

BEBEK BESLENMESİNDE YAĞ ASİTLERİNİN ÖNEMİ

Araş. Gör. Hülya GÖKMEN*, Prof. Dr. Gülden KÖKSAL*

ÖZET

Diyet yağlarının bileşenleri (trigliseritler, kolesterol esterleri ve fosfolipidler) bebeklerin normal büyüme ve gelişmeleri için gereklidir. Yağ asitleri zincir uzunluklarına (moleküldeki karbon sayısına) ve doymuşluk derecelerine (karbonlar arasında çift bağın bulunup bulunmamasına) göre değişik gruplarda incelenmektedir. Yağ asitlerinin her grubu çeşitli metabolik reaksiyonlarda rol almaktadır. Kısa zincirli yağ asitleri kolonda lokal büyüme faktörleri olarak rol oynarlar, orta ve uzun zincirli doymuş yağ asitleri enerji kaynağıdır, çoklu doymamış uzun zincirli yağ asitleri metabolik düzenlemelerde rol alırlar, çok uzun zincirli yağ asitleri ise membranların önemli yapısal bileşenleridir. Merkezi sinir sisteminin gelişimi, prenatal yaşamın son ve postnatal yaşamın ilk aylarında tüketilen yağların kalitesine ve miktarına bağlıdır. Prenatal ve postnatal yaşamda bebeklere bu yağları, kordon kanı ve anne sütü sağlamaktadır. Anne sütü yağ asitleri annenin beslenme alışkanlıklarına, kültürel düzeyine ve sosyo-ekonomik durumuna bağlı olarak değişmektedir. Bebek mamalarında kullanılacak yağlar ise hem miktar hem de kalite olarak anne sütüne benzetilmelidir.

Anahtar Sözcükler: Yağ asitleri, anne sütü, bebek mamaları

ABSTRACT

Importance of Fatty Acids in Infant Nutrition

The most important functional components of dietary lipids (triglycerides, cholesterol esters and phospholipids) are fundamental to normal growth and development of infants. Fatty acids are classified according to their chain length and their degree of saturation. Each class of fatty acid is involved in specific metabolic reactions: Short-chain fatty acids act as local growth factors in colon; medium-and saturated long-chain fatty acids are a good source of energy; polyunsaturated long-chain fatty acids are involved in metabolic regulation; and very long-chain fatty acids are important

structural components of membranes. The development of the central nervous system depends on the amount and the quality of the lipid supply in the last months of prenatal and the first months of postnatal life. Placental cord blood during foetal life and breast milk provide fatty acids in the correct amounts and ratios. Human milk fatty acids may be related to maternal dietary habits, cultural traditions and socioeconomic status. The preparation of blends of fats for formulas is under investigation in order to improve the lipid quality and to make formulas more similar to breast milk.

Key Words: Fatty acids, breast milk, infant formulas

GİRİŞ

Anne sütüyle veya mamayla beslenen bebeklerde yağlar, temel enerji kaynağıdır. Zamanında doğmuş bebekler yaşamlarının ilk 6 ayı boyunca büyüme ve gelişmeleri için gerekli olan enerjinin %90'ını yağlardan sağlamaktadır. Diyet yağlarının enerji sağlamaları dışında, özellikle yağlardan zengin merkezi sinir sisteminde yapısal ve işlevsel görevleri de bulunmaktadır. Organların büyüme ve gelişmesi, diyetle verilen elzem yağ asitlerinin miktarıyla ilişkilidir. Bu derleme yazıda yağ asitlerinin genel olarak sınıflaması ve bebek beslenmesindeki görevleri hakkında bilgi verilmiştir:

Yağ Asitleri

Yağın temel bileşenleri gliserol ve yağ asitleridir. Diyetle alınan yağın büyük bir kısmını 1 gliserol molekülünün, 3 mol yağ asidinin esterleşmesiyle oluşan trigliseritler oluşturmaktadır ve saf yağın %95'den fazlası trigliserittir (1,2). Yağ asitleri, moleküldeki karbon (C) sayısı, karbonlar arasında çift bağın bulunup bulunmamasına, çift bağ sayısı ve çift bağın pozisyonuna göre değişik gruplarda incelenirler (Tablo 1). Yağ asidinde 6'dan az C bulunanlar kısa, 6-12 C'lular orta, 14 ve 14-22 C'lular uzun ve 24 ve üzeri C bulunanlar ise çok uzun zincirli yağ asitleri olarak adlandırılırlar. Hidrojenleri tam, dolayısıyla çift

* Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü

Tablo 1. Zincir Uzunlukları ve Doymuşluk Derecelerine Göre Sınıflama (1,3)

Zincir Uzun. Doymuşluk D.	C Sayısı	Adı	Kaynakları
A. Doymuş yağ asitleri			
Kısa	2:0	Asetik asit	Bazı bitki tohumları
	3:0	Propiyonik asit	?
	4:0	Bütirik asit	Süt yağının %2.6'sı
Orta	6:0	Kaproik asit	Süt yağının %1.6, kakao yağı, hindistan cevizi yağı
	8:0	Kaprilik asit	Süt, kakao yağı, hindistan cevizi yağı
	10:0	Kaprik asit	Süt yağının %2, kakao yağı, hindistan cevizi yağı
	12:0	Laurik asit	Kakao, süt yağının %8.2, hindistan cevizi yağı
Uzun	14:0	Miristik asit	Kakao ağacı tohumu, hind. cevizi, süt yağının %2.3
	16:0	Palmitik asit	Palmiye yağı %46, süt yağı %21.3, kuyr. yağı %24.9
	18:0	Stearik asit	Kuyruk yağı, et ürünleri
	20:0	Araşidik asit	?
	22:0	Behenik asit	Hayvansal besinlerde
Çok Uzun	24:0	Lignoserik asit	Yerfıstığı, fosfo ve glikolipidlerin yapısında
	30:0	Meherik asit	Balmumu
B. Doymamış yağ asitleri			
I. Tekli			
n - 9 grubu	14:1, n-9	Miristoleik asit	Süt, balık yağında
	16:1, n-9	Palmitoleik asit	Süt, balık yağında
	18:1, n-9	Oleik asit	Zeytinyağında %72.5, fındık yağında
	20:3, n-9	Eikosatrienoik asit	Adipoz dokuda
II. Çoklu			
n - 6 grubu	18:2, n-6	Linoleik asit	Bitkisel yağlarda %51-58
	20:4, n-6	Araşidonik asit	Karaciğer ve hayvan fosfolipidlerinde
n - 3 grubu	18:3, n-3	a-Linolenik asit	Keten tohumu, kolza ve balık yağında
	20:5, n-3	Eikosapentaenoik asit (EPA)	Deniz ürünleri, yumurta sarısı
	22:6, n-3	Dokosaheksaenoik asit (DHA)	Anne sütü, yağlı balıklar, yumurta sarısı

bağ bulunmayanlar doymuş, iki hidrojen eksik olduğu için bir çift bağ bulunanlar tekli doymamış, iki ve daha çok çift bağ bulunanlar ise çoklu doymamış yağ asitleri olarak bilinir. Çoklu doymamış yağ asitleri, zincirin metil grubundan itibaren çift bağın bulunduğu C'na göre 2 gruba ayrılır. İki çift bağ üçüncü C'da olanlar omega-3 (n-3), altıncı C'da olanlar omega-6 (n-6) olarak sınıflanır (1-3).

Çeşitli bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilmiş yağların yağ asidi bileşimleri ise Tablo 2'de görülmektedir (4).

Kısa Zincirli Yağ Asitleri (SCFA veya SCT) ve Sağlık Yönünden Önemi

Karbon atomları 2-4 arasında değişen SCFA'lar (asetik, propiyonik ve bütirik asitler) kolonik mukoz membranda büyümeyi uyarma özelliklerinden dolayı önem taşımaktadır. Bu moleküller vücuda çok az miktarlarda da olsa süt ve süt ürünleri ile alınırlar. SCFA'ların en önemli kaynağı, gastrointestinal sistemin üst kısmında sindirilmeyen karbonhidratların bakteriyel fermentasyona uğraması (anaerobik yıkı-

Tablo 2. Çeşitli Yağların Yağ Asidi Bileşimleri

Yağ Türü	Doymuş (%)	Tekli Doymamış (%)	Çoklu Doymamış	
			Linoleik (%)	α-Linolenik (%)
Kanola yağı*	7	61	21	11
Keten tohumu	10	14	76	-
Ayçiçek yağı	12	16	71	1 ↓
Mısır yağı	13	29	57	1 ↓
Zeytinyağı**	15	75	9	1
Soya yağı	15	23	54	8
Fındık yağı	19	48	33	eser
Pamuk yağı	27	19	54	eser
Kuyruk yağı	43	47	9	1
Palmiye yağı	51	39	10	eser
Tereyağ	68	28	3	1
Hindistan cevizi yağı	91	7	2	-

* Kanola yağının α-linolenik asit düzeyi diğer bitkisel sıvı yağlara göre yüksektir.

** Zeytinyağı tekli doymamış yağ asitleri en yüksek olan yağdır.

mı) sonucu oluşan, aralarında suda çözünür posanın da bulunduğu çeşitli bileşiklerdir (3,5). SCFA üretimi için en önemli etmen lümendeki substrat miktarıdır. Dirençli nişasta, nişasta olmayan polisakkaritler (diyet posası), şeker alkoller, oligosakkaritler, diyet proteini, pankreatik enzimler ve diğer gastrointestinal salgılar, üre, nitrat ve mukus, insan kolonunda SCFA'nin oluşumu için gerekli en önemli substratlardandır (5). Anne sütüyle beslenen bebeklerde ise SCFA'ler ince barsakta tamamen sindirilmeyen laktozdan oluşur ve böylece bu bebeklerin kolonlarında bakteriyel yıkım sonucu kısa zincirli yağ asitleri miktarı artar. Yetişkinlerde yapılan çalışmalarda SCFA'ların kolonik epitelyum, özellikle de kolonun distal kısmı için temel enerji kaynağı olduğu gösterilmiştir (3).

Asetik, propiyonik ve bütirik asitlerin, jejunum ve distal kolonun epitelyal hücre üretimi üzerine olan uyarıcı etkileri miktara bağlı olarak değişir. Bu yağ asitlerinin etkinlikleri bütirik > propiyonik > asetik asit şeklindedir ve SCFA'ların molar oranlarındaki değişiklikler epitelyal hücre üretim oranını değiştirebilir. Bu bilgilere göre kolon için en önemli enerji kaynağı bütirik asittir. Bu yağ asidinin kolon hücrelerini besleyici etkisi vardır; sodyum ve su emilimini uyarır, bölgesel kan akımını ve oksijen alımını artırır (3,5). Anne sütündeki 4:0 C'lu kısa zincirli yağ asidi miktarı 0.19 g/100 g yağ asididir (veya 6 mg/dL) ve piyasadaki yenidoğan mamalarının hiçbirinde kısa zincirli yağ asitleri bulunmamaktadır (6,7).

Orta Zincirli Yağ Asitleri (MCFA veya MCT) ve Sağlık Yönünden Önemi

MCFA karışımlarının, %1-2'sini kaproik asit (C 6:0), %65-70'ini kaprilik asit (C8:0), %25-35'ini kaprik asit (C10:0), %1-2'sini laurik asit (C12:0) oluşturmaktadır. Bu yağ asitlerinin özellikleri Tablo 3'te verilmiştir (3,8).

Yapılan çalışmalarda MCFA'ların doğum öncesinde süt salgımında buldukları gösterilmiştir (8). Prematüre doğum yapan annelerin sütlerindeki MCFA miktarları, normal doğum yapan annelerin sütlerindeki miktarlardan daha yüksektir. Sütteki MCFA'lar sadece meme bezlerinde bulunan spesifik enzim ti-oesteraz II tarafından sentezlenirler. C sayısı 10-12 olan yağ asitlerinin doğum öncesinde meme bezlerinde (normal doğumdan 1 ve 70 gün önce), çok erken doğum yapmış kadınların kolostrumlarına göre (gestasyonun 26-30. haftalarında) çok daha az düzeylerde bulunması MCFA'ların sentezinin insan meme bezlerinde başladığını göstermektedir (Tablo 4). Anne sütünde bulunan laurik asidin (12:0) mikrobisidal özelliği bulunmaktadır (3). Sütteki orta zincirli yağ asitleri konsantrasyonu diyetin bileşimine bağlıdır ve CHO'tan zengin, yağdan fakir diyet tüketen kişilerde MCFA konsantrasyonu yüksektir (8).

Diyetle alınan uzun ve orta zincirli yağ asitlerinin ince barsak lümeninden emilimleri Şekil 1'de görülmektedir (9).

Tablo 3. Orta Zincirli Yağ Asitlerinin Özellikleri (3,8)

- Yaşamın ilk aylarında önemli enerji kaynağıdır.
- Kaynama dereceleri düşük olduğu için oda sıcaklığında sıvıdır.
- Uzun zincirli yağ asitlerine (LCFA) göre suda daha fazla çözünmektedirler.
- Nötral pH'da yüksek oranda iyonize oldukları için biyolojik sıvılarda daha fazla erimektedirler.
- 1 g MCFA yaklaşık 8.2-8.4 kkal enerji vermektedir.
- Elzem yağ asidi içermezler.
- Adipoz dokuda depolanma oranları düşüktür, çünkü hızlı ve temel enerji kaynağı olarak görev yaparlar.
- Termojeniktirler.
- Oksidasyonları sonucunda CO₂ ve keton cisimcikleri oluştururlar, ketojeniktirler.
- Hepatik oksidasyon iskelet kaslarındaki durumdan farklı olarak mitekondriadaki karnitinden bağımsız olarak gerçekleşir. Ancak adenosin trifosfat (ATP) yokluğunda karnitine bağımlı mekanizma ile oksidasyon başlar.
- MCFA oksidasyonu yetersiz olan hastalarda bu yağ asitlerinin kullanımı ile (siroz veya portakaval şant hastaları gibi) mental bozulmayı hızlandırabilecek serum octonate düzeyi önemli derecede artmaktadır.
- MCFA esterleşmeden barsakta hızla hidrolize olarak osmotik konsantrasyonu arttırmakta, doğrudan portal dolaşıma taşınmakta ve okside olmak üzere veya zincir uzama reaksiyonları için karaciğere ulaşmaktadır.
- Sindirim ve emilimlerinde önemli miktarda safra tuzu ve pankreatik lipaz aktivitesi gerektirmediklerinden, MCFA'lar safra kesesine olan ihtiyacı azaltabilmektedir.
- Yağlara karşı emilim bozukluğu gösteren (kistik fibrozis, bilier atrezi veya diğer yağ malabsorpsiyonları gibi) veya intestinal lenfatik drenajı olan hastalar için kullanılmaktadır.
- Yenidoğanların midesinde kolaylıkla emildiklerinden, prematürelde ve kronik ishallerde kullanılabilir.
- MCFA'lar, karın şişmesi, bulantı, diyare, kusma gibi yan etkilere neden olmaması için azar azar kullanılmalıdır.
- Doğumdan sonraki 3 aylık dönemde prematüre bebek doğuran annelerin sütlerinde, normal doğum yapan annelerin sütlerine göre 3 kat daha fazladır.
- Kan glikozunu periferik glikoz kullanımını etkilemeden, spesifik glikoneojenik etkiyle arttırırlar.

Tablo 4. İnsan Meme Bezlerinde Orta Zincirli Yağ Asitleri Sentezi (8)

Örnek	n	Yağ Asidi ^a (%)			Yağ (g/dL)
		C 10 : 0	C12 : 0	C14 : 0	
Prepartum süt salgısı (Prepartumun 1-70 günleri) ^b	12	0.10	1.70	4.90	1.20
Postpartum kolostrumu ^c					
İleri prematüre (26-30 haftalık)	18	0.26	3.09	5.52	2.00
Prematüre (30-37 haftalık)	26	0.31	3.14	5.87	1.80
Normal doğan (38-42 haftalık)	6	0.27	3.10	6.81	2.20

^a Yağ asitleri, C10: 0 (kaprik veya dekanolik), C12: 0 (laurik), C14: 0 (miristik)

^b Prepartum süt salgısı normal doğum yapmış kadınlardan elde edilmiştir

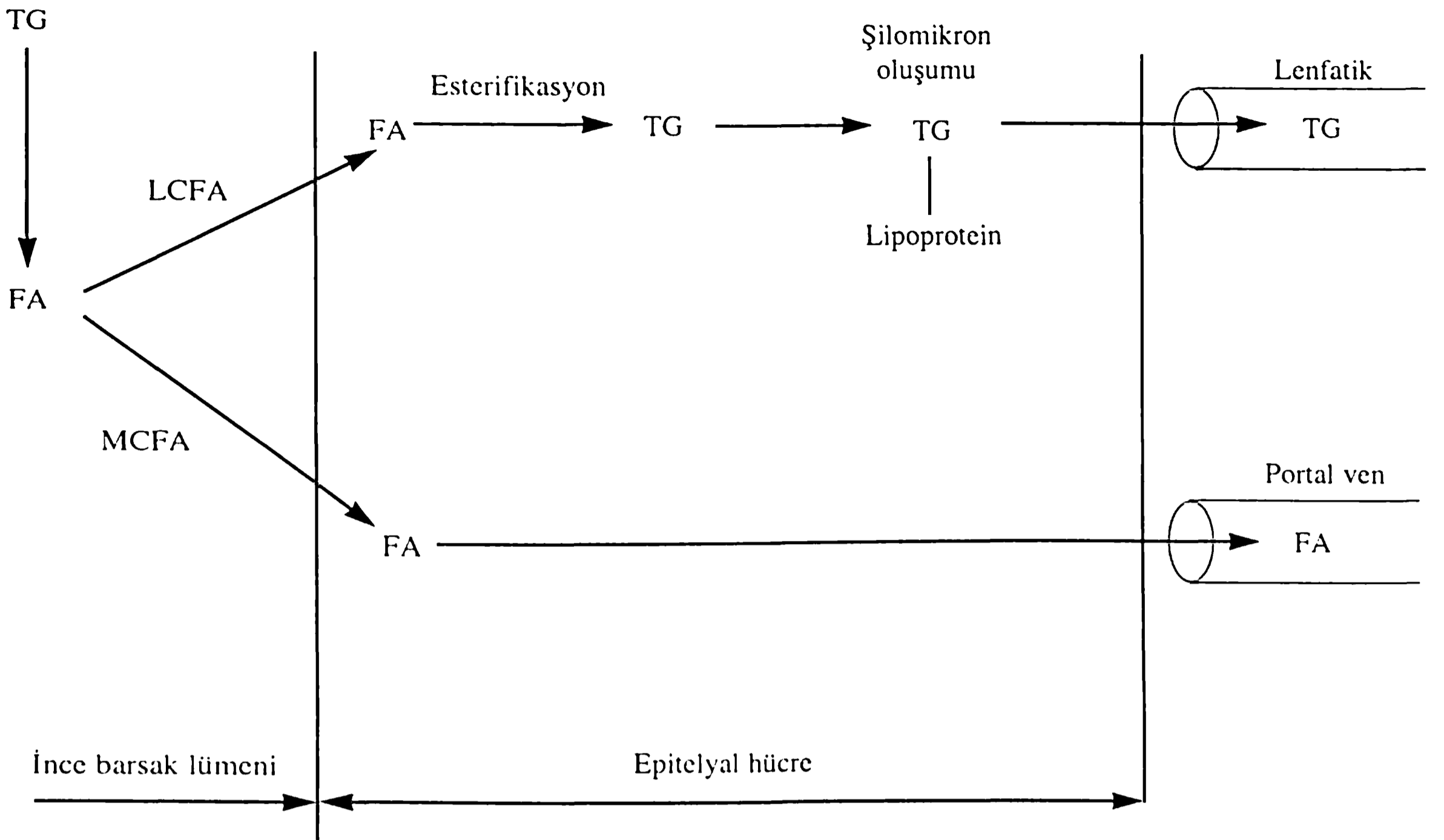
^c Bebeklerin gestasyonel yaşları

Bebek mamalarının anne sütünde olduğu gibi %10-20 arasında orta zincirli yağ asidi içermesi gerekmektedir (8). Tablo 5'te anne sütü ve mamalardaki MCFA'lar karşılaştırılmıştır.

Uzun Zincirli Yağ Asitleri (LCFA veya LCT) ve Sağlık Yönünden Önemi

Uzun zincirli yağ asitleri C uzunluğu 14-18 arasında olan bileşiklerdir (3). LCFA'ların oksidasyonu karni-

tine bağımlı transport mekanizması yoluyla mitekondriada gerçekleşir. LCFA'ların fizyolojik olarak katabolizması karnitin yetersizliği olan yenidoğanlarda özellikle de prematürelde yavaştır. Bu yağ asitlerinin fetal dokulardaki oksidasyonu çok yavaştır, ancak prenatal dönem esnasında giderek artar ve bu da yenidoğanlarda çok önemlidir. Lipidlerin β-oksidasyonu sonucu oluşan keton cisimleri bebeklerde merkezi sinir sistemi için temel enerji kaynağıdır. Bu



FA : Yağ asidi

TG : Trigliserit

Şekil 1. Uzun ve Orta Zincirli Yağ Asitlerinin Emilim Yolları (9)

Tablo 5. Anne Sütü ve Mamalardaki MCFA'ların Karşılaştırılması (g/100 g yağ asidi)*

Yağ asidi	Anne sütü ^{5,6}	Nutrilon 1	SMA S26	Preaptamil
6:0	0.15	0.20	-	0.07
8:0	0.46	1.50	1.80	0.65
10:0	1.03	1.30	1.70	0.53
12:0	4.40	9.30	10.00	4.70

* Mamaların yağ asidi bileşimleri firmalardan elde edilmiştir.

nedence anne sütüyle beslenen bebeklerde kan beyin bariyerinin hidroksibütirata geçirgenliği fazladır ve keton cisimlerini asetil-CoA'ya çeviren enzimler kısmen aktiftir. Bu fazda yağ asitleri doğrudan aktive olur ancak residual asil gruplarının karnitin molekülüne transportu peroksizomal matriksin dışında olur. Safra tuzları ve pankreatik lipaz 14 ve daha fazla C atomu içeren yağ asitlerinin sindirim ve emilimi için elzemdir (3).

LCFA'lar: Doymuş, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri olarak 3 grupta incelenmektedir. Uzun zincirli doymuş yağ asitleri ve oleik asit (C18: 1, n-9) anne sütündeki temel lipid fraksiyonlarından (3).

Uzun zincirli doymuş yağ asitleri: Potansiyel bir enerji kaynağı olmalarından veya ara bileşiklerin sentezinde substrat olmalarından dolayı bu yağ asitlerinin kolesterol metabolizmasında önemli rolleri vardır. Miristik asidin (C14: 0) aterojenik özelliği fazladır ve bu yağ asidi süt formüllerine eklenirken bu özelliği dikkate alınmalıdır. Bu grup yağlar diyetdeki kolesterol ile kıyaslandığında dolaşımdaki LDL üzerine daha fazla etki etmektedir. Vücut içerisinde hızla oleik aside dönüşen 18 C'lu stearik asit kolesterol metabolizmasına olan metabolik etkisinden dolayı doymuş öncülerden ayrı olarak düşünülebilir (3).

Diyetle alım ve dolaşımdaki konsantrasyonlarının dışında uzun zincirli doymuş yağ asitleri, az miktarlar-

da membranların yapısal bileşenleri olarak yağ depolarında bulunurlar (özellikle de palmitik asit ve stearik asit olarak) (3).

Uzun zincirli tekli doymamış yağ asitleri: Pratikte anne sütündeki lipidlerin 1/3'ünü veya daha fazlasını sadece oleik asit (C18: 1, n-9) oluşturmaktadır. Oleik asit önemli bir enerji kaynağıdır ve vücut içerisinde sentez edilebilir. Oleik asit, yenidoğanlarda laktozla birlikte sütteki temel enerji kaynağı olarak bilinir. Son yıllarda yapılan çalışmalar oleik asidin lipoprotein metabolizmasına etkileri üzerine yoğunlaşmıştır (3).

Yetişkinlerde oleik asit HDL/LDL oranını sürekli olarak arttırırken, total kan kolesterol konsantrasyonunu düşürür. Ayrıca gastrointestinal sistemde besin öğelerinin emilimini kan glikoz ve insülin konsantrasyonlarını normal sınırlar içerisinde tutarak düzenler. Bebek ve çocuklarda yapılan bir çalışmada süten kesilme sırasında diyet, bu yağ asidi ile zenginleştirilmiştir ve lipoprotein profilinin sadece anne sütüyle beslenme dönemindeki değerlere benzer olduğu gösterilmiştir. Oleik asit, doku ve membran fosfolipidlerinin özellikle de yaşamın ilk 2 yılı sırasında oluşan miyelinin bir bileşenidir (3,10).

Piyasada bulunan birçok mama oleik asit ve total cis-tekli doymamış yağ asitlerini düşük miktarlarda içermektedir. Bu yağ asitlerinin bebeğin diyetinde bulunmasının bazı olumlu etkileri vardır. Çünkü aynı zincir uzunluğuna sahip doymuş yağ asitlerine göre daha iyi absorbe edilirler, çoklu doymamış yağ asitlerine göre oksidasyona daha az duyarlıdırlar ve kalsiyum emiliminde daha az olumsuz etkileri vardır (11).

Düşük yağlı diyet tüketen annelerin (enerjinin %15'inin altında) sütlerindeki 10-14 C'lu yağ asitleri miktarı, yüksek yağlı diyet tüketen annelerin sütlerine göre (enerjinin %35'inin üzerinde) yüksek, oleik asit miktarı düşüktür. Ayrıca bu yağ asitlerinin oksidasyon oranları üzerine yapılan çalışmalarda oleik asidin laurik ve miristik asitlere göre daha hızlı okside olduğu gösterilmiştir. Düşük yağlı diyet tüketen anneler karbonhidratlardan oleik asidi sentez edemediklerinden sütlerindeki miktar daha azdır, oysa yüksek yağlı diyet tüketen anneler diyetleriyle doğrudan aldıklarından sütlerinde bu yağ asidi yeterli miktardadır (10).

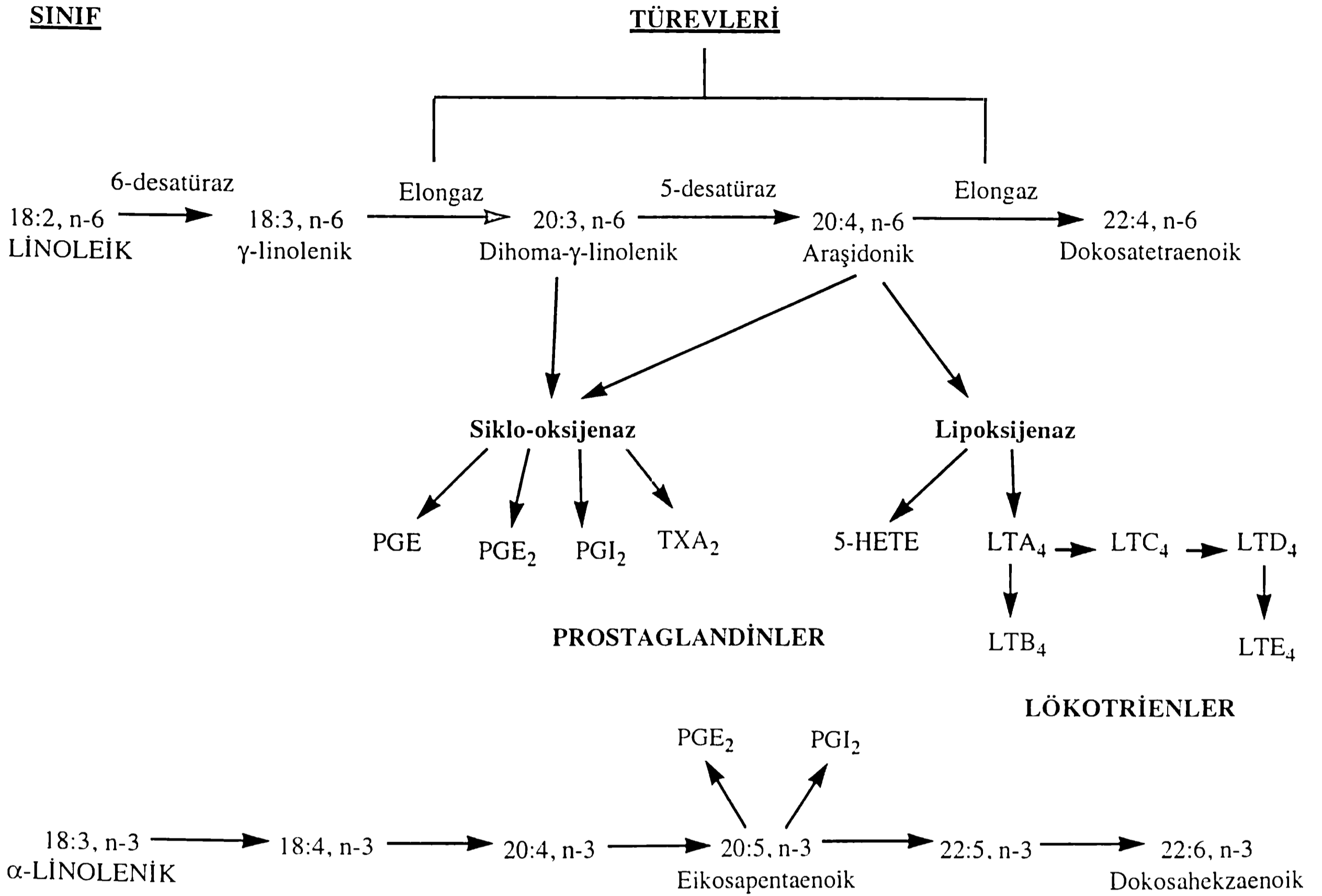
Pediatride bu grupta ilgili diğer bir bulgu adrenolökodistrofiyi (peroksizomların enzimatik bir hastalığı) tedavi etmede kullanılan erukik asitle (C 22: 1, n-9) ilgilidir. Erukik asit doymuş LCFA'ların tutumunu düzenler ve böylece sinir hasarını önler. Toksisiteyle

ilgili şu an yeterli veri bulunmaması nedeniyle, bu yağ asidinin metabolize olması ve endotelial birikimiyle (koroner lipidosis) ilgili daha detaylı deneysel çalışma yapılmalıdır (3).

Çoklu doymamış yağ asitleri: Bu grup yağ asitleri 2 elzem yağ asidini içerir: linoleik asit (C18: 2, n-6) ve α -linolenik asit (C18: 3, n-3). İnsan vücudunda doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri sentezlenebilmesine karşılık, n-3 ve n-6 yağ asitleri sentezlenemediğinden bu yağ asitlerinin diyetle alınması gerekmektedir. Bu yağ asitleri zincir uzama (elongasyon) ve çift bağ oluşma (desaturasyon) süreçleriyle diğer yağ asitlerine metabolize olurlar (Şekil 2) (10,12).

Linoleik asit 18 C'ludur ve 2 çift bağ içerir. Molekülün sonundaki metil grubundan itibaren 6 C aralıkla 2 çift bağ bulunmaktadır. Delta 6 çift bağ oluşma süreciyle γ -linolenik aside (C18: 3, n-6), bu zincir uzama reaksiyonu ile dihoma- γ -linolenik aside (C20: 3, n-6) ve bu da yine çift bağ oluşturma ile araşidonik aside (C20: 4, n-6) dönüşür. Delta 6-desaturasyonun hızı sınırlıdır. Diyet yağlarının emiliminden sonra linoleik asit; trigliseritleri ve fosfolipidleri oluşturur ve bu formda adipoz dokuda enerji olarak depolanır ve besin öğeleri yedeği olarak büyümede ve hücre membranlarının onarımında kullanılır. Yani diyetle alınan linoleik asidin çok az bir kısmı çift bağ oluşma süreci için kullanılır. Hem delta 6-desaturasyonun hızının yavaş, hem de linoleik asidin fosfolipidlerin ve trigliseritlerin yapısına girmesinden dolayı çok az miktarlardaki linoleik asit araşidonik aside dönüşmektedir. Linoleik ve araşidonik asitler membranlarda kullanılır, beyinde araşidonik asit varken linoleik asit bulunmaz (10). Linoleik aside olan gereksinme 1929 yılında deneysel olarak gösterilmiştir ve düşük total lipid ya da linoleik asit (günlük kalori alımının %1'inden daha az) içeren mamalarla beslenen yenidoğan bebeklerde klinik olarak yapılan çalışmalarda da bu yağ asidine olan gereksinme onaylanmıştır. Düşük linoleik asit içeren diyetin semptomları; dermatit, ağırlık kazanımında azalma, hipotalamus-hipofiz sisteminin etkinliğinin bozulmasıdır (3).

Aynı zincir uzama ve çift bağ oluşma reaksiyonları α -linolenik asidi hızla eikosapentaenoik aside (EPA) ve daha yavaş olarak dokosaheksaenoik aside (DHA) çevirir (10,13). α -linolenik aside olan gereksinme pratikte TPN ile beslenen hastalarda gösterilmiştir (3). Dokuların, özellikle de beynin gelişmesi için gerekli olan bu uzun zincirli yağ asitlerini, düşük doğum ağırlıklı bebeklerin endojen olarak yapmaları sınırlıdır ve mutlaka çok az miktarlarda da (günde 0,5 g/kg) olsa lipid emülsiyonlarının parenteral sıvılara



Şekil 2. Linoleik ve α -linolenik Asidin Metabolizmaları (16)

elzem yağ asitleri eksikliğini önlemek için eklenmesi gerekmektedir (14). α -linolenik asit endojen olarak sentezlenemez ve kaynağı sadece diyettir. Linoleik asit ve daha az miktardaki α -linolenik asit yağ depolarının oluşumuna katılmaktadır, yani bu yağ asitleri yapısal bileşenlerdir, işlevleri sadece metabolik değildir (3).

Araşidonik asit (C 20: 4, n-6) hücre membranlarının temel bileşenidir. Membran içerisinde bu yağ asidi siklo-oksijenaz ve lipo-oksijenaz aracılığıyla prostaglandinler, tromboksanlar, prostasiklinler ve lökotrienler gibi molekülleri oluşturmak üzere metabolize olur ve aynı mekanizma ile dihomogamma-linolenik asit gibi ara ürünler de oluşur (3,11,15).

EPA (C22: 5, n-3) yetişkinlerde kardiovasküler hastalıkların önlenmesiyle ilişkili olarak, DHA (C22: 6, n-3) ise genellikle yenidoğanlarda çalışılmıştır. Retina ve bazı kortikal bölgelerin sinir hücrelerindeki fosfolipidler DHA'dan zengindir ve bu hücrelerdeki DHA'ların gebeliğin son ayında ve postnatal yaşamın ilk 3 ayında oluştuğu bilinmektedir (3). Yetişkin

bireyler besinlerle aldıkları linoleik ve α -linolenik asitten, arachidonic asit (AA) ve DHA oluşturabilmelerine rağmen, erken doğmuş veya gününde doğmuş bebeklerin olgunlaşmamış enzim sistemleri linoleik asidi AA'ye ve α -linolenik asidi DHA'ye dönüştürme yeteneğini sınırlandırır. Ayrıca doğumda özellikle prematüre bebeklerde AA ve DHA depoları düşüktür. Çünkü bu yağ asitleri normal olarak gebeliğin son trimesterinde uterusu yüksek oranda birikmektedir (12). Beyin gelişiminin hızlı olduğu bu dönemde plasenta fetusa AA ve DHA sağlamaktadır (16).

Dokosaheksaenoik asit (DHA); yüksek düzeylerde retinada, serebral kortekste, testis ve spermelerde bulunmaktadır. Bu nedenle DHA beynin ve retinanın normal işlevini yapabilmesi için gereklidir. Deney hayvanlarında yapılan çalışmalarda n-3 yağ asitlerinin yetersizliği durumunda görme-retinal işlevlerde, büyüme, gelişme ve davranışlarda bozukluklar gösterilmiştir (11,15). Diyet bu yağ asitlerinden yeterli hale getirildiğinde yapısal hasar önemli oranda düzelmiş, işlevsel yetersizlik ise geriye dönüşsüz olarak

bozulmuştur. Anne sütüyle beslenmeyen prematüre bebeklerin yağ asidi yetersizliği bakımından risk altında olduğu bilinmektedir (3). Merkezi sinir sistemi (MSS) gelişimi esnasında α -linolenik asidin yetersiz alımı DHA'nın azalmasına ve dokosapentaenoik asidin artmasına neden olur. α -linolenik asitten yetersiz diyetle beslenen kemirgenlerin ve insan olmayan primatların beyin ve retinalarında DHA'nın azalması; öğrenme güçlüklerine ve görme keskinliğinde azalmaya neden olmaktadır (17).

Anne sütündeki yağ asidi türleri ve miktarları maternal diyet, kültürel düzey, etnik köken, coğrafi ve sosyo-ekonomik durumdan etkilenmektedir. Ayrıca anne sütünün yağ asidi içeriği laktasyonun 2. haftasına yani süt olgunlaşmaya kadar da değişkenlik gösterir (11). Anne sütünde %8-30 oranında linoleik asit, %0.5-2.0 oranında α -linolenik asit, %0.5-0.8 oranında AA ve %0.1 - %1.5 oranında DHA bulunur (17,18,19). Yağ asitleri miktarı annenin diyetiyle tükettiği kırmızı et ve balık oranına bağlı olarak değişmektedir (17). Son yıllarda annelerin deniz ürünleri, et ve yumurta tüketimlerinin azalmasına bağlı olarak sütlerindeki DHA konsantrasyonlarında belirgin bir düşüş olduğu bildirilmiştir (20). Vejeteryan annelerin sütlerinde uzun zincirli yağ asitleri ve özellikle linoleik asit miktarı, balığa dayalı beslenen topluluklardaki annelerin sütlerindeki EPA ve DHA miktarları yüksektir. Doymuş yağ asitlerinden zengin diyetle beslenen annelerin sütlerinde stearik asit miktarı yüksek, linoleik asit ve elzem yağ asitleri konsantrasyonu düşüktür (10).

Plazma ve eritrosit fosfolipidlerindeki EPA ve DHA konsantrasyonu anne sütüyle beslenen zamanında doğmuş bebeklerde, DHA eklenmemiş mama ile beslenenlerinkine göre önemli derecede daha fazladır. Yetişkinlerin ve bebeklerin plazma ve eritrosit lipitlerindeki DHA oranı, diyetlerindeki DHA miktarını yansıtmaktadır, MSS, DHA'yı sentez edebilir. Mama ile beslenen bebeklerde eritrosit DHA konsantrasyonu vejeteryan annelerin sütüyle beslenen bebeklerinki kadar yüksektir. Domuzlarda yapılan çalışmalarda %4 oranında α -linolenik asit içeren ancak DHA içermeyen mamaların, sinaptik membran ve retina oluşumu için gerekli olan diyet n-3 yağ asit gereksinmesini karşıladığı, ancak %1 oranında α -linolenik asit içeren mamaların yetersiz olduğu (soya sütüyle karşılaştırıldığında) bulunmuştur. Ratlarda n-3 yağ asit gereksinmesiyle ilgili yapılan çalışmalarda enerjinin %0.3'ünün α -linolenik asitten sağlanması ile, tüm beyin lipitlerinde DHA'nın maksimum konsantrasyonuna ulaşmak için yeterli olduğu ve enerjinin %0.7'si α -linolenik asitten sağlandığında ise, si-

naptik membranlarda ve retina fosfolipidlerinde maksimum DHA konsantrasyonuna ulaşmak için gerekli olduğu sonucuna varılmıştır (12,17). Tablo 6'da anne sütü ve piyasada bulunan bazı mamaların LCFA'lerinin miktarları verilmiştir.

EPA ve DHA'dan prostoglandin adı verilen ve vazodilatör etkiye sahip ve platelet agregasyonunu inhibe edici hormonlar sentezlenmektedir (12). Bu grup bileşikler toplu olarak eikosanoidler olarak bilinirler ve platelet yapışmasını, agregasyonunu (kümeleşme), vazodilasyonunu (damarların genişlemesi) ve damarların daralmasını kontrol ederek kan dolaşımının düzenlenmesinde görev alırlar (10,12). Çok düşük konsantrasyonlarda etki ederler. Bu bileşikler üreme ve doğum sürecine katılırlar ve aynı mekanizmalarla kan akımını ve yumuşak kas kontraksiyonunu regüle ederler (10). Prostoglandinler komşu hücrelerin birbirleriyle ilişki kurmasına aracılık ederek damarların genişlemesini veya daralmasını sağlarlar ve bunun sonucunda da aterosklerozis oluşumu engellenir. Epidemiyolojik ve deneysel araştırmalarda, diyetle n-3 yağ asitlerinin eklenmesiyle vazodilatör etki gösteren PGI₂'nin arttığı, TXA₂'nin ise azalarak hipertansiyon gelişiminin engellendiği gösterilmiştir (12). Bu bileşikler immün sistem işlevinde de rol alırlar. Örneğin lökositler ve makrofajlar üzerine kemokinesis ve kemotaksik etkisinin denetimi vasıtasıyla immün kontrolün baskılanması ve aktivasyonunun regülasyonunda işlev görürler (10). İltihabi ve otoimmün bozukluklar ile n-3 yağ asitleri arasında önemli ilişkiler bulunmaktadır. Bunu da interlökin metabolizmasını değiştirerek gerçekleştirmektedirler. Ayrıca deney hayvanlarında yapılan bazı çalışmalarda n-3 yağ asitlerinin göğüs, kolon, pankreas ve prostat kanserlerinde tümör oluşumunu ve büyümesini geciktirici etkisinin olduğu bildirilmiştir (12).

Diyetteki n-6 ve n-3 yağ asitlerinin oranı önem taşımaktadır. Hem n-6 hem de n-3 yağ asitlerinin zincir uzamasında ve çift bağ oluşumunda aynı enzimler rol oynadığından bu durum, yağ asitleri arasında bir yarışma ortamı yaratır. Örneğin n-6 yağ asitlerinin fazla olması, daha fazla çift bağ içeren n-3 yağ asitlerinin sentezini inhibe veya stimüle edebilir. Mamalara n-3 yağ asitlerinin eklenmesi zengin bir kaynak olan balık yağıyla gerçekleştirilebilir. Ancak balık yağı n-6 yağ asitlerini düşük düzeylerde içerdiğinden, kan ve dokulardaki EPA ve DHA düzeylerinin yüksek, n-6 yağ asitlerinin özellikle de AA'in yetersiz kalması sonucunu doğurur. Balık yağıyla takviye edilmiş formül, n-3 yağ asitlerini yüksek oranda içerdiğinden AA sentezini inhibe etmekte, EPA'nın AA'e olan yapısal benzerliği ve fazlalığı hücre zarlarında ve meta-

Tablo 6. Anne Sütü ve Bazı Adapte Mamalardaki LCFA'ların Karşılaştırılması (g/100 g yağ asidi)*

Yağ asidi	Anne sütü ^{5,6}	Nutrilon 1	SMA S26	Preaptamil
14:0	6.27	4.50	4.5	2.50
16:0	22.00	18.10	22.0	28.40
16:1	?	0.30	0.1	3.50
18:0	8.06	3.90	4.5	3.50
18:1, n-9	31.30	44.90	37.0	0.18
18:2, n-6	10.85	11.20	16.2	16.40
18:3, n-3	1.03	2.20	1.5	1.64
20:0	0.44	0.40	4.5	0.30
20:1, n-9	0.67	0.50	0.2	0.30
20:3, n-6	0.32	-	-	-
20:4, n-6	0.46	-	-	-
22:0	0.12	0.30	0.2	0.17
22:1, n-9	0.22	0.10	-	< 0.09
22:5, n-3	0.19	-	-	-
22:6, n-3	0.25	-	-	-

* Mamaların yağ asidi bileşimleri firmalardan elde edilmiştir

bolizma süreçlerinde AA'in yerini kolayca EPA'nın almasını sağlamaktadır. AA'deki bu azalma bebeklerde büyüme geriliğine neden olduğundan n-6 ve n-3 yağ asitlerinin bebek formüllerine doğru bir denge içerisinde ilave edilmeleri gerekmektedir. Çocuk besinlerinde n-6 yağ asitlerinin n-3 yağ asitlerine oranı, anne sütüne göre daha yüksektir. Bu da MSS gelişimini olumsuz etkilemektedir (12). n-6 ve n-3 yağ asitleri arasında bir dengenin olması prostaglandinlerin ve diğer eikosanoidlerin metabolizmasını etkilemektedir. n-3 / n-6 oranının yüksek olması granülositlerin anti-infektif özelliğini baskılar (11).

n-6 ve n-3 serilerine ek olarak oleik asidin (n-9) türevlerinden biri olan eikosatrienoik asidin kandaki miktarı da (C 20: 3, n-9) elzem yağ asit yetersizliğinin biyokimyasal bir göstergesidir. Yenidoğan bebeklerin kordon kanında bu yağ asidi beklenenden daha fazla konsantrasyonlarda bulunmakla birlikte, bu durum yeni bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Eikosatrienoik asidin bu yüksek konsantrasyonunun doğumdan önce fetus tarafından kullanımının artmasına neden olup olmadığı kesin değildir (3).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Merkezi sinir sisteminin gelişimi, prenatal yaşamın son ve postnatal yaşamın ilk aylarında tüketilen yağların kalitesine ve miktarına bağlıdır. Prenatal ve postnatal yaşamda bebeklere bu yağları, kordon kanı

ve anne sütü sağlamaktadır. Bebek mamalarında kullanılacak yağlar ise hem miktar hem de kalite olarak anne sütüne benzetilmelidir.

WHO/FAO/CRG Komitesi yetişkin kadınlar için yağdan gelen enerjinin %20'nin altında olmamasını önermektedir. Bebeklerin yağ asidi gereksinmelerini karşılamak için süt veren bir annenin diyeti, doymuş yağ asitlerini en çok %10, tekli doymamış yağ asitlerini %15 ve çoklu doymamış yağ asitlerini %8 oranlarında içermelidir. Diyetteki linoneik asit/ α -linolenik asit oranı 5/1 - 10/1 arasında tutulmalıdır. Diyetteki linoneik asit/ α -linolenik asit oranı 10/1 üzerinde olan kadınlara n-3 grubu yağ asitlerinden zengin besinlerin tüketilmesi önerilmelidir. (21). Annelerin ve bebeklerin elzem yağ asidi gereksinmelerini karşılamak amacıyla:

- Bebeklerin ilk 4-6 ay boyunca sadece anne sütü ile beslenmeleri sağlanmalı,
- Annenin beslenme programında balık (DHA), su ürünleri ve yeşil yapraklı sebzelerin tüketimi arttırılmalı,
- Bebek mamalarına eklenecek olan yağ asitlerinin türleri ve miktarları anne sütüyle beslenen bebeklerin büyüme ve gelişimini sağlayacak düzeyde olmalı,
- Bebek mamaları n-6 ve n-3 yağ asitleri ile zenginleştirilmeli, FAO/WHO Uzmanlar Komitesine göre

Tablo 7. Bebeklerin Elzem Yağ Asidi Gereksinimleri (21)

Yağ Asidi	Enerji %'si
Linoleik asit	10.00
α -linolenik asit	1.50
Araşidonik asit	0.50
DHA	0.35
EPA*	< 0.10

* Anne sütünün bileşiminde doğal olarak bulunan EPA'nın bebek mamalarına eklenen miktarı %0.1'den daha fazla olursa AA ile antagonistik etki göstermekte ve büyümeye engel olmaktadır.

diyetin en az %3'ü elzem yağ asitlerinden gelmeli, n-6/n-3 grubu yağ asitleri oranı 5/1 olmalıdır (Tablo 7),

- Laktasyon dönemindeki annelerin sütlerinde yeterli miktarda elzem yağ asidi olması için toplam diyet enerjisinin %5-7'si kadar elzem yağ asidi almalı,

- Annelere ve ek besine başlamış bebeklere yumurta sarısı ile n-3 yağ asitleri sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Baysal A. Beslenme, Hatiboğlu Yayınları: 93, Yükseköğretim Dizisi: 26, 7. Baskı, Ankara, 1997.
- Baysal A. Diyet yağları ve sağlığımız: Son görüşler. Beslenme ve Diyet Dergisi, 21:5-16, 1992.
- Giovannini M, Agostoni C, Salari PC. The role of lipids in nutrition during the first month of life. J Int Med Res 19:351-62, 1991.
- Coulte TP. Food. The Chemistry of Its Components. Second Edition, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1995.
- Roche AF (medical editor). Short-Chain Fatty Acids: Metabolism and Clinical Importance. Report of the tenth ROSS CONFERENCE on medical research, Ross Laboratories, Columbus, Ohio, 1991.
- Jensen RG, Ferris AM, Lammi-Keefe CJ. Lipids in human milk and infant formulas. Ann Rev Nutr 12:417-51, 1992.
- Jensen RG. The lipids in human milk. Prog Lipid Res 35(1):53-92, 1996.
- Hamosh M, Spear ML, Bitman J, et al. Medium chain triglycerides : Advantages and possible drawbacks, In: Schaub J, Van Hoof F, Vis HL (eds), Inborn Errors of Metabolism. Nestle Nutrition Workshop Series, Vol: 24. Vevey/Raven Press, Ltd, New York, 81, 1991.
- Shaw V, Lawson M. The cardiothoratic system. Clinical Paediatric Dietetics. Blackwell Scientific Publications, First Published, Oxford, 143, 1994.
- Brunser O, Carrazza FR, Gracey M, et al. Essential fatty acids in human milk. Clinical Nutrition of the Young Children, Nestle Nutrition Raven Press, New York, 302, 1985.
- Koletzko B, Thiel I, Springer S. Lipids in human milk: A model for infant formulae. Eur J Clin Nutr 46(Suppl 4):44-55, 1992.
- Baysal A. Omega-3 yağ asitlerinin büyüme, gelişme ve sağlık üzerine etkileri. Beslenme ve Diyet Dergisi 20(2):159-164, 1991.
- Connor WE. α -linolenic acid in health and disease. Am J Clin Nutr 69(5):827-828, 1999.
- Yurdakök M. Parenteral beslenmede kullanılan solüsyonlar. Çocuklarda Enteral ve Parenteral Beslenme. Çoşkun T, Yurdakök M, Özalp İ (eds), Sinem Ofset, Ankara, 192, 1997.
- Neuringer M, Anderson JG, Connor WE. The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of retina and brain. Ann Rev Nutr 8:517-41, 1988.
- Crawford MA. Placental delivery of arachidonic and docosahexaenoic acids: Implications for the lipid nutrition of preterm infants. Am J Clin Nutr 71 (Suppl 1): 276-284, 2000.
- Innis SM, Nelson CM, Rioux MF, et al. Development of visual acuity in relation to plasma and erythrocyte n-6 and n-3 fatty acids in healthy term gestation infants. Am J Clin Nutr 60:347-52, 1994.
- Innis S. Essential fatty acids in infant nutrition: Lessons and limitations from animal studies in relation to studies on infant fatty acid requirements. Am J Clin Nutr 71 (Suppl 1): 238-244, 2000.
- Dobbing J (ed). Developing Brain and Behaviour : The Role of Lipids in Infant Formula, Academic Press, San Diego, 1997.
- Bindels JG, Goedhart AC, Visser HKA (eds). Long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFA) in infant nutrition. Recent Developments in Infant Nutrition, Tenth Nutricia Symposium, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 157, 1996.
- Simopoulos AP, Leaf A, Salem N. Essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. Ann Nutr Metab 43:127-130, 1999.