

早産児の産婦における乳汁分泌の開始 および母乳の確立

—乳汁成分の変化および母乳の強化について—

Hartmann P. E. And Lai C. T.

翻訳：横尾京子（広島大学）

オーストラリアにおける母乳育児の歴史

1928年、ドナルド・トンプソン氏は、オーストラリア先住民であるアボリジニーについて研究を始めた。1957年には、5日間の生存さえ難しいグレートサンデー砂漠に移り、研究を行った。彼は、アボリジニーの新生児について次のようにコメントしている。子どもたちは母乳だけで育てられているが、非常に肥満である。この肥満の新生児は大人になっても肥満というわけではなく、成人した人々には肥満に関してはまったく問題はない。なぜ、子どもは肥満になるのか。夜間、砂漠では非常に気温が下がるので、母親の体温が必要になってくる。また恐らく、外気から身を守るために脂肪が増えているのだと思われる。添い寝がアボリジニーの中では重要な要素となってくる。アメリカのジェームス・マケナーは、西洋社会でも添い寝が非常に重要であり、添い寝をすること、そして母乳育児をすることは、相互に影響し合うシステムであると述べている。アボリジニーの母親は子どもが6歳になるまで母乳を飲ませており、1つの世帯で3歳未満の子どもが2人以上いることは珍しい。これは、母乳育児を長期間行うために出産率が落ちるためであろうとも思われる。アボリジニーの子どもは伝承によって、例えばダンスとか狩猟法といったものを、両親や祖父母の真似をして学んでいく。母乳育児も例外ではない。トンプソンによると、部落で子どもが生まれると、女の子はままと遊びで、泥人形に粘土でできた乳房で母乳を与えるという。アボリジニーの女の子は、母乳育児を非常に幼いときから学んでいるわけである。

1788年、オーストラリアに犯罪者のための植民地を設置するために英国から特別に選ばれた移民がやってきた。南オーストラリア（アデレードに自由移民が定住）を除き、オーストラリア全州は犯罪者が最初に定住した。ヨーロッパからの長い航海であるため、自由移民は、船

上を非常に清潔にし、食物を摂取しなければ死んでしまう。アデレードにやってきた自由移民は、適切な衛生や食物について船上で学んでいたわけである。

母乳以外何も食物がなかった当時のオーストラリアでは、乳児死亡率は夏期に高かった。そこで政府は、母親に乳児の世話の仕方をアドバイスする小児看護師という職を設けるために、オーストラリアにやってくる船上で衛生や栄養について学んだ女性を採用した。彼らは、生後10～12ヶ月までは母乳で育て、離乳は徐々に行うことを勧めた。但し、真夏には母乳を止めようとはせず、離乳は1～2ヶ月遅らせ、ゆっくりと行うことを勧めた。もちろん当時にも母乳から切り替えるための乳児用人工乳があった。そこで、母乳からの切り替えに pocket wet nurse（哺乳瓶で授乳）を用いたので、母乳育児率は、アメリカやヨーロッパと同様にオーストラリアでも20世紀の半ばには減少した。

1964年、母乳育児の母親を助けることを目的に、オーストラリア母乳育児協会（ABA）が設立された。6人の女性で始まったが、現在では母乳育児中の母親を助けるABAカウンセラーが1400人もいる。母親が母親を助けるシステムである。協会設立によって母乳育児率は上昇し、現在パースでは93%の母親が母乳育児を始め、6ヶ月後でも65～70%の母親が続けている。また、ABAカウンセラーに加え、オーストラリアには1800人以上のラクテーションコンサルタントがいる；コンサルタント1人に対してオーストラリアで出生する新生児約140人ということになる。

1972年に起きた変化は、非常に興味深い。なぜなら、その当時まで社会経済的地位の高い女性は、自分の子どもを母乳で育てるために乳母を雇っていたからである。ヨーロッパでは地位の高い女性が子どもに自分の母乳を飲ませることは非常に稀なことだった。1972、母乳育児が増えるようにつれ、こうした社会経済的地位の高い女性もうまく母乳育児をするようになった。母乳保育の

・ Initiation and establishment of lactation in women who have delivered pre-term infants: Changes in milk composition and the fortification of mother's milk for pre-term infants.

・ 所属：Faculty of Life and Physical Sciences, The University of Western Australia

・ 日本新生児看護学会誌 Vol.11, No.1 : 23～31, 2005

成功者は、100年前には貧しい女性だったが、それが現在では社会経済的地位の高い女性というように、完全に転換してしまったのである。したがって私たちは、このような女性を、世代を越えてわずかな間に母乳育児の成功者となった唯一の女性として覚えておく必要がある。

オーストラリア母乳育児協会では、多くの母親と一緒に母乳を飲ませるというチャレンジをしてきた。2001年西オーストラリアでは483人の母親が集まり、全員で自分の子どもに母乳を飲ませたが、シドニーでは100人ほどだった。2003年アデレードでは750人の母親が集まり母乳を飲ませたが、この数字はまだ破られていない。そこで、日本でのチャレンジということになれば、750人以上の母親が集まって一緒に母乳を飲ませることである。

母乳育児の重要性

冗談めいた仮説がある。それは、赤ちゃんは生存のために設計されているというもので、胎児期における子宮内での栄養状態の程度が、その後の罹病に関係するというものである。この仮説は、70年前に出生した新生児の記録が保存されている英国のプレストンで調査され、出生時の状態とその後に加齢時の健康状態は関係するとされた。胎児の栄養は重要であるが、同時に、出生直後の新生児の栄養もまた非常に重要ということであった。

オーストラリアには、オーストラリア人のための食事ガイドラインがあり、その中に、母乳育児を推奨し、支援することとある。オーストラリアは、私が知る限りでは、食事ガイドラインに母乳育児を含めている唯一の国である。もちろん、乳児に与えるべき最初の食物は、母乳ということである。

ヘインズ社はオーストラリアで乳児用人工乳を製造しているが、ニューズレターの中で、人工乳育ちの子どもと母乳育ちの子どもを比較し、人工乳を与えた場合には壊死性腸炎は2.8倍、下痢14倍、貧血症は3.2倍多くなるなどのことを書いている。また、乳児期に人工乳を摂取すると、青年期の罹病さえも多くなる。そうした結果を受け、人工乳を与ええるということは健康上のリスクが極めて高くなるということ、この乳児用人工乳を製造している会社が表明しているのである。

妊娠中の乳房の成長・発達

人の乳房は思春期に徐々に成長していくが、他の大部分の哺乳類では思春期にはあまり発達しない。この点、人間と他の哺乳類とは違っている。しかし、乳房は妊娠中にも発達する。人には乳房成長期があり、妊娠中に乳腺が発達する。さらに、乳汁産生1期には、カゼイン、

ラクトース、 α -ラクトアルブミンのような乳汁成分の合成が進む。乳汁産生1期では、ラクトサイト（乳腺上皮細胞）が分化され、機能性細胞になる。ラクトサイトは、ラクトースのようなユニークな乳汁成分を合成する。

ヒットン は1954年に、水置換という方法で妊娠期の乳房の発達を測定しようとした。彼は、ドーム型の容器に乳房を入れ、それに水を満たし、容器が乳房によってどの程度占められたかを測定した。彼は妊娠中の乳房の成長を示すことができたが、母親の中でかなりのばらつきがあった。私たちも、母親の乳房の容量を測定することに興味を持った。西オーストラリアにはミネラルが山積みになっており、ステレオ撮影装置でミネラル蓄積量を測定すれば、乳房の容量を測定できると考えた。2台のカメラで典型的な母親の乳房の画像を撮り、容量を実際に測定した。そのとき私たちは、コンピュータによる乳房計測(CBM)システムを開発した。母親の乳房にストライプの線をつけ、そのストライプのゆがみを見ていくというものである。乳房にストライプをつけ、ゆがんだストライプ画像を再構成、デジタル化し、母親の胸の部分画像化する。このようにして乳房の画像をとることによって母親の乳房の容量を測定することができるわけである。

私たちは、もし乳児が乳房から吸い取った乳汁量を測定することができれば、母親の乳房容量の減少と関係させることができると考えた。乳児による排乳量とCBMシステムで測定した母親の乳房容量の減少には非常に強い関係があるというわけである。授乳によって母親の乳房は小さくなるが、授乳と授乳の間で、より多くの母乳合成されることで乳房容量が増え、次の授乳で再び小さくなるということがわかった。このケースでは、1時間につき14mlの母乳が、授乳を授乳の間で産生することができた。私たちはまた、母親の乳房の中にある母乳量を測定することもできる。CBMシステムを用いると短期間の乳汁生成速度や乳房の貯蔵量も測定できる。また、乳房の充満度、相対的な乳房の成長も測定することができる。

乳腺の発達や乳汁産生1期におけるエストロゲン、プロゲステロン、成長ホルモン、副腎系ステロイドについて、ラットの試験でみてきた。成乳の分泌は、プロラクチンや副腎系ステロイドが維持され、エストロゲンやプロゲステロンが排除されることによって可能となる。

このような研究は助成対象では不可能であるが、私たちは、妊娠前から妊娠中を通して乳房サイズの違いを確認することができる。

妊娠前から妊娠中を通して、母親の乳房の違いを示すことができる。妊娠初期に乳房が成長し、その後止まってしまう母親もいれば、妊娠中を通して徐々に成長す

る母親、あるいはほとんど成長しない母親もいる。母親の間で非常に大きなばらつきがある。関係するホルモンとこれを関連付けて考えてみると、乳房サイズの増大は血中のヒト胎盤ラクトゲンに関係するというのである。すなわち、ヒト胎盤ラクトゲンがより高いレベルにある女性では、乳房の成長はより大きいということである。

乳房機能の増加を確認するために、24時間尿中のラクトースを妊娠中に検査した。ラクトースが乳房内で合成されていれば血中に吸収され、血中では代謝されないため尿中に排泄されることになる。したがって、尿中に検出されると、乳房内でラクトースが合成されていることになる。これもそうだが、尿中ラクトース量も母親によってばらつきがある。乳房がほとんど成長しない母親では、尿中ラクトースは非常に少ない。

母親の血中ホルモンレベルの変化を比較したところ、尿中ラクトースの増加と血中プロラクチンレベルには関係があることがわかった。乳汁産生1期においては、機能的な乳房容量は、母親の血中プロラクチンレベルの増加と関係があった。要約すると、妊娠中、乳房の成長は血中胎盤ラクトゲンと関係し、一方、乳房機能の発達(乳汁生成1期)は血中プロラクチンと関係した。

乳汁産生2期と出産後の乳汁分泌開始

乳汁産生2期は、分娩期ころに起きる。乳汁産生2期では多量の乳汁が産生され始めるが、いわば、出産後に乳汁産生のスイッチが入るということである。乳汁産生2期に最初の研究はラットで実施した。ラクトースの合成が乳腺の中で増えていく。そして乳汁内ラクトースも増え、さらに乳腺組織のラクトースも増えていく。これらがいわゆる乳汁産生2期のマーカーになる。女性の体内で起きていることを比較すると、母乳が出てくるのは出産後2～3日後であるが、早い人も、遅い人もいる。経膈分娩と帝王切開の人とでは差がある。現在アメリカでは乳汁分泌が帝王切開では遅れるという研究結果が出ている。

搾乳器を用いて搾乳している女性の場合は、出産後の乳汁産生は急速に増加する。このような急速な乳汁産生の増加を、乳汁産生2期という。もちろん、これは出産後に起きる問題の一つであるエンゴージメントと関係する。エンゴージメントは、母親にとっては非常に痛いものであり、私たちはまだ有効な処置法を持ち合わせていない。これについては、さらに研究をすべき領域の一つである。

母乳は、黄色で、粘稠性の高い初乳から、乳汁分泌が安定すると、授乳開始時には脂肪の含有量は低く、終わりころには高くなる。乳汁中のラクトース測定がなぜ面

白いかといえば、ラクトースが合成されるにつれ、浸透圧を維持するために、水分が細胞や乳汁中にひきこまれる。ラクトースが多く合成されるほど、乳汁中の水分量は多くなる。したがって、ラクトースは、乳汁産生の増加を測定するよい指標となる。

出産後、母乳中のラクトース濃度は増加し、同時に乳汁量も増加する。私たちは、母乳の他の変化も測定した。初乳は粘稠で、蛋白質が多いが、乳汁分泌が始まると徐々に淡白質濃度は低下する。ラクトースの増加は、乳汁量の増加を意味する。母乳分泌が開始されると、乳汁中のナトリウム含有量は徐々に減り、クエン酸塩レベルは増加する。したがって、総蛋白質、クエン酸塩、ナトリウム、ラクトースはすべて、母乳分泌開始の有用なマーカーである。

ラクトースは、出産後30時間は妊娠中とほぼ同レベルである。その後、30～40時間後に急速に増加する。これが乳汁産生2期開始の徴である。経膈分娩と帝王切開の母親の間では、乳汁産生2期に違いはなく、ラクトースは同じような道筋で増加する。

乳汁産生2期のコントロールには、プロゲステロン、エストロゲン、コルチゾン、プロラクチン、インスリンといったさまざまなホルモンが関与する。ラットを用いた研究では、プロゲステロンの低下が乳汁分泌開始の引き金になる。プロゲステロンは妊娠中には乳汁産生を抑制しているが、そのレベルが低下してくると乳汁生成が促進される。ラット研究では、コルチコステロイドホルモンの必要である、なぜなら、コルチコステロイドホルモンを取り除くと、ラクトース量は対照群のラットよりも少いからである。

羊を使った研究では、帝王切開後にエストロゲンを投与するとラクトースは増加したままである。しかし、プロゲステロンの投与では、ラクトースは増加しない。これらの研究から、ゲステロンは母乳分泌の開始(乳汁産生2期)の引き金になることが明らかになった。

女性において、プロゲステロンは妊娠中に増加し、出産後に低下する。大部分の他の種では、プロゲステロンは出産前に低下し、出産時に乳汁産生2期が始まる。しかし女性では、プロゲステロンは出産後に低下し、プロゲステロン下降とラクトース上昇の間には同じような関係がある。

プロゲステロンの低下は、女性において、が母乳分泌の開始(乳汁産生2期)の引き金になることは明らかである。他の動物とは違い、女性においては出産後に下降する。胎盤遺残のあった女性の場合、ラクトースは上昇しない。しかし胎盤片を除去すると、乳汁分泌が始まる。したがって、プロゲステロンの合成が、この時期乳の汁分泌を妨げていると考える。

母乳育児をしない女性の場合、ラクトースの上昇と

下がみられる。プロモクリブチン（プロラクチン放出抑制剤）が与えられると、母乳分泌開始は抑制される。したがって、コルチゾールのようなプロラクチンは、乳汁産生2期には必要である。

糖尿病の女性では母乳分泌の開始は遅れ、また、動物実験でも母乳分泌開始にはインスリンが必要であることが明らかになっている。この遅れは、出産直後の女性にみられる血糖調節と関係しているものと考えられる。血糖が調整できていても最初は母乳分泌開始の調整ができないということなのかもしれない。しかし、インスリン依存型糖尿病の女性の場合には母乳分泌を開始させるのがより難しいため、出産後から母乳育児を進めていくために看護スタッフやラクテーションコンサルタントからのサポートがよりサポートが必要である。

母乳分泌の開始は赤ちゃんの吸啜がなくて可能だが、しかし乳汁を排出させないと乳汁産生2期は確立されない。乳汁産生2期の引き金が引かれると、乳汁分泌の開始には吸啜が重要である。要約すると、母乳分泌開始の引き金になるのはプロゲステロンの低下であるが、プロラクチン、インスリン、コルチゾールの存在も重要であるにちがいない。

胎盤が遺残するとプロゲステロンが上昇するために乳汁産生2期は抑制され、もし乳汁が乳房から排出されなければこれが母乳分泌抑制因子となり、これを自己分泌抑制という。乳汁産生2期はインスリン依存型糖尿病の女性の場合には遅れる。最近のアメリカの研究によると、肥満女性でもプロゲステロン低下と関連して遅れやすいという。母親がホルモン療法を受けていると、エストロゲンの影響で開始が遅れるということもある。さらに、出産に麻酔剤が使用されると母乳分泌が抑制される可能性があると言うことを、常に考えておくべきである。

早産した母親の乳汁産生2期

早産で生まれた赤ちゃんは、しばしば母乳を直接のむことができないので、母親は乳汁産生2期に到達するための自然の刺激を活用は不可能である。出産後5日目の母乳の組成を、早産と正期産の母親で比較したが、総蛋白質、ラクトース、ナトリウムの平均値に大きな違いはなかった。しかし、正期産の母親と比較した結果よりも、早産した母親の間で非常に違いがあることが明らかになった。

そこで私たちは、このばらつきを分析し、何人かの母親の異常が原因であることを発見した。大部分の母親は、出産後5日目の母乳中の総蛋白質濃度は正常であったが、14%の母親ではなお高値であった。一方、早産した母親の36%ではラクトースは低く、32%の母親はクエン酸塩が低く、55%の母親はナトリウムが高値であつ

た。蛋白質、ラクトース、クエン酸塩、ナトリウムが異常だった母親では、母乳分泌の開始が十分ではなかった。そこで私たちは、出産後5日目には母乳分泌開始のスイッチは完全には入らないということで妥協した。

出産後5日目に産生される乳汁量は、早産した母親では、正常な組成であった場合が最も多かった。ラクトースやクエン酸塩の1つでも異常であった場合には少なく、2つの成分が異常であった場合にはより少なかった。このように、出産後5日目において異常な成分が多ければ多いほど、母乳産生量は少ない。

早産は妊娠22週ような早い時期に起きるが、この時期、乳房の成長(mammogenesis)は大部分の母親では十分であるが、22週以降で乳房が著しく成長した正期産の母親もいる。しかしながら乳汁産生1期をみると、多くの母親では乳汁産生1期がこの早い早産の時期に開始している。そのため、早産児の母親では、乳房の機能的な発達に阻害される可能性がある。事実私たちは、早産児の母親の乳汁産生量が少ないことを知っている。したがって、22～23週の早産児の母親は、32週の早産児の母親よりも、母乳産生を正常にもっていくのは難しい。

早産した母親では、たとえば、胎盤遺残、タイプI型糖尿病、不十分な排乳の要因によって、これら正期産の母親において乳汁産生2期を遅延させるが、母乳分泌開始が困難となる。

早産した母親の場合、用手搾乳や搾乳器による搾乳のいずれでも難しいので、出産後の効果的な排乳がより重要である。産生された乳汁が排出できなければ、成乳の産生が抑制される。オーストラリアでは、母親は用手搾乳よりも電動式搾乳器を用いて成功している母親が多い。

ハイリスク妊娠で胎児を成熟させるためにベータメザゾンが処方された母親は、母乳分泌開始が未熟かもしれないが、このことが出産後の乳汁産生2期に悪い影響を与えるかどうかははっきりしない。私たちは羊を用いて研究しているが、問題の可能性が示唆されている。

母乳分泌確立後の乳汁産生の調整

オーストラリアの多くの母親は、母乳育児をしながら仕事を持って働いている。赤ちゃんは母乳を飲むために仕事から帰ってきた母親を敏感に見分ける。そこで疑問は、子どもの欲求に合わせ、母乳産生をどのように調整すればよいかということである。

乳汁分泌の1～6ヶ月までは母乳産生はかなり一定しており、1日平均約750～800mlである。しかしながら、子どもの飲む量に比べてかなり多い場合や少ない場合など、母親間でのばらつきがかなり大きい。個別にみ

ると、1日当りの母乳産生量は、少ないほうで500ml、多くて1200mlの幅がある。この乳汁産生のばらつきが、子どもの成長の度合と関係しているかどうかは不明である。

当初、母親の栄養状態が非常に重要であると考えられていたため、伝統的社會での乳汁産生と発展途上国の乳汁産生とを比較し、研究者は、母親の栄養状態がよくない発展途上国と栄養状態のよい伝統的社會の乳汁産生の平均は大して変わらなかったことに非常に驚いた。それ故、人為的な栄養は乳汁産生には重要ではないことが明らかになった。このことは早い時期（1912年）にオーストラリアのジェームスが観察しており、「乳汁産生のための特別な食事というものはなく、母親の健康状態がベストであることが子どもにとってもベストである」と言っている。このことを本日、私は推奨したい。母親は健全な食事を食欲に応じて取るというのがベストであるということである。

子どもに母乳を飲ませるとき、授乳後45分で母親の血中プロラクチン濃度が最高に達し、その後次の90分間で減少するということが、1970年代初めに明らかにされている。プロラクチン研究が行われた1970年代には、プロラクチン放出が母乳産生量を決定する要因として考えられていた。しかしながら、1～6ヶ月の間で、プロラクチン放出量は減少した。基礎レベルが下り、ピークレベルも下り、その結果、6ヵ月後は1ヶ月目よりかなり下がったわけである。しかしながら1～6ヶ月までの母乳産生に違いはなかった。したがって、プロラクチンは母乳産生には絶対必要であるが、母乳育児中の母親が産生する母乳量を決定するわけではない。

乳汁産生が少ない母親のプロラクチン分泌を促進する2つの異なる薬剤がある。しかしプロラクチン分泌を刺激する薬剤を処方する前に、まず、授乳直前と授乳後45分におけるプロラクチンの基礎レベルを測定し、血中のプロラクチンが不足しているかどうかを判断することが重要である。オーストラリアやアメリカでは、プロラクチンレベルを事前に測定せずにこれらの薬剤を母親に与えてしまうが、このようなことは他の薬剤ではない。このような実践は、いかなる内分泌療法においても許されないだろう。

たとえば、3人の母親は24時間で800gの乳汁を産生することができたが、子どもの摂取状態をみると、どの子どもも800gは摂取しているが、5～6回でこの量を摂取している子どももいれば、少量を頻りに摂取している子どももいた。同じ摂取量でも子どもによって摂取の仕方は異なるということである。赤ちゃんは食欲があつて飲んでいること、すなわち、赤ちゃんは食欲によってたくさん飲みたいときもあれば、あまり飲みたくなるときもある

ということを認識することが実に重要である。そして、母乳育児の赤ちゃんは食欲の調節をとともうまくでき、その結果、乳汁摂取量を調整し、エネルギー摂取も調整できるということを認識することが非常に要である。

また、CBMシステムによって、この時期に何が起きているかを測定することができる。母親の乳房の容積が24時間の中でどのように変わっていくかを見ることができる。時には乳房が最大になったり、最小になったりする。たとえば、ある母親の乳房（最大乳房容量は2000ml）は、夕方には最も小さくなる。夜間はよく眠る子どもなので、乳房は乳汁で満たされ、早朝の乳房容量は最大になっている。このような乳房容量が最少から最大と異なることを、私たちは乳房の貯蔵能力と呼んでいる。

さらに、1日のうちで特別な時間帯がある。私たちは、乳房がいかに充満するか、乳房内にどれくらいの使える乳汁があるかを捉えることができる。この時の充満の程度は30%であるというようなことである。その日の3回目の授乳30%ということである。母親の乳房内にどれくらいの乳汁があるかを知りたい場合には、充満の程度を計算することが重要である。赤ちゃんが哺乳を山得たとき、乳房内にまだ乳汁が300mlあるそのときに、赤ちゃんが哺乳を中止したことをはっきりと知ることができる。赤ちゃん自分の食欲にしたがって欲しいだけ飲むのであり、そのときにあるもの全てを摂取するわけではない。

母親は乳汁をどのように産生しているかを知るには、乳汁の産生率をみるとよい。授乳と授乳の間では乳房容量は増え、乳房内が乳汁で満たされ、乳汁の産生は少なくなる。乳汁が自然に滴るときは産生率が最大である。乳房が空になると産生率が上り、満たされると下がるといように自動調整メカニズムが働くのである。

しかし、すべての母親がこのようなパターンに従うわけではなく、たとえば800mlサイズの小さな乳房の母親はたくさん貯蔵できないので、口鼻腔内どもは1日に何回も吸啜することで必要な量を摂取することになり、母親の授乳のスケジュールも違ってくるわけである。容量の小さな乳房の母親であっても、1日に何度も吸啜することで同じ量を摂取することができ、産生率が一貫するようになる。

CBMシステムによる研究から私たちは、乳汁摂取量は子どもの食欲に依存し、乳房の貯蔵能力によって授乳回数の幅が決まり、短期の母乳産生率は局所的な自動調整メカニズムの下にあり、そしてこのメカニズムによって乳房が充満すると母乳産生が抑制されるという結論を得た。

しかし、乳汁の排出は均一には行われないので、事情はもっと複雑である。小葉は多数あり、空のものもあれ

ば、充満したものもある。小葉が空になるとカゼインなどの蛋白質が急速に合成されるので、乳房の中では産生率に違いが出てくる。乳汁が排出されると、 α -ラクトアルブミンとカゼインの割合が高くなる。乳房が充満すると蛋白質の合成は遅くなるが、ラクトフェリンの産生は続く。しかし、乳房が充満してしまうと、それ以上産生されないように自動的に調整される。つまり、乳汁分泌抑制フィードバック (FIL) がさらなる産生を抑制する。赤ちゃんが母乳を飲むと、乳汁が乳房から排出される。乳汁産生の抑制因子が取り除かれ、急速に乳汁を産生することができる。

乳管が空になっていない状態だとする。これらは、数回の授乳で空にならなければ退縮するか、あるいは、乳汁がもっと要求されれば乳汁産生のために使われるだろう。非常によくできたシステムである。

私が生まれた1941年当時、母親に教えられていたのはスケジュール授乳で、朝6時に授乳し、次は9時半頃、そして午後2時、6時、そして夜の9時半頃に授乳する。すると、赤ちゃんは、夜9時半から翌朝6時まで邪魔されることなく睡眠をとることができる。私は、邪魔されることなく睡眠をとることがないので、このような授乳を理解することができなかった。しかし、乳房貯蔵量が少ない母親には長時間睡眠を妨げないという方法は不利であり、スケジュール授乳による問題を予測することができる。研究していたときのケースだが、小さな乳房の女性は、大きな乳房の女性より母乳育児があまり成功しなかった。というのは、夜間に授乳をしてはいけないと言われていたからである。そのため、夜間の長時間、乳房から乳汁が排出されないで、乳汁が産生されないということになった。しかし、乳房が大きいと多量の乳汁を貯めておくことができるので、長時間乳汁を排出しなくても対処できるというわけである。今日では、自律授乳を勧めているので、小さな乳房の女性も大きな乳房の女性と同じように乳汁を産生できる。しかし、小さな乳房の女性の子どもは頻繁にお乳を欲しがすが、現在パースでは、乳房が小さい女性のほうが大きい女性よりも、一般的にうまくいっている。乳房サイズは、母乳産生量には関係しない。

では早産児の母親についてみてみよう。早産と乳汁分泌の関係を研究するために、オーストラリアの有袋動物、この場合はタンマワラビというカンガルーが使われている。カンガルーは、非常に未熟な状態で生まれ、母乳で育てる(乳汁分泌)間に、体重は30gから750gまでになる。ケビン・ニコルスは、タンマワラビの正常な発達を60~300日間追跡し、モニターするという、非常にすばらしい研究をした。

彼はまた、別の群の母親を使った。60日目の子どもを別の群に入れたが、母親は134日まで授乳をするた

めに戻っていった。そして、母親は離乳をするためにその子どものもとを離れた。

子どもの成長率は、対照群よりも50日幼かったが、2群間で違いはなかった。この結果から、子どもの成長を決定するのは母乳の成分や量の変化であり、子どもの齢ではないということがわかる。

早産児に戻ろう。母乳は正期産児にとって最良であるが、早産児には、過去には生存できなかったことから、乳汁成分を理由に用いられてこなかった。

早産した母親をみると、その母乳成分は、たとえば蛋白質レベルは高いというように異なっている。しかし、そうではあっても、栄養学的な必要性、正期産児よりも早産児のほうが大きい。そこで、母乳が早産児の栄養学的ニーズに合うよう強化する必要がある。しかしながら、この場合にも、母親間や、乳汁分泌期間において、乳汁成分に大きなばらつきがある。したがって、母乳を自分の子どもの栄養学的ニーズに合うように強化するために、個別に母乳成分を測定する必要がある。

正期産の母親の場合でも、たとえば脂肪の割合が他の母親の2倍というように、乳汁成分にばらつきがある。私たちは最近オーストラリアで、早産した母親の母乳成分を測定していないので、早産した母親の母乳は同じ成分であるので一律に強化物を添加でといという誤った仮説をたてている。私は、これが本当によい方法だとは思わない。母乳成分を測定すべきである。

母乳の脂肪含有量を調査し、搾乳の初めと終わりでは、脂肪の量が増えることを発見した。

母乳を飲ませる場合、搾乳器で搾乳する場合、いずれも初めと終わりでは著しく増加する。繰り返しになるが、脂肪の量は母親間でばらつきがあり、脂肪は乳汁のエネルギー量にとって重要である。早産児が特別にエネルギーを必要とする場合には、エネルギーを適切に摂取できるよう、私たちはその母親の母乳のエネルギー量を知るべきである。

シカゴにあるラッシュ病院のポーラー・マイヤは、早産児の母親の母乳を調整するために乳汁中の脂肪の変化をみている。この病院の母親は、クロマトクリット法によって実際に脂肪量を測定している。母親は、病院規格の電動式搾乳器で搾乳しているが、搾乳ごとに自分の母乳の脂肪量をモニターし、自分の子どもに適したエネルギーを供給できる脂肪を含んだ母乳を選別する。通常その病院では、体重回復を知るために体重を測定し、そして、高脂肪の母乳を数週間与える。ラッシュ病院で働いている新生児科医は、この高脂肪乳は早産児にとってロケット燃料のようだ、と言っている。

人乳中の脂肪酸組成は、他の哺乳動物とは異なり多価不飽和脂肪酸レベルが高いが、これは脳の発達に重要である。一方、牛乳には長鎖の多価不飽和脂肪酸がほとんど

どない。残念だが、人工乳にも重要な脂肪酸は含まれていない。

人間の赤ちゃんの場合、出生から1年間は、脳が著しく発達する。事実、脳の大きさは、出生から1年間の間で2倍以上になる。大きさが2倍になるだけでなく、脳の中では非常に複雑な発達が起き、樹状突起で脳細胞を結合する驚異のネットワークが形成される。これらの結合はニューロンに情報を伝達し、そして、次の発達のために脳神経ネットワークが完成する。多価不飽和脂肪酸は、樹状突起による結合を促進する脂質を作るうえで重要であるので、赤ちゃんにはこれが非常に重要である。

乳蛋白もまた重要である。母乳中の蛋白質の量と組成は、牛乳とは全く異なっている。カゼインは母乳1ℓ当たり2.5mgであるのに対して、牛乳は26gである。ラクトフェリン、 α -ラクトアルブミン、分泌型IgA、ラクトアルブミン、ライソザイムは、牛乳よりも人乳に多く含まれる。さらに、1ℓ当りの蛋白質の量は、牛乳33gに対して母乳約9.4gと、母乳のほうが非常に少ない。この違いの意味は、赤ちゃんの食事は実際、非常に低蛋白質であり、蛋白質由来のエネルギーは総エネルギーの5.6%に過ぎないので、蛋白質の量よりもアミノ酸組成が非常に重要ということである。

乳児用人工乳をみると、ホエイやカゼイン含有量が非常に多い。ホエイが多い人工乳には、母乳やカゼインが多く含まれる人工乳に比べ、必須アミノ酸の大部分が少ない。カゼインが多く含まれる人工乳は、母乳と比べ、大部分が低く、あるものは非常に少ない。この問題を解決する唯一の方法は、母乳で摂取できるよりも、より高いレベルの蛋白質が得られるように人工乳を調整することであるが、これが赤ちゃんに適しているかどうかはわからない。

早産児のこの問題を解決するために、私たちは、母親の母乳を採取し、蛋白質以外の成分を取り除いて蛋白質のみに濃縮させ、その濃縮させたものを母乳に加えるという方法をとっている。そうすることで、母親の母乳の蛋白質を使って母乳を強化することができ、また、

いくらか脂肪を加えることによって母乳のエネルギーを増やすこともできた。

乳房の形態

超音波を使うと、射乳が起きると乳管の直径は拡大するというように、射乳の状況を確認することができる。オキシトシンは、同時に両乳房の腺細胞を収縮させるので、赤ちゃんが片方の乳房を吸啜すると、もう一方の乳房では射乳がおきる。

驚いたことだが、私たちが超音波で射乳を確認したとき、乳房は教科書に載っているような図ではなかった。

この教科書は、1840年にアシュレイ・クーパー卿が著したものである。彼は、死亡した授乳期の女性の乳房にワックスを注入し、そして、ワックスで乳房の模型を作り、母親の乳房の構造を美しく描いたのである。

最近の乳房の図には、乳輪の内側部分に大きな乳管洞がある。腺組織は胸壁の後ろ側にある。私たちは、乳輪部分に乳管洞を見たことがない。乳管は小さく、どの部分の直径も同じで、乳管分岐部では乳管直径が大きいこともある。乳管は、乳頭のごく内側や乳輪部分で分岐している。また、乳頭には開口部が15～20あると教科書には書かれているが、各乳頭には平均9つしか開口していないことを発見した。

乳頭から胸部のほうをみると、比較的脂肪に富んだ組織があり、腺組織はほとんどない。乳房が小さい女性は基本的にすべてが腺組織なので、乳汁分泌がよいのである。

射乳

オキシトシンが分泌されると、同時に両方の乳房は反応するので、授乳していない乳房から乳汁が漏出することは珍しくない。通常、射乳が起きなければ、授乳している場合でも、搾乳器で搾乳している場合でも、私たちは母親からほとんど乳汁を得ることができない。通常、乳汁量が平均5～10g未満の場合には、射乳前に採乳したものと考えられる。

片方の乳房で授乳か搾乳をした場合、もう片方の乳房で射乳が起きることを超音波で確認することができる。超音波では、射乳が起きると乳管が開き、そして乳頭の方向に乳汁が流れるのを見ることができる。排乳されないと、乳汁は乳頭の方向に流れるので、乳管が拡張し、流れが遅くなる。

同じ乳房を20秒後に見ると、拡張した乳管は収縮し、乳汁は乳房のより小さな乳管に戻ってくる。このように、射乳の後で赤ちゃんが飲んで排乳してくれなければ、乳汁は乳頭周辺だけではなく、乳房組織に戻ってということである。

赤ちゃんが吸啜し、射乳が刺激されると、乳管の直径が大きくなり、そして乳汁が乳房に戻ると直径が小さくなる。これが2分間隔で起きる。母親が搾乳する場合には、搾乳中に乳管の直径がどれくらい拡大したかを測定することができる。その結果、乳管直径の拡大は、乳房からの有用な乳汁の増加と非常に密接に関係していることがわかった。2回目の射乳が起きると、乳汁の流れは再び増加し、乳管は拡大する。したがって、授乳の場合でも、搾乳器で搾乳する場合でも、射乳は乳汁の有用性を増加させる。

搾乳器の機能

赤ちゃんが乳房を吸啜する場合、その吸啜の動きをみると、最初はかなり早く乳房を吸啜するが、射乳が起きると吸啜・嚙下・呼吸のパターンは、休息をはさみながら、ゆっくりとなる。私たちは、これを搾乳器の機能に盛り込みたいと考えたわけである。射乳を刺激するさまざまなパターンを調べ、これらのパターンの心地よさのに対する母親の反応をアセスメントし、射乳に必要な時間を測定した。

母親によっては射乳の感覚がわからないので、私たちは超音波で射乳を確認し、射乳後1分間に産生される母乳の量を測定した。これにはコンピューター制御の実験用搾乳器を用い、起きていることを正確に記録した。

私たちは、刺激の頻度（1分間に125回以上）と吸引の強さの両方から刺激パターンを考え出した。これらのパターンを、便宜的に、1分間に45回で快適な圧に設定するという古典的なパターンと比較した。射乳までの時間は赤ちゃんが吸啜する場合に最も早く、また、古典的な搾乳器は私たちの早い刺激パターンのものよりも射乳までに時間がかかることがわかった。そして、射乳をよりうまく引き起こすための刺激パターンを手に入れた。結論としては、より早い刺激パターンを用いることがよいということである。

母親はまた、射乳を何度も経験していた。そこで、私たちは、最初の射乳を誘発するよう刺激することにした。母親には平均11分の授乳中に最高8回、平均2.2回の射乳が起きた。

伝統的な搾乳器を使用した場合は、複数回の射乳は91%の母親に起きた。しかしシンフォニー搾乳器で刺激すると、100%の母親が複数の射乳を経験した。シンフォニー搾乳器で起きた最初の射乳の後で刺激パターンは使わなかったが、すべての母親に複数回の射乳が起きたのである。そこで私たちは、射乳を起こすには赤ちゃんの吸啜が最もよい、伝統的な搾乳器は比較的よい、より早いパターンはよりよいと結論した。

射乳には、刺激パターンの停止にも強化されないし、また、乳房にかかる吸引圧にも依存しない。母親は快適な圧を設定できるが、これは非常によい考えであった。

射乳後の排乳について調査するために、私たちは、授乳前後の赤ちゃんの体重を測定し、コンピューター制御の実験用搾乳器を用い、24時間、5分間の搾乳中、30秒ごとに乳汁の一部を集めた。クリマトクリット法で乳汁中の脂肪を測定した。乳汁中の脂肪が高い場合には、

乳房から乳汁が排出してしまっていることがわかった。脂肪が低い場合には、乳房は乳汁で満たされているのである。

エグネルは、初めて搾乳器に関するすぐれた研究をし

たが、それは1956年のスウェーデン医学会誌に掲載されている。3段階による搾乳は重要である。A段階では吸引圧を強くし、B段階では減らし、C段階は吸引圧0の停止である。この停止によって乳房内の血流が維持され、損傷や痛みを防ぐことができるので、重要である。彼はまた、吸引圧は最大250mmHgであること、1分間に47回が理想的であることを明らかにした。

1956年以来、搾乳器の設計についてはほとんど研究が行われていない。メデラ社は西オーストラリア大学に搾乳器開発を申し入れた。彼らは、新しい搾乳器のためのパターン開発研究を支えてくれた。もちろん子どもをもつ母親がいなければ研究はできなかった。母親の乳房に適した吸引圧を6つの異なるパターンを使って検証した。古典的なパターン、停止があるもの、3つの異なる吸引圧でパターンが違うものを用いた。

私たちは、どれくらい乳房内に乳汁があるか、そして脂肪量がどのように変化するかをみた。たとえば、100mlの貯蔵力があり56%充滿している場合には、55mlの乳汁が乳房内にあるというように計算した。搾乳器によって排乳された量、利用できる母乳量、搾乳パターンの効率をみた。搾乳パターン3の最初の2分間はより効果的だった。その吸引圧は最も少なく、良いように思われた。しかし母親に聞くと非常に心地が悪いということで、パターン2のほうが良いということであった。さらに、母親が設定している吸引圧のレベルを観察し、快適な圧で搾乳が効果的できることが重要であると言うことを確信した。

私たちは研究を通して、効果的な授乳と搾乳には射乳は不可であると結論した。複数の射乳は授乳中、搾乳中に起き、2回目以上の射乳を感じる母親は少なかった。乳房内の有用な母乳を全て飲みきる赤ちゃんは稀で、食欲によって乳汁の摂取量を調整している。搾乳の場合、強い吸引圧でも乳房を完全に空にすることはできない。したがって、吸引圧は不快でないレベルに設定すべきである。母親にとって不快な搾乳器は避け、母親に合った電動式搾乳器を選ぶよう勧めるべきである。それによって継続的な搾乳ができ、1日に1回は乳房から乳汁を排出することが重要である。

より早い頻度のパターンによる刺激が、射乳にはより効果的である。また、搾乳に関する射乳の効果は吸引圧曲線による。そのため私たちは、コンビネーション曲線を推奨している。最初は早い頻度のパターンによって射乳を刺激し、それからパターン2に変えると心地よく効果的に搾乳ができる。

これらの研究によって、刺激と搾乳パターンをもったメデラ社の搾乳器、シンフォニーを開発することができた。コンピューターカードによって吸引パターンを調整できるので、搾乳モードを変えたいと思えば変えること

ができる。

オーストラリアでは、便利で、時間を短縮でき、同時に両方の乳房を搾乳できるので、用手搾乳よりもむしろ電動式搾乳器が好まれる。10年前は手で搾乳するか、手動の搾乳器を使っていた。オーストラリアで、搾乳器を使う母親が増えてきたことは大きな変化である。

本稿は、2003年11月29日に開催された第13回日本新生児看護学会においてご招待した、西オーストラリア大学 Hartman 教授による特別講演内容を加筆修正した原稿の翻訳である。