

抱っこ時に起こる乳児の行動生理変化の解析

—抱っこのセンシングから親子のコミュニケーションを考察する—

吉田さちね 船戸弘正
(東邦大学 医学部 解剖学講座 微細形態学分野)

<要 旨>

親は言語獲得前の乳児を腕の中に抱いて、授乳や保温、移動など直接的な世話をするだけでなく、愛情や喜びといった感情も伝える。「抱っこ」は推奨される親子の身体接触であるものの、抱っこ時の乳児の反応はよく分かっていなかった。そこで本研究では、0歳児とその両親を対象に「軽く縦抱き」「可愛いと思いながら抱きしめる（ハグ）」「そのまま走れるくらい強固に抱きしめる」という接触圧の異なる3タイプの抱き方に対する乳児の心拍変動パターンを調べた。その結果、生後4か月以上の乳児では、母親あるいは父親にハグされている時の心拍間隔は他の2タイプの抱き方よりも長くなり、副交感神経の活動が高まったリラックス状態となることが分かった。こうした変化は、初対面の女性によるハグでは見られず、また生後4か月未満の乳児でも見られなかった。一方、両親も自分の子をハグすると心拍間隔が長くなりリラックスしていた。本成果は、これまで定量解析が困難だった乳児の安心感や親子の絆を科学的に検証する端緒となることが期待される。

<キーワード>

乳児、親子、発達、心拍変動、体性感覚、認知

【はじめに】

子どもの健康な心身発達には、親など主たる養育者との情緒的な結びつきが必要とされる(Bowlby et al, 1969; Sullivan et al, 2011)。特に言語獲得前で、運動能力も未熟な乳児の世話をする際、親と子の間には、ほぼ常に身体接触が生じる。こうした継続的な身体接触は親子の絆形成に寄与すると考えられている(Yoshida & Funato, in press)。親子の身体接触パターンは、時代や文化によって様々だが「抱っこ」はヒトの子育てにおいて普遍的に行われており、非ヒト霊長類との比較など進化的な側面でも注目される子育て動作である。親は、授乳や保温、移動といった即時に子の生存に関わる場面で子を腕の中に抱く他、愛情や喜びなどの感情を示す時も子を腕の中

に抱きしめる。後者の抱きしめる行動は、英語圏では「Hug（ハグ）」とよばれ、様々な国の親子でみられる。しかし、乳児がハグされた時にどのような反応を示すのかはほとんど研究されておらず不明である。そこで本研究では0歳児とその親に大学計測室へ来てもらい、柔らかいシート状の圧センサと心電計を使いながら心拍変動を指標に、ハグの作用について発達を追って検討した。

方法や結果、考察については Yoshida et al, 2020 も参照されたい。

【方法】

1. 研究参加者

東邦大学医療センター大森病院産婦人科、東京

都大田区子育て支援課の協力の元、父母と0歳児をリクルートした。1名の乳児は日本人の母親と英国人の父親をもち、その他は全員日本人の両親をもち、乳児の平均出生体重は 3.12 ± 0.33 kgであった。保護者の参加時の平均年齢は、母親 33.2 ± 4.7 歳、父親 35.8 ± 4.4 歳、育児中の初対面の女性 33.1 ± 4.0 歳であった。参加した母親は全員専業主婦もしくは育児休業中で、父親はいずれも平日は自宅外勤務をしていた。実験参加について夫婦間で調整している様子から概ね良好な夫婦関係が伺えた。母親と育児中の初対面の女性における計測では、各女性の乳児の日齢差は、 11.5 ± 1.5 日であった。本研究は東邦大学医学部倫理委員会から承認を受け、研究参加者から文書による同意を得た上で実施した。

2. 心拍間隔計測

「軽く縦抱き」、「可愛いと思いながら抱きしめる（ハグ）」、「そのまま走れるくらい強固に抱きしめる」という接触圧の異なる3タイプの抱っこタスクにおいて、各タスク前・最中・後に泣いた乳児は本解析から除外した。実験前の自由行動中の心拍計測では、生後58～342日の乳児53人（男児28人、女児25人）を解析した。「軽く縦抱き」、「ハグ」、「強固に抱きしめる」について解析した乳児数は、それぞれ母子計測では110人（男児62人、女児48人）、109人（男児61人、女児48人）、80人（男児47人、女児33人）、父子計測では13人（男児6人、女児7人）、14人（男児7人、女児7人）、12人（男児6人、女児6人）、初対面の女性との計測では12人（男児10人、女児2人）、13人（男児9人、女児4人）、12人（男児9人、女児3人）である。

3. 接触圧計測

母子間の接触圧計測には62人（男児37人、女児25人）の乳児が参加した。実験前・最中・後に泣いた乳児を除外し、最終的に解析した乳児は21人（男児13人、女児8人；生後55～300日）となった。縦抱き時に乳児の上背部を支える側の母親の手の平にフレキシブル圧センサ（FSR406, Interlink Electronics Inc.）を着け、各抱っこタスクを実施した。同時にビデオ撮影と心拍計測も行った。

4. 抱っこ計測の手順

乳児とその父母に東邦大学医学部内にある計測室に来てもらい実施した。乳児は計測30分前から飲食していない状態で参加している。参加親子には、研究者らが用意した無地のTシャツあるいはベビー服に着替えてもらい、各センサを装着した。最初にベビーベッド上で1分間の自由行動中の心拍変動を記録した。次いで、母親あるいは父親にベビーベッド脇に立ってもらい抱っこ計測を開始した。「軽く縦抱き」もしくは「ハグ」をランダムな順番で依頼し、最後に「強固に抱きしめる」を依頼した。普段、親が行っている自然な抱っこをセンシングするため、タスクを指示する言い方は出来る限り平易にし、親の体に乳児を対して右側に抱くか、左側に抱くかは指定せず「縦抱き」という向きだけ統一した。抱っこタスクは、それぞれ20秒間行い、各タスクが終わると親は乳児を一旦ベビーベッドに戻し20秒間待ち、また次の抱っこタスクを行った。計測中、父母には乳児へのアイコンタクトと話しかけを禁じ、体を揺らさず直立静止状態で各抱っこタスクを実施するよう依頼した。

5. 心拍変動解析

一般的に心拍間隔は、心電図に表示される鋭いピークである R 波の発生時刻と次の R 波の発生時刻との時間差をミリ秒で表す。心電図（日本光電）を記録した後、心拍変動解析を行った。時間領域パラメータとして平均 R-R 間隔（R-R interval (RRI)）、隣り合った RRI の差の二乗の平均値の平方根（RMSSD）、周波数領域パラメータとして高周波成分（HF, 0.2-2 Hz）、低周波成分（LF, 0.02-0.2 Hz）およびそれらの比（LF/HF）を算出した。また各抱っこタスク中における心拍間隔の増加あるいは減少傾向を明らかにするため連続する RRI の差を求め、RRI 増加率を算出し、比較に用いた。

6. 統計解析

データ下処理および解析は Microsoft Excel 2016, R (version 3.6.1), Python 3.6 のいずれかにて行った。主に決定木分析、重回帰分析、線形回帰分析、相関分析、多変量分散分析、t 検定、Fisher の正確確率検定、分散分析を行った。Holm 法による p 値補正後、 $p < 0.05$ を有意とした。

【結果】

1. 0 歳期における心拍変動指標の変化

はじめに 0 歳期の乳児では、心拍変動の基本的な指標が発達に伴ってどのように変化するかを調べた。その結果、RRI（図 1）や心拍数、自律神経活動のバランスを示す RMSSD や LF/HF は、いずれも生後 4 か月未満と以上で有意に変化し、4 か月を過ぎると副交感神経の活動が顕著になることが明らかとなった。この結果を受けて、本研究では乳児を生後 4 か月未満と以上の 2 つの発達グループに分け、RRI の増加率を指標に接触

圧の異なる 3 タイプの抱き方が乳児に及ぼす影響を検討した。

2. ハグに対する乳児の心拍変動パターン

まず母親の協力を得て乳児に対して「軽く縦抱き」、「ハグ」、「強固に抱きしめる」という 3 タイプの抱き方を依頼した。その結果、生後 4 か月未満の乳児では「ハグ」および「強固に抱きしめる」時の RRI 増加率は「軽く縦抱き」時よりも下がることが明らかとなった（図 2）。そこで、乳児の背中を支える母親の手の平に圧センサを着け、接触圧を計測しながら乳児の RRI を調べた結果、生後 4 か月未満の乳児では、接触圧が大きくなると RRI は短くなり、加圧と RRI との間に負の相関があることが示された（ $r = -0.59, p = 0.0049$ ）。

生後 4 か月を過ぎるとハグ中の乳児の RRI 増加率は「ハグされる直前の乳児の頭部運動量」によって変わることが分かった。ハグされる直前 20 秒間の乳児の頭部の動きを計測し、動きが多い乳児と少ない乳児の 2 グループに分け、実際にハグした時の RRI 増加率を比較した。その結果、頭部の動きが少ない乳児では、多い乳児よりもハグされた時の RRI 増加率が有意に大きいことが分かった（図 3）。こうした変化は、ハグ直前の上半身や下半身の運動量、あるいは発声タイプによる分類では見られなかった。同様の変化は、父親によるハグでも起こったが、父親による「軽い縦抱き」および「強固な抱きしめ」では起こらなかった。ハグ直前のベビーベッドにいる乳児の RRI 増加率は頭部運動量の少ないグループと多いグループとで有意な差はなかった（母子計測 $t = 0.63, df = 54.13, p = 0.53$; 父子計測 $t = 0.039, df = 6.073, p = 0.97$ ）。また母親によるハグと父親によるハグ中の乳児の RRI 増加率を比較したところ、

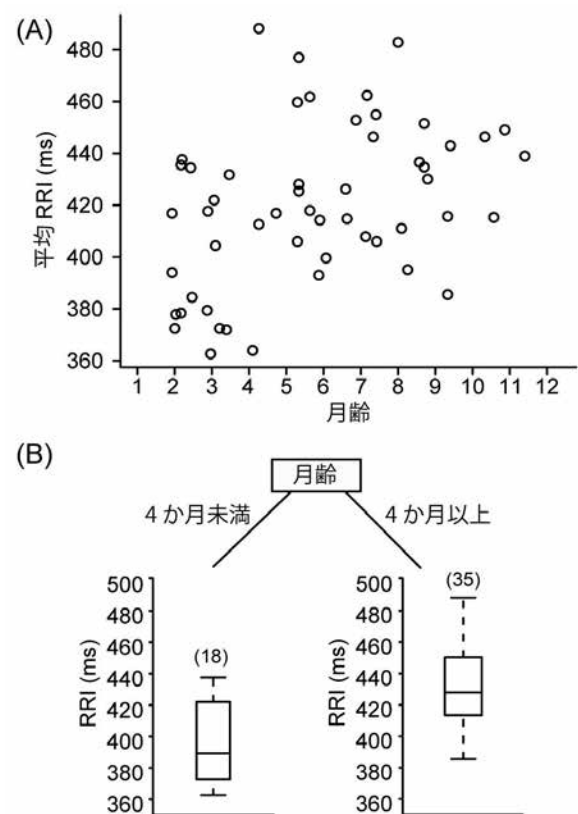
いずれの頭部運動量タイプでも有意な差は見られなかった(頭部運動量が少ない $t = 0.064$, $df = 9.72$, $p = 0.95$; 頭部運動量が多い $t = 0.94$, $df = 3.69$, $p = 0.41$)。

次に、育児経験のある初対面の女性にハグされた時の乳児の変化を調べた。その結果、ハグ直前の頭部の動きが少ない乳児が初対面の女性にハグされると、RRI 増加率は両親にハグされている時よりも下がること分かった(図4)。今回の解析には泣いている乳児は含まれていない。したがって一見おとなしくハグされている乳児でも誰にハグされているかによって生理反応は大きく異なることが示唆される。両親との実験では、頭部の動きが多い乳児と少ない乳児の2つのグループが存在したが、初対面の女性との実験では、乳児はその女性の方を見つめることが多く、頭部の動きが少ない乳児グループのみとなった。通常、頭部が動くと視線も動く。今後、視線計測などによって、頭部の動きの多さや少なさが乳児のどのような心理状態を反映しているのか明らかになることが期待される。

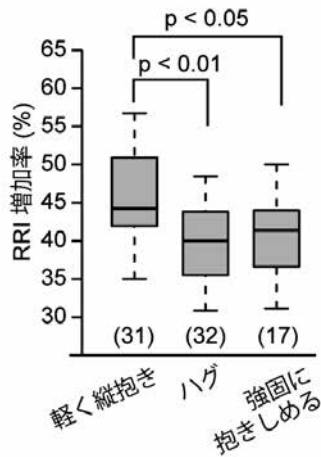
また4か月以上の乳児では、接触圧と RRI 増加率に有意な相関は見られなかった ($r = 0.12$, $p = 0.98$)。ハグ中に母親の手の平にかかる平均接触圧は、母親ごとに大きく異なったが、今回計測した母親全員とも共通して「軽く縦抱き」→「ハグ」→「強固に抱きしめる」の順に圧値が大きくなった。したがって、母親のハグによる乳児の RRI 変化は、決まった接触圧値で起こるのではなく、各乳児にとって自分の母親らしいハグで生じる接触圧で起こる可能性がある。この可能性は、母親とは、手の大きさや体格が違う父親のハグでも乳児がリラックスした結果とも符合する。

3. ハグに対する父母の心拍変動パターン

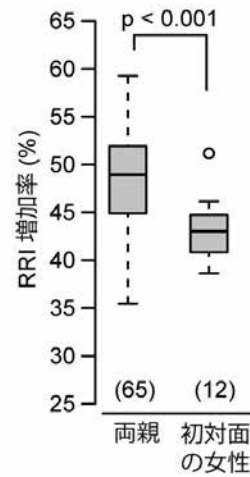
本研究中に行ったアンケート調査では、9割以上の父母が自分の子をハグすると「安心する」と回答した。実際に RRI を調べたところ、母親も父親も自分の子をハグすると、子の月齢とは関係なく、ハグする前と比べて RRI 増加率が高まり、副交感神経が活性化したりリラックス状態となることが分かった(図5)。親が自分の子をハグした時に感じる安心感はこの生理変化を伴う制御メカニズムを介して生じる可能性がある。



(図1) (A) 0歳期における自由行動中の平均 RRI を示す。1つの白丸 (○) は乳児1人分のデータを示す。(B) 平均 RRI の決定木分析の結果を示す。括弧は乳児数を表す (Yoshida et al., 2020 より改変)

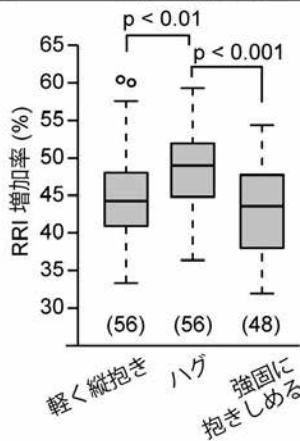


(図 2) 生後 4 か月未満の乳児における各抱っこタスク中の RRI 増加率を示す。括弧は乳児数を表す。(Yoshida et al., 2020 より改変)

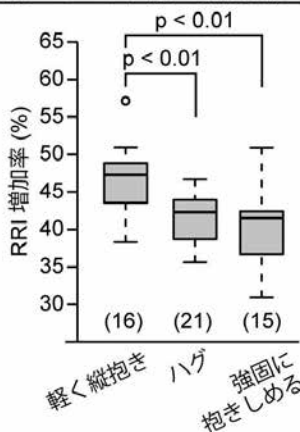


(図 4) 両親あるいは初対面の女性にハグされた時の生後 4 か月以上の乳児の RRI 増加率を示す。乳児括弧は乳児数を表す。(Yoshida et al., 2020 より改変)

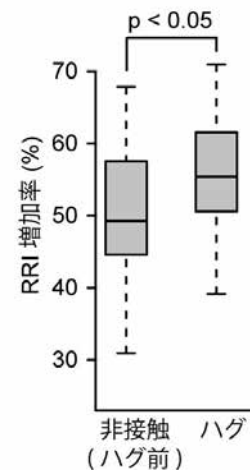
各抱っこタスク直前の頭部運動量が少ない



各抱っこタスク直前の頭部運動量が多い



(図 3) 生後 4 か月以上の乳児における各抱っこタスク中の RRI 増加率を示す。頭部運動量の違いによってハグ中の RRI 増加率は異なる変化パターンを示す。括弧は乳児数を表す。(Yoshida et al., 2020 より改変)



(図 5) 自分の子をハグする前とハグしている時の両親の RRI 増加率を示す。データは 36 人の親 (母親 22 人、父親 14 人) から取得した。(Yoshida et al., 2020 より改変)

【考察】

本研究によって (1) 母親によるハグ時の心拍変動パターンは乳児の月齢とハグ直前の頭部運動量から予測できる、(2) 生後 4 か月未満の乳児は体にかかる接触圧に応じた心拍変動パターンを示す、(3) 生後 4 か月以上の乳児は両親によるハグなのか初対面の女性によるハグなのかによって異なる心拍変動パターンを示す、(4)

自分の子をハグすると両親の心拍間隔は大きくなることが示された (Yoshida et al, 2020)。これらより日常的な親子の身体接触であるハグは、生後4か月ごろから乳児と親の非言語的なコミュニケーションツールとして機能し始めることが示唆される。知る限り、本研究は生後1年間の発達過程において親と乳児のハグを定量的に解析した国内外に例のない試みである。

児童精神医学や発達心理学分野の多くの先行研究から、乳幼児の健康な心身発達には、不特定多数ではなく特定の養育者と情緒的な結びつきを構築することが必要とされている (Bowlby, 1969, 1977; Sullivan et al, 2011)。本研究より、生後4か月以上の乳児では、両親にハグされた時のRRI増加率は、育児経験のある初対面の女性にハグされた時よりも大きくなることが分かった。皮膚感覚の受容器は妊娠4~7週頃には既に成熟し、続いて体性感覚機能の成熟も起こる (Bremner and Spence, 2017)。そのため生後4か月未満でも以上でも乳児は「軽く縦抱き」、「ハグ」、「強固に抱きしめる」時の接触圧の違いを知覚できていると考えられる。本研究の0歳期心拍変動解析から、副交感神経活動の成熟は、生後4か月までに急速に進行し、4か月から12か月齢の間はほぼ安定していることが分かった。生後早期は交感神経活動と比べて副交感神経活動は低く、発達に伴って次第に高まることは、複数の先行研究結果と一致する (Chatow et al., 1995; Eyre et al., 2014; Massin and von Bernuth, 1997; Silvetti et al., 2001)。したがって、生後4か月以上の乳児では、副交感神経活動の増加により、両親によるハグ時のRRI増加率が高まったと考えられる。一方、強固な抱きしめは4か月未満および以上の乳児いずれにおいても心拍間隔を減少

させたことから、0歳期を通して乳児への強すぎる接触圧負荷は交感神経活動を高めることが示唆される。少なくとも大学計測室という乳児にとって新奇環境で親子のハグ計測を行った場合、乳児の世話をする時間の長さにかかわらず、定期的に乳児と関わりをもつことで、特定の養育者への愛着が形成される傾向が見られた。生理機能の発達タイミングと関連しながら、生後4か月間の両親との継続的な触れ合いを通して、乳児は自分の母親らしいハグ、父親らしいハグを覚えていくと考えられる。

一般的に親は義務感にかられて受動的に乳児をハグするのではなく、能動的に行う。本研究より、親は自分の子をハグすると副交感神経が活性化したりリラックス状態となり、主観的にも安心感を自覚していることが分かった。こうした生理・心理特性によって、親が乳児を自然にハグする行動が促されている可能性がある。今後、親の被養育経験も因子に含め検証を進展させていきたい。

得られた本知見は、親との身体接触に対する乳児の心拍応答を活用した新しい発達指標樹立への貢献が期待される。今後検討すべき重要な課題の1つに自閉スペクトラム症 (autism spectrum disorder (ASD)) の家族的风险が高い乳児を対象とした検証がある。ASDが乳児期に診断されることは稀であるが、養育者との社会的コミュニケーションの変化は、1歳後半という早い時期に遡って見られることが報告されており (Elsabbagh and Johnson, 2010; Wan et al., 2019)、後にASDと診断された高リスク乳児では、皮質領域の過拡大など、脳の形態的発達差の初期兆候が観察された (Hazlett et al., 2017)。したがって、生後4か月以上のASDの高リスク乳児は、両親や見知らぬ人によるハグに対して、特徴的な心拍応答パ

ターンを示す可能性がある。

以上より、本成果はこれまで科学的に扱うことが困難だった乳児の安心感や親子の絆を定量的に扱う端緒となり、定型および非定型発達の理解促進に貢献することが期待される。

【謝辞】

本研究にご協力いただいた保護者および乳児の皆様、東邦大学医療センター大森病院産婦人科、東京都大田区子育て支援課、東邦大学医学部船戸研究室の皆様には感謝申し上げます。またセンサ開発やデータ処理についてご尽力いただいた東京大学 川原圭博先生、笹谷拓也氏、大阪大学 清野健先生、小林洋先生に感謝いたします。明治安田こころの健康財団からの助成および査読をしてくださった審査員の先生方に心より御礼申し上げます。

【引用文献】

- Chatow, U.D.I., Davidson, S., Reichman, B.L., and Akselrod, S. (1995). Development and maturation of the autonomic nervous system in premature and full-term infants using spectral analysis of heart rate fluctuations. *Pediatr. Res.* 37, 294–302.
- Bowlby, J. (1969). *Attachment and Loss* (Hogarth Press).
- Bowlby, J. (1977). The making and breaking of affectional bonds. I. Aetiology and psychopathology in the light of attachment theory. An expanded version of the Fiftieth Maudsley Lecture, delivered before the Royal College of Psychiatrists, 19 November 1976. *Br. J. Psychiatry* 130, 201–210.
- Bremner, A.J., and Spence, C. (2017). The development of tactile perception. *Adv. Child Dev. Behav.* 52, 227–268.
- Elsabbagh, M., and Johnson, M.H. (2010). Getting answers from babies about autism. *Trends Cogn. Sci.* 14, 81–87.
- Eyre, E.L.J., Duncan, M.J., Birch, S.L., and Fisher, J.P. (2014). Autonomic Neuroscience: basic and Clinical the influence of age and weight status on cardiac autonomic control in healthy children: a review. *Auton. Neurosci. Basic Clin.* 186, 8–21.
- Hazlett, H.C., Gu, H., Munsell, B.C., Kim, S.H., Styner, M., Wolff, J.J., Elison, J.T., Swanson, M.R., Zhu, H., Botteron, K.N., et al. (2017). Early brain development in infants at high risk for autism spectrum disorder. *Nature* 542, 348–351.
- Massin, M., and von Bernuth, G. (1997). Normal ranges of heart rate variability during infancy and childhood. *Pediatr. Cardiol.* 18, 297–302.
- Silvetti, M.S., Drago, F., and Ragonese, P. (2001). Heart rate variability in healthy children and adolescents is partially related to age and gender. *Int. J. Cardiol.* 81, 169–174.
- Sullivan, R., Perry, R., Sloan, A., Kleinhaus, K., and Burtchen, N. (2011). Infant bonding and attachment to the caregiver: insights from basic and clinical science. *Clin. Perinatol.* 38, 643–655.
- Wan, M.W., Green, J., and Scott, J. (2019). A systematic review of parent-infant interaction in infants at risk of autism. *Autism* 23, 811–820.
- Yoshida, S., Kawahara, Y., Sasatani, T., Kiyono, K., Kobayashi, Y., Funato, H. (2020) Infants

show physiological responses specific to parental hugs, *iScience*, 23, 100996.

Yoshida, S., Y., and Funato, H. Physical contact in parent-infant relationship and its effect on fostering a feeling of safety, *iScience*, in press.