

## **Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation**

Carvalho, R. P., Tudella, E., & Savelsbergh, G. J. P.

*Infant Behavior and Development*, No. 30, Vol. 1, pp.26-35, 2007

### **1. Introduction**

- 過去 20 年の運動発達に関する研究
  - 乳児がどのように内的・外的制約に対して運動を調整するのか検討  
(Clark & Whittall, 1989; Rosengen, Savelsbergh, & Van der Kamp, 2003; Van der Kamp, Oudejans, & Savelsbergh, 2003)
  
- 先行研究 (Newell, 1986) における 3 つの制約<sup>1</sup>
  - 生体の制約, 環境の制約, 課題の制約
    - ◇ 生体の制約は内的制約であり, 環境や課題の制約は外的制約
  
- 先行研究では, 具体的に 3 つの制約からリーチング運動の発達について検討
  - 例: 四足歩行から二足歩行へ
    - ◇ 姿勢制御の発達がリーチング運動に与える影響  
(Fallang, Saugstad, & Hadders-Algra, 2000; Rochat & Goubet, 1995)
      - ✓ 内的制約
  - 例: 大きい or 柔らかいオブジェクトへ
    - ◇ オブジェクトサイズや固さの変化がリーチング運動に与える影響 (Rocha, Silva, & Tudella, 2006; Van Hof, Van der Kamp, Caljouw, & Savelsbergh, 2005)
      - ✓ 外的制約
  - 例: イスに座らせた状態から仰向け状態へ
    - ◇ 身体方向の変化がリーチング運動に与える影響  
(Out, Van Soest, Savelsbergh, & Hopkins, 1998; Rochat, 1992; Savelsbergh & Van der Kamp, 1994)
      - ✓ 外的制約
  
- 生後 12~19 週目の乳児による座った状態でのリーチング運動
  - 仰向け等, 他の身体方向に比べて, 運動が成功する頻度が高い  
(Savelsbergh & Van der Kamp, 1994)
  - 生後 20~27 週の乳児による仰向け状態, あるいは座った状態の運動と類似<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> 運動パターンが決まる際に影響を与える制約という意味

- 本研究の疑問
  - 身体方向の変化に対する、リーチング運動の調整は、年齢により変わるのか？
    - ◇ 生後4か月～6か月の乳児を対象に検討
- 本研究では、以下の2つの仮説について実験的に検討
  - 年齢に伴い、座った状態と仰向け状態のリーチング運動は最適になり類似
    - ◇ 6か月の乳児は4か月の乳児よりも、視力や認知、姿勢制御等が発達 (Fallang et al., 2000; Rochat & Goubet, 1995; Savelsbergh & Van der Kamp, 1994; Van Hof, Van der Kamp, & Savelsbergh, 2004, 2006)
  - 年齢に関係なく、座った状態の方が仰向け状態よりも最適なリーチング運動
    - ◇ 前者の方が後者よりも、小さな筋トルクで運動ができる (Savelsbergh & Van der Kamp, 1994)
  - 最適な運動：直線的な運動軌跡，短い運動時間，速い運動

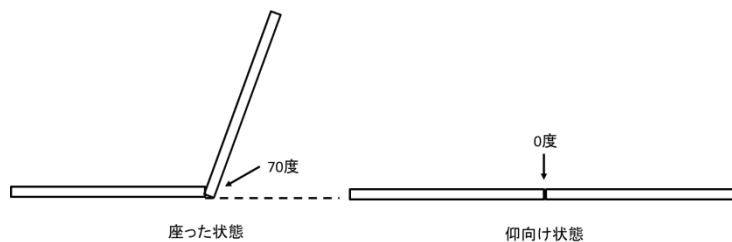
## 2. Methods

### 2.1. Participants

- 4人の乳児が参加
  - 男児1人，女児3人
  - 生後4か月，5か月，6か月の段階で参加

### 2.2. Materials and procedures

- 乳児の一方の手首に反射マーカールを取り付ける
- 乳児をベビーチェアに座らせ、背もたれの角度から乳児の身体方向を変える
  - 座った状態：座面に対して70度の勾配
    - ◇ 先行研究に基づく (Carvalho, Tudella, & Barros, 2005; Von Hofsten, 1982, 1984)
  - 仰向け状態：座面に対して0度の勾配



---

<sup>2</sup> 乳児の運動は、誕生から数か月にかけて劇的に変化する (多賀, 2002).

2015/5/30

輪講 担当：市川

- 乳児は各身体方向で、以下の手続きに沿っておもちゃに対してリーチング運動を行う
  - 3つのおもちゃ全て大きさは小さく、それぞれ異なる形
  - 1つ目のおもちゃを乳児の前に提示
    - ◇ リーチング運動を行ってから、再度おもちゃを提示
      - ✓ 2分間続ける
  - その後、2つ目のおもちゃを提示
    - ◇ リーチング運動を行ってから、再度おもちゃを提示
      - ✓ 2分間続ける
  - 両おもちゃに関心を示さなかった場合は3つ目のおもちゃを提示
  - 各身体方向で、一連の課題を行わせる
    - ◇ 方向の順番はランダム
  
- 3台のカメラから手首の運動を計測
  - サンプリング周波数 60Hz
  - 3軸（奥行方向・水平方向・垂直方向）方向で位置を記録

### 2.3. Description of dependent variables

- 以下の指標を用いてリーチング運動の特徴を検討
  - おもちゃに触れた運動のみを分析対象  
(Corbetta & Thelen, 1996; Fallang et al., 2000; Rocha et al., 2006; Thelen, Corbetta, & Spencer, 1996)
  - 年齢ごとに各身体方向における、各指標の平均を算出
  
- Frequency
  - 提示されたおもちゃに対してリーチング運動を行った頻度
  
- 手首の位置に関連する変数
  - Straightness Index
    - ◇ 実際の運動距離に対するおもちゃまでの最短距離の割合
      - ✓ 距離：ユークリッド距離
      - ✓ 両者が同距離ならば、値は1 (Coelho, 2004; Thelen et al., 1996)
  
- 運動時間に関連する変数
  - Duration
    - ◇ 運動開始からおもちゃに触れるまでの時間
  - Deceleration Time

- ◇ 運動速度がピークに達してからおもちゃに触れるまでの時間  
(Pryde, Roy, & Campbell, 1998)
  - ✓ 60Hz ごとに運動開始地点からの距離を記録し、そこから速度を算出

- 手首の位置と運動時間，両者に関連する変数
  - Mean Velocity
    - ◇ 「運動距離÷運動開始からおもちゃに触れるまでの時間」の値

## 2.4. Data analysis

- 2.3 節の指標について，各年齢で，各身体方向で比較検討
  - 座った状態/仰向け状態
  - 4 か月/5 か月/6 か月

## 3. Results

- 4 人の乳児で，計 268 のリーチング運動が観察 (Table 1)
  - 33 の運動については，実験操作のミスや乳児が泣き叫んでいたことを確認
    - ◇ これらのデータは，以下の統計検定から除外

### 3.1. The effect of age on reaching variables

- 年齢間で，リーチング運動の頻度を比較検討 (Table 1)
  - カイ二乗検定より，年齢間で有意な偏りを確認
    - ◇  $\chi^2(2) = 12.209; p = 0.002$
    - ◇ 生後 5 か月や 6 か月になると，運動の頻度が高いことを示唆
- 年齢間で，リーチング運動の特徴について比較検討 (Fig. 1)
  - Duration, Straightness Index, Deceleration Time, Mean Velocity
    - ◇ Duration と Deceleration Time 以外の値は，大きいほど，より習熟した運動
  - クラスカル・ワリス検定より，Straightness Index のみで有意差を確認
    - ◇  $H(2) = 17.492; p < 0.01$
    - ◇ 年齢に伴い，スムーズで安定した運動になることを示唆

### 3.2. The effect of body orientation on reaching variables

- 身体方向間で，リーチング運動の頻度を比較検討 (Table 1)
  - カイ二乗検定より，身体方向間で有意な偏りを確認
    - ◇  $\chi^2(1) = 7.896; p = 0.005$
  - 座った状態の方が，運動の頻度が高いことを示唆

- 各年齢において、身体方向間で、リーチング運動の特徴について比較検討 (Fig. 2)
  - Duration, Straightness Index, Deceleration Time, Mean Velocity
  - マン・ホイットニーの U 検定より、以下のみで有意差を確認
    - ◇ 4 か月における Duration
      - ✓ 座った状態の方が短い
        - $U(1) = 179.5; p = 0.001$
    - ◇ 4 か月における Deceleration Time
      - ✓ 座った状態の方が短い
        - $U(1) = 214.5; p = 0.009$

#### 4. Discussion

- 実験の結果は、年齢と身体方向の両者がリーチング運動に影響を与えることを示唆
  - 1 つ目の仮説を支持
    - ◇ 運動は内的・外的制約を受け、運動が最適 (Newell, 1986)
- 年齢に伴って、座った状態と仰向けの状態のリーチング運動は類似
  - 3.2 節の結果から示唆
    - ◇ 先行研究でも同様の点が指摘  
(Konczak & Dichgans, 1997; Out et al., 1998; Rocha et al., 2006; Savelsbergh & Van der Kamp, 1994; Thelen et al., 1996; Von Hofsten, 1991)
    - アフォーダンス理論 (Gibson, 1988) からの考察
      - ◇ 年齢に伴って、視力や認知、筋力等が発達すると…
        - ✓ 最適な運動を実現するための知覚情報を取得することが可能
          - その知覚情報が、より最適な運動をもたらす
          - より最適な運動が有益な知覚情報をもたらす
- 4 か月において、座った状態の方が仰向け状態よりも最適なリーチング運動
  - 3.2 節の結果から示唆
  - 仰向け状態の方が、重力に逆らう運動になるため、より大きな筋トルクが必要
    - ◇ 最適な運動が困難
  - 頻度以外の指標では、Deceleration Time と Duration のみ身体方向の影響を受けた
    - ◇ 運動時間に関連する変数が影響を受けた
    - ◇ 一方で、手首の位置に関する変数は影響を受けなかった
      - ✓ リーチング運動はフィードフォワード制御が要求 (Out et al., 1998)
        - 決められた運動指令を読み出すだけで、運動途中で修正は行わない

- リーチング運動の発達には個人差があり，経験が影響  
(Wimmers, Savelsbergh, Beek, & Hopkins, 1998)
  - 今回，生後 5 か月と 6 か月で結果に差が現れなかった点と関連する可能性
    - ◇ 3.1 節の結果から示唆
    - ◇ 経験を通して，筋トルク等の諸問題を解決できることを示唆
      - ✓ リーチング運動の発達において，経験が重要な役割  
(Galloway & Thelen, 2004; Rocha et al., 2006; Thelen, Corbetta, Spencer, Schneider, & Zernicke, 1993; Von Hofsten, 1979, 1984, 1991)
  
- 本研究の知見
  - リーチング運動は，内的・外的制約を受ける
  - 今後は，リーチング運動の発達過程における両制約の影響について検討

Table 1  
Frequency of the reaching movements for each age (4-, 5- and 6-month-old), in supine and seated positions

	Supine	Seated	Total
4-month-old	23	41	64
5-month-old	55	55	110
6-month-old	33	61	94
Total	111	157	268

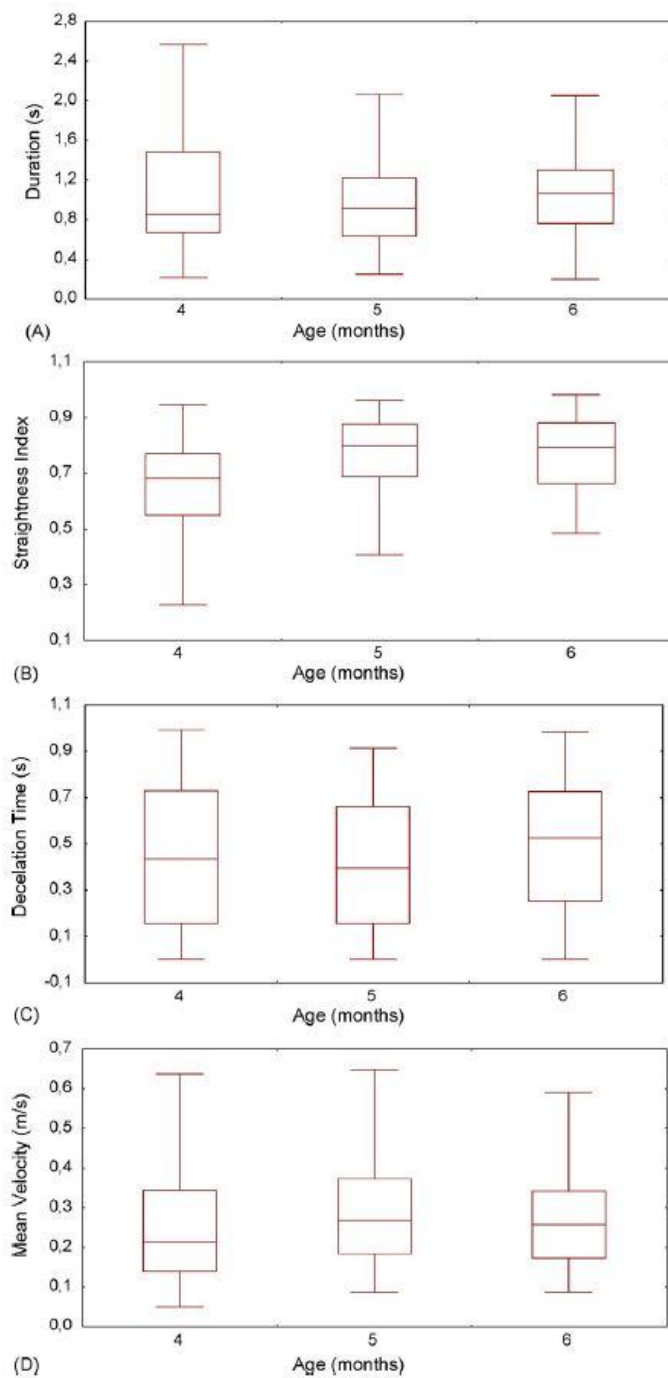


Fig. 1. Median and standard deviation of the duration (A), straightness index (B), deceleration time (C) and mean velocity (D) of reaching for 4-, 5- and 6-month-old infants.

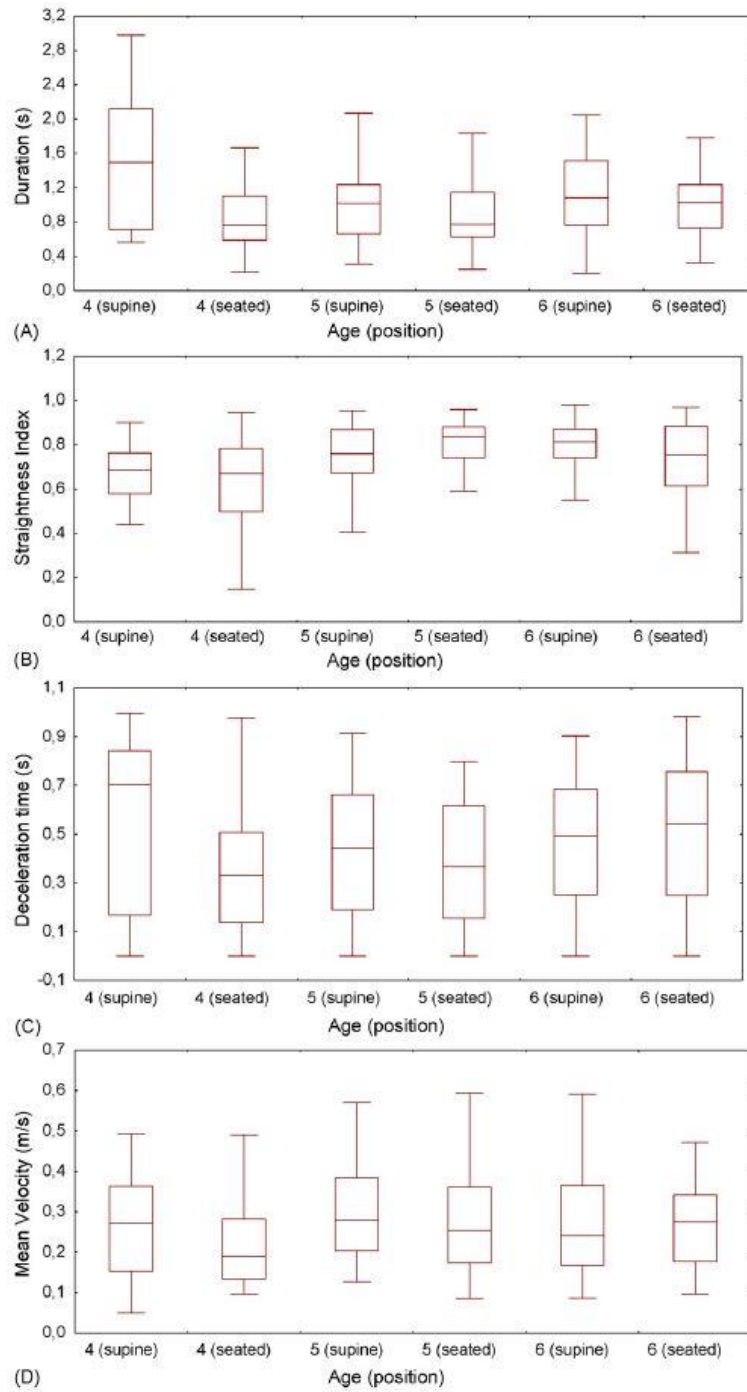


Fig. 2. Median and standard deviation of the duration (A), straightness index (B), deceleration time (C) and mean velocity (D) of reaching for supine and seated positions at 4, 5 and 6 months.