 포화와 1가불포화지방산인 올레인산을 많이 함유한 라드(lard: 돼지기름)식,
- 1가불포화지방산인 올레인산을 많이 함유한 고 올레인산 홍화유식,
- n-6계 다가불포화지방산인 리놀산을 많이 함유한 고 리놀산 홍화유식,
- 또는 n-3계 다가불포화지방산인  $\alpha$ -리놀렌산을 다량 함유한 아마인유(linseed oil)

등을 sprague-dawley 래트에 12주간 동일대사에너지량을 투여하여, 체지방의 축적을 비교하니 고(高) 올레인산 홍화(紅花)유식과 고 리놀렌산 홍화유식 및 아마인유식 군에 비하여 라드(돼지기름)식 군에서도 체 지방함량은 유의적으로 높게 나타났다. 이들의 연구결과로부터 장쇄불포화지방산에 비하여 장쇄포화지방산의 섭취는 체지방 축적을 증대시키는 것을 보여주는 것이었다.

### □ 포화지방산 섭취에 의한 체지방축적 증대(增大) 메커니즘

○ 식이 유발성 체열생산(diet-induced thermogenesis; DIT)과는 식사후

5~6시간에 일어나는 열 생산이 증가하는 것으로, 에너지소비의 조절에 중요한 역할을 담당하고 있다. 과식(過食) 등 체내의 에너지양이 과잉인 경우 DIT는 증가하여 여분인 에너지를 소비한다. 반대로 에너지 소비를 절약하기 위한 절식에 의해 DIT는 감소한다. 사람에서 DIT는 기초대사 및 운동소비 다음으로 10%정도의 소비량을 점하고 있다.

- 같은 대사 에너지량을 투여하여도, 불포화지방산에 비해 포화지방산에 의해 체지방축적 및 에너지량은 증대하므로, 포화지방산은 소비에 에너지량을 저하시킨다고 생각된다. 따라서 에너지 소비조절에 중요한 역할을 담당하고 있다. DIT에 주목하여 포화지방산 섭취에 의한 체지방 축적 증대의 메커니즘에 대해 검토하였다.

- 포화지방산식을
- 1가 불포화,
- n-6계 다가불포화 및
- n-3계 다가불포화지방산식

투여 군과 비교하여, 포화지방산식의 섭취후의 산소소비량이 유의적으로 낮은 것을 보였고, DIT는 감소하는 것이 나타났다. 그 결과 다른 3군에 비해 포화지방산식 군에서 norepinephrine대사 회전속도는 유의적으로 낮고, 포화지방산 섭취에 의해 갈색근육의 교감신경활성이 저하하는 것이 나타났다. 또, 갈색지방조직의 시토크롬산화효소(cytocrome oxidase)활성, UCP의 mRNA 발현(發現)량, UCP단백질량은 불포화지방산군에 비하여 포화지방산군에서 낮은치를 보였고, 갈색지방조직에서 지방산분해 능력이나 열 생산능력도 저하하고 있는 것이 나타났다.

- 생후(生後) 즉시 래트에 6-hydroxydopamine을 수 주간에 걸쳐 투여하면, 갈색지방조직을 포함해서 말초의 교감신경이 파괴된다. 이 약제에 의한 교감신경을 파괴한 래트에 포화지방산 또는 불포화지방산식을 투여한 결과, 정상 래트에서 관찰된 포화지방산 식 섭취에 의한 체지방의 증대나 DIT의 감소라고 하는 현상은 관찰되지 않았다. 이 결과는 포화지방산섭취에 의한 체지방축적의 증대에 교감신경활성의 저하를 매개한 DIT의 감소가 크게 관여하고 있는 것을 보여주고 있다.

○ 갑상선 호르몬은 에너지 소비를 조절하는 중요한 호르몬이므로, 포화 지방산 섭취에 의한 체지방 증대에 갑상선 호르몬이 관여하고 있는가 여부에 대해서 검토하였다. 갑상선 호르몬에 의한 에너지 소비 증대는  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase의 증가, 미토콘도리어함량 증가 또는 미토콘도리어 특성의 변화 등에 의한 것으로 생각된다. 갑상선호르몬은  $\text{T}_3$ 와  $\text{T}_4$ 의 2종류가 존재하여,  $\text{T}_3$ 의 생리효과는  $\text{T}_4$ 에 수배 강하다.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase가 소비하는 에너지는 세포가 소비하는 전체 에너지의 15~50%인 것으로 계산되고 있다. 그 결과 혈청  $\text{T}_4$  농도는 식사지방산에 영향을 받지 않아도, 혈청 $\text{T}_3$ 의 농도는 포화지방산식을 섭취한 래트에서 유의적으로 낮았다. 또, 간장 및 근육중의  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase 활성도 포화지방산식 군에서 낮은치를 보였다. 이들의 결과로부터 포화지방산섭취에 의한 혈중의 갑상선호르몬, 특히  $\text{T}_3$ 의 농도가 낮아, 간장이나 근육 중  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase 활성이 감소하는 것에 의해 에너지 소비량이 저하한다고 생각된다.

○ 래트에 포화지방산을 많이 함유한 식이를 투여하면 체지방의 축적이 증대하는 것은 이미 언급하였으나, 그 증대는 내장지방에서는 보이지 않고, 피하지방에서만 관찰된다. 식이로부터 섭취된 지방이나 간장에서 합성된 지방은 카이로미크론(chylomicron)이나 VLDL에 의해 운반되어 리포단백질리파아제(LPL)의 작용을 받아 지방산으로 분해된 후, 지방조직이나 근육 등의 말초조직에 들어간다. 따라서 LPL은 조직에 지방 취입의 열쇄역할을 하는 효소라고 한다. 포화지방산을 투여한 래트의 내장조직에 LPL의 활성은 불포화지방산을 투여한 래트와 차이가 보이지 않았으나 피하지방조직의 LPL활성은 포화지방산식 군에서 유의적으로 높은 것이 관찰되었다.

이상의 것으로부터, 포화지방산 섭취에 의해 피하지방조직에서만 일어나는 체지방축적증대 작용은 부위특이적인 LPL활성의 변화에 의한 것으로 생각된다.

지금까지 기술한 일련의 연구 결과로부터 포화지방산 섭취에 의한 체지방축적 증대는 교감신경활성저하에 의한 식사 유발성의 체열 생산 감소, 갑상선호르몬을 매개한  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase활성저하 및 지방조직 LPL활성상승 등, 복수의 메커니즘이 관여하는 것을 보여주었다.

## □ 중쇄지방산의 소화·흡수 및 대사특성

- 탄소 수 8~10의 포화지방산인 중쇄지방산은 장쇄지방산과는 다른 소화흡수 경로를 가진다. 이미 1950년~1960년대부터
  - 소화·흡수되기 쉬운 것
  - 간장에 운반되어진 에너지로서 분해되기 쉬운 것
 이 보고되었다. 중쇄지방산은 우리들이 일상섭취하고 있는 식품 중에도 소량이지만 하나 triacylglycerol의 형으로 함유되어있다. 예를 들면 100g의 버터 중에 약 3g, 생크림 중에는 2g 함유되어 있고, 또, 우유나 모유지방 중에도 1~3%정도 함유되어 있다.
- 소장에서 흡수된 장쇄지방산은 소장점막세포에서 triacylglycerol로 재합성되어 카이로미크론(chylomicron)을 형성하여 림프관을 경유하여 혈액에 흘러들어가 말초조직(지방조직, 근육)에 운반된다. 그것에 대하여 중쇄지방산은 triacylglycerol로 재합성되기 어렵기 때문에 소장점막에 흡수된 대부분의 중쇄지방산은 카이로미크론을 형성하지 않고, 유리지방산의 형으로 알부민과 결합하여 문맥혈(血)로 보내어진다. 문맥 혈중에 이동된 중쇄지방산은 간장에 들어간 후, 빠르게  $\beta$ -산화수를 받아 최종적으로 물과 탄산가스로 분해됨과 동시에 ATP를 생성한다. 지방산이 미토콘드리아 내로 이동하기 위해 카르니틴(carnitine)으로 일단 결합할 필요가 있다. 그러나 중쇄지방산은 미토콘드리아막의 투과성이 좋기 때문에 카르니틴과의 결합을 요구하지 않는다.
- 중쇄지방산이 문맥을 경유하여 직접간장에 운반되는 것, 또, 지방산 분해의 장소인 미토콘드리아에 카르니틴과의 결합하지 않고 이행되는 것이 에너지로 분해되기 쉬운 것과 깊은 관계가 있다.

## □ MCT의 체지방 축적억제 작용

- 장쇄triacylglycerol(LCT)가 주성분인 일반적인 식용유에 비해 중쇄triacylglycerol(MCT)는 체지방으로 축적되기 어렵다고 하는 동물실험 결과가 보고되었다. 예를 들면, 래트에 MCT를 함유한 사료를 4주간 투여한 결과, 내장지방량은 옥수수유식을 투여한 래트의 반이하였다.

- MCT투여에 의해 지방세포의 크기가 적어지는 것도 보고되었다. 이에 MCT의 체지방 축적에 대한 영향에 대해 건강한 보통사람을 대상으로 엄밀한 식사관리를 실시하여 검토하였다. 평균 BMI가  $24.7\text{kg/m}^2$ 의 지원자 78명을 대상으로 14g의 시험유지를 함유한 빵을 조식(朝食)으로, 매일 섭취시켰다. 또, 12주간의 점심과 저녁은 피험자가 같은 식사를 먹도록 준비하였다. 간식이나 음료도 식사관리의 대상으로 하여, 2,200kcal/일, 지방섭취 60g의 식사를 철저히 하였다. 그 결과 식사관리에 의한 체중이나 체지방은 모두 저하하였으나, 그 저하량은 BMI가  $23\text{kg/m}^2$ 이상의 피험자에서 LCT군에 비하여 MCT군에서 보다 크다고 하는 결과가 얻어졌다.
  
- 중쇄지방산이 체지방으로 축적되기 어려운 메커니즘에는 앞에서 언급한 중쇄지방산의 소화·흡수, 간장에서의 대사특성이 관계되고 있다. 중쇄지방산은 에너지로서 우선적으로 분해되기 쉽다는 것과 몸 전체의 소비에너지를 증대시키는 것이 체지방 축적억제 원인의 하나라고 생각된다. 래트에서 MCT투여 후 6시간의 산소소비는 LCT군에 비하여 유의적으로 높았고, MCT의 DIT반응이 보다 큰 것이 인정되었다. MCT섭취에 의한 DIT의 증대가 체지방 축적률에 어느 정도 관여하는가를 밝히기 위하여, MCT섭취에 의한 체지방량의 감소와 DIT의 증대량을 에너지 베이스로 비교하였다. 그 결과 DIT의 증대에 의한 소비에너지 증가량은 체지방에너지 감소의 반분 이상을 점한다고 하는 계산결과로 되어, MCT섭취에 의한 DIT증대가 체지방축적 억제의 주요인의 하나라는 것을 알았다. 또, 사람에서도 MCT 또는 옥수수오일을 함유한 음료를 섭취한 결과, 섭취 전에 비하여 옥수수오일군의 산소소비량은 4%밖에 증가하지 않았는데 비하여 MCT군에서는 12%증가하였다는 보고되었다.
  
- 포화지방산의 섭취는 혈중 콜레스테롤 농도를 상승시키는 것은 잘 알려져 있다. 중쇄지방산은 2중 결합을 가지고 있지 않기 때문에 화학적으로는 포화지방산으로 분류된다. 중쇄지방산 섭취는 혈중지질에 악영향을 주는가의 여부를 확인하기위해 건강한 보통사람에 대하여 1일 40g의 MCT를 불포화지방산을 많이 함유한 식물유와 치환하여, 4주간에 걸쳐 섭취시켰다. 그 결과 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 농도는 MCT와 식물유 섭취군에서 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 또, CT를 사용한 간장지질량도 양군에서 유의적인 차이는 없고,



MCT섭취에 의한 간장애의 지방질 축적도 인정되지 않았다. 기타, 생화학검사, 혈액학적 검사에도 이상은 보이지 않고, MCT섭취의 안전성을 나타내는 결과가 얻어졌다. 중쇄지방산은 화학적으로는 포화지방산으로 분류되나 혈중 콜레스테롤에 대한 영향은 불포화지방산과 동등한 것이 나타났다. 지방산의 섭취는 포화, 1가불포화, 또는 다가불포화지방산의 3가지로 크게 분류되나 영양학적인 관점으로 보면, 중쇄지방산을 단순히 포화지방산으로 포함시키는 것은 적절하지 않다고 생각한다.

#### □ 에스테르 교환

- MCT에는 소화흡수성이 우수한 특성이 있다. 이 특성으로부터 수술 후의 유동식이나 미숙아의 에너지원으로 MCT는 수십년간에 걸쳐 임상에서 이용되었다. 그러나 발연점이 140℃ 정도로 낮아 가열조리에 적당치 않은 것, 튀김시에 포립이 쉽게 일어나고, 고가인 것 등으로 MCT는 일반적으로 사용되지 않았다. MCT와 LCT를 혼합하고 효소를 사용해서 에스테르교환을 하면 1분자 중에 장쇄지방산과 중쇄지방산이 혼재한 중·장쇄 triacylglycerol(MLCT)가 얻어진다. 에스테르교환을 함으로써 발연점이나 포립 등이 현저하게 개선되는 것을 발견하고, 중쇄지방산의 이용용도를 넓히는 것에 성공하였다. 이 에스테르교환기술은 일본 농림규격(소화54년 1월 12일 농림수산성고시제 1224호)으로 제정되어있는 식용유지가공기술의 하나로 되어있다.

#### □ 중·장쇄 Triacylglycerol(MLCT)의 체지방 저축적(低蓄積)성

- 가열조리적성이 개선된 MLCT의 체지방축적억제 작용을 먼저 실험동물으로 평가하였다. 래트에 대두유식 또는 MLCT식을 6주간 투여한 결과, 사료섭취량에는 차이가 보이지 않았으나, MLCT식의 체지방축적은 대두식과 비교하여 유의적으로 적은 것이 관찰되었다. 사람에서의 효과를 확인하기 위하여 건강한 보통사람을 대상으로 12주간 엄밀하게 식사관리하여 시험을 하였다. 평균 BMI가 24.6kg/m<sup>2</sup>의 지원자 82명을 대상으로 14g의 시험유지(중쇄지방산으로 1.7g 함유)를 함유한 빵을 조식으로 매일 섭취시켰다. 또, MCT의 실험과 같이 12주간의 점심과 석식은 피험자가 같은 식사를 먹을 수 있도록 준비하고, 간식이나 음료도 식사관리의 대상으로 하였다. 1일 에너지 섭취목표

는 2,200~2,600kcal, 지방섭취 목표는 64~70g에 설정하여 식사관리를 철저하게 하였다. 그 결과, 식사관리에 의한 체중이나 체지방량은 모두 저하하였으나, 그 저하량은 LCT군에 비하여 MLCT이 보다 크다고 하는 것이 얻어졌다. 또, CT화상에 의한 복부피하지방과 내장지방량에 대해 측정하되 LCT군에 비하여 MLCT군에서 각 체지방양의 저하는 큰 것이 관찰되었다.

- 또한 실제 식생활에서 체지방축적억제효과가 기대할 수 있는가를 확인하기 위해 보통의 식사에 MLCT를 함유한 유화유지음료를 3주간, 또는 12주간 마시는 실험을 하였다. 그 결과 2회의 실험 모두에 LCT와 비교하여 MLCT군에서는 체지방량의 증대가 유의적으로 억제되었다고 하는 결과가 얻어졌다. 또, MLCT섭취의 혈청지질, 케톤체, 간 기능, 신장기능에 대한 영향을 검토하기위해, 2중맹검하에서 식사관리를 하며 건강한 보통사람 각 10명에 42g의 MLCT 또는 LCT를 4주간 섭취시켰다. 혈청지질, 케톤체에 관한 측정치에 시험군간의 유의차는 보이지 않았다. 또한 간기능, 신기능도 전반적인 항목에서 군간의 유의적인 차이는 보이지 않았고, 40g 정도의 섭취는 간기능이나 신기능에 악영향을 미치지 않은 것을 관찰하였다.
- MLCT섭취에 의한 체지방축적저하의 메커니즘에 DIT가 관여하는지 여부에 대하여 검토를 행하였다. 15명의 건강한 보통 여성을 대상으로 하룻밤 절식한 후 400kcal의 MLCT 또는 LCT를 교차시험법에 의해 섭취시켜 에너지소비량을 간접법으로 측정하였다. 시험유 섭취 후의 에너지소비량은 LCT에 비하여 MLCT투여에서 유의적으로 높고, 보다 큰 DIT반응이 관찰되었다. MLCT가 어떠한 메커니즘에 의해 DIT를 증대시키는지 등에 대하여 앞으로 더 연구가 필요하다고 생각된다.

### 3. 결론

- 지금까지 언급한 연구결과로부터 비만예방의 식사관리에는 섭취하는 지방의 양만이 아니고 그 질도 중요하다고 생각된다. 본 논문에서는 언급하지 않았으나, EPA, DHA나 공역(共役) 리놀렌산 등에도 체지방축적억제작용이 보고되었다. 식사 지방의 분자 종이 체지방축적에 미치는 영향과 그 메커니즘의 전체를 해명하는 것은 비만예방에서 식사



관리의 유효성을 보다 높이는 것에 연계되는 것으로 기대된다.

- 식사에 의한 체지방축적의 제어는 생활습관병예방의 관점으로서도 상당히 중요하다. 동물유지는 식물유지에 비하여 체지방으로서 축적이 쉽다. 래트를 사용한 실험을 통하여 포화지방산이 그 원인 물질인 것을 증명하였다. 또, 포화지방섭취에 의한 체지방축적증대는 교감신경활성저하에 의한 식사 유발성의 체열생산 감소, 갑상선 호르몬을 매개로한  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase 활성저하 및 지방조직 lipo-protein lipase 활성상승 등 복수의 메커니즘이 관여하고 있는 것을 보였다. 건강한 보통사람을 대상으로 한 시험에서 중쇄triacylglycerol은 장쇄triacylglycerol에 비하여 체지방으로서 축적되기 어려운 것을 실증하였다. 중쇄triacylglycerol을 장쇄triacylglycerol과 에스테르 교환하는 것에 의해 가열조리적성은 크게 개선되는 것을 보였다.

본 에스테르교환 유(油)는 에너지화 되기 쉽고, 체지방으로서 축적되기 어려운 것이 확인되었다. 이 결과는 비만예방의 식사관리에서 지방의 섭취량만이 아니고, 지방의 질에 대하여서도 고려하여야 한다는 것을 보여주고 있다.

- 지방조직에 의한 백색지방과 갈색지방조직의 2종류가 존재한다. 두 가지 지방조직은 정상만이 아니라 생리적 역할도 크게 다르다. 백색지방은 지방의 저장이 그 중심적인 역할로서, 체내의 모든 장소에 다량으로 존재한다. 한편, 갈색지방은 미토콘드리아를 많이 함유하고, 그 이름과 같이 갈색이다. 갈색지방세포의 미토콘드리아에는 탈 공역(共役)단백질(UCP)이 존재하고 있어, 미토콘드리아 내막(內膜)중에 쌓아올린 프로톤(proton)을 ATP로서가 아니고, 열에너지로 변환한다. 이 구조를 이용하여 갈색지방조직은 열을 생산하여 저온시의 체온유지나 DIT 등의 역할을 담당하고 있다. 그래서 잉여의 에너지를 저장하는 백색지방과는 크게 달라, 갈색지방은 에너지의 소비조직으로 그 기능이 부여되어진다.
- 갈색지방조직은 견갑골이나 신장(腎臟)의 주위 등 제한된 장소에 존재하며, 래트의 경우에서 DIT의 주요 생산조직이다. 갈색지방조직에는 교감신경이 치밀하게 존재하고 있어 열 생산은 이 교감신경에 의해 제어되고 있는 것이 알려지고 있다.

## ◁ 전문가 제언 ▷

- 체지방이 과잉으로 축적된 상태인 비만은 당뇨병이나 동맥경화증 등의 위험인자 이다. 그래서 식사에 의한 체지방축적의 제어는 생활습관 병의 예방적 관점에서 상당히 중요하다.
- 동물유지는 식물유지에 비하여 체지방으로서 축적이 쉽다는 것과, 포화지방섭취에 의한 체지방축적증대는 교감신경활성저하에 의한 식사 유발성의 체열생산 감소, 갑상선 호르몬을 매개로한  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase 활성저하 및 지방조직 lipo-protein lipase활성상승 등에 기인하며, 중쇄지방산이 다이어트에 보다 효과적이라는 결론을 얻었다.
- 지금까지 언급한 연구결과로부터 비만예방의 식사관리에는 섭취하는 지방의 양만이 아니고 그 질도 중요하다고 생각된다. 본 논문에서는 언급하지 않았으나, EPA, DHA나 공역(共役) 리놀렌산 등에도 체지방 축적억제작용이 있는 것이 보고되었다. 식사 지방의 분자 종이 체지방축적에 미치는 영향과 그 메커니즘의 전체를 해명하는 것은 비만예방에서 식사관리의 유효성을 보다 높이는 것과 연계되는 것으로 기대된다.
- 에스테르 교환에 의한 중·장쇄triacylglycerol(MLCT) 생산 활용 증대
- 중쇄triacylglycerol(MCT)이 기능성이 우수한 것이 인정되어, 그 특성으로부터 수술 후의 유동식이나 미숙아의 에너지원으로 MCT는 수 십 년간에 걸쳐 임상에서 이용되었으나, 발연점이  $140^{\circ}\text{C}$  정도로 낮아 가열 조리에는 적당치 않아 가정에서 튀김시에 포롭이 쉽게 일어나고, 가격이 높은 것 등으로 MCT는 일반적으로 사용되기 어려움이 있어, MCT와 LCT를 혼합해서 효소를 이용하여 에스테르교환을 하면, 1분자 중에 장쇄지방산과 중쇄지방산이 혼재한 중·장쇄triacylglycerol(MLCT)가 얻어진다. 이와 같이 에스테르교환을 함으로써 발연점이나 포롭 등이 현저하게 개선되는 것을 발견되어, 중쇄지방산의 이용용도를 넓히는 것의 기술이 성공적으로 보급되고 있다. 이 에스테르교환기술이 일본 농림규격(소화54년 1월 12일 농림수산성고시제1224호)으로 제정되어있는 식용유지가공기술의 하나로 되어있다. 우리나라에서도 기능성지방을 생산하여 일반에 활용될 수 있도록 유도하였으면 한다.