

ハイハイ動作分析基準における項目数削減の検討 第2報

植園奈々・田脇凜・藤武未有

要旨

本研究は、神経細胞群選択説 (NGST) を基にした運動発達の具体的な例として、ハイハイ動作の変化過程に着目し、ハイハイ動作の記録のために考案された「ハイハイ動作分析基準 (第6版)」について、その動作項目の削減を検討する目的で行われた。先行研究で、「定型発達」群と「疑わしい」群のハイハイバリエーション累積総数に有意な差があることが示唆されていることを踏まえ、同じ21名の乳幼児のデータを使用し、2動作項目を削除したコードのバリエーション累積総数が先行研究と同様に2群間に有意な差が認められるかを検討した。その結果、276種のコードのうち263種のコードで2群間に差が認められた。また、有意差が生じなくなる項目として、体幹に関する項目や足部の接地の仕方に関する項目が挙げられた。今後は、より簡便なスクリーニングツールとして、専門的な知識や技術を持たない職種においても使用できるような検討が必要と思われる。

はじめに

ヒトの乳幼児の粗大運動発達過程において、ハイハイは初期に獲得する移動手段のひとつであり、身体感覚および運動系の発達を促進すると言われている。ハイハイには、ずり這い(Belly crawling)や四つ這い(Hand-knees crawling)などのように種々の形態がある。ずり這いは、乳幼児が腹部を地面に沿わせて動く腹臥位での運動スキルである。四つ這いは、手と膝を接地し腹部を持ち上げて動く運動スキルを意味する。通常、ずり這いの後に現れる四つ這いは、その後の発達にとって重要であると考えられており、運動発達だけでなく精神発達にも関与している可能性があることが報告されている。しかしながら、すべての乳幼児が同様のハイハイプロセスに従うわけではない。

ヒトの発達は中枢神経系の変化を背景としているが、そのなかでも神経細胞群選択説 (Neuronal Group Selection Theory; 以下, NGST) と呼ばれるフレームワークは、ヒトの運動発達を理解するために使用されることが多い¹⁻³⁾。NGSTによると典型的な運動発達にはレパートリー、バリエーション、バリエーションという要素が

含まれる。レパートリーは個体が持つ内在的な動きの種類を意味し、バリエーションは状況に最も適した動きをレパートリーから選択する能力を意味する。そしてバリエーションは、運動の結果として観察される動きの種類を意味し、特定の運動機能における幅広い運動レパートリーの存在を示す。

我々の研究室では、NGST を基にした運動発達具体的な例として、ハイハイ動作の変化過程に注目した研究を行っている。この研究は当初、ハイハイから歩行獲得に至る過程のパターンを探求する目的で実施されたが、この過程が多様性に富むためパターン化が困難とされた。そこで、多様なハイハイ動作を記録する手段として、「ハイハイ動作分析基準」を考案し、改良を重ねて現在は第6版に至っている⁴⁾(表1)。この分析基準は、三次元動作分析解析機のような大掛かりな装置を使用せず、場所を問わず乳幼児の自然なハイハイ動作を記録でき、保育士や保護者などの動作分析について専門的な知識が無いものでも扱えるというコンセプトの元に考案された。ハイハイ動作は、ハイハイ1サイクルにおける頭部や体幹などの各身体の動きを大項目I~IV、小項目計24項目でコード化され(図1)、

記録することができる。この記録されたコードを用いた先行研究では、定型発達群と発達に遅れの疑いのある群のハイハイのバリエーション累積総数に有意な差があり、ハイハイのバリエーションとその後の発達との関連が示唆されている⁵⁾。

表 1 ハイハイ動作分析基準(第6版)

I. ハイハイのパターンおよび上肢の使い方に関する項目	
-1.	ハイハイの種類
-2.	右上肢の使い方(支持期)
-3.	左上肢の使い方(支持期)
-4.	上肢の動かし方
-5.	上下肢の動かし方の組み合わせ
-6.	上下肢を動かすタイミング
II. 頭部の位置および動きに関する項目	
-1.	右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の頭の傾き方
-2.	右上肢が床に着いた時の頭の上がり方
-3.	左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の頭の傾き方
-4.	左上肢が床に着いた時の頭の上がり方
-5.	身体を前進させる時の頭の動き
III. 体幹の動きに関する項目	
-1.	右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
-2.	左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
-3.	右下肢を前に出す時(左下肢で支持している時)の下部体幹の傾き方
-4.	左下肢を前に出す時(右下肢で支持している時)の下部体幹の傾き方
-5.	脊柱の伸展
-6.	右下肢を前に出す時(左下肢で支持している時)の脊柱の側彎
-7.	左下肢を前に出す時(右下肢で支持している時)の脊柱の側彎
IV. 下肢の使い方に関する項目	
-1.	右下肢の支持の仕方(左下肢を前に出すとき)
-2.	左下肢の支持の仕方(右下肢を前に出すとき)
-3.	右下肢が床についた時の膝の位置
-4.	左下肢が床についた時の膝の位置
-5.	右足部の使い方
-6.	左足部の使い方

II-1. 右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の頭の傾き方	
0.	コード化できない
1.	頭をほぼ垂直に保っている
2.	頭が左に傾く
3.	頭が右に傾く
8.	右上肢の動きが確認できない、または1-4が「3」「4」の時
9.	コードに該当するものがない

ハイハイ動作分析基準(第6版)

211121131312222233221122

上肢(6) 頭部(5) 体幹(7) 下肢(6)

上記の数字をつなぎ合わせて1つのバリエーションとする

図 1 コード化の方法

一方、現時点での「ハイハイ動作分析基準(第

6版)」は 24 項目と多くの動作を分析する必要があり、時間・手間が求められる。臨床場で使用するためには、より簡便な動作分析基準が望ましいため、本研究室ではこの「ハイハイ動作分析基準(第 6 版)」における項目数削減の検討についての研究を行った。昨年実施した第 1 報では、乳幼児期のハイハイ動作の経験を通した運動学習とその後の発達を評価するためには、頭部-体幹における動作項目が必須であることが示唆された。第 2 報となる本研究では削除する項目数を 2 項目とし、すべての 22 桁のコードについて検討した。

対象と方法

本研究の分析対象は長崎大学大学院医歯薬学総合研究科倫理委員会の承認を受けて実施された研究において得られたデータで 2015 年から 2020 年までに撮影されたハイハイ動作をコード化した記録であった。この記録は、ハイハイ動作に関する研究に参加した 42 名の乳幼児のうちハイハイをしない Shuffling Baby (n=2) やデータ不足、保育所の退所などによりハイハイの評価もしくは発達評価を実施できなかった対象を除外した 21 名の乳幼児のものであった。撮影は研究に協力を得られた保育所内もしくは当研究室にて 1~2 週間の間隔で行い、乳児がハイハイを始めてから独立歩行ができるようになるまで継続されていた(のべ 262 回撮影)。保育所での移動の大半が独立歩行に移行した時点はハイハイの終了とし、この時点の決定に関しては理学療法士と保育士が判断した。撮影の時点では神経学的・整形外科的に問題のない乳幼児を対象とし、また、対象の乳幼児が 2 歳以上になった時に日本語版 DENVERII を用いて発達評価を行い、「定型発達」または「疑わしい」の 2 群に分けている。先行研究では、この「定型発達」群と「疑わしい」群のハイハイのバリエーション累積総数に有意な差があり、本研究では動作項目を示す項目のうち 2 つを消去した場合に先行研究と同様の結果が得られるか検証した。分析対象となるコードには数字が割り当てられているが、これは動作を記録するための名義尺度であり、バリエーション累積総数を求めるには手作業でコ

ードを削除する必要があった。

(コード) 122121131312222211221102 (24桁)



(コード) 002121131312222211221102 (22桁)



撮影日数×ハイハイのバリエーション数の同じ工程を行う



121131312222211221102]
12113131222233221131]
12113131222233221111]
12113131222233221111]

同じバリエーションを示すコードの
種類を数える



図 2 コード化されたデータの処理方法

統計処理

データ解析には、統計解析ソフト JMP Clinical 17. 2 (SAS Institute Japan 製) を使用した。ハイハイのバリエーション累積総数の 2 群間比較については、対応のない t 検定を用いた。なお、統計的有意水準は 5% 未満とした。

結果

「ハイハイ動作分析基準(第 6 版)」に含まれる 24 項目のうち 2 項目を消去した 22 桁のコードでは、276 種のコードのうち 263 種のコードで 2 群間に差が認められた(表 2)。2 群間に差が認められなかったのは以下の 13 組の組み合わせであった(表 3)。

- ① II-2; 右上肢が床に着いた時の頭の上がり方
III-1; 右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
- ② III-1; 右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
III-2; 左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
- ③ III-1; 右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
III-5; 脊柱の伸展
- ④ III-1; 右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方

- IV-6; 左足部の接地の仕方
- ⑤ III-2; 左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
III-5; 脊柱の伸展
- ⑥ III-2; 左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
III-6; 右下肢を前に出す時(左下肢で支持している時)の脊柱の側彎
- ⑦ III-2; 左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
IV-6; 左足部の接地の仕方
- ⑧ III-5; 脊柱の伸展
III-6; 右下肢を前に出す時(左下肢で支持している時)の脊柱の側彎
- ⑨ III-5; 脊柱の伸展
IV-6; 左足部の接地の仕方
- ⑩ III-6; 右下肢を前に出す時(左下肢で支持している時)の脊柱の側彎
III-7; 左下肢を前に出す時(右下肢で支持している時)の脊柱の側彎
- ⑪ III-6; 右下肢を前に出す時(左下肢で支持している時)の脊柱の側彎
IV-6; 左足部の接地の仕方
- ⑫ III-7; 左下肢を前に出す時(右下肢で支持している時)の脊柱の側彎
IV-6; 左足部の接地の仕方
- ⑬ IV-5; 右足部の接地の仕方
IV-6; 左足部の接地の仕方

考察

項目数削減について、22 桁のコードすべての組み合わせにおいて先行研究と同様に「定型発達」群と「疑わしい」群のバリエーション累積総数に有意な差が認められるかを検討した。その結果、276 種のコードのうちほとんどの組み合わせにおいて、2 項目であれば削減しても先行研究と同様に結果が得られることが判明した。このまま削減する項目数を増やしコードを短縮できれば、実際に臨床現場で使用できるような手法として確立できる可能性がある。しかし、すべての項目の組み合わせによるコードの種類は、21 桁のコードの場合で 2024 種、20 桁のコードの場合で 10626 種と膨大なデータ数を処理していかななくてはなら

表 2 それぞれの組み合わせを削除したときの p 値

	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	II-1	II-2	II-3	II-4	II-5	III-1	III-2	III-3	III-4	III-5	III-6	III-7	IV-1	IV-2	IV-3	IV-4	IV-5	IV-6		
I-1																										
I-2	0.027																									
I-3	0.026	0.029																								
I-4	0.026	0.027	0.026																							
I-5	0.026	0.027	0.026	0.026																						
I-6	0.028	0.029	0.028	0.028	0.028																					
II-1	0.031	0.029	0.027	0.028	0.028	0.029																				
II-2	0.028	0.028	0.027	0.028	0.028	0.029	0.029																			
II-3	0.028	0.028	0.027	0.028	0.028	0.030	0.030	0.030																		
II-4	0.030	0.031	0.030	0.024	0.030	0.032	0.032	0.041	0.032																	
II-5	0.024	0.025	0.024	0.024	0.024	0.026	0.026	0.026	0.027	0.028																
III-1	0.036	0.040	0.039	0.039	0.039	0.041	0.041	0.093	0.043	0.045	0.034															
III-2	0.034	0.034	0.033	0.034	0.033	0.036	0.035	0.037	0.037	0.039	0.035	0.052														
III-3	0.029	0.030	0.029	0.029	0.029	0.031	0.030	0.027	0.032	0.033	0.028	0.452	0.042													
III-4	0.024	0.025	0.024	0.024	0.024	0.026	0.026	0.029	0.026	0.031	0.023	0.034	0.034	0.024												
III-5	0.037	0.040	0.038	0.037	0.038	0.040	0.040	0.037	0.040	0.042	0.036	0.056	0.050	0.043	0.035											
III-6	0.039	0.039	0.039	0.039	0.040	0.042	0.042	0.045	0.044	0.040	0.040	0.044	0.055	0.047	0.044	0.062										
III-7	0.031	0.032	0.030	0.031	0.031	0.033	0.033	0.035	0.035	0.035	0.033	0.041	0.043	0.037	0.024	0.048	0.055									
IV-1	0.024	0.025	0.024	0.024	0.025	0.026	0.024	0.024	0.026	0.028	0.023	0.038	0.033	0.028	0.021	0.352	0.036	0.024								
IV-2	0.025	0.026	0.025	0.025	0.025	0.027	0.027	0.027	0.027	0.029	0.023	0.037	0.032	0.023	0.036	0.037	0.030	0.035								
IV-3	0.022	0.023	0.022	0.022	0.022	0.024	0.021	0.025	0.024	0.024	0.020	0.034	0.028	0.024	0.020	0.034	0.033	0.027	0.021	0.021						
IV-4	0.029	0.030	0.028	0.029	0.029	0.031	0.031	0.031	0.032	0.033	0.027	0.043	0.038	0.032	0.027	0.040	0.043	0.032	0.027	0.028	0.026					
IV-5	0.024	0.024	0.023	0.024	0.024	0.026	0.023	0.027	0.023	0.031	0.022	0.038	0.033	0.028	0.026	0.039	0.038	0.031	0.026	0.022	0.020	0.027				
IV-6	0.043	0.046	0.044	0.043	0.044	0.046	0.047	0.045	0.046	0.048	0.041	0.061	0.053	0.034	0.045	0.068	0.061	0.055	0.042	0.043	0.038	0.049	0.057			

表 3 p 値が有意水準を上回った組み合わせ

	削除項目	定型発達(n=16)	疑いあり(n=5)	p-value
		Mean(SD)	Mean(SD)	
①	Ⅱ-2, Ⅲ-1	39.6(12.8)	28.0(12.6)	0.0929
②	Ⅲ-1, Ⅲ-2	37.9(11.8)	25.8(9.6)	0.0515
③	Ⅲ-1, Ⅲ-5	38.4(12.4)	26.0(9.9)	0.0563
④	Ⅲ-1, Ⅳ-6	37.6(12.5)	25.4(9.7)	0.0607
⑤	Ⅲ-2, Ⅲ-5	38.5(11.5)	26.6(9.5)	0.0501
⑥	Ⅲ-2, Ⅲ-6	37.9(11.9)	26.0(9.4)	0.0553
⑦	Ⅲ-2, Ⅳ-6	37.6(11.4)	26.0(9.3)	0.0532
⑧	Ⅲ-5, Ⅲ-6	38.3(12.4)	26.2(9.7)	0.0616
⑨	Ⅲ-5, Ⅳ-6	38.3(12.5)	26.4(9.7)	0.0684
⑩	Ⅲ-6, Ⅲ-7	36.4(12.0)	24.4(9.2)	0.0549
⑪	Ⅲ-6, Ⅳ-6	37.6(12.2)	25.6(9.6)	0.0608
⑫	Ⅲ-7, Ⅳ-6	37.9(12.6)	25.4(9.0)	0.0548
⑬	Ⅳ-5, Ⅳ-6	37.0(12.5)	24.8(8.5)	0.0571

ないため、今回のような手作業での処理は現実的ではない。そのため、プログラミングによる自動処理等を利用して項目数を減らす検討が必要である。

また、「定型発達」群と「疑わしい」群のバリエーション累積総数に有意な差が認められなくなった削除項目については、第1報と同様に体幹に関する項目が含まれていた。元来、ハイハイは上肢で何かを掴もうとして始まることが多く、上肢の使い方を上達させるためには体幹を安定させる必要があり、体幹の安定性は上下肢の運動性機能を保障する重要な要素となる⁶⁾。ハイハイ動作時の体幹の動きのバリエーション数が体幹の支持性の獲得、そしてその後の運動発達において重要であると考ええる。

ハイハイ動作は、対角にある上肢と下肢の二肢または三肢で支持している場合が多い。そのため臥位時と比べて、重心の位置が高く支持基底面が狭くなる。したがって乳幼児にとってハイハイでの移動は、それまで獲得してきた動作のなかでバランス保持の難易度が高い動作と言える。四つ這い時の重心は体幹部に位置するが、ハイハイ動作時にバランスを崩した際には、体幹の側屈、伸展、回旋等を行うことで重心の位置を調節し、バランスの動揺に対応しているのではないかと考えた。また、ハイハイ時期の乳幼児は様々な感覚の入力からバランスが崩れたことを認識し反射的に修正する能力を獲得していくと考える。傾斜反応や前方保護伸展反応などのバランスの崩れに対し身体を支える反応は、生涯継続する姿勢反応の成人であり、成人になってからも重要なバランス反応のひとつである。これらの反応は生後7か月頃から出現し始めるが⁷⁾、これはハイハイ動作の獲得とほぼ同時期である。したがって、ハイハイ時期にはバランスの動揺を感知し体幹の動きで調節する能力を獲得しているのではないかと考える。

このようにしてハイハイにおける体幹の動きは、上下肢の運動性機能の保証、バランス保持や姿勢制御に強く関連し、発達段階にて観察すると良い重要な動きであると考ええる。

さらに、足部の接地の仕方に関して、様々な足部の接地の仕方を経験し、立位・歩行における足部の使い方を学習していると考ええる。床に足部

を接地するとき、床に接した身体部分からは触覚や圧覚などの感覚情報が入力される。このような感覚入力をより様々な部位で繰り返し行うことで、足部の末梢までのボディラインの形成に繋がるほか、床を蹴る際の感覚入力には荷重感覚を養う重要な経験となると考える。足部の役割として、足関節のバランス戦略や足底の加重感覚による重心移動などがある。幼児期からハイハイを通じてこれらに類似した能力を獲得しているのではないかと考える。したがって、足部の接地の仕方のレポートリーが多いほど、多様なバランスの崩れに対応できると推察した。

以上の理由により、本研究において体幹に関する項目と足部の接地の仕方の項目を消去した際に発達の「正常」群と「疑わしい」群の2群間に有意な差が認められなくなったと考えられる。

今後の展望として、より多くの項目数削減の検討のためプログラミングによる自動処理等を用い、より簡便な評価ツールとして専門的な知識や技術をもたない職種においても使用できることが望ましい。また、本研究の対象児は、もともと神経学的・整形外科的に問題のない乳幼児であった。後の調査で発達に遅れの疑いがある乳幼児が含まれていることが判明したが、明確に精神運動発達遅滞と診断された児は含まなかった。したがって、これらの児を早期発見するための評価ツールとして用いるためにはさらなる検討が必要と考える。

結語

本研究は、運動発達を神経細胞群選択説(NGST)で説明する例としてハイハイ動作に着目し、ハイハイ動作の記録のために考案された「ハイハイ動作分析基準(第6版)」について、その動作項目数の削減を検討する目的で行われた。先行研究で用いられた同じデータを使用し、動作項目を2項目同時に削除した際に同じ結果が得られるかどうかを検討した。その結果、ハイハイ動作の経験を通じた運動学習とその後の発達を評価するためには、体幹や足部の接地における動作項目が必須であることが明らかとなった。また、本研究の対象児には明確に精神運動発達遅滞と診断された児童を含まなかったため、今後精神

運動発達遅滞などの明確な診断がある児童を含んだ対象において評価を行った際にも同様の結果が得られれば、本分析基準を用いたスクリーニングがより有用性が得られるのではないかと思われる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導いただきました鶴崎俊哉准教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) De Onis , Mercedes:WHO Motor Development Study:Windows of achievement for six gross motor development milestones, Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics 2006; 95(450): 86-95.
- 2) McEwam, Margaret H. , Dihoff, Roberta E. , Brosvic , Gary M:Early Infant Crawling Experience is Reflected in Later Motor Skill Development. Perceptual and Motor Skills. 1991; 72(1): 75-79.
- 3) Patrick, Susan K. , Noah, J. Adam, Yang , Jaynie F . :Developmental constraints of quadrupedal coordination across crawling styles in human infants , Journal of Neurophysiology. 2012; 107(11): 3050-3061.
- 4) 寺尾安生, 宇川義一, 他:皮膚感覚入力と運動野(正常と異常). 臨床神経生理学. 2000; 28: 209-217.
- 5) 鶴崎俊哉, 寺尾瞳:ハイハイ動作分析基準の開発と研究. 理学療法科学. 2017; 32: 323-383.
- 6) 星文彦:体幹機能の発達, 理学療法—臨床・研究・教育. 2009; 16: 2-6.
- 7) 坂上昇:発達・運動発達の評価と正常運動発達. シンプル理学療法学シリーズ 小児理学療学テキスト. 細田多穂(監), 田原弘幸, 大原昌平, 小塚直樹(編), 南江堂, 東京, 2018, pp. 55-56.