

모유의 영양 및 면역학적 고찰

신 영 희*

I. 서 론

모유는 생후 첫 6개월 동안 영아의 성장과 발육에 필요한 모든 영양분을 공급하는 가장 이상적인 식품이므로 부득이한 사정이 없는 한 다른 식품에 의존할 필요가 없다. 모유수유가 이환율과 사망률을 낮춘다는 사실은 선진국이나 후진국의 통계 자료를 통하여 이미 밝혀졌다(Oski, 1982 ; Mata, 1982).

선진국에서는 여성의 사회진출과 문화적 추세 의 변천 그리고 조제유의 개발로 한때 모유 수유의 관습이 잊혀지기 시작하였으나, 최근 모유의 영양학적, 면역학적 연구가 활발히 진행되고 모유의 우수성이 밝혀짐에 따라 지금은 거의 60-90% 이상의 모성이 모유수유로 돌아가고 있는 추세이다. 우리나라의 경우, 지난 30여 년간의 고속경제성장에 비해 모성 취업율은 특별히 높아지지 않았으나 단지 문화적 취향의 변화 때문에 모유수유의 관습을 버렸고, 이제 모유수유율은 겨우 30% 안팎에 지나지 않는다.

모유수유를 포기하고 인공수유로 전향한 이래 소아암, 호흡기와 소화기계 문제, 알레르기, 소

아비만, 청소년 비행 등 각종 소아 문제들이 증가하기 시작하였다. 사회심리학적 연구들에 의하면 모유수유에 의한 모성과 영아의 신체적 접촉은 곧 모성과 영아의 정서적 유대를 돈독히 하고 아동의 안정된 인격형성에 큰 역할을 한다고 지적하고 있다. 모유수유는 영아에게만 좋을 뿐만 아니라 모성에게도 몇 가지 이점을 주고 있다. 즉, 모유수유가 유방암 발병율을 낮추고 있다는 통계나 모유수유 어머니들은 출산 후 곧바로 임신하는 빈도가 낮다는 통계들이 그것이다.

본 종설의 목적은 모성과 아동의 건강관리를 최일선에서 책임지고 있는 우리 간호사들이 지금까지 밝혀진 모유의 영양학적 면역학적 우수성을 올바르게 이해하고 이를 실무에 적극 활용함으로써 잊혀지고 있는 모유수유의 관습을 다시 찾는데 기여하고자 하는데 있다.

II. 모유의 영양학적 우수성

과학과 기술의 발전으로 인간은 영양학적으로 모유에 가장 가까운 조제유를 개발할 수 있었으나 아직도 각 영양소의 효용으로 볼 때 모유보다 뒤떨어진다. 다음은 조제유의 원료인 우유와

* 계명대학교 간호학부

모유의 차이점을 각 영양소별로 즉, 단백질, 지방, 탄수화물, 무기질, 비타민 순으로 살펴보고자 한다.

1. 단백질

모유와 우유의 단백질은 양이나 구성에서 차이가 있다. 우유는 모유의 약 3배의 단백질과 약 6배의 카제인을 함유하고 있다(Hambraeus, Lonnerdal, Forsum, & Gebre-Medhin, 1978). 모유에는 유청단백질(whey protein)이 많은 반면 우유에는 카제인(casein)이 많아, 유청단백질과 카제인과의 비율이 모유에서는 60:40이나 우유에서는 18:82이며, 모유는 대부분 베타 카제인이나 우유는 주로 알파 카제인이다. 이런 이유로 모유 먹는 아기와 조제유를 먹는 아기의 위 속에서 우유덩어리가 생기는 데 차이가 난다(Hambraeus, Lonnerdal, Forsum, & Gebre-Medhin, 1978; kunz & Lonnerdal, 1992; Lonnerdal & Forsum, 1985).

우유에 비하여 모유에는 유청단백질이 월등히 많은데, 이 유청 단백질에는 여러 가지 중요한 단백질 성분을 함유하고 있다. 즉 α -lactalbumin과 immunoglobulin, lactoferrin을 함유하고 있다. 반면에 우유에는 β -lactoglobulin이 유청 단백질의 주요 구성분이며, 모유의 유청 단백질에는 β -lactoglobulin이 없다. α -casein과 β -lactoglobulin은 우유 알레르기의 주요 항원들이다. 분유제조자들은 카제인 양을 줄이고, 유청단백질의 양을 늘이고, 이들 비율을 모유와 같이 40:60으로 만들기 위하여 탈염조작을 가한 peptides와 우유를 사용하고 있으며 단백질 총량을 줄이고 있다. 우유 카제인과 β -lactoglobulin의 항원성을 줄이기 위하여 가수분해하여 peptide유도체를 만들기도 한다(Clifford, 1997).

1) 아미노산

모유수유아의 하루 평균 단백질 섭취량은 1.5gm/kg/day, 인공수유아는 2.7gm/kg/day로 추정하고있으나 모유의 단백질이 질적으로 우수한 것으로 알려져 있다(Clifford, 1997). 우유에는 cystine이외의 모든 아미노산 함량이 모유보다 높으나 모유 단백질의 아미노산 구성은 영아의 대사에 가장 적당한 조성비를 나타낸다. 총 단백질 양으로 따져볼 때 모유나 우유의 아미노산 구성에 차이가 별로 없으나 혈장이나 소변 속에 농축되어 있는 아미노산을 살펴보면 모유수유아보다 인공수유아의 소변이나 혈장 액 속에 cystine과 taurin을 제외한 나머지 아미노산들의 농축 정도가 높다(Jarvenpaa, Raiha, Rassin, & Gaull, 1983). 이는 인공수유아가 요구량보다 과다하게 섭취하기 때문에 소변으로 배설되기 때문이다. 이처럼 과잉 섭취한 단백질은 대사에 부담을 주어 blood urea nitrogen, blood ammonia, urine osmolarity가 증가하고 심지어는 저체중아에게는 대사성 산증까지 초래할 수 있다(Schulz, Soltesz, Mestyan, 1980). 반면 미숙아는 만삭아에 비해 단백질 요구량이 더 많으며, 초유나 이행유는 성숙유에 비해 단백질 함량이 높다(Gross, Geller, & Tomarelli, 1981).

유황을 함유하는 아미노산들 중에서 cystine 함량은 모유가 우유의 약 2배이나 methionine 함량은 우유의 약 1/3 정도이다. Taurine은 초유에서는 모유와 우유 사이에 큰 차이가 없으나 성숙유에서는 모유가 우유보다 약 30배 정도나 높다(Hayes & Sturman, 1981). 최근에 와서 taurine의 중추신경계, 망막, 심근 등에 있어서의 생리 기능이 주목을 끌고 있다. 동물실험에서 taurine 결핍이 고양이와 망막 기능장애, 청각장애, 원숭이의 발육장애 등을 일으킨

다는 사실이 밝혀짐에 따라 taurine 이 중추신경계 발달에 필수적인 역할을 하고 있으며 성장 발달에도 불가결하다는 것이 밝혀지고 있다 (Gaul, 1989 ; Sturman & Cheaney, 1995). 이밖에도 taurine은 담즙산과 결합하여 지방의 소화흡수에도 중요하다. 사람에게 있어서 taurine 합성에 관여하는 효소활성이 태어나 신생아기 때에는 매우 낮다(Gaul, Rassin, Raiha, & Heinonen, 1977). 저체중 신생아들에게 taurine을 첨가하지 않은 조제유로 장기간 양육하면 청신경 발달이 늦어지고, 시신경 기능 이상 등이 온다는 보고가 있다(Jarvenpaa, Raiha, Rassin, Gaul, 1983). 그렇기 때문에 저체중 신생아 양육에서는 taurine이 필수 아미노산으로 간주되고 있다. 이러한 이유 때문에 조제유에 cystine 함유량이 높은 유청 단백질을 보강하고, taurine도 모유의 함유량 정도로 맞추고 있다. 그러나 조제유에 타우린을 첨가하더라도 신체내 생화학적 반응은 차이가 나므로 신생아의 성장과 대사에 아무런 득이 되지 않는다고 한다(Jarvenpaa, Raiha, Rassin, Gaul, 1983 ; Watkins, 1986).

2) 효소 및 홀몬

여러 가지 효소와 홀몬 예를 들면, lipase, amylase, catalase, & proteases 등은 역시 우유보다 모유에 많이 함유되어 있다. Lysozyme 은 우유에 비해 초유에는 60배, 성숙유에는 40배가 많이 함유되어 있어 전분 소화를 돕고 있다(Lindberg & Skude, 1982). 모유에 여러 가지 다른 효소들과 홀몬들이 함유되어 있고 thyroid 홀몬도 모유 속에 함유되어 있기는 하지만 그 양이 생리적으로 의미가 있는지에 대해서는 논쟁이 되고 있다(Mizuta, et al, 1983).

3) 성장인자

모유 속에는 신생아 상관의 성장과 성숙에 매우 중요한 역할을 하는 여러 가지 gastrointestinal regulatory peptides들이 있다. 성장홀몬, IGF-1, colony stimulating factor, tumor growth factor(TGF-beta) 등과 같은 Growth factor들은 장 기능을 돕고 점막방어 기능에 기여하는 것으로 나타났다(Berseth, Michener, Nordyke, & Go, 1990). 그 외에 epidermal growth factor와 같이 DNA 합성을 돕는 여러 가지 growth factor들이 있고 IL-1, IL-6, IL-8, IL-10와 interferon 등도 있다(Konno, Shiraki, & Mura, 1991).

2. 지방

모유나 우유의 지방함유량은 다 같이 약 3.5g/dl 정도로서 차이가 없으며, 모유 속에 함유된 지방은 97-98%가 triglyceride이다. 그러나 지방을 구성하고 있는 지방산 조성이 다르다. 모유 지방에는 우유 지방에 비하여 short-chain fatty acid(단쇄 지방산), 특히 포화 지방산이 적고, 불포화 지방산이 많다. 모유지방에는 필수 지방산인 linoleic acid, linolenic acid, arachidonic acid 등의 장쇄다가불포화 지방산(long-chain polyunsaturated fatty acids) 등이 우유보다 많이 함유되고 있다. 이들 지방산은 세포막 인지질에 다량 존재하고, 세포막의 유동성과 분자 수송에 밀접하게 관여하고, cholesterol 수송 및 산화에 그리고 필수 지방산 eicosanoid 전구체로서도 중요하다. 그리고 모유는 상당한 량의 n-3, n-6 장쇄불포화 지방산, 특히 arachidonic acid, docosahexaenoic acid 등을 함유하고 있으며, 이들은 망막과 신경조직 발달에 불가결하다(Koletzko, Thiel, Abiodun, 1992). 또한 모유는 우유보다 콜레

스테롤 양이 훨씬 많기 때문에 endogenous cholesterol 합성을 저하하는 것으로 추정하고 있다(Lourdes, Wong, Mimouni, et al, 1994). 콜레스테롤과 gamma-linoleic acid 섭취를 증가하면 HDL particle 성숙을 돕는다. 따라서 모유수유아가 인공수유아보다 HDL이 높은 것으로 보고되고 있다(Kaillio, Salmenpera, Siimes et al, 1992).

모유나 우유에 지방이 많이 함유되어 있는 것은 영아의 급성장에 필수적인데, 모유지방은 신생아 에너지원의 40-50%를 차지하며, 모유의 total lipid content는 hindmilk보다는 foremilk가, 저녁보다는 아침에 많다(Prentice, Prentice, & Whitehead, 1981). 모유에 함유된 bile-salt stimulated lipase가 신생아의 미숙한 췌장 lipase계를 보완하여 모유 지방의 분해, 소화, 흡수를 도운다(Harries, 1982).

모유에는 포화지방과 불포화 지방이 비슷한 분량으로 들어 있는데 반하여 우유에는 포화지방이 더 많다. 이런 이유로 조제유에서는 우유 지방의 약 70%를 제거하고, 식물유와 어유를 첨가 배합하여 linoleic acid, linolenic acid, docosahexaenoic acid 함량을 조정하고 있다. 또는 제품에 따라서는 둔지(swine fat)를 첨가하고 palmitic acid량을 증가시킨 것도 있다(Clifford, 1997).

3. 탄수화물

모유의 유당 함유량은 우유의 약 2배이다. 모유 중에는 유산균 증식인자 bifidus factor가 포함되어 있고, 이밖에도 30종류 이상의 oligosaccharide가 포함되어 있다. Oligosaccharides와 신생아 생체 방어기전에 대해서는 다음 항의 면역학적 의의에서 서술하기로 한다. 조제유에는 모유와 비슷하게 하기 위하여 유당을 7g/dl로 만들고

있다. 이밖에 dextrin을 위시하여 몇 가지 oligo-saccharide도 첨가하고 있다(Lawrence, 1994).

4. 무기질

우유의 무기질 함유량은 모유의 거의 3배이며, 특히 칼슘(Ca)은 약 4배, 인(P)은 약 6배 정도로 높다. 그러나 모유의 칼슘과 인의 함유 비율은 장관 흡수율이 가장 적합하게 되어 있어서 칼슘 이용율이 좋아서 신생아의 근육에 칼슘 부족으로 일어나는 강직(tetany)현상을 전혀 볼 수 없다(Jelliffe & Jelliffe, 1989). 철분(Fe)은 모유와 우유 모두 적게 함유되어 있으나 모유수유아가 철분결핍증이 걸리기 쉽다. 그 이유는 모유수유아의 철분 흡수율(20-50%)이 인공우유 수유아(4-7%)보다 훨씬 높기 때문이다(MacMillan, Landaw, Oski, 1976). 재미있는 사실은 고형식을 일찍 시작한 영아는 모유수유아든 인공수유아든 상관없이 철분흡수율이 떨어진다(Saarinen, Siimes, 1979). 또 고려해야 할 점은 인공수유아는 우유에 대한 알레르기 반응으로 위장관 출혈이 있을 수 있다. 철분은 생후 4-6개월쯤 되면 모유수유아 인공수유아 모두 부족하게 되므로 많은 의사들은 이때 철분을 보충해 주어야 한다고 한다. 그러나 철분 보충에 관해서는 논쟁이 많다. 그 이유는 철분을 과다하게 보충해 줄 경우 장에서 bacteriostatic effect가 있는 saturating lactoferrin과 transferrin, 철분 결합 단백질 때문에 위장관 감염에 노출될 가능성이 높다(Bullen, 1981). 또한 미숙아에게 철분을 보충해 줄 경우 oxidant stress와 비타민 E 결핍성 빈혈을 초래할 수 있기 때문에 생후 첫 몇 개월간은 철분을 보충해서는 안된다(Dallmann, 1974). 동(Cu) 함유량은 모유가 더 높다. 모유에는 무기질과 단백질 분해산물인 요소(urea) 함유량이 낮기 때문

에 영아의 혈장 염류 농도를 낮추게 되므로 신장의 삼투압 부담을 가법게 해주고 있다(fransson & Lonnerdal, 1982). 조제유는 탈염조작으로서 우유의 무기질 농도를 1/2 정도로 줄이고 이에 철(Fe), 동(Cu), 아연(Zn) 등을 보강하고 있다(Clifford, 1997).

5. 비타민

모유에는 비타민 A, C, E 그리고 나이아신 함유량이 비교적 높고, 우유에는 비타민 B₁, B₂, B₆, B₁₂, K, D 등의 함유량이 더 높다(Fomon & Strauss, 1978). 조제유에는 각종 비타민을 고농도로 보강하고 있다. 비타민 K를 식품첨가물로 허가하지 않는 나라에서는 K 함유량이 높은 대두유를 배합하기도 하고 식물성 기름에서 조정한 천연 비타민 K를 보강하여 FAO/WHO규격에 맞도록 하고 있다(Shearer, Rahim, Barkhan, & Stimmler, 1982).

III. 모유의 면역학적 의의

모유수유가 영아의 이환율과 사망율을 낮추어 준다는 통계는 모유의 면역학적 역할을 강하게 시사하고 있다 (Oski, 1982 ; Mata, 1982 ; Fagundes-Neto, 1980). 신생아와 영아를 감염에서 방어해 주는 항체들은 주로 IgG와 IgA 항체들인데 첫째, 각종 감염증에 대한 모성의 IgG 항체들이 임신 중 태반을 통하여 태아에게 전달되어 생후 첫 6개월 동안 감염에 대한 일차적인 방어를 담당하고 있음은 잘 알려진 사실이다. 둘째 방어기전은 초유와 성숙유에 고농도로 함유되어 있는 각종 병원체에 대한 모성의 IgA 항체들이다. 셋째, 중요한 방어기전이 되기도

하면서 신생아 점막 상피세포 분화 성숙에 관여하는 항균성 물질 및 생물활성 물질들을 여기서 생략할 수 없다. 영양학적으로 모유에 가까운 조제유를 만들 수는 있어도 모유의 면역학적 특성을 일부라도 갖춘 조제유는 앞으로 결코 개발할 수가 없을 것이다. 이들 방어기전 또는 면역계 분화성숙의 상호관계들에 대하여 1) 모유에 함유된 항균물질, 홀몬 및 생장소; 2) IgA 생산기전; 3) 장관점막 면역계와 식품 알레르기의 순서로 기술하기로 한다.

1. 모유에 함유된 항균 물질, 홀몬 및 생장소

모유와 우유에는 수많은 항균성 물질들이 함유되어 있으며, 이중에도 lactoferrin, lysozyme, oligosaccharides들의 함유량은 모유, 특히 초유에 높다(Lawrence, 1994). Lysozyme은 그람양성균 세포벽을 용해하는 작용으로서 널리 알려져 왔으나 실제로 어느 정도의 방어기전에 기여하고 있는지는 아직 분명하지 않다. Lactoferrine은 그람음성균들, 바이러스, 진균류, 어떤 종양 세포들에 대하여 항균 또는 살세포 작용이 현저하다. 그러나 lactoferrine은 또한 IL-1, IL-6, TNF- α 등의 proinflammatory cytokine생산에 길항하여 항염성을 나타낸다(Palkowetz, Royer & Garofalo, 1994).

모유에는 고농도의 oligosaccharides가 함유되고 있는데 이들의 생리 기능은 자못 흥미롭다. 이들 잡다한 oligosaccharides는 대개 상피세포 표면 분자들에 결합한다. 이들 상피세포 표면 분자들은 주로 많은 미생물들이 결합하는 수용체들이며, 이들 미생물들 감염의 첫 단계가 바로 이 표면 분자들과의 결합에서 시작된다. 따라서 이들 모유 oligosaccharides은 이들 미생물 수용체들에 대한 decoy로서 결합하

여 감염 방지에 기여하고 있다. 예컨대 이들 모유 oligosaccharides 가운데는 cholera toxin receptor, H. influenza receptor, Helicobacter pylori receptor 등과 결합하는 것들이 알려져 있다(Newburg, Hundreiser, McCluer, 1990).

모유에는 면역과 감염 방어에 관련하는 인자들이 고농도로 포함되어 있을 뿐 아니라 소화기 조직 세포들의 분화 성숙, 조직 재생 등을 지배하는 인자들이 포함되어 있다. 모유에 함유된 성장소와 홀몬들에는 prolactin, somatostatin, oxytosin, trophic hormones, somatotrophic releasing hormones, gonadotrophin, thyroid stimulating hormone, thyroid hormone, calcitonin, corticosteroids, erythropoietin, reproductive hormones, insulin, epidermal growth factor(EGF), 및 cytokine들이 있다. 이러한 물질들의 농도는 수유에 따라 증가되기도 하고 제태기간에 따라(미숙아, 만삭아) 변동함이 알려져 있다(Græer & Walker, 1996).

EGF는 신생아 장관세포들의 분화 성숙 및 조직 재생에 큰 역할을 하고 있다는 보고가 있다(Bines & Walker, 1991; Koldovsky, Britton, & Grimes et al, 1991). EGF는 1962년 Cohen 등에 의하여 생쥐 수컷의 악하선(submaxillary gland)에서 분리된 성장인자이다. 생쥐의 EGF와 사람의 EGF는 매우 유사하여 54개의 아미노산으로 구성된 크기가 불과 6kd의 작은 polypeptide이다. 비록 농도는 낮으나 거의 모든 체액에서 검출할 수 있으므로 아주 많은 조직 세포들에서 생산되고 있는 것 같으나 그 기원은 불분명하고 특히 소변에서도 제법 검출되나 그 기원이나 의의는 밝혀지지 않았다. EGF에 대한 특이한 수용체(EGF receptor) 역시 거의 모든 세포 표면에 존재하고 있고, 따라서 EGF는 상피세포계 뿐 아니라 비상피세포계 조직들에도 작용하고 세포 증식 및 분화에

관여하는 중요한 성장인자라고 생각되고 있으며 태아발육과 밀접한 관계가 있다 (Carpenter & Wahl, 1990). 이상의 결과에서 생각해보면 신생아의 타액에 함유된 EGF와 모유에 특히 초유에 고농도로 함유된 EGF는 신생아 초기에 소화기간 조직세포들의 분화증식에 매우 중요하다는 것이다. 장관세포들의 기능은 단순한 소화기능 뿐만아니라 많은 홀본과 신경전도 물질을 분비하는 일종의 내분비 기관이란 점을 고려해볼 때 모유에 함유된 EGF가 출생 초기의 신생아의 환경 적응에 중요한 역할을 하고 있는 것으로 생각된다. 그리고 cortisol은 아마 anti-inflammatory agent로서 소화기 점막을 보호하는 한편 normal flora 증식을 돕는 것으로 추정하고 있으며(Græer Humenick & Hill, 1994) 특히 neonatal necrotizing enterocolitis를 방지한다(Koldowsky & Thornburg, 1987).

2. IgA 생산 기전

분비성 IgA는 인간 체액 내 항체의 70-80%를 차지하고 있으며, 주로 분비선과 점막 상피세포 아래에 분포하고 있는 무수한 임파세포집단에 의하여 생산되고 점막 상피세포를 거쳐 분비된다(Cruz, Gil, Cano et al, 1988). 점막계 중 장관점막계에는 전 면역계 세포들의 약 2/3가 분포하고 있다는 사실은 장관 점막계의 면역학적 중요성을 보여준다. 우리의 전 면역조직을 한 곳에 모은다면 거의 뇌의 크기에 이르는 사실을 생각해보면 장관 점막계의 면역학적 중요성을 다시 깨달을 수 있다.

피부를 제외한 환경과 접하고 있는 모든 표면을 점막이 싸고 있는데 구강에서 항문까지의 점막계, 특히 장관 점막계에는 무수한 임파구 집단들이 분포하고 있다. 이중에도 조직학 연구에 의하여 관심을 모은 것이 회장(ileum)에 분포

하고 있는 Peyer's patch로 알려진 임파세포집단이다. Peyer's patch 는 구조적으로 B세포, T세포, 항원제시 세포, 예컨대 dendritic cells 과 탐식세포, 이들 집단을 싸고 있는 M세포라고 부르는 특이한 상피세포 집단으로 구성되어 있는데, M세포는 장관을 지나는 항원 분자들을 선택하는 기능을 가지고 있다(Strober & James, 1994). M세포의 이 특이한 항원선택 기능은 병원성 세균의 대부분과 결합하지만 정상 장내 세균들과는 반응하지 않는 것으로 알려지고 있다. 항원 분자들이 Peyer's patch에서 T-B 세포와 만나 면역세포들 활성화가 일어나고 B세포들이 각각 특이한 IgA 항체 분자들을 생산한 후, IgA 분자는 dimer(이중체)가 되고 상피세포에서 더 과정을 거쳐 점막 표면으로 분비된다. IgA 생산 임파구들은 Peyer's patch 에서 성숙하여 온 몸의 점막계 임파절로 이동 분포하게 되지만, 산모의 경우에는 prolactin 의 자극에 의하여 유선상피세포까지 이동하게 된다. 이렇게 유선에서 분비되는 IgA 항체들은 모두 장관을 지나 항원 분자들에 대하여 특이성을 나타내는 항체들이다(Strober & James, 1994). 즉, 이들 모유 IgA 항체들은 모든 세균, 바이러스, 잔균류 그리고 모성이 섭취한 많은 항원 분자들에 대하여 특이성을 가진 항체들이다. 평균 체중이 65Kg인 산모는 매일 2.5gm 정도의 IgA 항체를 생산하는 셈인데, 모유 수유를 하는 영아는 매일 0.5-1.0gm의 IgA항체 공급을 받고 있는 셈이 된다(Butte, Goldblum, Fehl, et al, 1984).

3. 장관 점막 면역계와 식품 알레르기

모유가 알레르기성 질환 발생에 보호 역할을 한다는 점에 관하여 임상적 혹은 실험적 연구들이 많지 않다. 모유수유가 각종 알레르기성 질

환 발생에 보호 역할을 한다는 보고들이 있기는 하지만 항 알레르기성 면역반응 유도의 기전은 아직 해명되지 않고 있다. 현대인은 짧은 역사적 시간 이내에 놀라운 과학 기술 문명을 이룩한 반면에 급격한 환경 변화와 식생활 양식의 변화로서 식품 알레르기라는 질병에 시달리고 있다. 면역학적으로 본다면, 신생아기에서 어느 시기까지라는 확실한 연구 결과는 없으나 사람의 장관은 완전히 분해하지 않은 상태의 고분자들(여기서 대표적인 고분자는 단백질이지만)을 흡수할 수 있다(Rognum, Thrane, & Stoltenberg, et al, 1992). 특히 장관에 감염성 설사, 과민반응, 면역억제 상태 또는 protein intolerance 등의 여건들이 생겨 있을 때는 분해되지 않은 단백질들이 직접 흡수될 가능성이 높아지므로 여러 가지 food protein sensitization 이 일어난다고 보고 있다. 그 중 대표적인 것이 cow's milk protein intolerance(CMPI)인데 그 임상 증세 정도나 양상이 다양하다. 신생아에게 생우유를 주는 일이 없으므로 흔히 상관 없는 과제라고 생각할 수 있으나, 미국에서 생산되는 24종의 분유 성분을 조사해 본 결과에 의하면 약 50%의 분유가 milk-based이고, 30%가 soybean-based 그리고 나머지는 단백질 가수분해물을 중심으로 한 제품들이므로 연관이 없는 문제는 아니다(Foucard, 1985). CMPI 증세는 소에서 유래한 단백질(우유, 쇠고기 기타)에 대한 알레르기성 반응이며 생후 6개월 이내에 형성되고 그 임상 빈도는 1-7%의 소아과 환자에서 볼 수 있다고 한다 (Bahna, 1996 ; Foucard, 1985 ; Warner, 1980).

우유에 들어있는 22가지 이상의 단백질들 가운데 beta-lactoglobulin이 가장 항원성이 높고, alpha-casein과 beta-casein, alpha-lactalbumin, bovine serum albumin 순위로 내려간다. 가수분해한 beta-lactoglobulin

은 말에 많이 들어 있는 gluten과 항원성이 닮았으므로 CMPI에서 흔히 지방변증과 탄수화물 흡수장애 징후를 볼 수 있다(Bahna, 1996 ; Powell, 1978). 특히 흥미스러운 것은 임신 중 태아가 태중에서부터 우유단백질에 감작된 경우도 보고되고 있다. 모유수유는 분유에 따른 이러한 risk factor를 피할 수 있는 이상적인 방법이며 심지어는 모유수유가 소아기 알레르기 형성을 방지할 수 있을까 하는 문제도 논의되고 있다 (Bjorksten, 1986).

소화계통 점막세포들의 기능은 외부 이물질로부터 생체를 방어하고 음식물을 섭취하여 분해 흡수하는데 있다. 그러나 섭취하는 단백질의 약 2%는 아미노산까지 완전히 분해되지 않고 항원성 펩타이드(antigenic peptides) 수준에서 pinocytosis(탐식)에 의하여 직접 섭취된다. 이렇게 섭취된 항원성 펩타이드에 대하여 생체는 대개 면역학적으로 관용상태 (immunological tolerance)를 나타내나, 때로는 이들에 대하여 면역반응, 특히 과민반응(hypersensitivity)을 유발하는데, 그것은 주로 IgE 항체와 지연성 과민반응(delayed type hypersensitivity : DTH) 형식으로 표현된다(Goodman & Parslow, 1994). IgE 항체 형성은 골수림파구에 의하여 생성되나 그 생성과정은 매우 복잡하다. DTH 반응은 흉선 림파구에 의존하는 반응이며 이 반응 역시 복잡한 과정으로 알려져 있다. 정상 신생아들 역시 antigenic peptides를 pinocytosis에 의해서 직접 섭취하며, 대개는 큰 문제가 없으나 식품과민반응(food hypersensitivity)이 가장 흔히 생기는 시기는 신생아기와 영아기라고 한다(Bjorksten & Saarinen, 1983 ; Foucard, 1985).

한 실험 연구에 의하면 갓난 생쥐에게 ovalbumin을 투여하여 지연성 과민반응을 유도시킨 결과 생후 1-2일과 이유시기에 식품과민반응이 가장

높았다고 한다. 임상 연구에서도 이 두 시기에 식품과민반응이 가장 흔히 발생한다고 하며 또한 심한 장내감염증, 영양실조 및 유전적 이유로 식품과민반응이 발생한다고 추측하고 있다 (Foucard, 1985).

최근 점막성 면역이란 분야는 주목을 끌고 있으나, dietary protein antigen에 대한 면역관용과 과민성 반응 연구들에서 면역관용과 과민성 반응을 결정하는 기전 해명은 아직 이루어지지 못하고 있다. 모유의 영양학적 연구들은 많이 이루어졌으나 점막성 면역 기능 성숙에 있어서의 초유 및 성숙유의 역할에 대한 연구는 아직 더욱 필요하다. 초유에 고농도로 함유되어 있는 면역세포들, IgA 및 cytokines의 생리적인 의미를 재검토해 볼 필요는 없을까?

Dietary protein의 약 2%가 항원성이 있는 고분자로서 pinocytosis(탐식)에 의하여 섭취되는데도 불구하고 모두 과민반응을 일으키지 않는 이유는 이들 단백질에 대한 T-cell anergy(면역불용상태) 형성에 있다고 보는데, 어떤 실험들에서는 장관의 국소 IgA항체가 immunogenic protein의 섭취를 저지함으로써 면역반응유발을 억제하고 있다고 보고 있다(Strober & James, 1994). 초유에 고농도로 포함된 IgA항체의 생리적인 의미는 과민반응형성(hypersensitivity development)을 억제하는데 있는 것일지도 모른다. 한편 Hasselbach 등(1996)은 모유수유 영아와 인공수유 영아의 흉선의 크기를 비교한 결과, 모유수유 영아의 흉선 발육이 인공수유 영아보다 더 좋았다고 보고하였다. 모유에 포함된 항체들 중 거의 90%가 IgA이고 매일 0.5g의 polymeric IgA가 모유에 분비되고 있는데, 이 농도는 hypogammaglobulinemia 환자가 하루 투여받는 IgA 양의 50배에 해당한다(Hanson, Ahlstedt, Andersson, et al, 1985).

IV. 결 론

모유가 영아에게 영양학적 면역학적으로 가장 이상적인 식품임은 재론의 여지가 없다. 본 고찰에서 이를 뒷받침하기 위하여 모유와 우유의 여러 가지 생화학적 차이점을 비교하였다. 모유는 우유에 비하여 총 단백질 양은 적지만 카제인이 적고 유청 단백질이 많아, 소화 흡수를 잘 하며, 모유 속에 있는 수많은 종류의 단백질들은 생체방어에 중요한 역할을 한다. 모유지방은 신생아의 주요 에너지원이며, 신생아의 미숙한 췌장 lipase 계를 보완하여 지방의 소화, 흡수를 돕는다. 또한 모유에는 비타민과 무기질이 우유에 비해서 양은 적지만 흡수율이 좋다. 오늘날 과학과 기술이 아무리 발전하여도 모유에 있는 여러 가지 효소나 홀몬, 성장소, 및 항체 등의 면역 물질들까지는 조제유에서 재현할 수 없었다. 모유수유아가 인공수유아에 비해 위장관 질환과 감염성 질병 그리고 알레르기에 이환되는율이 월등히 낮다는 연구보고들이 이를 뒷받침하고 있다. 최근 국내 뿐 아니라 국제적으로 모유수유를 적극 권장하고 차차 어머니들이 모유수유로 돌아오고 있다.

참 고 문 헌

Bahna, S. L.(1996). Celiac disease: a food allergy? Monographs in Allergy, 32, 211-5.

Berseth, C. L., Michener, S. R., Nordyke, C. K., Go, V. L.(1990). Postpartum changes in patterns of gastrointestinal regulatory peptides in human milk. Am J Clin Nutr, 51, 985-990.

Bines, J. & Walker, W. A.(1991). Growth factors and the development of neonatal host defense. In: J. Mestecky, C. Blair, P. Orga (eds.). Immunology of milk and the neonate. Plenum Press, New York, 31-39.

Bjorksten, F.(1986). Early allergen contacts. J allergy & Clinical Immunology, 78, 1010-2.

Bjorksten, F., Saarinen, U. M.(1983). IgE antibodies to cow's milk in infants fed breast milk and milk formulae. Lancet, 2(8090), 624-5.

Bullen, J. J.(1981). The significance of iron in infection. Rev Infect Dis, 3, 1127.

Butte, N. F., Goldblum, R. M., Fahl, L. M., et al(1984). Daily ingestion of immunologic components in human milk during the first four months of life. Acta Paediatr Scand, 73, 296-301.

Carpenter, G. and Wahl, M. I.(1990). The Epidermal Growth Factor Family. In: M. B. Sporn and A. B. Roberts (eds.). Peptide Growth Factors and Their Receptors. Spring-Verlag, New York, 69.

Clifford, W.(1997). Human milk: Nutritional properties. In: W. A. Walker & J. B. Watkins(eds.). Nutrition in Pediatrics. B. C. Decker Inc, Publisher, Hamilton.

Cruz, JR, Gil, L. and Cano, F. et al (1988). Breast milk anti-Escherichia coli heat labile toxin IgA antibodies

- protect against toxin-induced infantile diarrhea. Acta Paediatr Scand. 77. 658-662.
- Dallmann, P. R.(1974). Iron, vitamin E and folate in the preterm infant. J Paediatr. 85. 743.
- Fagundes-Neto, U.(1980). Malnutrition and the intestine. In: F. Lifshitz (ed). Clinical disorders in pediatric gastroenterology and nutrition. Marcel Dekker, New York. 249-263.
- Fomon, S. J., Strauss, R. G.(1978). Nutrient deficiencies in breast fed babies. N Engl J Med. 299-355.
- Forsum, E., Lonnerdal, B.(1980). Effect of protein intake on protein and nitrogen composition of breast milk. Am J Clin Nutr. 33. 1809.
- Foucard, T.(1985). Development of food allergies with special reference to cow's milk allergy. Pediatrics. 75. 177-81.
- Fransson, G. E. & Lonnerdal, B.(1982). Zinc, copper, calcium & magnesium in human milk. J Paediatr. 101. 504.
- Gaull, G. E., Rassin, D. K., Raiha, N. C. R., Heinonen, K.(1977). Milk protein quantity and quality in low-birth weight infants: Effects on sulfur amino acids in plasma and urine. J Paediatr. 90. 348.
- Gaull, G. E.(1989). Taurine in pediatric nutrition : Review and update. Pediatrics. 83. 433-442.
- Goodman, J. W. & Parslow, T. G. (1994). Immunoglobulin proteins. In: D. P. Stites, A. I. Terr & T. G. Parslow(Eds.). Basic and clinical immunology. Appleton & Lange, Norwalk, Connecticut. 66-79.
- Grøer, M., Humenick, S., Hill, P. (1994). Characterizations and psychoneuroimmunological implications of sIgA and cortisol in preterm and term milk. J Perinatal Neonatal Nurs. 7. 42-51.
- Grøer, M., Walker, W. A.(1996). What is the role of preterm breast milk supplementation in the host defenses of preterm infants?: Science vs fiction. Adv Pediatrics. 43. 335-358.
- Gross, S. J., Geller, J., Tomarelli, R. M.(1981). Composition of breast milk from mothers of preterm infants. Pediatrics. 68. 490.
- Hambraeus, L., Lonnerdal, B., Forsum, E., Gebre-Medhin, M.(1978). Nitrogen and protein components of human milk. Acta Paediatr Scand. 67. 561.
- Hanson, L. A., Ahlstedt, S., Andersson, B., et al(1985). Protective factors in milk and the development of the immune system. Pediatrics. 75(suppl). 172-176.
- Harries, J. T.(1982). Fat absorption in the newborn. Acta Paediatr Scand. 71(suppl 299). 16.
- Hasselbalch, H., Jeppesen, DL, Engelmann, MD, Michaelsen, KF, Nielsen,

- MB(1996). Decrease thymus size in formula-fed infants compared with breast-fed infants. *Acta Paediatr.* **85**(9), 1029-32.
- Hayes, K. C., Sturman, J. A.(1981). Taurine in metabolism. *Ann Rev Nutr.* **1**, 401.
- Jarvenpaa, A. L., Raiha, N. C. R., Rassin, D. K., Gaull, G. E. (1983). Feeding the low-birthweight infant: I. Taurine and cholesterol supplementation of formula does not affect growth and metabolism. *Pediatrics.* **71**, 171.
- Jelliffe, D. B. & Jelliffe, E. F. P (1989). *Human milk in the modern world* Oxford: Oxford University Press.
- Kaillio, M. J. T., Salmenpera, L., Siimes, M. A., et al(1992). Exclusive breast-feeding and weaning: effect on serum cholesterol and lipoprotein concentrations in infants during the first year of life. *Pediatrics.* **89**, 663-666.
- Koldovsky, O., Britton, J., Grimes, J. et al(1991). Milk-borne epidermal growth factor (EGF) and its processing in developing gastrointestinal tract. *Endocr Regul.* **25**, 58-62.
- Koldovsky, O. & Thornburg, W.(1987). Hormones in milk. *J Pediatr GastroenteroBriton.* *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* **6**, 172-196.
- Koletzko, B., Thiel, I., & Abiodun, P. O. (1992). The fatty acid composition of human milk in Europe and Africa. *J Pediatr.* **120**, S62-70.
- Konno, Y., Shiraki, K., Mura, T. (1991). The effect of human milk on DNA synthesis of neonatal rat hepatocytes in primary culture. *Pediatr Res.* **29**, 251-255.
- Kunz, C. & Lonnerdal, B.(1992). Re-evaluation of whey protein/casein ratio of human milk. *Acta Paediatr Scand.* **81**, 107.
- Lawrence, R. A. (1994). *Breastfeeding: A guide for the medical profession (4th ed.)* Mosby, St. Louis
- Lindberg, T. & Skude, G.(1982). Amylase in human milk. *Pediatrics.* **72**, 235.
- Lonnerdal, B. & Forsum, E.(1985). Casein content of human milk. *Am J Clin Nutr.* **41**, 113.
- Lourdes, D., Cruz M., Wong, W. W., Mimouni, F., et al(1994). effects of infant nutrition on cholesterol synthesis rates. *Pediatr Res.* **35**, 135-140.
- MacMillan, J. A., Landaw, S. A., Oski, F. A.(1976). Iron sufficient in breast-fed infants and the availability of iron from human milk. *Pediatrics.* **58**, 686.
- Mata L.(1982). Breast feeding neonatal disease and malnutrition in less developed countries. In: F. Lifshitz (ed). *Pediatric Nutrition: Infant feedings, deficiencies, diseases.*

- Marcel Dekker, New York, 355-372.
- Mizuta, H., et al.(1983). Thyroid hormones in human milk and their influence on thyroid function of breast fed babies. Pediatr Res, 17, 468.
- Newburg, D. D., Hundreiser, K. E., McCluer, R. H.(1990). Novel glycolipids of human and bovine milk. In: Atkinson, S. A., Hanson, L. A., Chandra, R. K. (eds). Breast-feeding, nutrition, infection and infant growth in developed and emerging Countries. St. Johns, Newfoundland, Canada: ARTS Biomedical Publishers, 541.
- Oski F. A.(1982). The non-nutritional benefits of human milk. In: F Lifshitz (ed). Pediatric Nutrition: Infant feedings, deficiencies, diseases. Marcel Dekker, New York, 55-69.
- Powell, G. K.(1978). Milk and soy-induced enterocolitis of infancy: Clinical features and standardization of challenge. J Pediatrics, 93(4), 553-60.
- Palkowetz, K. H., Royer, C. L., Garofalo, R., et al(1994). Production of interleukin-6 and interleukin-8 by human mammary gland epithelial cells. J Reprod Immunol, 26, 57-64.
- Prentice, A., Prentice, A. M., Whitehead, R. G.(1981). Breast milk fat concentrations of rural African women: I. Short-term variations within individuals. Br J Nutr, 45, 483.
- Rognum, T. O., Thrane, S., Stoltenberg, L., et al(1992). Development of intestinal mucosal immunity in fetal life and the first postnatal months. Pediatr Res, 32, 145-149.
- Saarinen, U. M. & Siimes, M. A.(1979). Iron absorption from breast milk, cow's milk, and iron supplemented formula: An opportunistic use of changes in total body iron determined by hemoglobin, ferritin, and body weight in 132 infants. Pediatr Res, 13, 143.
- Schultz, K., Soltesz, G. & Mestyan, J. (1980). The metabolic consequences of human milk formula feeding in premature infants. Acta Paediatr Scand, 69, 647.
- Shearer, M. J., Rahim, S., Barkhan, P., Stimmler, L.(1982). Plasma vitamin K in mothers and their newborn babies. Lancet, 2, 460.
- Ströber, W. & James, S. P.(1994). The mucosal immune system. In: D. P. Stites, A. I. Terr & T. G. Parslow(Eds.). Basic & clinical immunology. Appleton & Lange, Norwalk, Connecticut, 541-551.
- Sturman, J. A. & Chesney, R. W. (1995). Taurine in pediatric nutrition. Pediatr Clin North Am, 42, 879-897.
- Warner, J. O.(1980). Food allergy in fully breast-fed infants. Clinical Allergy, 10(2), 133-6.
- Watkins, J. B.(1986). Bile acid metabolism

in the human infants: Role of taurine supplementation and human milk. In: L. J. Filer & S. J. Fomon(Ed.). The breast fed infant: A model for performance. Columbus, Ohio.

-Abstract-

key concepts : breast milk, nutrients, immunity

Nutritional and immunological characteristics of breast milk

Shin, Yeong hee

Due to the promotion based on the recent research evidences that support benefits of breastfeeding, the proportion of breastfeeding mothers have steadily been increasing in the industrialized countries(60-90%). The purpose of the present review was to evaluate the recent findings on the nutritional values of breast milk and immunological benefits of breastfeeding in order to

promote the breastfeeding practice in Korea.

Research findings supported the concept that the breast milk has a lasting effect on the development of digestive and immune systems. Most of the works assessed whether breastfeeding enhanced protection against infection as well as decreased risk for certain allergic disorders.