

Infants Return to Two-Handed Reaching When They Are Learning to Walk

Corbetta, D., & Bojczyk, K. E., *Journal of Motor Behavior*, Vol. 34, No.1, pp.83-95, 2002.

Introduction

- 乳児は、お座りやリーチング、ハイハイ、歩行の運動発達を通して、周囲の環境を学習

- リーチングの運動発達
 - 生後 4 か月
 - ◇ 両手による制御されていない運動
(Corbetta, Thelen, & Johnson, in press; Thelen et al., 1993; von Hofsten, 1979, 1991; White, Castle, & Held, 1964)
 - ✓ アイテムの大きさに関係なく両手でアイテムを扱う
 - 生後 8 か月
 - ◇ アイテムの大きさに合わせた運動
(Lockman, Ashmead, & Bushnell, 1984; Pibraut-Le Bonniec, 1985; von Hofsten & Fazel-Zandy, 1984)
 - 生後 12 か月
 - ◇ アイテムの大きさに関係なく両手リーチング
(Fagard & Pezbl997; Flament, 1975; Goldfield & Michel, 1986; Ramsay, 1985a, 1985b)
 - ◇ 自発的に起こり、あたかも、一時的に学習を忘れたかのような現象

- Gesell の研究
 - 両手リーチングが復活する現象を最初に発見 (Gesell & Ames, 1947)
 - ◇ 関連する神経筋の再組織化 (Neuromotor Reorganization) の結果？
(Gesell, 1939, 1946)
 - ◇ 一時的に起こる現象は、運動発達にとって重要な意義

- お座りやハイハイ、歩行の運動発達
 - 既存の運動だけではなく、知覚や認知能力が劇的に再組織化
(Adolph, 1997, 2000; Campos et al., 2000; Kermoian & Campos, 1988; Rochat, 1992)
 - 例：歩行はバランス制御や、運動の協調、頭部や腕の位置に新たな制約をかける
(Bril & BreniBre, 1992; Burnett & Johnson, 1971; Ledebt, 2001)

- 歩行は、両手リーチングの復活と同時期、生後 12 か月に観察

- 歩行開始と両手リーチングの復活が関連している可能性
- 本研究の RQ：歩行開始と同時に両手リーチングの復活が観察されるのか？
 - 予測
 1. 開始前は、アイテムの大きさに合わせてリーチング運動を行う
 2. 開始時期に両手リーチングを行う傾向
 3. 歩行が安定してくると、両手リーチングの傾向が弱まる

Method

Participants

- 10人の乳児：女児：6人，男児：4人
 - 平均生後8か月 (Table 1)

Procedure and Tasks

- 毎週、発達調査とリーチング課題、および協調運動課題を実施
 - 期間：14～33週
 - ◇ 乳児により受けた期間は異なる
 - ◇ 1週：1セッション
 - リーチング課題において、以下の現象が確認されるまで実験を継続
 - ◇ 歩行開始後、アイテムの大きさに合わせたリーチング運動が3週連続で確認
 - ✓ 両手リーチングが衰退
 - 乳児の様子は全てビデオ撮影
- 発達調査
 - 発達調査1
 - ◇ 以下の運動が発達しているのかを実験室で観察
 - ✓ 寝返り，ハイハイ，四つん這い，つかまり立ち，伝い歩き，カートを押す，ひとり立ち，歩行
 - ◇ 実験室で初めて歩行が確認された週を歩行開始のセッションとする
 - ✓ 歩数は問わない
 - 発達調査2
 - ◇ 歩行開始確認後，20歩で往復できる3mの道路を歩く課題を実施
 - ✓ 先行研究に基づく (Bumett & Johnson;1971; Ledebt, 2001; McGraw, 1989/1945)
 - ◇ バランス制御について議論するために，歩数と歩行時の腕の位置を検討

- リーチング課題
 - アイテムを両手 or 片手リーチングするのかを検討
 - ◇ 乳児はイスに座り固定された状態
 - 2種類のアイテムのうち1つを乳児の肩の高さに合わせて提示
 - ◇ 小さいアイテム：直径 5 cm のボール
 - ◇ 大きいアイテム：直径 13 cm のボール
 - 各アイテムで、8 試行実施
 - ◇ セッションごとにアイテムを提示する順番を変えて、カウンターバランス

- 協調運動課題
 - リーチング運動に関連した、上肢間での協調運動について検討
 - 1本のガラガラが入った、ふた付の不透明な箱を乳児の前に置く
 - ◇ 箱の大きさ：縦 20.5 cm×横 12.5 cm×高さ 5.5 cm
 - ふたを開けてアイテムをつかむ運動に複数のパターンがある (Fagard & Ped, 1997)
 - ◇ 最も習熟した協調運動
 - ✓ 一方の手でふたを開けてその状態をキープ
 - ✓ もう一方の手で箱の中にあるアイテムを探してつかむ
 - ✓ 両手による一連の運動のタイミングが適切
 - 3 試行実施

Video Coding

- 2名の評定者が以下についてビデオ映像から評価
 - 発達調査 2 で観察された歩行時の腕の位置を 5つのカテゴリーにわけ (Fig.3A)
 - ◇ 肩の上, 肩付近, 腰の上, 腰付近, 腰の下
 - ◇ 評定者間の一致率：86%
 - リーチング課題において、両手リーチングでアイテムをつかむのかを評価
 - ◇ アイテムをつかんだ試行のみ対象
 - ◇ 両手リーチング
 - ✓ アイテムに向けて 2本の腕を同時に伸ばし始める
 - ◇ 片手リーチング
 - ✓ アイテムに向けて片方のみ腕を伸ばす
 - ✓ 片方の腕でアイテムに触れた後に、もう片方の腕を伸ばす
 - ◇ 評定者間の一致率
 - ✓ 小さいアイテム：92%
 - ✓ 大きいアイテム：96%
 - 協調運動課題における一連の行動を 4つの方略に分類

- ◇ (a): Failure
 - ✓ 箱の中からアイテムを探してつかむことができない
- ◇ (b): Unimanual retrieval
 - ✓ 片方の手でふたを開け、その手でアイテムを探してつかむ
- ◇ (c): Bimanual complementary retrieval with weak timing
 - ✓ 一方の手でふたを開けつつ、もう一方の手でアイテムを探してつかむ
 - ✓ ふたを開けた状態をキープすることに困難を伴う
- ◇ (d): Bimanual complementary retrieval with good timing
 - ✓ 一方の手でふたを開けつつ、もう一方の手でアイテムを探してつかむ
 - ✓ 両腕による一連の運動がスムーズでタイミングも適切
- ◇ 評定者間の一致率：95%

Data Analyses

- 実験期間は乳児によって大きく異なる
 - リーチング課題と協調運動課題の分析対象
 - ◇ 歩行開始前後、それぞれ7セッション分
 - ✓ 歩行開始まで最短で7週間
 - 発達調査2の分析対象
 - ◇ 歩数5歩以上が確認されてから3セッション分と実験終了直前の3セッション分
 - ✓ 歩数が5歩未満の場合は、歩数が少なく、分析・議論することが困難

Results

Reaching and Object Retrieval Before the Onset of Upright Locomotion

- 歩行開始前の運動発達について検討
 - リーチング課題
 - ◇ 10人中9人でアイテムの大きさに合わせたリーチング運動を確認
 - ◇ 乳児1名は、アイテムの大きさに関係なく両手リーチングの傾向を確認
 - ✓ 両手リーチングが復活する現象を観察したいので、以下の分析では除外

Reaching and Object Retrieval Following the Onset of Upright Locomotion

- リーチング課題における、歩行開始前後でのリーチング運動の変化について検討
 - Fig. 1A
 - ◇ 歩行開始前は、小さいアイテムでは片手リーチングの傾向
 - ◇ 歩行開始後は、小さいアイテムであっても両手リーチングの傾向
 - Fig. 1B
 - ◇ 乳児9人分のデータから、歩行開始前後における両手リーチング使用率の比較

- ✓ 小さいアイテムをつかむ課題において、歩行開始前後で有意差を確認
 - ウィルコクソンの符号順位検定より確認 ($p = .020$)

- 協調運動課題における、歩行開始前後での方略の変化について検討
 - Fig. 2A, 2B
 - ◇ リーチング課題と同じ傾向を確認

Progress in Locomotion and Decline of Two-Handed Reaching

- 発達調査 2 における、両手リーチングが復活、衰退する時期の腕の位置について検討
 - Fig. 3A, 3B
 - ◇ 両手リーチングが復活する時期は、腕の位置が肩付近、肩の上
 - ◇ 両手リーチングが衰退する時期は、腕の位置が腰付近
- 腕の位置が腰付近で歩行していた乳児と腰より上で歩行していた乳児の数を比較検討
 - Fig. 3C
 - ◇ 人数に有意な偏りを確認
 - ✓ フィッシャーの正確確率検定より確認 ($p = .015$)
 - ◇ 歩行開始後、しばらくすると腕の位置が腰付近、腰より下になる

Individual Differences

- 歩行開始と両手リーチングの復活との関連に関する個人差を検討
 - 発達研究では、個人差についてよく議論が行われている
(Adolph, 1997; Corbetta & Thelen, 1996; Thelen & Ulrich, 1991)
- 3名の乳児に関して、予測と異なる運動発達を確認 (Fig.4)
 - 乳児 KL, BB
 - ◇ 歩行開始前に両手リーチングの使用率が高くなる場合があることを確認
 - ✓ リーチングパターンの変化に脈動を伴う
 - 乳児 MG
 - ◇ 歩行開始後しばらくして、両手リーチングの復活を確認

Discussion

- 予測と一致する結果になった
 - 歩行開始とリーチングの運動発達との「因果」関係は示していない

The Emergence of Walking, Postural Constraints and the Mastery of Balance Control

- 直立姿勢による歩行スキルの獲得は、身体運動のパターンに制約をかける (McGraw, 1989)
 - 腕の位置を高くする、歩幅を狭くする、足の構えを広くする
(Bril & Brenikre, 1992; Burnett & Johnson, 1971; Ledebt, 2001)
 - 今回、リーチング運動にも影響が現れたことが示唆

- 両手リーチングが復活する時期の歩行は、腕の位置が高く不安定
 - しばらくすると腕の位置が腰より下で、習熟した直立姿勢によるバランス制御が実現
 - ◇ リーチング運動では、再びアイテムの大きさに合わせた運動が実現

- 両手リーチング復活は、直立姿勢のバランス制御の実現と関連すると解釈可能
 - 歩行開始に伴って現れる特有の現象ではない？
 - ◇ 実験結果における個人差と関係？
 - 数名の乳児で歩行開始前に両手リーチング使用率の増加傾向を確認
 - ◇ 例：乳児 KL, BB (Fig. 4), DC (Fig. 2)
 - ✓ 歩行開始前は、不安定ながらも直立姿勢のバランス制御は実現
 - つかまり立ち、伝い歩き

Postural Transition, Experience-Dependent Brain Reorganizations, and Behavioral Transfer

- 新たなスキル（例：歩行）の獲得により、脳機能が再組織化
(Greenough, Black, & Wallace, 1987; Jenkins, Merzenich, Ochs, Allard, & Guic-Robles, 1990; Karni y.t al., 1998; Kleim, Barbay, & Nudo, 1998; Petersen, Mier, Fiez, & Raichle, 1998)
 - 腕による運動パターンの変化は、中枢神経系の変化に関連 (Gesell, 1939, 1946)
 - ◇ 両手リーチングの復活は、脳機能の再組織化による可能性は排除できない
 - ✓ 既に獲得されたスキル（リーチング運動）に影響を与えた？

Conclusions and Implications

- 直立姿勢のバランス制御の実現に伴い、リーチング運動に制約がかかる可能性が示唆
 - 脳機能の再組織化と関連する可能性

- 新たなスキル獲得に伴う既存のスキルの変化
 - 既存のスキルに単純に追加されることを意味していない
 - ◇ 既存のスキルを再組織化なかで、新たなスキルを構築

TABLE 1
Age at Beginning of Study
and at Walking Onset for Each Infant

Infant	Age at beginning of study (mo:wk)	Age at walking onset (mo:wk)
BB	8:2	10:1
CH	8:0	12:0
MP	7:3	12:0
GD	8:0	13:2
DC	8:0	12:0
KL	7:3	9:2
LC	7:3	13:1
EG	8:0	9:3
CO	8:2	10:3
MG	7:0	9:3

Note. mo = months, wk = weeks.

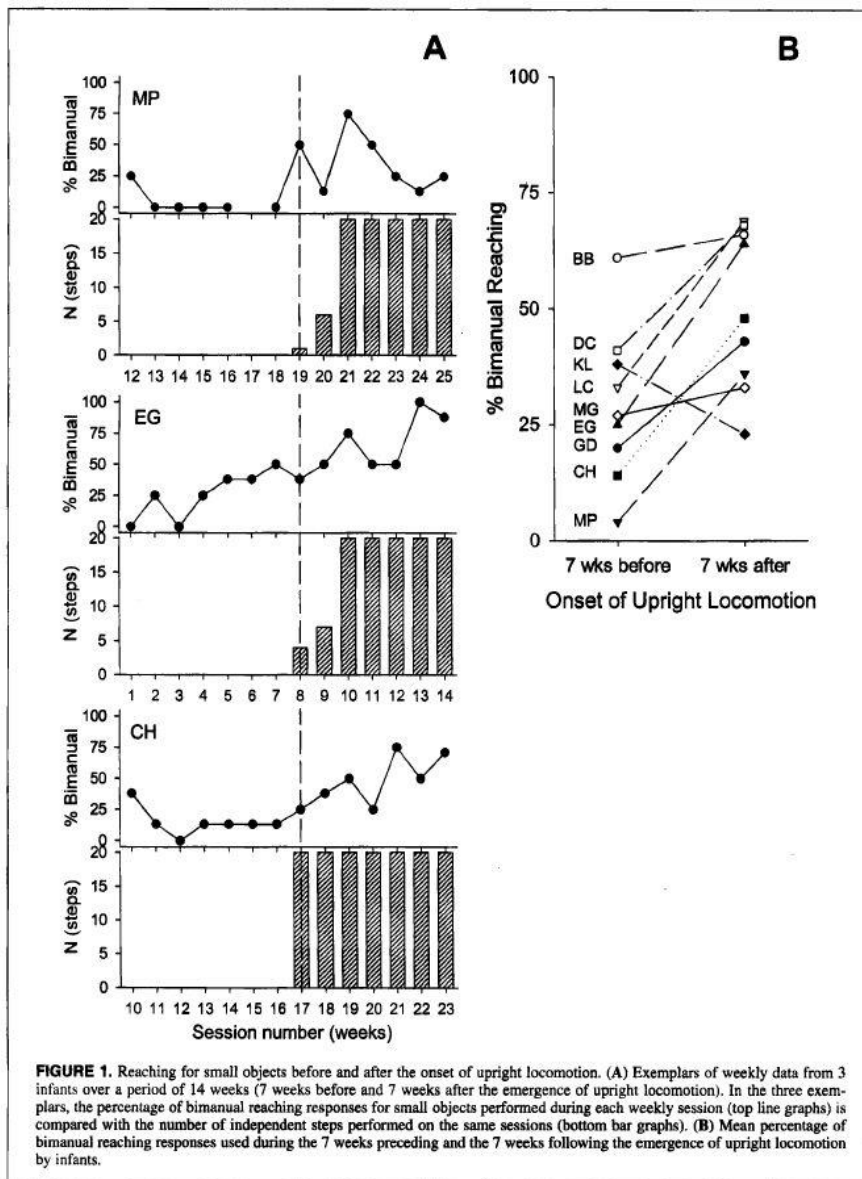


FIGURE 1. Reaching for small objects before and after the onset of upright locomotion. (A) Exemplars of weekly data from 3 infants over a period of 14 weeks (7 weeks before and 7 weeks after the emergence of upright locomotion). In the three exemplars, the percentage of bimanual reaching responses for small objects performed during each weekly session (top line graphs) is compared with the number of independent steps performed on the same sessions (bottom bar graphs). (B) Mean percentage of bimanual reaching responses used during the 7 weeks preceding and the 7 weeks following the emergence of upright locomotion by infants.

