臼歯部咬合関係と順次誘導咬合に関わる咬合誘導路および咬合平面に関する研究

武井順治, 秋本 進, 佐藤貞雄

Occlusal Guidance and Occlusal Planes at Different Ages and Different Occlusion Groups Follow the Sequential Occlusion Concept

Junji Takei, Susumu Akimoto, Sadao Sato

Tooth guidance was studied in 5,146 Japanese subjects, aged 10 to over 60 years, with complete dentitions. Casts mounted on an SAM articulator with face bow-transfer offered the possibility to measure the guidance inclination on both sides of the dentitions. The functional points F1 and F2, which represent the starting point and end point of the tooth guidance, were recorded by a 3D-digitizer on maxillary teeth from central incisor to second molar. The inclination of the line connecting F1 to F2 with reference to the axis orbital plane was calculated for each tooth. The inclination of the occlusal plane connecting the F1 points of all teeth from central incisor to first molar, central incisor to first premolar, and second premolar to second molar was also calculated. The values were compared in different age groups and different occlusion groups; Angle Class I, II, and III relationships. The average occlusal guidance sequentially decreased from anterior to posterior. Occlusal guidance indicated that inclinations of canine and first premolar gradually decreased with age, while those of molars were increased. The occlusal plane measurements showed that although the anterior occlusal plane was relatively stable with age, the posterior occlusal plane continuously and gradually flattened. The results confirmed the concept of sequential guidance with canine dominance, although the inclinations of guidance between neighboring teeth decreased with age.

完全な歯列を持つ10代から60歳代までの日本人5,146人の咬合誘導路について研究した。フェイスボウにてSAM咬合器に装着された研究模型の左右両側の機能上の誘導路角を3Dデジタイザーを用いて計測した。異なる臼歯咬合関係や年齢を評価した。アングルⅠ級、Ⅱ級、Ⅲ級の臼歯部咬合関係と咬合誘導路および咬合平面との関係について比較検討した。その結果、犬歯第一小臼歯の咬合誘導路の傾斜は、加齢にともなって徐々に減少する傾向を示し、後方歯の咬合誘導路の傾斜は徐々に増加した。後方部咬合平面（pOP）は、加齢にともなって徐々に平坦化した。この変化は相対顎路傾斜角を増加させ、臼歯離開をより容易にする変化であった。また、アングルⅡ級におけるpOPはアングルⅠ級およびⅢ級と比べ急峻となっており、後方歯において干渉を生じる危険性が増大することが示

唆された。これらの結果から加齢による咬合誘導のパターンの変化としては犬歯誘導からグループファンクションの傾向になるものの、生涯を通して犬歯主導順次誘導咬合を維持するものと考えられた。

Key words : 犬歯主導型順次誘導咬合 sequential guidance with canine dominance, 咬合誘導路 guidance inclinations, 咬合平面 occlusal plane

図1 咬合誘導路の計測点。上顎の切歯、犬歯、小臼歯および大臼歯の近心辺縁隆線上で下顎の頬側咬頭頂が咬頭嵌合で接触する点を咬合誘導路の機能的出発点F1とし、偏心運動で上下顎歯が離開する直前の外側機能点をF2とした。さらに上顎前歯舌側凹面の機能的最深点をF3とした。

はじめに

歯科医学は咬合の構築あるいは再構成を目的とする医療体系である。今日、科学的根拠に基づいた歯科医療 (evidence based dentistry) が求められている一方、日常臨床における咬合構築は歯科医師と歯科技工士の経験と勘に頼る experience-based reconstruction となっているのが現状である。咬合構築を科学的根拠に基づいたものとするためには、それぞれの患者のもっている条件、すなわち顎顔面骨格形態や顎関節の形態と機能をはじめとして顎路角、咬合平面、歯列および歯の形態などを個別化して把握する必要がある。その上で個々の咬合治療計画を立案することになるが、その際に必要となるのが咬合の基本的な原理原則に則った咬合構築の標準化である。したがって、それを達成するためには、咬合構築に関わる科学的根拠を蓄積する必要がある。

天然歯の咬合面形態は、基本的には後方の歯から順次的

に離開するような咬合誘導路の傾斜が備わっているとされているが¹⁻³⁾、日本人における咬合様式に関しては佐藤ら⁴⁻⁶⁾の報告があるのみで、なお明確な説明はなされていない。とくに骨格形態には多様性があり、骨格や咬合パターンと咬合誘導路、咬合平面の関係などについて不明な点が多い。

本研究は、これらの点を明確にする目的で、とくに、アングルⅠ級、Ⅱ級、Ⅲ級の臼歯部咬合関係と咬合誘導路および咬合平面との関係について比較検討した。

資料と方法

本研究では日本人の歯の形態、とくに臼歯部咬合関係と咬合誘導路および咬合平面について調査検討した。用いた資料において第三大臼歯、補綴処置歯、および位置異常歯は評価対象から除外した。

上顎模型はAxis-Or plane (AOP) を基準として解剖学的フェイスボウ (SAM, Prazisionstechnik, Munichen, Germany) を用いてSAM 2咬合器 (SAM, Prazisionstechnik, Munichen, Germany) に付着された。下顎模型の付着にはチンポイント法による咬合採得記録を用いた。

本研究で用いた資料の内訳は、臼歯部咬合関係で分類すると両側性アングルⅠ級が1,571例、両側あるいは片側アングルⅡ級が1,087例、両側あるいは片側アングルⅢ級が1,277例であった。

咬合誘導路は、下顎の前方および側方運動を対象として計測した。咬合誘導路の機能的出発点 (F1) と終点 (F2) は、上顎の切歯と犬歯、小臼歯と第一大臼歯の近心の辺縁隆線に図1に示すように設定した。さらに、上顎前歯舌側の機能的最深点をF3とした。これらF1とF2を結んだ誘導路とAOPのなす角度および距離について3Dデジタイザ (Gamma Co. Ltd, Klosterneuburg, Austria) を用いて計測した (図2)。

咬合平面は、AOP に対してF1を結んだ3つの異なる平面を計測した。従来の標準的咬合平面 (cOP) は中切歯 F1

図2 機能点の計測。咬合誘導路の機能の出発点 (F1) と終点 (F2) を結んだ誘導路と AOP との角度および 2 点間の距離について 3D デジタイザーを用いて計測した。

図4 矢状顆路傾斜角 (SCI) の計測。矢状顆路傾斜角 (SCI) はサンプル・グループの中から下顎運動時の運動制限や変曲点などの問題の認められない 142 名の被験者のコンダイログラフィー (Condylography, Cadiax) のデータを用い、前進運動、左右側方運動時の前方 3mm, 5mm および 10mm の点について計測した。

図6 上顎前歯舌側の咬合誘導路角。上顎前歯舌側の咬合誘導路角 S (F1-F2) は 57.2 度であった。さらに舌側機能的最深点 F3 を含む 2 つの平面、すなわち平坦な傾斜 S1 (F1-F3) 部分と急な傾斜 S2 (F3-F2) 部分とに分けて計測した結果、それぞれ 54.5 度と 59.5 度であった。

と第一大臼歯 F1 を結んだ平面とし、中切歯 F1 と第一小臼歯 F1 を結ぶ平面を前方咬合平面 (aOP)、第二小臼歯 F1 と第二大臼歯 F1 を結ぶ平面を後方咬合平面 (pOP) とした (図 3)。

矢状顆路傾斜角 (SCI) はサンプル・グループの中から下顎運動時の運動制限や変曲点などの問題の認められない

図3 咬合平面の計測。咬合平面は、F1 を結んだ 3 つの異なる平面を AOP に対する角度として計測した。標準的咬合平面 (cOP) は中切歯 F1 と第一大臼歯 F1 を結んだ平面とし、中切歯 F1 と第一小臼歯 F1 を結ぶ平面を前方咬合平面 (aOP)、第二小臼歯 F1 と第二大臼歯 F1 を結ぶ平面を後方咬合平面 (pOP) とした。

図5 咬合誘導路の角度および距離。上顎歯の平均的咬合誘導路角 (F1-F2) は、第二大臼歯の 8.7 度から中切歯の 57.2 度になっており、後方から前方に向かって誘導路角が順次的に急傾斜となっていた。切歯を除いてもっとも急な誘導路は犬歯で見られ、その咬合誘導路は 47 度であった。咬合誘導路 (F1-F2) の平均距離は、大臼歯の 2.7mm から犬歯の 3.6mm になっていた。

142 名の被験者の condylography ⁷⁾ (Cadiax, Gamma Co. Ltd, Klosterneuburg, Austria) を用いて記録した下顎運動パターンを用いて計測した。SCI は下顎頭の滑走運動である前進運動、左右側方運動時の前方 3mm, 5mm および 10mm の点について計測した (図 4)。

図7 年齢と咬合誘導路。加齢にともなう咬合誘導路角の変化としては、犬歯の咬合誘導路の傾斜が47.7度から42.5度に、第一小臼歯の咬合誘導路も31.8度から25.8度に徐々に減少していた。第二小臼歯の誘導傾斜は、年齢にかかわらずなおよそ20度で維持された。しかし、第一大臼歯と第二大臼歯の咬合誘導路角は、加齢にともなう徐々に増加した。

結果

I. 咬合誘導路の傾斜角

日本人天然歯列の咬合誘導路はアングルⅠ級、Ⅱ級およびⅢ級のいずれにおいても、中切歯がもっとも急峻な角度を示し、前歯から後方歯にいくに従って順次的に減少していた(図5)。

アングルⅠ級とⅡ級の咬合誘導路角の比較では、犬歯にのみ有意差が認められなかったが他のすべての歯種においてアングルⅡ級が有意に急峻であった。アングルⅠ級とⅢ級の比較においては、中切歯、側切歯、第一小臼歯および第一大臼歯においてⅠ級が急傾斜となっていた。アングルⅡ級とⅢ級の間ではすべての歯種においてⅡ級が有意に急傾斜となっており、Ⅰ級がその中間の誘導路角を示した。

歯種間における誘導路の角度差は犬歯と第一小臼歯との間が17度と一番大きな値を示した。他の歯種間における差は10度以下となっていたが、いずれの臼歯関係においても後方から前方に向かって歯の誘導路角が急傾斜となる順次誘導咬合の概念と一致していた。一方、誘導距離についてはアングルⅠ級、Ⅱ級、Ⅲ級における差は認められなかった。

II. 上顎前歯の咬合誘導路角(図6)

上顎前歯舌側の誘導路角S(F1-F2)は57.2度であった。更に舌側面機能的最深点F3を含む2つの平面、すなわち平坦な傾斜S1(F1-F3)部分と急な傾斜S2(F3-F2)部分とに分けて計測した結果、それぞれ54.5度と59.5度であった。

III. 加齢にともなう咬合誘導路角の変化(図7)

	(N)	cOP (1-6)		aOP (1-4)		pOP (5-7)	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Class I	(3142)	11.8 ± 4.9 ^{†*}		10.1 ± 5.5 [*]		22.6 ± 12.0 ^{†*}	
Class II	(2174)	12.5 ± 6.1 ^{**}		12.3 ± 8.7 ^{**}		25.9 ± 14.7 ^{**}	
Class III	(2554)	11.4 ± 6.1 ^{†*}		10.1 ± 8.2 [#]		19.5 ± 10.1 ^{†*}	
Total	(7870)	11.9 ± 5.8		10.8 ± 7.5		21.8 ± 11.6	

*Significantly different between Class I and Class II, at P<0.05

†Significantly different between Class I and Class III, at P<0.05

#Significantly different between Class II and Class III, at P<0.05

表1 臼歯部咬合関係と咬合平面傾斜角。

咬合誘導路の加齢にともなう変化としては、犬歯の咬合誘導路の傾斜が47.7度から42.5度に、第一小臼歯の咬合誘導路も31.8度から25.8度に徐々に減少することが証明された。第二小臼歯の誘導傾斜は、年齢にかかわらずなおよそ20度で維持された。しかし、第一大臼歯と第二大臼歯の咬合誘導路角は、加齢にともなう徐々に増加した。これらの変化から隣接歯間の角度差が加齢にともなう減少する結果となり、グループファンクションへ移行する傾向にあることが示唆された。天然歯のすべてのデータから60歳の年齢層においても咬合誘導路の傾斜は前歯から大臼歯にかけて徐々に減少していることが分かった。

IV. 臼歯部咬合関係と咬合平面傾斜角(表1)

異なる臼歯部咬合関係におけるcOPの角度は、アングルⅠ級は11.8度、アングルⅡ級では12.5度と急峻な角度、アングルⅢ級では11.4度であった。aOPにおいてはアングルⅡ級で12.3度とわずかに急傾斜となっていた。一方、pOPではアングルⅡ級は25.9度と急峻になっており、緩傾斜なアングルⅢ級の19.5度とは6度の差が認められた。

V. 咬合平面と加齢(図8)

加齢にともなう咬合平面傾斜角は、cOPは10.2度から12.5度、aOPは9.2度から12.0度と小さな範囲内での変化であった。しかし、pOPは33.6度から17.2度へと加齢にともなう大きく平坦化した。

VI. 臼歯部咬合関係と矢状顎路傾斜角(SCI)(表2)

異なる臼歯部咬合関係における前方運動時(5mm)のSCIはアングルⅠ級50.2度、Ⅱ級は50.3度、Ⅲ級では48.2

図8 年齢と咬合平面。加齢にともなう標準的咬合平面の角度は、およそ11度に維持された。前方咬合平面も、9-12度の範囲を維持し、加齢による大きな変化は認められなかった。しかし、後方咬合平面は33.6度から17.2度へと15度平坦化した。

度であり、それぞれの間の有意差は認められなかった。側方運動時（5mm）のSCIにおいてアングルⅡ級は50.9度、Ⅲ級では47.2度であり、アングルⅡ級が急傾斜となっていた。SCIの平均傾斜角は、前方3mmおよび5mmにおいて50度であった。アングルⅢ級においては、Ⅰ級およびⅡ級と比較して緩傾斜となっていた。

考察

本研究の結果から、咬合誘導路はアングルⅠ級、Ⅱ級およびⅢ級のいずれの咬合関係においても中切歯がもっとも急峻な角度を示し、後方歯にいくに従って順次的に減少していた（図5）。これは、日本人天然歯列においてもSlavicek（1982）^{1,2)}、Kulmerら（1999）³⁾が提唱している順次誘導咬合の概念と一致していることが明らかになった。異なる臼歯部咬合関係と咬合誘導路との関係において、一般的にはアングルⅡ級は高口蓋で歯列弓は狭く側方ガイダンスは急傾斜の傾向があり、Ⅲ級では口蓋は浅く歯列弓は大きく広がって側方ガイダンスはその分緩傾斜とされている^{8,9)}。今回の結果においても、アングルⅡ級の咬合誘導路はアングルⅠ級およびⅢ級に対して有意に急傾斜となっており、Ⅲ級はⅠ級と比較してさらに緩傾斜であった（図5）。

機能的咬合は、咬合平面の傾斜と密接な関係がある。本研究の異なる臼歯部咬合関係におけるcOPの角度は、アングルⅠ級の11.8度を境としてアングルⅡ級では12.5度と急峻な角度を示し、アングルⅢ級では11.4度と緩やかな傾向であった（表1）。顎顔面骨格と咬合平面傾斜角との関係はセファログラムを用いた顎骨格（Denture Frame）の研究から¹⁰⁻¹³⁾Ⅱ級骨格ではⅠ級やⅢ級に対して咬合平面は急峻な傾向があり、Ⅲ級骨格では平坦な傾向とされており、

	Class I (n=87)		Class II (n=70)		Class III (n=53)		Total (n=210)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Pro/Ret								
S=3mm	51.4 ± 7.1		51.1 ± 8.0		49.0 ± 5.8		50.7 ± 7.2	
S=5mm	50.2 ± 6.8		50.3 ± 7.5		48.2 ± 5.3		49.8 ± 6.7	
S=10mm	43.3 ± 7.4		43.6 ± 7.1		41.3 ± 5.4		42.9 ± 6.9	
Medio/Medio-Ret								
S=3mm	51.1 ± 7.5 [†]		51.6 ± 8.9 [#]		47.8 ± 7.0 ^{†#}		50.3 ± 7.9	
S=5mm	50.1 ± 6.9		50.9 ± 8.2 [#]		47.2 ± 6.1 [#]		49.5 ± 7.2	
S=10mm	43.1 ± 7.1		44.3 ± 7.7 [#]		40.7 ± 6.1 [#]		42.8 ± 7.1	

[†] Significantly different between Class I and Class III, at P<0.05

[#] Significantly different between Class II and Class III, at P<0.05

表2 臼歯部咬合関係と矢状顎路傾斜角 (SCI)。

本研究結果はそれらを裏付けるものとなっている。

一方、pOPでは臼歯部咬合関係における咬合平面傾斜角の差は増加していた（表1）。

とくに、アングルⅡ級におけるpOPは25.9度と急峻であった。これが相対顎路傾斜角（RCI）を減少させる結果、臼歯部の機能運動時における離開角が小さくなり、アングルⅡ級の後方歯において干渉を生じる危険性が增大することが示唆された。

加齢にともなうcOPおよびaOPの大きな変化は認められなかったが、pOPにおいては33.6度から17.2度と平坦化した（図8）。この変化はRCIを増加させ、下顎の前進運動と側方運動における後方臼歯部での離開を容易にすることになる。したがって、たとえ犬歯の誘導路角が加齢にともなって減少しても、pOPが漸次に平坦化することによって機能咬合における臼歯離開を補償されることが示唆された。

上顎前歯の咬合誘導路角は、下顎運動時の臼歯離開を可能にするためにSCIより5-10度急傾斜の必要があるとされている^{2,4,14)}。逆に15度以上急峻な場合には、咀嚼効率を低下させるばかりでなく顎機能にも問題を生じるとされている¹⁴⁾。今回の上顎前歯誘導路角57度とSCIの50度という結果から導きだされた7度という角度差は、臼歯離開を可能とする標準値と考えられるものとなっている（図9）。

犬歯の咬合誘導路角とSCIはそれぞれ48度と50度であり、近似した値を示した（図10）。下顎がブラキシズムのような強い機能圧で動くとき、前方では、咬合誘導路（アンテリアガイダンス）に沿った運動を示し、後方はSCI（ポステリアガイダンス）の角度に従って誘導されることになる。この前方誘導路と後方誘導路が平行な関係になっていることは、睡眠ブラキシズムのような強い食いしばり時においてさえ、スムーズで低い筋肉エネルギーでの

図9 前方誘導路と矢状顆路傾斜角 (SCI). 上顎前歯の前方誘導路は、矢状顆路傾斜角より約7度急峻であった。

図10 咬合誘導路と矢状顆路傾斜角 (SCI). 日本人の平均的咬合誘導路の傾斜角は前歯から臼歯部まで順次性を示した。これは犬歯主導の順次誘導咬合の概念と一致するものであった。犬歯の咬合誘導路角 (48度) と矢状顆路傾斜角 (50度) とはきわめて近似する傾斜であった。

ブラキシズムを可能にしていることが示唆された。

結論

本研究の結果、アングルⅠ級、Ⅱ級およびⅢ級のいずれの咬合関係においても前歯から臼歯に向かって咬合誘導路角が順次性に減少する犬歯主導の順次誘導咬合の概念を確認できた。加齢にともなって犬歯第一小臼歯の咬合誘導路は徐々に減少する傾向を示した。それとは逆に後方歯の咬合誘導路は徐々に増加した。これらの結果から加齢による咬合誘導のパターンの変化としては犬歯誘導からグループファンクションの傾向になるものの、生涯を通して犬歯主

導順次誘導咬合を維持するものと考えられた。pOPは、加齢にともなって徐々に平坦化した。この変化はRCIを増加させ、臼歯離開をより容易にしている。しかし、アングルⅡ級におけるpOPはアングルⅠ級およびⅢ級と比べ急峻となっており、後方歯において干渉を生じる危険性が增大することが示唆された。

謝辞

本研究は、神奈川歯科大学咬合医学研究所において文部科学省オープンリサーチ研究開発拠点整備事業の研究費で行われた。

参考文献

- Slavicek, R. : Okklusionskonzepte. Inf. Orthod. Kieferorthop., 14 : 253-263, 1982.
- Slavicek, R. : Prinzipien der Okklusion. Inf. Orthod. Kieferorthop., 14 : 171-212, 1982.
- Kulmer, S., Ruzicka, B., Niederwanger, A., Moschen, I. : Incline and length of guiding elements in untreated naturally grown dentition. J. Oral Rehabil., 26 : 650-660, 1999.
- 佐藤貞雄, 井坂文隆, 木村 智, 渡辺 享, 村居聖子, 秋本 進 : 日本人の咬合様式に関する研究 第1報 日本人正常咬合者の歯の形態と誘導路. 顎咬合誌, 17 (2) : 89-96, 1996.
- Celar, A., Sato, S., Akimoto, S., Yamamura, S., Masumoto, A., Slavicek, R. : Sequential Guidance with Canine Dominance in Japanese and Caucasian Samples. Bull. Kanagawa Dent. Col., 122 : 18-24, 1994.
- Celar, G.A., Kubota, M., Akimoto, S., Sato, S., Slavicek, R., Hennerbichler, E. : Inclines of occlusal guidance, wear facets, and hinge axis path considering sequential guidance with canine dominance. Bull. Kanagawa Dent. Col., 25 : 3-9, 1997.
- Piehslinger, E., Celar, G.A., Celar, M.R., Slavicek, R. : Computerized axiography: Principles and methods. J. Craniomand. Practice, 9 : 344-355, 1991.
- Precious, D., Delaire, J. : Balanced facial growth: a schematic interpretation. O.S.O.M.O.P., 63 : 637-644, 1987.
- 佐藤貞雄 : 不正咬合治療へのアプローチ. 19-22, 東京臨床出版 (東京), 1991.
- 佐藤貞雄, 本柳和子, 鈴木孝雄, 今坂祥子, 鈴木祥井 : 顎骨格形態の経年的変化と不正咬合発現との関連についての一考察. 日矯歯誌, 47 : 186-196, 1988.
- Sato, S., Suzuki, N., Suzuki, Y. : Longitudinal study of the cant of the occlusal plane and the denture frame in case with congenitally missing third molars. J. Jpn. Ortho. Soc., 47 : 517-525, 1988.
- Sato, S. : Alteration of Occlusal Plane due to Posterior Discrepancy Related to Development of Malocclusion. Introduction to Denture Frame Analysis. Bull. Kanagawa Dent. Col., 15 : 115-123, 1987.
- Sato, S., Suzuki, Y. : Relationship between the development of skeletal mesio-occlusion and posterior tooth-to-denture base discrepancy. J. Jpn. Ortho. Soc., 47 : 796-810, 1988.
- McHorris, W.H. : Focus on anterior guidance. J. Gnathology, 8 : 3-13, 1989.