小児顎頭運動の3次元解析

山口公子, 郡由紀子, 西野瑞穂

徳島大学歯学部小児歯科学講座

〔受付：平成13年11月30日〕

A study on three-dimensional condylar movement in children

Kimiko Yamaguchi, Yukiko Kori, Mizuho Nishino

Department of Pediatric Dentistry, The University of Tokushima School of Dentistry

〔Received: November 30, 2001.〕

Key Word: children, jaw movement, 6 degrees of freedom, condylar movement

Abstract: Evaluation of temporomandibular joint function in healthy children is important. The purpose of this study was to investigate characteristics of condylar movement during lateral excursion in children.

Twenty-two subjects with normal occlusion were divided into three age groups: primary dentition group (3 girls), early mixed dentition group (2 boys, 7 girls), and permanent dentition group (2 males, 8 females). Jaw movement was measured with a 6 degrees of freedom jaw tracking device.

Jaw movement of the whole mandible was simulated on the graphic terminal. Characteristics of condylar movement in children were investigated by three-dimensional condylar path distance during lateral excursion.

The results obtained were as follows:

1. The distance of working condylar path during lateral excursion did not show significant difference between kinematic condylar point and another condylar point in children.
2. The distance of working condylar path during lateral excursion was significantly larger in children than in adults and decreased with growth.
3. The distance of working condylar path along the anterior-posterior and superior-inferior axes during lateral excursion was decreased with growth. Along the left-right axis, the distance of condylar path during lateral excursion was larger in early mixed dentition group than in other groups.

The results suggested that condylar movement in children is stabilized with growth, however, in the early mixed dentition group, lateral mobility in the condyle is apparent.

抄録 小児の顎頭運動の特徴を明らかにするために、個性正常咬合を有する乳歯列期小児3名（女児3名）、混合歯列期小児9名（男児2名、女児7名）および成人10名（男性2名、女性8名）を対象に6自由度顎運動測定を行い、側方滑走運動時の3次元的な顎頭移動量について検討し以下のような結果を得た

1. 小児の側方滑走運動時の作業側顎頭移動量において、運動論的顎頭点とⅡA期小児の耳珠下縁点、ⅢA期小児の解剖学的顎頭中央点の各解析点間に有意な差は認められなかった。
2. 小児の側方滑走運動時の作業側顎頭移動量は成人に比較して有意に大きく、ⅡA期小児、ⅢA期小児、

成人の順で移動量が減少する傾向を示した。

3. 側方滑走運動時の前後, 上下方向への作業側顎頭移動量はⅡA期小児, ⅢA期小児, 成人の順で移動量が減少する傾向を示したが, 左右方向の顎頭移動量のみⅢA期小児の移動量が最も大きい傾向を示した。

以上の結果から, 小児の側方滑走運動時における作業側顎頭運動には, 平行移動要素が大きく働いており, 成長とともに顎頭運動は制限されるようになるものの, ⅢA期小児においてはまだ側方への運動に自由度が残されていることが示唆された。

I. 緒 言

顎口腔機能の総合的な評価を行う上で顎頭運動を把握することは非常に重要である。しかし小児において6自由度の顎運動測定を行い顎頭運動について検討した報告¹⁻⁵⁾は少ない。

著者らは, 小児の顎頭運動について詳細な解析を行い, 滑走運動時における顎頭移動量が成人に比較して有意に大きいことを報告した^{6, 7)}。しかし顎頭の3次元的な動態については未検討であった。

本研究では, 小児の側方滑走運動時における3次元的な顎頭移動量について検討した。

II. 研究方法

1. 顎運動の測定

1) 被験者

被験者は顎口腔機能に異常を認めない乳歯列期(Hellmanの歯年齢ⅡA期)小児3名(女児3名, 4歳6カ月～5歳5カ月, 平均5歳0カ月, 以下ⅡA期小児), 混合歯列期(Hellmanの歯年齢ⅢA期)小児9名(男児2名, 女児7名, 8歳2カ月～10歳0カ月, 平均8歳11カ月, 以下ⅢA期小児), 成人10名(男性2名, 女性8名, 23歳4カ月～28歳7カ月, 平均25歳9カ月)である。

ⅡA期小児では, すべての乳歯が萌出を完了した小児を対象とした。ⅢA期小児では, 上下顎の第1大臼歯が萌出を完了し上下顎前歯部の交換が完了した小児を対象とした。いずれも齲蝕がないかあるいは軽度な修復処置のみで, 歯冠全体を覆う修復物, 歯冠崩壊, 欠損歯のない個性正常咬合を有する小児である。

2) 被験運動

被験運動は咬頭嵌合位を始点とし, 前方滑走運動から最前方咬合位, 前方限界開口路を経て最大開口し, 後方限界閉口路を経て閉口する矢状面内限界運動; 側方滑走運動から最側方咬合位, 側方限界開口路を経て最大開口

する左右側方限界運動; 最前方咬合位までの前方滑走運動; 最側方咬合位までの左右側方滑走運動; および最大開閉口運動とした。

3) 顎運動測定

ⅡA期小児の顎運動測定には, 重本ら⁸⁾が報告している磁気位相空間を利用した顎運動測定器を使用した。

ⅢA期小児と成人の顎運動測定には, 6自由度顎運動測定器(松風社製, MM-JI-E)⁹⁾を使用した。

ⅡA期小児の口腔内標点は, 上顎左右乳中切歯近心切端隅角の中心および上顎左右第2乳臼歯の中心窩の3標点とした。口腔外標点は, 鼻下点, 左右耳珠下縁とした。

ⅢA期小児および成人の口腔内標点は, 上顎左右中切歯近心切端隅角の中心(正中離開のある被験者については上顎左側中切歯近心切端隅角)および上顎左右第1大臼歯の中心窩の3標点とした。

測定した顎運動データは, ワークステーション(DEC社製, VAX STATION 4000)に転送し, 解析を行った。解析には上顎咬合平面¹⁰⁾を基準とする右手座標系を使用した。

2. 解析方法

1) 解析点

解析点は運動論的顎頭点とし, 運動論的顎頭点の検索は鈴木¹¹⁾の方法に準じて, グラフィックターミナル(EVANS & SUTHERLAND社製, PS390)上で行った。なおⅢA期小児と成人に関しては正貌および側貌の頭部X線規格写真を撮影し, 加藤¹²⁾の方法に準じて解剖学的顎頭中央点を求め, この点についても解析を行った。またⅡA期小児では耳珠下縁点についても解析を行った。

2) 顎頭運動

左右側方滑走運動路上で, 咬頭嵌合位からの切歯点の移動量が1～5mmとなる顎位を約1mm間隔で選択し, 各顎位での左右顎頭移動量を直線距離で求めた。つぎに顎頭の3次元的な運動方向を明らかにするために各前後, 左右, 上下軸方向への移動量について絶対値で検討した。

各被験者の顎運動データと歯列および顎頭の3次元形態との対応をはかり、各被験者の顎運動を下顎全体の運動としてグラフィックターミナル上に再現し、観察した⁶⁾。

本研究における顎運動の解析時には、常に3次元構築した下顎全体としての運動を観察し、データの誤認を防いだ。

なお有意差検定は、分散を確認した上でStudent's t-testまたはWelch's t-testを行った。

Ⅲ. 結 果

1. 顎頭移動量

側方滑走運動時の各解析点における作業側顎頭移動量を図1に、非作業側顎頭移動量を図2に示す。側方滑走運動時の作業側顎頭移動量および非作業側顎頭移動量ともに各解析点間に有意差は認められなかった。

側方滑走運動時の運動論的顎頭点における顎頭移動量を図3に示す。ⅡA期小児、ⅢA期小児の作業側顎頭移動量は、切歯点の移動量が約1～5 mmとなる全ての顎位において、成人に比較して有意に大きく、ⅡA期小児、ⅢA期小児、成人の順で移動量が減少する傾向を示した。非作業側顎頭移動量は、ⅡA期小児の顎頭移動量が成人に比較して有意に大きく、ⅢA期小児と成人の間に有意

差は認められなかった。

側方滑走運動時の運動論的顎頭点における前後方向への顎頭移動量を図4に示す。ⅡA期小児の作業側顎頭における前後方向への移動量は成人に比較して有意に大きい値を示した。ⅢA期小児と成人の間に有意差は認められなかった。非作業側顎頭については、ⅢA期小児と成人では差がわずかであり、ⅡA期小児では、ⅢA期小児、成人と比較して有意に大きい値を示した。

側方滑走運動時の運動論的顎頭点における左右方向への顎頭移動量を図5に示す。作業側、非作業側ともに、切歯点の移動量が3 mm以上に大きい顎位において、ⅢA期小児の顎頭移動量がⅡA期小児および成人の顎頭移動量よりやや大きい傾向を示した。

側方滑走運動時の運動論的顎頭点における上下方向への顎頭移動量を図6に示す。作業側顎頭については、ⅡA期小児が成人と比較して有意に大きい値を示し、ⅢA期小児はその中間の値を示した。非作業側顎頭については、ⅡA期小児の切歯点の移動量が3 mm以上に大きい顎位において、ⅢA期小児、成人と比較して有意に小さい値を示した。ⅢA期小児と成人の移動量はほぼ一致した。

側方滑走運動時の前後、上下方向への作業側顎頭移動量はⅡA期小児、ⅢA期小児、成人の順で移動量が減少する傾向を示した。

図1 側方滑走運動時の各解析点における作業側顎頭移動量

Fig. 1 The distance of working condylar path at two reference points during lateral excursion

図2 側方滑走運動時の各解析点における非作業側顎頭移動量

Fig. 2 The distance of nonworking condylar path at two reference points during lateral excursion

動様の運動をしている様子が観察された。

2. 顎運動の再現

側方滑走運動時の作業側顎頭運動をグラフィックターミナル上で観察すると、成人ではほぼ回転運動に近い運動をしている様子が観察された。小児では、成人と比較して著明な回転運動は認められず、作業側顎頭が平行移

IV. 考 察

1. 研究方法について

顎運動は平行移動と回転が同時に存在する複雑な運動

図3 側方滑走運動時の顎頭移動量

Fig. 3 The distance of condylar path during lateral excursion

図4 側方滑走運動時の前後方向への顎頭移動量

Fig. 4 The distance of condylar path along the anterior-posterior axis during lateral excursion

図5 側方滑走運動時の左右方向への顎頭移動量

Fig. 5 The distance of condylar path along the left-right axis during lateral excursion

である。そのため顎頭運動を評価する上で解析点の問題は重要であり¹³⁾、とくに顎頭運動の定量的な評価を行うにあたっては、解析点の違いにより顎頭の回転運動を顎頭の平行移動として誤認する可能性がある¹⁴⁾。

著者らは小児の場合、側方滑走運動時の顎頭運動では、平行移動要素が大きく、作業側顎頭付近に一定の回転中心が存在しない場合が多いこと、顎運動の収斂性が低く

運動論的顎頭点を明確に求めることが困難な場合があることから、小児の顎運動解析には運動論的な解析点のみならず、形態的な解析点もつねに必要であり、両点の位置を確認しながら解析を行う必要があると考えている⁶⁾。よって本研究では運動論的に定義される運動論的顎頭点と、形態的に求まる耳珠下縁点または解剖学的顎頭中央点について最初に解析を行った。

図6 側方滑走運動時の上下方向への顆頭移動量

Fig. 6 The distance of condylar path along the superior-inferior axis during lateral excursion

なおⅡA期小児では、運動論的顆頭点の検索は非常に困難であったが、顆頭付近に各種運動経路の厚みが比較的薄くなる点の存在が確認されたため、その中の1点を運動論的な顆頭点として選択した。

また本研究では顎運動の測定に際し、6自由度顎運動測定器（松風社製，MM-JI-E）および磁気位相空間を利用した顎運動測定器を使用した⁶⁾が、両測定器とも本研究の解析に必要な測定精度は十分に有していると考えられ、測定データはほぼ等価として扱ってよいと考える^{6, 8)}。

2. 結果について

側方滑走運動時の各解析点における顆頭移動量に有意差は認めなかった。これは小児では顆頭運動に平行移動要素が大きく働いていること^{6, 7)}，成人では各解析点の位置が近接していることに起因すると推察される。また成人における作業側顆頭移動量は運動論的顆頭点における移動量が解剖学的顆頭中央点における移動量より小さい傾向を示した。そこで3次元的な顆頭動態の解析には運動論的顆頭点を顆頭運動の解析点として用いた。

成人の側方滑走運動時の顆頭移動量は、過去の報告¹⁴⁻¹⁶⁾とほぼ一致していた。

小児の側方滑走運動時の作業側顆頭移動量は成人に比較して有意に大きく、前後、上下方向への作業側顆頭移動量と同様に、ⅡA期小児、ⅢA期小児、成人の順で移動量が減少する傾向を示した。

ⅡA期小児は、形態的¹⁷⁻¹⁹⁾にも機能的^{20, 21)}にも顎運動を規定する因子に乏しく、そのため作業側顆頭で最も大きな移動量を示したと考えられる。ⅢA期小児は、顎関節部^{18, 19)}や神経筋機構²¹⁾においてⅡA期より発達がすすむが、成人の域にはまだ達していない過渡期にある。そのためⅢA期小児の矢状面内の作業側顆頭運動は、ⅡA期より安定するが、成人に比較して不安定となり大きな移動量になったと考えられる。前後、上下方向への作業側顆頭移動量についても同様である。

小児の側方滑走運動時の非作業側顆頭移動量については、作業側に比べると顆頭移動量が大きいことから、ある程度発育が完了したⅢA期小児では成人と同程度の制限をうけるため、成人との移動量の差が少なかったと推察される。前後、上下方向への非作業側顆頭移動量についても同様に考えられる。

これらの結果から、小児における側方滑走運動時の顆頭運動は成長とともに制限されるようになることが示唆された。

側方滑走運動時の左右方向への顆頭移動量については、ⅢA期小児では側方滑走運動に関与する側方歯群がまだすべて乳歯であり、ⅡA期以上に咬耗が進行し²²⁾側方歯群によるガイドが乏しいこと、下顎頭外側端の外方への発育および下顎窩の発育は継続しており²³⁾、側方運動については関節窩内での可動余地が残されていることにより、作業側、非作業側ともに、ⅢA期小児の顆頭移

動量がⅡA期小児および成人よりやや大きい傾向を示したと考えられる。

すなわち小児における側方滑走運動時の顎頭運動について、ⅢA期小児においてはまだ側方への運動に自由度が残されていることが推察された。

V. 結 論

小児の顎頭運動の特徴を明らかにするために、側方滑走運動時の3次元的な顎頭移動量について検討し、以下のような結果を得た。

1. 小児の側方滑走運動時の作業側顎頭移動量において、運動論的顎頭点とⅡA期小児の耳珠下縁点、ⅢA期小児の解剖学的顎頭中央点の各解析点間に有意な差は認められなかった。
2. 小児の側方滑走運動時の作業側顎頭移動量は成人に比較して有意に大きく、ⅡA期小児、ⅢA期小児、成人の順で移動量が減少する傾向を示した。
3. 側方滑走運動時の前後、上下方向への作業側顎頭移動量はⅡA期小児、ⅢA期小児、成人の順で移動量が減少する傾向を示したが、左右方向の顎頭移動量のみⅢA期小児の移動量が最も大きい傾向を示した。

以上の結果から、小児の側方滑走運動時における作業側顎頭運動には、平行移動要素が大きく働いており、成長とともに顎頭運動は制限されるようになるものの、ⅢA期小児においてはまだ側方への運動に自由度が残されていることが示唆された。

本研究の要旨の一部は日本顎口腔機能学会第19回学術大会（1999年9月4日、新潟）において発表した。

また、本研究の一部は、平成10、11年度文部省科学研究費補助金（奨励研究（A））、課題番号10771184）、平成12、13年度文部省科学研究費補助金（奨励研究（A））、課題番号12771282）によって行われた。

謝 辞

本研究に際しご協力下さいました被験者の皆様、本学歯学部歯科補綴学第二講座重本修伺博士に心より感謝の意を表します。

文 献

- 1) Gibbs, C.H. and Lundeen, H.C.: Jaw movements and forces during chewing and swallowing and their clinical significance, *Advances in occlusion*, 2 -32, John

Wright · PSG, Boston Bristol London, 1982.

- 2) 西嶋憲博, 早崎治明, 山崎要一ほか: 小児の下顎顎頭部三次元動態に関する研究—下顎前方滑走運動時について—, *小児歯誌*, 33: 985-994, 1995.
- 3) 能地康和: 咬合発育段階における前方滑走運動時の矢状顎路の変化に関する研究, *日大歯学*, 71: 573-583, 1997.
- 4) 金沢興燮: 小児期の滑走運動の特性に関する研究—特に前頭面下顎移動量の検討について—, *日大歯学*, 72: 581-588, 1998.
- 5) Nishijima, N., Hayasaki, H., Okamoto, A. et al: Difference in tracks between habitual open and close mandibular movements at the condyle in children, *J Oral Rehabil*, 27: 999-1003, 2000.
- 6) 山口公子, 郡由紀子, 重本修伺ほか: 小児の6自由度顎運動解析, *顎機能誌*, 6: 43-54, 1999.
- 7) 山口公子: 小児の6自由度顎運動測定による顎口腔機能評価, *小児歯誌*, 38: 129-137, 2000.
- 8) 重本修伺, 坂東永一: ブラキシズム解析用顎運動測定器の開発, *補綴誌*, 40: 379-389, 1996.
- 9) 藤村哲也, 坂東永一: デジタル方式顎運動測定器の開発, *補綴誌*, 35: 830-842, 1991.
- 10) 西川啓介: 上顎咬合平面, 長谷川成男, 坂東永一編, *臨床咬合学事典*, 142, 医歯薬出版, 東京, 1997.
- 11) 鈴木 温: デジタル方式下顎運動測定器による下顎限界運動の6自由度解析, *補綴誌*, 31: 712-725, 1987.
- 12) 加藤一誠: 切歯路傾斜度の顎頭運動に与える影響 第1報 矢状切歯路傾斜度, *補綴誌*, 30: 108-127, 1986.
- 13) 長谷川成男, 真柳昭紘: 6自由度顎運動測定器のこと, *補綴誌*, 42: 928-931, 1998.
- 14) 真柳昭紘: 側方滑走運動における顎頭運動に関する研究, *補綴誌*, 14: 158-182, 1970.
- 15) 中野雅徳: 側方滑走運動における顎路と歯牙路に関する研究, *補綴誌*, 19: 647-665, 1976.
- 16) 林 豊彦: 側方滑走運動の三次元動態に関する研究 第1報 下顎代表点の運動路と運動初期の動態について, *補綴誌*, 30: 1136-1148, 1986.
- 17) 若月英三: 等高図法による日本人乳歯歯冠の形態学的研究 第3編 第2乳臼歯, *歯科学報*, 68: 1278-1334, 1968.
- 18) 小池将浩: 下顎窩の発育に関する研究, *歯科学報*, 70: 1409-1428, 1970.
- 19) 鍋木雅昭: 下顎頭の解剖学的研究 2. 下顎頭の発

- 育に関する研究, 歯科学報, 70 : 1532-1545, 1970.
- 20) 塩野幸一: 幼児の咀嚼筋活動様相に関する筋電図学的研究, 小児歯誌, 16 : 275-295, 1978.
- 21) 堀川清一, 浜田幸子, 大野秀夫ほか: 小児の咬合の機能的発達に関する研究 (第3報) —Hellmanの咬合発育段階ⅡAからⅢCまでの咀嚼筋活動量について—, 小児歯誌, 23 : 78-87, 1985.
- 22) 竹中 稔, 山崎要一, 緒方哲朗ほか: 第一大臼歯萌出前後における乳歯咬合小面の三次元的推移に関する研究, 小児歯誌, 28 : 313-326, 1990.
- 23) 黒田百樹: 下顎頭の下顎窩に対する位置に関する研究, 歯科学報, 74 : 368-418, 1974.