

新生児・乳児の生理学

五十嵐勝朗

IRYO Vol. 61 No. 4 (235-239) 2007

要旨

新生児には出生直後から、生きていくための力、すなわち反射が備わっていて、すぐにさまざまな動きをする。原始反射（新生児反射）は健常な新生児に観察される反射的行動で、健常な新生児では中枢神経系の発達とともに多くは生後4-5カ月で消失する。

新生児は胎内あるいは母乳を通して母親から闘う力を得ているが、ウイルスや細菌などに対して自ら闘うほどの力は持っていない。成長過程において、ウイルスや細菌などに対して白血球が増加したり、抗体をつくってウイルスや細菌などを排除できるように徐々に力をつけていく。

新生児は3-4時間の授乳リズムで寝たり起きたりして過ごし、昼夜の区別はあまりなく、1日20時間近く眠る。睡眠と覚醒が昼夜の周期に同期するようになるのは生後2-3カ月頃からである。

キーワード 新生児, 乳児, 生理

はじめに

人体生理学の教科書はほとんどが成人を主とした記載であり、新生児や乳児についての記載は極論すれば数ページに過ぎない。新生児や乳児の生理について必要を認めながらも十分でなかったのはその解明が乏しかったことも原因にあげられる。最近医療技術や医療機器の開発でしだいに解明されてきた。新生児や乳児の生理についてまだまだ未知の部分はあるが、明らかにされてきたことをまとめた。

胎児の形づくり

在胎4週のはじめに2葉の脳がついた神経系ができ、U字形の心臓もできる。5週に入ると腕や脚が

できる。6週の終わりまでに血液は卵黄嚢でつくられ、また口腔粘膜上皮は増殖し歯列弓の形態をした歯帯を形成する。7週の終わりに目、鼻、口のついた人間の頭部ができる。8週には手足の指がはっきりする。受精から胎児としての形が、外見的にも内部的にも整うまでの8週間が重要な期間である。

胎児が正常に育つ条件

胎児が正常に成長するためには必要なものが十分にあることと、成長を歪めるものが存在しないことである。また胎児期に母親が摂取する食事、睡眠、空気などが十分であることは、虚弱児として生まれないために非常に重要な要素である。

国立病院機構弘前病院 院長

別刷請求先：五十嵐勝朗 国立病院機構弘前病院 院長 〒036-8545 弘前市富野町1
(平成18年5月1日受付, 平成18年12月15日受理)

Physiology of Neonates and Infants Katsuro Igarashi

Key Words: physiology, neonates, infants

胎盤の機能

胎盤は1つの臓器でありながらも、呼吸器、消化器、肝臓、泌尿器、内分泌器などと多数の機能を有する臓器である。具体的には、ガス交換、物質交換、関門（バリアー）としての役割と、さらに特殊な物質の産生器官としての機能を有する。

胎盤の働き¹⁾

胎盤にはガス交換・物質交換として単純拡散、促進拡散、飲細胞作用がある。

単純拡散は受動移送ともいわれ、濃度勾配により移動する。すなわち高濃度の側から低濃度の側への移動である。この機序により酸素、炭酸ガス、電解質、遊離脂肪酸などのガスや電解質などの低分子物質が交換される。また能動輸送・移送される物質は担体と結合し、代謝エネルギーを利用して、濃度勾配に逆らって移動する。これにはアミノ酸、水溶性ビタミン（ビタミンB、ビタミンC）、カルシウムイオン、鉄イオン、ヨード、リンなど高分子の物質が輸送される。

促進拡散は濃度勾配に依存して移動する。物質は担体と結合し、エネルギーを要して速い速度で移動する。この方法でグルコースは移動する。

飲細胞作用（ピノサイトーシス）は絨毛の絨毛間腔に面する細胞が形質膜にはまり込み、小胞を形成し物質を細胞内に取り入れる。この方法で免疫グロブリン、リボ蛋白、リン脂質など高分子の物質が輸送される。

胎盤のガス交換

胎盤は胎児の酸素と炭酸ガスの交換を行う。胎児の肺胞は在胎25週までにほぼ成熟する。胎児の肺は絶えず液体を産生するが、その液体は肺毛細血管からの漏出液と、肺胞細胞の分泌する数種の肺表面活性物質から構成されている。

胎児の呼吸様運動は通常は間欠的におこり、レム睡眠の長さの約1/3に相当する。肺胞液は気管支系から排出されて羊水になる。

胎児期の造血過程

造血細胞を育成する場合は、在胎4-8週は卵黄囊

にあり、その後は胎児肝に移る。胎児期の肝臓は血液の血球成分を作る造血臓器である。具体的には造血幹細胞という、さまざまな過程を経ていろいろな種類の白血球、赤血球、血小板に変身できる、血球成分の根源となる万能の細胞が存在し、胎児の成長にあわせて活発に血球細胞を産生する。当初はマクロファージの造血の場となるが、その後は赤血球の造血の場となる。胎児期の骨髄は基本的には顆粒球造血の場であり、顆粒球分化は骨髄で調節を受ける。

母体と胎盤、胎児を結ぶ血液の流れ、すなわち母体胎盤の胎児循環に直結して肝臓は存在している。胎盤を介して母体から流れてきた酸素を豊富に含んでいる血液は、胎児の肝臓に流れ込み、肝臓は酸素を供給されながら造血機能を営む一方で、肝臓の細胞群は活発に増殖し、生後に担うべき機能の準備を開始する。出生後に最初の呼吸をした瞬間、この母体胎盤の胎児循環は変化を生じて終了する。

また、胎児は基本的には母親とは別の個体でありながら、正常な発育過程では母体から拒絶されることはない。すなわち胎児-母胎間の拒絶反応は常時抑制されている。

各臓器の生理機能の発達²⁾

発育とともに、各臓器の生理機能が発達していく。その中で脳の成熟は、主として乳幼児期に行われる。その他骨や歯は幼児期から学童期の頃に、そして生殖器は思春期の頃に完成していく。

1. 呼吸

在胎6-16週頃までに気管、気管支が完成し、在胎24-40週までに、ガス交換が行われる肺胞が発達する。肺サーファクタント（肺界面活性物質）は肺胞内で産生されるが、在胎30週頃から増加し始め、35週以後に急激に増加する³⁾。

第一声のうぶ声と共に、胎盤循環が止まり、出生時の皮膚刺激や光刺激、それに外界との温度差などが呼吸中枢を刺激して肺による第一呼吸が始まる。胸郭の弾性により肺が膨らみ、肺胞に空気が入り込む⁴⁾。

胎児のときに肺胞の中にあった羊水などの液体との間に気相と液相の界面ができて、その間に表面張力が作用する。この表面張力に打ち勝って、肺胞を開いたままの状態に保つために肺サーファクタントが働き、表面張力を低下させる。肺サーファクタン

トによって肺は虚脱することなく、肺に残っている内液も24時間以内にほとんど吸収されて肺循環と体循環が始まる。

2. 循環器

胎児循環では、肺動脈抵抗は非常に大きく、血液は肺にはほとんど流れない。胎児は酸素分圧は低く、動脈管は拡張したままである。肺血管抵抗は高いために右心室から駆出された血液は肺動脈から動脈管を介して大動脈へと流れる。その他、開存している卵円孔を介した右左短絡も存在する。胎児では血液は肺からほとんど戻ってこないために左房圧は低い。一方、大量の血液は胎盤から戻ってくるために右房圧は相対的に高くなる。この心房レベルの圧差のために卵円孔は開存したままで、血液の右房から左房への短絡が生じる。この循環は、出生後に肺呼吸の開始とともに消失し、成人と同様の肺循環が形成される。そのため卵円孔や動脈管の閉鎖、臍帯血管の閉鎖など、心臓・血管系の解剖学的な変化が生じる。動脈管は生後数時間で機能的に閉鎖する。

新生児期に心臓・血管系には大きな形態的变化がみられる。外見的にはみえないが、新生児は身体内で大切な変化が生じているので、正常に変化させるためには安静と保温が重要である。

3. 消化器

1) 胎便

生後24時間以内に暗緑色で無臭粘^{ねんちよう}稠の胎便 (meconium) は排泄され、生後3日頃に終了する。生後5日くらいで黄色の乳児便に移行する。胎便がない場合は下部消化管の異常が疑われる。

2) 生理的黄疸

新生児は生理的に多血症である。グルクロン酸の転移酵素の活性の成熟が不十分なために、生後2日頃に血中の非抱合型ビリルビンが増加するので黄疸が生じる。3日目頃がピークで1週間頃には消退する。

3) 口腔

新生児の口腔は、哺乳に都合よくできている。摂食行動は哺乳運動から始まるが、哺乳するときは口腔内を陰圧にして、乳首を搾り取るように口全体が蠕動運動している。かなり強い力でほぼ1秒に1回の割合で規則正しく吸い、何分間も吸い続けることが可能である。生後6カ月頃に咀嚼運動が可能になり、乳歯の数が増加していく1-2歳頃には固形の

離乳食を食べられるようになる。

4) 胃腸

乳児期初期は胃の筋肉が十分成熟していないために吐乳や溢乳が多いが、しだいに筋肉が発達するにつれて嘔吐しにくくなる。低年齢児では、食物が十分に分解されないまま消化器から吸収されるため、身体が感作されて食物アレルギーをおこすことがある。その間は、その食物を食べないことが大切である。加齢とともに消化器は発達して、食物をすべて栄養素に分解してから吸収するようになると治癒することが多い。

4. 骨

胎児のときに骨はできあがっている。生下時には350個くらいの骨があるが、これがだんだん縫合していき、学童期頃には200個くらいまでに減る。

頭蓋は、15種23個の頭蓋骨から形成されるが、出生時は各々の縫合は閉鎖していない。前頭骨と頭頂骨で囲まれた菱形の部分と、後頭骨と頭頂骨とに囲まれた部分は、泉門といい軟部になっている。前者は大泉門で、生後6-24カ月頃に閉鎖する。後者の小泉門は生後まもなく閉鎖する。

骨の発育は化骨現象によってなされる。化骨は、軟骨にカルシウムが沈着して行われる。その中心となる化骨核は、年月齢によってその出現数がほぼ決まっている。その出現状況が骨年齢であり、一般的にはレントゲン検査で、手根部の化骨数や形態を診て骨年齢を判定する。その化骨数は、かぞえ年の暦年齢とほぼ同数である。

5. 歯

乳歯は、妊娠初期から形成され始め、胎児期にすべて石灰化が始まり、出生時にはかなりできあがっている。前歯が生後6-8カ月頃に生え始め、2-3歳までに20本生えることが多い。しかし、歯の萌出時期や順序は個人差が多く、1歳までに1本でも生えれば正常範囲である。多少は遅めの方が虫歯にはなりにくい。

乳歯の生え始めは、斜めに生えたりするのですき間が開いている乳児が多い。乳児の離乳食は、舌や歯ぐきでつぶせる固さであり、歯をあまり使わないために歯並びが悪くてもほとんど心配はない。1歳過ぎて、形のある食品、固めの食物を食べて、歯を使用するようになると歯並びは改善する。

6. 脳

脳の成熟は主に乳幼児期に行われる。

大脳は3層からなり、下層の脳幹は生命の維持に必要な心臓、呼吸、体温調節などの機能を司っていて出生時にほぼ完成している。中層は大脳辺縁系で本能や情動の座である。上層の大脳新皮質は知性の中枢であり、高次精神作用に参与し、乳幼児期から急速に発育・発達していく。

新生児の反射

新生児には出生直後から、生きていくための力、すなわち反射が備わっていて、すぐにさまざまな動きをする。そのことが新生児反射は原始反射(primitive reflex)ともいわれる所以である。原始反射(新生児反射)は健常な新生児に観察される反射の行動で、健常な新生児では中枢神経系の発達とともに多くは生後4-5カ月で消失する。したがって、反射が出現すべき月齢に観察されなかったり、消失すべき月齢でも残存している場合には何らかの中枢性の障害が考えられる。

免 疫

新生児は、胎内あるいは母乳を通して母親から闘う力を得ているが、ウイルスや細菌などに対して自ら闘うほどの力は持っていない。成長過程において、ウイルスや細菌などに対して白血球が増加したり、抗体をつくってウイルスや細菌などを排除できるように徐々に力をつけていく。また体温を上昇させることで代謝を活発にし、闘う力を強める。その結果、成長するにつれて全身で対応しなくともよくなり、局所の防衛力だけで対応できるようになる。乳児では、ウイルスや細菌などの異物が身体のなかに侵入すると、初めて侵入した異物に対しては免疫応答に時間がかかるために、乳児の風邪は長引きやすい。しかし一度侵入した異物に対しては、免疫系がそれを記憶しているため、再度の侵入時には比較的早く免疫応答が可能となる。そのため乳児は、年長になるにつれて症状は軽くなる。現実として乳児は成長するにつれて高熱を出さなくなる。また闘う力と耐える力を育てるためには、ウイルスや細菌などと共存し、成長期にはある程度感染症に罹患する必要がある。

乳児の細胞機能レベル

乳児の細胞機能のレベルが全般的に弱い状態にあるのは、身体が成長のまっただ中にあるからである。これは身体の中の細胞がたくさん急激に増殖しているからである。それだけに身体を構成している細胞の大部分は若さという幼稚さを保ったままで発育、かつ分裂している。すなわち細菌やウイルスへの抵抗力が幼稚であるばかりでなく、均衡は十分でない状態にある。乳児の場合は成人のような全身的な細胞機能レベルでの脆弱^{ぜいじゃく}さより、細胞機能レベルの幼稚さの影響の方が大である。乳児は風邪を引きやすいが、引いても生活を整えると成長期にあるので治癒も早い。風邪を引いているのは細胞機能レベルの衰弱状態といえる。

運 動

受精後6-8週頃に胎内での動きが始まり、在胎20週で胎動のほとんどのパターンが出揃う。胎児は胎内でも泣く、笑う、見る、あくびする、食べるなどの行動をする。胎動には驚愕^{きょうがく}(8週-)、しゃっくり(9週-)、首を後ろに曲げる(9週-)、首を回す(9週-)、手で顔を触る(10週-)、呼吸様運動(11週-)、あごを開く(11週-)、首を前に曲げる(11週-)、あくびする(12週-)、吸う・飲み込む(13週-)などがあり、これらを出産まで持続する⁵⁾。

睡 眠

在胎28-30週は不定睡眠が圧倒的に多い。32週頃になるとレム睡眠(REM: rapid eye movement sleep 急速眼球運動をとまなう睡眠)とノンレム睡眠(non REM sleep)の両睡眠の周期が出現する。36週以後にはレム、ノンレム両睡眠の2相性の周期が比較的安定して出現する。40週で睡眠周期は確立する。

新生児は3-4時間の授乳リズムで寝たり起きたりして過ごし、昼夜の区別はあまりない。また新生児は1日20時間近く眠る。

乳児はしだいに親の睡眠・覚醒リズムを見習い、睡眠と覚醒が昼夜の周期に同期するようになるのは生後2-3カ月頃からである。そして昼夜の区別ができるのは生後4カ月頃からである(circadian

rhythm)。昼夜の区別が可能になると、夜は比較的良好に眠るようになる。その頃になったら寝室は薄暗い静かな部屋が望ましく、夜中は乳児をあまり構わない方がよい。またレム睡眠とノンレム睡眠がはっきりしてくる。

乳児の睡眠時間は、月齢とともに短くなり、1歳児の睡眠時間は、1日12-14時間くらいになる⁶⁾。

感 覚

感覚とは外界からの刺激が感覚受容器を介して脳に形成された認識である。

五感には味覚、視覚、触覚、聴覚、嗅覚があり、一番早くできるのは触覚で、生後1-2カ月で完成し、生後3カ月までに哺乳瓶の乳首の硬さを区別できる。視覚は生後3カ月で完成し、また嗅覚も早い。視覚は聴覚より早くから脳に銘記され、しかも強力に刻み込まれる。

発育とは

発育とは成長 (growth) と発達 (development) をあわせた概念である。成長とは時間の経過とともに身体の高さや形、重さが形態的に変化していく過程であり、発達とは運動機能や精神機能が備わっていく過程である。

発育には生物学の一般法則である「発育の原則」が当てはまる。発育の原則とは次の6項目である。

1. 発育は連続した現象であり、原則として、ある段階から次の段階に飛躍することはない。
2. 発育は秩序正しく、遺伝的に規定された一定の順序で進む。

たとえば運動機能は、「首座り」から「お座り」、「お座り」から「独り立ち」、「独り立ち」から「歩行」へと進む。

3. 発育は身体の高部に均一におこるのではなく、その速度も一定ではない。

一般的には体重や身長は乳児期に急速に伸び、幼稚園から小学校低学年では緩徐になり、思春期に再び急速に伸びて成人に達する。器官別にみると、神経系は乳幼児期に最も急速であり、生殖器系は学童期以降と最も遅い。また、免疫機能を担うリンパ系は小児期に成人よりも発育し、感染防御機能の基礎をつくる。

4. 発育にとって、臨界期 (感受期) という決定的に大切な時期がある。その時期に発育現象がおこらないと、将来においてその能力を獲得できない時期である。

人間の主な臓器・組織は妊娠初期につくられるので、奇形の発生を予防するためには妊娠初期の母体の健康が大事である。

5. 発育には方向性がある。

発育の代表的な方向性として、頭脚方向 (頭部から脚部への発育)、近遠方向 (身体の高部に近い部位から遠い部位への発育)、「粗大」から「微細」方向 (粗大な動きから微細な動きへの発育) などがあ

6. 発育は相互作用によって支配される。

相互作用は、細胞、組織、生殖直後からの母子相互作用である。

【文献】

- 1) 鈴木孝：こどもと薬 日小児会誌 109:1330-1342, 2005
- 2) 加藤忠明：小児の生理機能と保育。新・保育士養成講座編集委員会：新・保育士養成講座 東京：全国社会福祉協議会, p.2-27, 2002
- 3) 多田裕：新生児ケアの実際。診断と治療社, 東京, p.56-72, 2000
- 4) 伊礼弥生：新生児の生理。栄養学各論, 東京, 共立出版, p.124-128, 2002
- 5) 産経新聞：赤ちゃん学を知っていますか。東京, 新潮社, p.155-180, 2003
- 6) 加藤忠明：小児の疾病とその予防。小児保健, 東京, 建帛社, p.10-32, 2003