総 説

咬合と全身の機能との関係

小林 義典 松本 敏彦* 石上 恵一** 平井 敏博***

The Relationship between Occlusion and the Body Function

Yoshinori Kobayashi, Toshihiko Matsumoto*, Keiichi Ishigami** and Toshihiro Hirai***

Abstract: In order to verify the relation between the body function and occlusion, the gravity function, electronystagmography, and auditory brainstem response of TMD patients, edentulous patients and healthy subjects with 500 μ m thick experimental occlusal interference were analyzed, and it was confirmed that occlusal problems impede the auditory system, body's posture adjusting system and vestibule system. Further, when the relation between the occlusal contact and the bodily motor function were compared between healthy subjects and patients whose occlusion had been treated, it was confirmed that there was close relation between the two. Furthermore, from the analysis of human body phenomena of healthy subjects with 100 μ m thick experimental occlusal interference, it was confirmed that occlusal problems induced bruxism or continuously aggravated the problem and eventually entailed TMD, as well as changed the function of the autonomic nervous system and provoked emotional stress and sleep disorders.

From these results, it was verified that occlusal problems affected the function of the middle ear transmission system, equilibrium sense, auditory brainstem response, function of autonomic nervous system, emotion and sleep and that the occlusal function was closely related to the bodily motor function.

Key words: occlusion, function of middle ear transmission system, equilibrium sense, bodily motor function, function of autonomic nervous system

I. 緒 言

近年、急速な高齢化や複雑な社会環境を背景として、一般国民の健康に対する関心が高くなってきたことは、周知

の通りである。これに伴い、最近、多くの健康雑誌が刊行され、また一般市販雑誌、新聞、テレビ、ラジオなどにおける健康に関する記事や話題も氾濫ともいえるほど多くなってきた。これは、歯科に関する記事や話題についてもいえ、特に咬合と全身の機能との関係が相当頻繁に喧伝されている。

もちろん、このようなトピックは、歯科臨床の領域では、今にはじまったことではなく、相当古くから顎関節症に関連して、咬合問題が全身の機能に影響を及ぼすのではないかということで種々論議されてきたところである。

しかしながら、これらは、主に臨床経験的に論じられてきたものであり、またこの問題に関して世界的に指導的な役割を果たしている American Academy of Orofacial Pain の最近のガイドライン^{1,2)}でも、咬合因子は、客観的に関与するものの、二次的な寄与因子であるという見解を示すにとどまっている。このように、咬合問題と全身の機能の問題との因果関係は、明示されるまでに至っていない

日本歯科大学歯学部歯科補綴学教室第I講座

*日本大学松戸歯学部歯科補綴学第III講座

**日本大学歯学部歯科補綴学教室局部床義歯学講座

***北海道医療大学歯学部歯科補綴学第I講座

Department of Partial and Complete Denture, The Nippon Dental University School of Dentistry at Tokyo

*Department of Removable Partial Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry at Matsudo

**Department of Removable Partial Denture Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry

***Department of Removable Prosthodontics, Health Sciences University of Hokkaido School of Dentistry

本稿の要旨は、第90回日本補綴歯科学会学術大会(1993年10月)のナイトセッション・シンポジウム「咬合、咬合と全身の機能との関係」で発表した。

平成7年8月29日受付

のが現状である。

一方、本学会の過去 5 年間に於ける咬合と全身の機能との関係についての報告数は、学術大会のみをみても 32 演題もあり、また本学会誌への投稿は 13 編にも及んでいる。この数は、本学会支部学術大会あるいは関連学会を含むと、さらに多くなるものと推測され、相当注目されているように思われる。

そこで、本稿では、咬合と全身の機能との関係について、本学会で過去 5 年間に報告された研究、特に咬合と中耳伝音系機能、平衡、聴性脳幹反応、全身運動機能、自律神経系の機能、情動、睡眠などとの関係を中心に検証してみたい。

(小林義典)

II. 咬合と中耳伝音系機能との関係

咬合異常に起因する聴覚機能障害については、基礎医学的な根拠や客観的な検査機器に乏しかった時代から、難聴や耳鳴、眩暈が報告されている³⁻⁵⁾。それゆえ、払拭されない疑念とともに錯綜した情報や推測も多い。

それらの理由は 2 つの要素に集約される。1 つは顎関節と聴覚器官との解剖学的な連繋の確証がなかったこと、いま 1 つは病態の認知や治療評価における客観的な判断指標がみあたらなかったことである。

本稿では、咬合と聴覚との関係の系譜を辿ることで、これら 2 つの要素を指標として発症機序に関する概念を考察し、検証された知見について述べてみたい。

1. 発症機序の変遷と解剖学の知見

この記載の起源は 1918 年、臼歯喪失による下顎頭の後方偏位がもたらす難聴を報告した古典的な Prentiss³⁾ の記述に遡る。この報告は、また器質的病変以外の病因の顎機能障害に関する最初の記述として注目される。下顎頭の後方偏位が関節円板の損傷や変性をもたらす、内耳を圧迫するとした難聴の発症機序の概念³⁾は、1920 年代の Wright, Monson, Decker らに継承され固定化した。1930 年代の Goodfriend の報告⁴⁾は、この機序を咽喉や副鼻腔症状についても発展させ、Costen⁵⁾ は眩暈、舌の灼熱感、味覚異常も下顎頭の後方偏位による耳介側頭神経や鼓索神経の圧迫として、下顎頭の後方偏位がもたらす聴覚系障害を提唱した。この提言は Sicher⁶⁾ が当時の解剖学の反論を受けたが、咬合の重要性を認識させたという点で Costen⁵⁾ の提言は意義のある警鐘となった。本邦では開閉口時で異なる顎関節雑音の成因を特定した遠藤⁷⁾ の報告がある。歯髄疾患や歯周組織の炎症を原因とした論旨はともあれ、すでに相反性クリックをも推測させる卓越した先見性は評価されなければならない。

下顎窩は前方を関節結節、後方を錐体鼓室裂によって囲

まれ、そのすぐ後方には鼓室の前壁と下壁、耳管外側壁をなす脆弱な側頭骨鼓室部がある。錐体鼓室裂には鼓索神経、耳下腺を包む結合組織が入り組んでおり、この結合組織の中を前鼓室動脈や静脈および耳介側頭神経が通過している。Seaver⁸⁾ は神経筋機構に言及した最初の研究者であるが、蝸牛に注目して聴覚異常の本態に鼓室リンパ液の減少や血流変化を指摘した⁹⁾ ことでも知られている。内側翼突筋や鼓膜張筋、口蓋帆張筋が発生学的に同一の原基から分化し三叉神経支配にあるとして、三叉神経障害を示唆した Ronkin^{10,11)}、鼓膜張筋の過緊張とした Myrhaug¹²⁾、サルでの観察から三叉神経に加えて顔面神経、迷走神経、舌咽神経の関連を示した Rohton ら¹³⁾ の報告によって、初期の発症機序の概念³⁻⁵⁾ は、機械的圧迫から筋神経的な意味へと変遷した。

第 1 の要素、顎関節と聴器の解剖学的関係に対する疑念を払拭する研究は Pinto¹⁴⁾ によって拓かれた。耳小骨連鎖の外側端に位置して鼓膜の振動を内耳に伝達する槌骨と関節包とを接続する槌骨前靱帯の発見によって、顎関節と聴器との具体的な連繋の存在が明らかにされた。この報告は、以後、その解剖学の視点を中耳伝音系に定めた契機となったといつてよい。当時の解剖学の水準⁶⁾ で否定された Costen⁵⁾ の推察は、28 年を経て Pinto¹⁴⁾ によって裏づけられたことになる。中耳が原始的な顎関節の系統発生学的要素であること¹⁵⁾、弾性線維組織の 3 つの靱帯が槌骨の頸部および前突起と関節包、関節円板および蝶下顎靱帯の内後上部に接続していること¹⁶⁾、槌骨に付着する鼓膜張筋も三叉神経支配であることなどの解剖学の新知見から、今日、中耳が顎と耳の機能異常の関係を解く鍵¹⁵⁾ であることに疑問の余地はない。

2. 聴覚機能検査法と客観的評価

1898 年強大音によるヒトの鼓膜の内陷現象を Ostmann¹⁷⁾ が報告して音響刺激と伝音系機能の研究が始まった。1956 年アブミ骨筋の収縮を鼓膜インピーダンスの上昇として捕捉した Metz¹⁸⁾ により tympanometry の基本原則が公式化され、1960 年には Møller¹⁹⁾ の最初の impedance meter Madsen Z 0 61 が市販されたという²⁰⁾。歯科臨床での応用については、pure-tone audiometry による自覚的聴力測定²¹⁾ は 1988 年、耳管機能検査法 tympanometry の応用²²⁾ は 1990 年、アブミ骨筋反射の報告²³⁾ は 1994 年のことであり、第 2 の要素、顎と耳の機能的関係についての客観的な検索は、いま緒についたところである。

さて、耳科臨床では、聴力は pure-tone audiometry によって測定され、外界からの音の伝導経路の相違によって気導聴力あるいは骨導聴力で表現される。気導聴力とは伝音系を経由して内耳に伝達される音源の空気振動の聴こえ、骨導聴力とは直接、内耳に伝達される振動の聴こえと

図1 Difference of hearing level in speech range between healthy subjects and TMJ click subjects
健康者と顎関節クリック有雑音者の speech range における聴力比較²¹⁾

される。したがって、気導と骨導との聴力差は直接、伝音系機能の損失程度を意味し、難聴が中耳障害に起因する伝音難聴か内耳に原因する感音難聴かが推定される²⁴⁾。Pure-tone audiometry は自覚的な聴こえの基本的検査法とされ、(500 Hz+1,000 Hz×2+2,000 Hz)/4 で算出される四分法平均聴力が日常生活に高頻度の周波数帯域いわゆる speech range 聴力判定の指標とされている²⁴⁾。

図1は若年健康者と顎関節クリックの speech range 聴力の調査結果²¹⁾である。健康者の hearing level (ISO) は左側耳 6.7 ± 2.0 dB, 右側耳 7.3 ± 1.8 dB と側差、性差は認められないが、顎関節クリックでは、雑音側の閾値上昇のみならず対側においても有意な聴力能減衰が確認された。このことは、下顎頭の不均衡が聴覚機能の交叉性²⁰⁾によって対側の鼓膜張筋反射や耳小骨筋の機能変化をもたらし、両耳の聴力低下が出現する特性を示している。125 Hz~8,000 Hz の各周波数帯域で可聴閾値を調査した結果は、図2に示したように、低周波数帯域に顕著な減衰傾向が認められ、Ronkin^{10,11)}のいう低音難聴が数値的に確認された。中心滑走の垂直的の偏位量と聴力、1 kHz の最小可聴閾値との有意な相関性²⁵⁾や咬合治療による有意な改善²⁶⁾も確認された。図3には、耳科学での年齢推移と聴力分布の調査結果²⁴⁾を改変し、顎機能異常の聴力値を図中に記した。聴力は加齢的減衰を示し、その個人差は低年齢層で小さく年代推移に呼応して拡大している。注目すべきことは、高齢者の難聴に原因不明の特発性難聴が多数を占める²⁴⁾とされる点で、顎関節症、顎関節クリックの聴力はいずれも当該年齢層²⁴⁾の可聴閾値を上回る。同年代での比較で有意に低下する咬合異常の聴力^{21,25,26)}を加齢的聴力減衰曲線²⁴⁾に重ねれば、咬合が特発性難聴の因子である可能性がある。聴力能と直接関わる鼓膜の柔軟性や耳小骨連鎖の可動性など伝音系 compliance の側差について、耳科学の基準では、0.25 cc 以内を正常範囲としている²⁰⁾が、咬合診査を加味すると $0.06 \text{ ml} \pm 0.04$ とほぼ 1/4 となるこ

図2 Difference of threshold of audibility in 125 to 8,000 Hz between healthy subjects and TMJ click subjects
125~8,000 Hz の各周波数帯域における健康者と顎関節クリック有雑音者の可聴閾値の比較²¹⁾

図3 Hearing level of TM disorder subjects compared with the so-called healthy subjects²⁴⁾
年齢推移と聴力分布の調査結果²⁴⁾の改変図
TMD は顎関節症患者、CLK は顎関節クリック有雑音者を示す

と²²⁾、咬合治療による有意な変化が確認され^{26~28)}、耳小骨連鎖の可動性が直接、聴力低下^{10,11)}を意味することが実証された。伝音系機能には異なる神経支配の2つの筋が関わっている。すなわち、外界の音は空気振動として鼓膜に伝達され耳小骨連鎖を介して内耳に伝達されるが、耳小骨連鎖の両端では三叉神経支配の鼓膜張筋と顔面神経支配のアブミ骨筋が調節的に作用するため、中耳伝音障害の鑑別や耳管機能は tympanometry によって診断され、蝸牛神経、脳幹、顔面神経、アブミ骨筋の神経・筋機能は stapedius reflex で診断される²⁰⁾。

Tympanometry による顎機能異常の調査結果²²⁾は、病態に呼応した鼓膜インピーダンスの差異や tympanogram の非対称性、A_s型、A_D型、B型、C型など伝音系の異常パターンの出現、さらに下顎位整位と呼応して側差が健康域に収束し、伝音系機能の正常型を意味するA型に復帰

図 4 Difference of compliance in stapedius reflex in 80 dB to 100 dB measured by impedance meter in five group: those subjects are healthy (NOR), TMJ click (CLK), myofascial pain dysfunction syndrome (MPD), closed lock (LOC), tinnitus (TIN)
健康者、顎関節クリック有雑音者、および顎機能障害患者 3 群の stapedius reflex の反射応答の比較²³⁾

することが確認された^{26,27)}。伝音系の機能は、健康者では生理的運動負荷に有意な変動を示さず、機能恒常性を維持し²⁹⁾、顎の偏心移動や開口運動に呼応した規則的な変動を示す³⁰⁾。これに対して顎関節クリックでは、初発徴候レベルでも耳小骨連鎖の固着化傾向の A_s 型が出現する。中耳機能と咬合干渉による中心滑走の方向や量とは有意な相関性を示し³¹⁾、また immediate side shift, eminence angle は中耳腔陰圧を上昇させることも確認された³²⁾。

また、聴覚異常随伴症の治療前後で下顎窩腔隙、聴力、耳管機能、耳鳴の音感周波数や音量との関係を調査した結果²⁶⁾から、下顎窩の腔隙量は前方、前上方では変化しないが、上方、上後方および後方では有意な変化が認められた。中耳の機能変動の出現機序は、下顎頭の捻転が関節円板や関節包の捩れを惹き起こし中耳に連繋する靱帯^{14,16)}の過緊張や弛緩が出現することで、感覚受容の閾値の上昇やこれに呼応した遠心制御の機能低下をもたらすと考えられた^{23,33,34)}。このことは、鼓膜硬化や耳小骨連鎖の固着化の A_s 型と耳小骨連鎖離断や鼓膜萎縮の A_0 型との対称的なパターンが混在すること²²⁾、偏位の方で中耳機能が変化すること³¹⁾、下顎頭の内側偏位によって出現する³²⁾中耳腔の陰圧が有意に増大すること²⁶⁾から、ほぼ確定的と断定してよい。後上方および後方の腔隙量と純音聴力や耳鳴周波数との間には有意な相関性が認められること²⁶⁾、顎関節後方には乳突蜂巣が隣接し、神経血管圧迫症候群が聴神経においても存在する³⁵⁾ことを合わせ考えると、咬合と耳鳴との関係^{10-12,26)}については、耳小骨性とは別に鼓室リンパ液の減少や血流変化^{8,9)}の可能性も十分考えられることから、なお検討が必要である。

関節円板や関節包の捩れは、DuBrul¹⁵⁾が顎と耳との機能異常の関係を解く鍵と呼んだ槌骨に伝播する¹⁴⁻¹⁶⁾。

槌骨は、耳小骨連鎖の外側端で鼓膜に付着し、そして、

内側翼突筋と同じ三叉神経下顎枝支配の鼓膜張筋によって制御されている。その頸部、前突起は下顎槌骨靱帯によって関節包、分岐枝が下顎骨に付着する蝶下顎靱帯、関節円板へと連繋している¹⁴⁻¹⁶⁾。他方、耳小骨連鎖の内側端には前庭窓に嵌入するアブミ骨が位置し、アブミ骨筋が付着している。この筋が重視される理由には、内耳への接点となることや耳小骨連鎖における鼓膜張筋との拮抗的な作用に加えて、この横紋筋が音響刺激による収縮を示す特異性がある。この反射弓の求心路は蝸牛神経であるが、脳幹を経由した遠心路が顔面神経であることから、耳科では、stapedius reflex によって蝸牛神経、脳幹、顔面神経、アブミ骨筋の神経・筋機能が診断される²⁰⁾。

Stapedius reflex を顎機能異常の病態評価に試みた結果^{23,33,35)}、蝸牛神経の受容刺激に呼応したアブミ骨筋の遠心制御が認められた。図 4 に示したように、健康者の反射は刺激音量に呼応した振幅波形の規則性、すなわち conventional reflex を示すが、顎機能異常では病態の重度に符合した域値の上昇や振幅の変動、反射波形の逆転現象、逆向き波形 reversed reflex、あるいは振幅のみられない absent reflex が出現した²³⁾。閾値上ほぼ 10 dB の 85 dB 音域では筋・筋膜疼痛機能障害症候群において反射の逆転現象がみられ、関節円板障害群とは反射様相を異にすることが認められた²³⁾。この結果、周波数 1 kHz、音量 95 dB (SPL) 強の反応波形の様相によって顎機能異常の病態識別の可能性が示唆された。聴中枢の判断指標には聴性脳幹反応 (ABR) が周知であるが、顎機能異常の初発徴候レベルでも I 波潜時の有意な延長が認められ、聴神経から蝸牛神経核に至る経路の伝導変調が確認された³³⁾。三叉神経や舌咽神経の異常放電がこれらの神経痛をもたらすことは知られていることである。鼓室神経叢は、これらと交感神経によって構成され、前庭枝と蝸牛枝を介して正円窓、卵円窓から内耳に連繋している。こうしたことから、聴中枢における変化は stapedius reflex の閾値上昇や振幅の減少^{23,34)}によって確認できる、病態の重度に呼応する変動^{23,28)}に加えて、反射の潜伏時間 L1, L2 の延長や L4 の短縮として³⁴⁾神経機能が把握できるが^{22,26)}、これらは鼓膜張筋や口蓋帆張筋を支配する三叉神経の末梢感覚の入力変調に起因することは確かであるものの、さらに詳細に検討する必要がある。

図 5 は impedance audiometry を指標とした咬合関係の改善により、顔面神経麻痺様症状が消失した無歯顎例である。Stapedius reflex 測定の利点はシールド室外の一般歯科診療室で容易に脳幹障害の鑑別診断を行い得ることである。髄内病変か髄外病変かの障害部位の特定、すなわち麻痺の原因が中枢性か末梢性かを反射の交叉性、非交叉性によって診断できる。本例の tympanogram は右側 C 型、左側 A_s 型、stapedius reflex は同側刺激 (非交叉性) で右側が反射異常、左側は正常反射、対側刺激 (交叉性) で右

図5 Before and after repositioning of the mandible by impedance audiometry in a case of peripheral facial paralysis caused occlusal problem
Impedance audiometry を指標とした咬合治療により消失した末梢性顔面神経麻痺様症状

側は正常反射、左側の反射異常を示したことから、本例の顔面神経麻痺様症状は末梢性のものと判断され、原因となる異常が顔面神経核よりも下部にあると診断される。

Stapedius reflex は生理的な反応であり、伝導ブロックの有無は推定できても神経変性の有無を推測することはできないとされているが、咬合に起因する伝導ブロックが神経変性をもたらすとは考えられず、咬合改善に呼応して消失したことからも、顔面神経核よりも下部に原因したことは証明される。顔面痙攣や三叉神経痛の原因とされる神経血管圧迫症候群が聴神経においても存在し、眩暈や耳鳴を惹起することが知られている³⁵⁾。本例の顔面神経麻痺、顎口腔ディスクネジアの治験例²⁸⁾を考え合わせれば、咬合と伝導減衰あるいはブロックとの関係は明白である。

3. 小括

以上のように、咬合問題による下顎頭偏位が神経筋的中耳伝音系機能を変化させて聴覚系異常に至る発症機序の一端を検証することができた。

したがって、咬合問題は、中耳伝音系機能に影響を及ぼすといえる。

しかし、下顎位設定の定量的指標は、今日なお得られておらず、術者の主観や患者の感覚による判断要素を排除し得ていないことを考えると、従来の概念とは異なる思考で顎機能を再検討し、あるべき咬合関係の指標を探る必要がある。その意味で、impedance audiometry の顎機能評価への応用は、論議に値する根拠と展望をもつ客観的指標であると断言できる。

(松本敏彦)

III. 咬合と平衡感覚、聴性脳幹反応との関係

顎関節が、平衡覚、聴覚を感受する内耳迷路と隣接していることや、また顎関節と咀嚼筋には、下顎神経が分岐し、同様に鼓膜張筋、口蓋帆張筋も下顎神経の支配を受けている³⁶⁾ことなどから、咬合に機能的異常が起こった場合、平衡覚や聴覚に障害を引き起こすことが推測できる。

そこで、これらの相互関連を明らかにすることを目的とし、以下の3検査法を応用して、検討を行った。

すなわち、第1として神経耳科学基本的検査の1つとして耳鼻咽喉科、神経内科、眼科などの領域で機能検査などに広く用いられている平衡機能検査装置の1つである重心動揺分析システムによる検討、第2はこれらの関係をよりシステマテックに検討を行うため電氣的眼振図による検討、第3はこれに加え、耳鼻科を中心とした聴神経機能の診断などに応用されている聴性脳幹反応による検討である。これら3つの検査法による結果から、咬合と平衡感覚および聴性脳幹反応との関係について考察する。

1. 重心動揺軌跡

ヒトの顎関節は、直立姿勢反射の反射弓において、姿勢維持の主体となる末梢受容器の1つである迷路系を含む内耳と近接している。この顎関節は、解剖学的にも発生学的にも内耳迷路と関連しているため、咬合の不調和による下顎頭の偏位などが、平衡機能に何らかの影響を与えるものと思われる。

また、ヒトの直立姿勢が狭い支持面と高い重心位置を有し、比較的重い頭蓋が脊柱の最上部に位置し、物理的に不安定な状態で可動性の高い関節により脊柱との位置関係を保っている³⁷⁾ため、頭蓋による影響を受けやすいことが十分考えられる。さらに、頭部の位置安定のため頸部、肩部の筋群とともに咀嚼筋群が抗重力筋の1つとして寄与していることや、咬合の不調和により、咀嚼筋の緊張を引き起こすような変化がある場合、口蓋帆張筋などの緊張が高まり、内耳に影響を与え³⁸⁾、平衡覚の前庭入力に何らかの影響を与えるものと思われる。

測定条件は、日本平衡神経科学会による平衡機能検査法³⁹⁾に準じて行った。なお、重心動揺のいくつかの分析項目の中から、重心動揺において立ち直り反射の数および速さを検出できる重心動揺移動距離（以下、Dと略記）と重心動揺の特徴的な面積形態が得られ、それぞれを比較できる計測時間内に移動した軌跡の外周を囲んだ重心動揺面積（以下、Sと略記）との2項目について検討を行った。

1) 顎関節症患者と健常者との比較

日本顎関節学会の顎関節症の分類³⁹⁾でIII型のうち機能的異常のみられる顎関節症患者（以下、顎関節症患者と略記）の姿勢制御機構への影響を、重心動揺距離より健常者と比較してみた。図6にDの成績、図7にSの成績で示すように、健常者のMean±1 S.D.を対象としたドットで示す顎関節症患者の場合、重心動揺の距離が大きいことがわかる。これより、機能的異常のみられる顎関節症は、ヒトの姿勢制御機構に何らかの影響を及ぼすことが考えられる。

2) 実験的咬合干渉板の付与

咬合の不調和がみられる顎関節症患者においては、重心

図 6 Compare temporomandibular disorders patients with normal subjects on distance of shift of gravity fluctuation
重心移動距離 (D) における顎関節症患者と健常者との比較

図 7 Compare temporomandibular disorders patients with normal subjects on square surrounded circumference
重心動揺面積 (S) における顎関節症患者と健常者との比較

動揺軌跡に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、実験的に咬合不調和を生じさせ、咬合に機能的異常を生じさせた場合の重心動揺軌跡に及ぼす影響をより明確にするため、健常被験者に実験的咬合干渉板として下顎主咀嚼側第一大臼歯咬合面にオーバーレイタイプの干渉板を装着し、その 24 時間後と除去 24 時間後の重心動揺をみた。

なお、干渉板の厚みは、咀嚼機能に及ぼす影響に対する評価を容易にするため、高橋⁴⁰⁾や羽田⁴¹⁾の報告を参考に咬合接触部位において約 500 μm となるよう調整した。

図 8 に干渉板付与前の重心動揺を 100% とした時の D の成績を、また図 9 に S の成績を示す。D、S とともに、干渉板付与 24 時間後に増加がみられ、干渉板除去 24 時間後に干渉前の重心動揺を 100% とした状態に戻る傾向を示した。

ヒトの直立姿勢の維持は、迷路系、視器、深部知覚系の自己受容器などからの入力により、姿勢の状態を把握し、小脳、脳幹網様体を中心とした中枢制御を経て、錐体路および錐体外路系の関与により、非常に複雑な反射機構を形成して成り立っている⁴²⁾。このなかで、迷路系は姿勢反射機構における受容器として非常に重要な器官であり、解剖

図 8 Influence of occlusal interference on distance of shift of gravity fluctuation
咬合干渉の付与が重心移動距離 (D) に及ぼす影響

図 9 Influence of occlusal interference on square surrounded circumference
咬合干渉の付与が重心動揺面積 (S) に及ぼす影響

学的にも顎関節と隣接しており、また顎関節腔と中耳腔との境界壁には、神経、血管が貫通している裂隙があり、血管は主として顎動脈由来の深耳介枝で、神経は耳介側頭神経、咬筋神経、深側頭神経などの関節分枝である。

これらは、槌骨前靱帯や鼓索とともに顎関節との隔壁に達するが、関節内での分布は、各神経とも関節壁の結合組織にとどまっており、そこで下顎頭に偏位が生じ顎関節の機能不全が起きた場合、関節の動きが異常となり、反復する負荷が壁に加わって、姿勢の反射性調節に対して影響を及ぼすことが考えられている⁴³⁾。

さらに、咀嚼系の機能的異常により、咀嚼筋等が緊張を引き起こすことは、咀嚼筋が頸部および肩部筋群とともに頭部の位置付け、安定化に寄与しており⁴⁴⁾、抗重力筋としての働きが大であると思われるところから、ヒトの直立姿勢維持に影響を与えることが十分推測できる。したがって、咀嚼筋や頸部の筋に過緊張が生じたり、下顎頭の偏位などによる筋紡錘や腱紡錘などの固有受容器や関節受容器からの求心性信号の変化が、筋および神経を直接あるいは二次的に刺激し、中耳および内耳、さらには脳幹などに影響を与え、身体他部の筋群とのバランスが崩れ、そして頭

図 10 Spontaneous nystagmus of temporomandibular disorders patients (open-eye in dark place)
顎関節症患者の自発眼振 (暗所開眼)

図 11 Positional nystagmus of temporomandibular disorders patients (anteflexion)
顎関節症患者の頭位眼振 (前屈頭位)

位の安定化が図れなくなり、結果として、姿勢維持全体に影響が及び、姿勢調節が適正に行われなくなるという可能性が推測される。

2. 眼振図

ヒトの平衡維持は、主として3つの入力を統合して行われ、最終効果器である筋力に出力されることによって保たれている。すなわち、この3つの入力とは視覚、前庭入力、深部知覚入力をいう。

視覚とは、網膜からの入力、前庭入力は、内耳に存在する半規管などからの入力、深部知覚入力は、四肢や頸部の筋および関節の筋紡錘などの自己受容器からの入力をいう。これらの入力は、脳幹や小脳などの中枢で統合、制御され、これに応じて姿勢や運動の調整を司る錐体路および錐体外路とそれらの最終効果器である全身の骨格筋、そして眼運動中枢と外眼筋に出力されることにより成り立っている⁴⁵⁾。そこで、咬合と平衡覚との関係をより体系的に検討すべく、平衡神経科領域で広く用いられている電気的眼振図 (以後、ENGと略記) を応用し検討を行った。

測定は、日本平衡神経学会の1987年平衡機能検査法基準化委員会答申書⁴⁶⁾に準拠した。

図 12 Caloric test of temporomandibular disorders patients (right side under pouring water)
顎関節症患者の自発眼振 (右側注水)

図 13 Caloric test of temporomandibular disorders patients (left side under pouring water)
顎関節症患者の自発眼振 (左側注水)

1) 顎関節症患者の眼振図

自発眼振は、内耳迷路に特別な刺激を加えない状態での眼振の有無を検査するもので、前庭系に異常がなければ眼球の軌跡は一直線になる⁴⁷⁾。図10に示す顎関節症患者においては、眼球は急激に上方に変化し、ゆっくり下方に運動し眼振が生じていることが分かる。頭位眼振は、頭を傾倒させ、その位置で固定することにより、内耳に刺激を与え検査するため、末梢前庭系の病変により眼振が生じやすいとされている⁴⁷⁾。図11のように顎関節症患者は前庭系に影響を及ぼし、眼振が表われるものと思われる。

温度眼振は、外耳道内に体温と異なる温度の水を注入し、人工的にめまいを起こさせ、それを伴って生じる眼振を記録するもので、内耳の機能が低下している場合は、注水によってもめまいが生じないか、あるいは比較的軽度のものとなる⁴⁷⁾。すなわち、眼振が生じるか、それとも生じても弱いものとなる。図12、13においては、右側による眼振が左側に比べ弱く、右側内耳機能の低下が疑われる。

2) 実験的咬合干渉板の付与

顎関節症患者に眼振のみられるものがあることから、機能的異常のみられる顎関節症は、末梢前庭系にある迷路の反応性に影響を与えることが考えられる。そこで、健常被

図 14 Spontaneous nystagmus before occlusal interference
干渉付与前の自発眼振

図 16 Caloric test nystagmus before occlusal interference
干渉付与前の温度眼振

図 15 Spontaneous nystagmus after occlusal interference
干渉付与後の自発眼振

図 17 Caloric test nystagmus after occlusal interference
干渉付与後の温度眼振

験者に重心動揺測定時と同様な実験的咬合干渉板を付与し、咬合に変化を与え、その干渉前後における ENG をみた。

図 14 は、干渉板付与前の自発眼振で、眼球は左右に動いてはいない。図 15 は、付与後であり、眼球が左右に動き、眼振が認められ、干渉板の付与により前庭系に何らかの影響が及んだことが考えられる。

温度眼振においては、図 16, 17 のように付与前では、はっきりとした眼振が認められているが、付与後においては、眼振の強度、頻度ともに低下しており、このことにより内耳機能の低下が疑われる。

咀嚼系の機能的異常は、顎関節や咀嚼筋などを支配している三叉神経の第 3 枝下顎神経を刺激することになり、その結果、Lorente de No⁴⁸⁾、Diana ら⁴⁹⁾の報告から推測すると、前庭系の機能低下を起こすことが十分に考えられる。

また、内耳よりの眼運動系への経路は、前庭眼反射により起こり、内耳病変の際、著しい眼振が認められるといわれており⁴⁷⁾、咀嚼系の機能的異常が起これば、眼運動への影響を与えることが十分に推測される。

内耳より眼球への経路については、多くの電気的生理学的研究がなされている。すなわち、内耳から内耳道を経て

頭蓋内へ入った前庭神経は、前庭神経核へ入る。また、前庭神経の一部は、小脳へ直接进入（一次線維）。この前庭神経核と小脳の間には、相互に線維連絡があり、これらの線維は、内側従束 MLF を経て、動眼神経核、滑車神経核、外転神経核に入り、各々動眼神経、滑車神経および外転神経を経て眼球に至るといわれている⁵⁰⁾こと、また外眼筋からの自己受容性感覚は、咀嚼筋、舌筋、顎関節、歯根膜などからの入力とともに三叉神経根を通り、三叉神経中脳路核に達するとされている¹⁴⁾ことから、咬合干渉板付与により咀嚼筋などに異常が起こり、その異常が中脳路核に影響を与えることにより眼球運動に変化が生じる可能性が考えられる。

3. 聴性脳幹反応

顎関節は蝸牛、耳小骨などの聴性感覚器および聴覚伝導路と局所解剖学的、発生学的および神経生理学的に関連が深く、咬合の不調和による咀嚼系の機能的異常は、聴覚伝導路系の障害にも参画しているものと考え、耳鼻科を中心とした聴神経機能や脳幹機構の診断に用いられている聴性脳幹反応（以下、ABR と略記）を用いて、その影響を検討した。ヒトの聴覚機能は伝音系と感音系とよりなっており、内耳、脳幹部において前庭系と密接している。

表 1 Measuring conditions
測定条件

刺激音	クリック
刺激極性	交互
刺激強度	80 dbHTL
刺激間隔	100 msec
加算回数	2,000 回
解析時間	10 msec
フィルター	50~3,000 Hz

図 18 Compare ABR peak latency of wave I on temporomandibular disorders patients with normal subjects
顎関節症患者と健常者の ABR I 波のピーク潜時の比較

ABR は、外耳からの音刺激によって誘発される蝸牛、末梢感覚器、第 8 脳神経および脳幹の感覚路の活動電位を、頭皮上においた電極を通して記録するものであり、ABR に異常がみられる場合、聴覚路およびその周辺あるいは脳幹全体に何らかの異常があることが推測できる。

医科において、ABR は、個人差が少なく再現性に富み、意識のレベルなどの影響を受けず、各波成分の発生源が脳幹聴覚上行路において一定の局在性を持つことが明らかにされていることから、神経学的機能診断法⁵¹⁾として評価が確立されている。

表 1 に、用いた神経学的検査の測定条件を示す。

なお、刺激音を受けている反対側は、80 dbHTL より小さいホワイトノイズでマスキングを行っている。

1) 顎関節症患者と健常者との比較

図 18 に、顎関節症患者の ABR I 波のピーク潜時を示す。健常者の Mean $\pm$ 1 S.D. を対照として比べると、18 名中 14 名にドットで示すように I 波のピーク潜時の延長がみられる。また、III 波、IV 波においても健常者に比べると異常波形のみられるものが認められる。これは、顎関節症患者は聴覚路および、その周辺に何らかの影響を与えているということが考えられる。

2) 実験的咬合干渉板の付与

顎関節症患者の ABR に異常がみられるところから、咬合の不調和を想定し、重心動揺、眼振図と同様の実験的咬合干渉板を、やはり健常被験者の下顎主咀嚼側第一大臼歯

表 2 Mean of peak latency of each wave and inter-peak latency before occlusal interference
干渉付与前の ABR の各波ピーク潜時およびピーク波間潜時の平均値

	ピーク潜時				
	I	II	III	IV	V
左側	1.63	2.89	3.96	5.10	5.74
右側	1.50	2.88	3.94	5.15	5.76

ピーク波間潜時

	I—III	I—V	III—V	
左側	2.33	4.11	1.78	unit : msec
右側	2.44	4.26	1.82	

表 3 Mean of peak latency of each wave and inter-peak latency after occlusal interference
干渉付与後の ABR の各波ピーク潜時およびピーク波間潜時の平均値

	ピーク潜時				
	I	II	III	IV	V
左側	1.51	2.84	3.91	5.06	5.42
右側	1.86	2.85	3.97	5.23	5.68

ピーク波間潜時

	I—III	I—V	III—V	
左側	2.40	3.91	1.51	unit : msec
右側	2.11	3.82	1.71	

咬合面に付与し、その付与 24 時間後の ABR への影響をみた。

表 2 は、1 被験者の干渉板付与前、表 3 は干渉板付与後の ABR の各波ピーク潜時の平均値、およびピーク波間潜時の平均値を示す。

干渉板を付与した右側の ABR I 波において、波形に著明な異常がみられた時に、その平均値は、干渉板付与前に比べ、0.36 msec の波形の潜時の延長が認められた。

中耳の砧骨とメッケル氏軟骨 (Meckel's cartilage) が第 1 次の関節を形成し、次いでこの軟骨が槌骨となるとともに、新たに第 2 次の下顎の軟骨 (Secondary mandibular condylar cartilage) が生じて、側頭骨との間に関節を形成することになる⁵²⁾。このように発生の時期から、中耳と顎関節との間には、密接な関連が存在している。

解剖学的には、中耳と咽頭を連絡し、中耳の内圧を調節する欧氏管を開口させる口蓋帆張筋および鼓膜の張力を調節する鼓膜張筋を支配している神経は、三叉神経の核であり、外側翼突筋を支配している神経の 1 つの枝がこれらと関係している^{37,53)}。

したがって、咀嚼系に何らかの機能的障害が起こった場合、外側翼突筋神経や鼓膜張筋の緊張亢進が起こり、中耳内圧や鼓膜の張力の調節が不良となり、随伴症状が現わ

れ、聴覚系に影響してくるものと考えられる。

また、顎関節腔と中耳腔との境界壁には、そこを貫通している錐体鼓室裂が存在し、血管は主として顎動脈由来の深耳介枝で、神経は耳介側頭神経、咬筋神経、深側頭神経などの三叉神経の知覚枝である関節分枝があり、正常の状態では痛覚その他の異常感が生じないとされている⁴⁴⁾。しかし、顎関節の機能不全が生じて関節の動きが異常になると反復する負荷が壁に加わり、痛覚（耳痛）などを生じる可能性が推測できることにより、咬合の不調和による咀嚼系の機能的異常と耳鳴り、眩暈、耳痛ならびに前庭迷路症状が関連づけられる。さらに、顎運動の反射亢進により近接する上顎部交感神経節が刺激され、顎部交感神経活動の左右差が生じた場合、内耳脳幹の血圧の左右差が発生し、眩暈が誘発されるといわれている⁵⁴⁾。このことより、二木⁵⁵⁾や Munro⁵⁶⁾の報告にみられるように、顎関節や咀嚼筋群に生ずる異常なインパルスは、脳幹毛様体全体の機能異常を引き起こすものと考えられる。

また、Pinto¹⁴⁾の報告と同様、関節円板と外側翼突筋の腱膜は、耳小骨の1つである槌骨に付着し、下顎の位置異常により槌骨に位置をも変化させ、聴覚系に影響するものと考えられる。

4. 小括

以上のことから、咬合の不調和による咀嚼系の機能的異常は、姿勢調節機構、前庭系、ならびに聴覚系を障害することが確認できた。

したがって、咬合問題は、平衡感覚と聴性脳幹反応に影響を及ぼすといえる。

(石上恵一)

IV. 咬合と身体運動機能との関係

身体運動には全身の種々の機能、すなわち、運動機能、呼吸機能、循環機能、代謝機能、感覚機能などが密接に関連している。また、咀嚼機能の低下は栄養摂取状態および活動エネルギー摂取状態の低下につながり、身体運動はもちろんのこと、日常生活活動を悪化させることは容易に想像できる。さらに、全身運動時に無意識下のクレンチングが発現する者においては、咬頭嵌合位における咬合接触の異常が顎関節・筋症状を惹起する可能性が考えられる。

ここでは、咬合・咀嚼機能と身体運動機能との関係について、筆者らの研究結果から考察する。

1. 身体運動に伴うクレンチングの発現頻度と強さについて

クレンチングは上下顎の歯を無意識に強く噛みしめる動作であり、習慣性のものは病的なブラキシズムの一種であるとされている⁵⁷⁾。また、正常者においても、不特定な急

図 19 The distribution of clenching during physical exertion

全身運動時に随伴するクレンチングの発現頻度
Clenching at ICP: 咬頭嵌合位でのクレンチングが認められたもの、Occlusal contacts at eccentric position: 偏心位でのクレンチングが認められたもの、Without occlusal contact: 咬合接触が認められなかったもの

激な神経の緊張や高度な身体的ストレスには、クレンチングが伴うとされている⁵⁸⁾。

われわれは、身体運動時に発現する生理的クレンチングについての基礎的資料を得ることを目的として、100名の被験者を対象として、背筋力測定時のクレンチングの発現頻度について検討した⁵⁹⁾。なお、クレンチング発現の有無の判定には、PhotoocclusionのMemory-waferを用い、意識的なクレンチングを行わせた時と背筋力測定時の咬合接触点数およびその像を比較した。その結果、背筋力測定時に約6割の被験者にはクレンチングの発現、また約1割の被験者には偏心位での咬合接触が認められたが、約3割の被験者には上下顎歯の接触が認められなかった(図19)。さらに、下顎を水平的、かつ連続的に移動させた場合にも対応可能な感圧導電性シリコンゴムシートを利用した咬合力測定用センサを新たに開発し、身体運動(肘関節屈曲運動)時にクレンチングの発現を自覚する男性有歯顎者12名(23~24歳)を被験者として、運動に随伴するクレンチング強さを測定したところ、強度なクレンチングが発現する者(強クレンチング群)と軽度なクレンチングが発現する者(弱クレンチング群)の2群に区分された⁶⁰⁾(表4)。

これらの結果から、クレンチングの発現およびその強さには個人差があることが判明した。なお、若年正常有歯顎者5名を対象として、前述の咬合力測定用センサにて、身体運動(背筋力、握力測定)時に発現する無意識下のクレンチング強さと意識的な最大クレンチング強さとを比較したところ、個人差はあるものの、両者がほぼ同一の値を示す者もあり、咬頭嵌合位における正常な咬合接触関係の重要性が示唆された⁶¹⁾。

2. 下顎位と身体運動能力について

従来米国においては、MORA (Mandibular Orth-

opedic Repositioning Appliance) と呼ばれるスプリントを装着することによって咬合を挙上し、全身の各種運動能力の向上を図ろうとする試みがなされ、最近では、For-gione ら⁶²⁾が、MORA 装着時における上腕の等尺性筋力発揮持続時間の有意な延長を報告している。また、篠塚と大山⁶³⁾は、挙上量の異なるマウスガードを装着させて握力を測定した結果から、下顎位を変化させた時の筋力の変化にはかなりの個人差があること、またこの原因の1つには、クレンチングの有無が考えられることを報告している。さらに、宮原⁶⁴⁾は、口腔領域から離れたヒラメ筋の反射興奮性が、口腔領域に生ずる感覚情報の影響を受けて亢進していくことを確認し、咬合あるいは下顎位が身体運動機能と密接に関連している可能性を示唆している。

われわれは、下顎位と身体運動機能との関連を調べるために、身体運動時にクレンチングの発現が認められる5名の成人男子を被験者として、咬頭嵌合位、中等度の開口位、金属シーネ装着時のタッピングポイントおよびタッピングポイントの5 mm 前方と左右側方の6顎位にて、エルゴメータを用いた最大無酸素性パワーとダイナモメータを用いた背筋力と握力を測定した⁶⁵⁾。なお、身体運動能力の

パラメータには、各顎位における被験者体重当たりの測定値を用いた。この結果、咬頭嵌合位における最大無酸素性パワー値は、他の顎位のそれに比して、有意に大きい値を示した ($p < 0.05$) (表5)。また、金属シーネ装着時に、タッピングポイントにおける背筋力は、他の3顎位に比して有意に大きい値を示すとともに ($p < 0.05$)、咬頭嵌合位における握力は、開口位におけるそれに比して有意に大きい値を示した ($p < 0.05$)。

さらに、前述の咬合力測定用センサを用いたクレンチング強さ測定装置、ロードセルとウエービング・インジケータからなる肘関節屈曲筋力測定装置および筋電図測定装置を用いて、身体運動時にクレンチングの発現を自覚する有歯顎者12名(前述)を被験者として、水平的な下顎位の変化がクレンチング強さと咬筋、側頭筋の筋活動および肘関節屈曲筋力と上腕二頭筋の筋活動に及ぼす影響を検討した⁶⁶⁾(図20)。その結果、肘関節屈曲筋力は、強クレンチング群(85.3~58.9 kgf)、弱クレンチング群(13.2~4.9 kgf)ともにタッピングポイントで最大値を示した。また、タッピングポイントにおけるクレンチング強さと肘関節屈曲筋力の関係については、強クレンチング群では両者間に有意な正の相関が認められたが、弱クレンチング群では両者間に有意な相関が認められなかった(図21, 22)。これらの結果は、身体運動時に無意識下の強度なクレンチングが発現する者にとっては、咬頭嵌合位における咬合力が肘関節屈曲筋力の発揮に関与していることを示すものである。

これらの実験結果は、咬合機能と身体運動機能とが密接な関係にあることを示すとともに、咬頭嵌合位の従来から挙げられている意義に加えて、新たな機能的意義を示唆するものとする。なお、クレンチング時における筋収縮の制御には、運動野顔面領域が重要な役割を果たしていることが報告されている⁶⁶⁾。

表4 Clenching force during elbow flexion at the tapping point in the each subject

タッピングポイントにおける各被験者のクレンチング強さ

Hard clenching group			Soft clenching group		
Subject	Mean	S.D.	Subject	Mean	S.D.
Sub. A	85.3	1.62	Sub. G	6.0	0.53
Sub. B	77.0	1.39	Sub. H	10.9	1.85
Sub. C	73.9	1.13	Sub. I	7.4	1.35
Sub. D	79.8	3.10	Sub. J	4.9	0.71
Sub. E	66.4	0.71	Sub. K	5.8	2.05
Sub. F	58.9	3.58	Sub. L	13.2	2.39

unit : kgf

Hard clenching group : 強クレンチング群, Soft clenching group : 弱クレンチング群, Subject : 被験者

表5 The maximal anaerobic power, the back strength and the grip strength in the tested mandibular positions

各下顎位における最大無酸素性パワー、背筋力および握力

	Intercuspal position	Jaw opening position	Four horizontally different positions			
			Tapping	Protrusive	Right lateral	Left lateral
Anaerobic power (Watt/kgw)	15.24 (1.40)	14.69 (1.67)	14.73 (1.42)	14.68 (1.59)	14.70 (1.46)	14.84 (1.53)
Back strength (kg/kgw)	2.09 (0.13)	1.91 (0.12)	2.13 (0.21)	2.02 (0.17)	2.01 (0.27)	1.96 (0.16)
Grip strength (kg/kgw)	0.63 (0.08)	0.60 (0.07)	0.64 (0.07)	0.62 (0.07)	0.61 (0.07)	0.61 (0.06)

() : standard deviation

Anaerobic power : 最大無酸素性パワー, Back strength : 背筋力, Grip strength : 握力, Intercuspal position : 咬頭嵌合位, Jaw opening position : 開口位, Four horizontally different positions : 4下顎位, Tapping : タッピングポイント, Protrusive : 前方位, Right lateral : 右側方位, Left lateral : 左側方位, Standard deviation : 標準偏差

図 20 Block diagram of the measuring system and the analyzing system
測定・分析システムのブロックダイアグラム

図 21 Clenching force and elbow flexion strength at the tapping point in the hard clenching group
強クレンチング群におけるクレンチング強さと肘関節屈曲筋力の関係

図 22 Clenching force and elbow flexion strength at the tapping point in the soft clenching group
弱クレンチング群におけるクレンチング強さと肘関節屈曲筋力の関係

3. 咬合支持の有無と全身反応時間および床反力について

身体運動時にクレンチングの発現を自覚する有歯顎者に開口状態を保持させたままで背筋力と握力を測定した場合、発揮筋力は咬頭嵌合位でのそれに比して、低下していたことを前述したが、さらに咬合支持の有無が身体運動に

図 23 Recorded curve by vertical jumping on force plate
跳躍運動時の全身反応時間および床反力の計測方法
Reaction time (latency): 反応時間 (動作開始時間),
Duration time: 筋収縮時間, Maximum kicking force: 最大床反力, Light signal: 光刺激

及ぼす影響について検討した⁶⁷⁾。すなわち、上下顎ともに、あるいは上下顎のいずれかが無歯顎であり、全部床義歯を製作、装着し、良好な経過をたどっている 10 名 (平均年齢 61.9 歳) を被験者とし、義歯装着時と義歯非装着時の両条件下で、光刺激発生装置からの光刺激に反応する垂直跳びを Force plate 上で試行させた。そして、この時に記録された床反力曲線上で、動作開始時間、筋収縮時間、動作完了時間の各全身反応時間および跳躍動作によって発揮される最大床反力を計測し (図 23)、咬合支持の有無と全身反応時間および最大床反力との関連について分析した。なお、全身反応時間は、動作の巧緻性を特徴づける敏捷性のパラメータとして用いられ、動作開始時間は刺激から動作を開始するまでの時間、すなわち神経伝達時間を、筋収縮時間は動作開始から完了までの時間、すなわち筋収縮時間を、動作完了時間はこの両者を合わせた総合的な反応時間を表している⁶⁸⁾。さらに、跳躍時の最大床反力は踏み切り強さ、すなわち下肢によって発現される筋力を意味しており、下肢のパワーの評価が可能である⁶⁹⁾。その結果、動作開始時間は 10 名の全被験者において、義歯装着時の方が非装着時に比べて有意に短縮した ($P < 0.01$) (図 24)。また、10 名中 9 名の被験者において、義歯装着時の方が非装着時よりも筋収縮時間と動作完了時間が短縮する傾向が示された。さらに、最大床反力についても、同

図 24 Reaction time (latency)

全身反応時間

With occlusal support: 咬合支持あり, Without occlusal support: 咬合支持なし

図 25 Maximam kicking force during vertical jump

跳躍運動時の最大床反力

With occlusal support: 咬合支持あり, Without occlusal support: 咬合支持なし

様の 9 名の被験者において義歯装着時の方が非装着時より大きい傾向を示した (図 25)。このことから、歯を喪失して咬合支持が欠如し、咀嚼障害を呈する患者に対して、義歯の装着によってこれを回復することは、義歯本来の目的である咀嚼・発音機能や審美性の回復に加えて、身体運動機能の観点からもきわめて重要な役割を果たしていることが考えられる。

4. 咬合・咀嚼機能と骨の粗鬆症化および全身持久性について

われわれは、高週齢ラット (雄 Donryu, 43 週齢から 75 週齢まで) を用いて、固形飼料飼育 (対照) 群, 粉末飼料飼育群, 歯冠切除・粉末飼料飼育群の 3 群を設定し、生理的加齢変化に加えて、歯の喪失による咬合関係の変化および固形から粉末への飼育飼料形態の変更が下顎骨の形状とその構造に及ぼす影響について、形態計測学的検索と組織学的検索を行い、咬合支持の欠如や軟食飼料飼育が下顎頭部および下顎骨咬筋付着部に形態的变化をもたらすこと、さらに同部における軟 X 線写真を利用した相対的平均骨塩量の測定から、粉末飼料飼育群および歯冠切除・粉末

図 26 Bone mineral density at the condyle

下顎頭部の骨塩量 (相対的骨塩量指数)

Control group: 対照群 (固形飼料飼育群), Powder group: 粉末飼料飼育群, Molarless group: 臼歯切除群

図 27 Bone mineral density at the attachment of masseter muscle to mandible

下顎骨咬筋付着部の骨塩量 (相対的骨塩量指数)

Control group: 対照群 (固形飼料飼育群), Powder group: 粉末飼料飼育群, Molarless group: 臼歯切除群

飼料飼育群の骨塩量は対照群に比して有意に減少していることを確認した^{69,70)} (図 26, 27)。なお、同部におけるこの骨粗鬆症様の組織変化は、顎口腔系の力学的環境の変化に起因していると考えられ、高齢期における下顎骨への適度な咬合・咀嚼圧の負荷と正常な咬合維持が重要であることを示唆していると考えられる。さらに、高週齢 Wistar 系雄性ラットを用いた同様の実験から、大腿骨における頭部、大転子、遠位骨端部、中央部の各部における骨塩量 (軟 X 線写真を利用した相対的平均骨塩量) に、加齢に加えて、咀嚼動態 (飼育飼料形態の変更および咬合支持の有無) の変化による有意な差が認められた⁷¹⁾ (図 28)。なお、われわれの教室の調査において、脊椎の X 線像から診断された骨粗鬆症の進行の程度と無歯顎患者におけるオトガイ孔を基準点とした下顎残存顎堤の高さとの間には有意な相関が認められている⁷²⁾。

一般に、老年病学の分野では、理想的な環境条件下での老化が生理的老化であり、疾病や種々のストレスが原因となって引き起こされる老化は病的老化であるとされている⁷³⁾。このことから、ラットにおける臼歯歯冠の切除ある

図 28 Bone mineral density at the distal end of femur
大腿骨遠位骨端部の骨塩量 (相対的骨塩量指数)
Control group: 対照群 (固形飼料飼育群), Powder group: 粉末飼料飼育群, Molarless group: 臼歯切除群

図 29 Exhaustion time to all out in swimming
体力限界に至るまでの遊泳時間

いは固形飼料から粉末飼料への飼育飼料の変更が、生理的
老化に加えて病的老化を進行させ、下顎骨のみばかりでは
なく、大腿骨の老化を促進したとも考えられる。なお、
Wistar 系雄性ラットを用いた実験から、75 週齢の臼歯切
除・粉末飼料飼育群における体力限界に至るまでの遊泳持
続時間には、同週齢の固形飼料飼育 (対照) 群に比しての
有意な短縮が認められており ($p < 0.01$) (図 29)、生理的
加齢変化に加えて、歯の喪失をはじめとする咬合関係と、
それに伴う飼育飼料形態が全身持久力に大きな影響を及ぼ
すことが示唆された⁷⁴⁾。

5. 小括

以上のことから、咬合接触関係が身体運動機能と密接に
関連することが確認され、また正常な咬合の維持が高齢者
の下顎骨と大腿骨の健康に必要なことに加え、咬合接触関
係と咀嚼機能が全身持久力に関連することが示唆された。

したがって、咬合機能は身体運動機能に密接に関連する
といえる。

(平井敏博)

図 30 Experimental occlusal interference
実験的咬合干渉
V-type: 垂直型, L-type: 水平型

V. 咬合と自律神経系の機能、情動、睡眠との関係

咬合問題は、呼吸困難⁷⁵⁾、血圧⁷⁶⁾、感情情緒⁷⁷⁾、脳
波⁷⁸⁾、情動^{79,80)}に影響を及ぼし、さらに夜間睡眠中の
bruxism を誘発させる⁷⁹⁻⁸¹⁾といわれている。これらのう
ち、夜間睡眠中の bruxism は、睡眠と密接に関連す
る⁸²⁻⁸⁴⁾ことからすると、咬合問題は、睡眠にも影響を及
ぼすことになろう。

しかしながら、これらの咬合と自律神経系の機能、情
動、睡眠との関係に関する報告は、いずれも可能性を示唆
するにとどまり、明示するまでには至っていない。

ここでは、咬合と自律神経系の機能、情動、睡眠との関
係について、筆者らが長年にわたり分析してきた咬合問題
と生体現象との関係に関する研究結果から、考察してみたい。

1. 咬合問題が生体に及ぼす影響

はじめに、咬合問題が生体に及ぼす影響を詳細に分析し
た筆者ら⁸⁵⁻¹⁰⁹⁾の研究結果から、咬合と自律神経系の機能、
情動、睡眠との関係を考察してみたい。

研究のあらましは、20 歳代の男性 1,140 名の中から、
精査により主咀嚼側下顎第 1 大臼歯咬合面に軽度の齧蝕が
あるほかは健康レベルにあると判定された 7 名を被験者と
して厳選し、咬頭嵌合位で被験者がわずかに異和感を覚え
ると思われる厚さ 100 μm の垂直的咬合干渉を 3 名、また
術者が臨床で見落としやすい同じ厚さ (1 面のみ) の水平的
咬合干渉を 4 名の主咀嚼側下顎第 1 大臼歯の咬合面に実験
的に付与した (図 30)。これらの実験的咬合干渉付与前、
付与後、除去後の各 1 週間 (合計 3 週間) における咀嚼系
の臨床所見と機能に加え、小型無線テレメータシステムを
用いて、夜間睡眠中の脳電図、両側咬筋・オトガイ筋筋電
図、呼吸電図、心電図、眼球電図、甲状軟骨部の電位変
化、歯牙滑走雑音を終夜連続同時記録するとともに、起床
時の血液と 24 時間尿を採取し、精神内分泌反応、すなわ
ち情動ストレスに関する定量分析を行い、経日的な生体現
象を総合的に分析した。

その結果、咬合干渉を1週間付与すると、咀嚼筋の強度な緊張（図31）や疲労、神経筋機構のアンバランス、下顎頭偏位（図32）などを惹起し、顎関節症と同等または

それ以上の機能障害症状を発現する（表6）ことが確認された。また、夜間睡眠中の体動、嚥下、発音時を除外した両側咬筋活動のうち、5秒間以上持続かつ5秒間に2回

図31 The palpation score before, during and after experimental occlusal interference
実験的咬合干渉付与前、付与後、除去後における触診スコア

●：就寝直前、○：起床直後、B：付与前、
IA：付与当日、A3：付与3日後、A7：付与
7日後、IR：除去当日、R3：除去3日後、
R7：除去7日後、patients：TMD患者群の
平均値、subgroup：TMDの亜群の平均値、
control：正常者群の平均値

図32 The transition of condylar position as seen from the sum of the vectors on retruded position before, during and after experimental occlusal interference
実験的咬合干渉付与前、付与後、除去後における下顎後退位のベクトルの和でみた下顎頭偏位量

表6 The clinical symptoms before, during and after experimental occlusal interference (one case of subject with horizontal interference)

実験的咬合干渉付与後、除去後における臨床症状（水平的干渉を付与した被験者の例）

症状 \ Session	IA	A1	A2	A3	A4	A7	IR	R1	R2	R3	R4	R7
干渉の識別(異和感)	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	+					
咬合の不安定感	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	+	+					
Gliding							⦿	+				
Clenching							⦿	+				
Tapping												
咀嚼障害	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿						
運動制限	+	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	+	+			
顎関節雑音					L	⦿				L	⦿	L+
顎関節部の疼痛												
咀嚼筋の運動痛												
咀嚼筋の自発痛												
咀嚼筋の疲労感		⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	⦿	+			
発音障害												
歯痛												

+：軽度，⦿：中等度，⦿：強度

図 33 The appearance frequency of bruxism (EMG burst group) during nocturnal sleep before, during and after experimental occlusal interference

実験的咬合干渉付与前, 付与後, 除去後における夜間睡眠中の bruxism (EMG burst 群) の発現頻度
 ●: 干渉側, ○: 非干渉側, B: 付与前, IA: 付与当日, A3: 付与3日後, A7: 付与7日後, IR: 除去当日, R3: 除去3日後, R7: 除去7日後

以上発現する burst 群の発現頻度は, 干渉を付与すると, 順次高くなって1週間後には高度に有意に高くなり, 干渉を除去すると, 順次低くなって1週間後には付与前のレベルに回復した (図 33)。この様相は, 筋活動量と筋活動時間も同様であった。すなわち, bruxism の誘発と持続的な増大が認められた。

この夜間睡眠中の bruxism は, 正常者では1夜に10分間程度であるが, 自覚的, 他覚的に歯ぎしりが認められる者では約40分間にも及び, またその約80%が覚醒中の強度なガム咀嚼時の数倍から10数倍の咬合力を発現し, 残りの約20%が疲労を起こしやすい筋活動を呈することが筆者ら¹¹⁰⁻¹¹⁴⁾の研究で観察されている。これらのことは, 1日(24時間)における正常な機能(咀嚼と嚥下)としての上下顎歯の接触時間がわずかに10分前後である¹¹⁵⁾ことからすると, bruxism がいかに咀嚼系に破壊的な影響を及ぼすか想像に難くない。したがって, 上記の顎関節症の発現は, 咬合干渉によって誘発または持続的に増大された bruxism に起因するものと考えられる。

自律神経系の機能の指標としてみた心拍数は, 干渉を付与すると, 順次増加し, 除去すると, 1週間後には付与前のレベルに回復する傾向を示した。また, 同様な指標とし

図 34 The appearance frequency of sleep apnea during nocturnal sleep before, during and after experimental occlusal interference

実験的咬合干渉付与前, 付与後, 除去後における睡眠時無呼吸の発現頻度
 before: 付与前, during: 付与7日後, after: 除去7日後

てみた一般にボックリ病と呼ばれる突然死の有力な原因と考えられている睡眠時無呼吸の発現頻度は, 干渉を付与すると, 順次高くなって1週間後には有意に高くなり, 除去すると, 順次低くなって1週間後には付与前のレベルに回復する傾向が認められた (図 34)。これらの所見は, 咬合問題が自律神経系の機能に影響を及ぼすことを十分に示している。ただし, 心拍数の変化と睡眠時無呼吸の発現は, 主に bruxism に同期し (図 35), また睡眠時無呼吸の発現は, 70~80% が bruxism に関連している¹¹⁰⁻¹¹⁴⁾ので, この自律神経系の機能の変化は, 咬合問題が直接起こしたのではなく, 誘発または持続的に増大された bruxism が介在して起こしたことに留意しなければならない。

情動の指標としてみた精神内分泌反応は, 尿中アドレナリン (図 36), 同ノルアドレナリン, 同17-OHCS の各排泄量, 血漿アドレナリン, 同ノルアドレナリン, 血清コルチゾール (図 37) の各濃度は, いずれも干渉を付与すると, 順次増加して1週間後には有意に増加 (異常域に逸脱) し, 除去すると, 順次減少して1週間後には正常レベルに回復する傾向が認められた。これらの所見は, 咬合問題が情動ストレスを起こしたことを明示している。また, 尿中アドレナリンと同ノルアドレナリンが自律神経系の伝達物質であることからすると, 前述の咬合問題の自律神経系の機能への影響は, より明白といえよう。

図 35 The change of the function of autonomic nervous system with bruxism during nocturnal sleep

夜間睡眠中の bruxism に伴う自律神経系の機能の変化

EMG (R) : 右側咬筋 EMG, EMG (L) : 左側咬筋 EMG, RPG : 呼吸曲線, ECG : 心電図, bruxism 発現中 [b] には呼吸と心拍が乱れ, bruxism 発現後 [c] には睡眠時無呼吸が発現する

睡眠の指標としてみた各睡眠段階の出現率は、干渉を付与すると、浅睡眠期が順次増加し、逆に深睡眠期とレム睡眠期が順次減少し、除去すると、1週間後には正常レベルに回復する傾向が認められた(図38)。この様相は、睡眠時間、レム睡眠潜時、平均睡眠周期時間、睡眠段階の移行状態などの指標も同様であった。これらの所見は、咬合問題が明らかな睡眠障害を起こしたことを表している。もちろん、この睡眠障害も、既述のように睡眠が bruxism と密接に関連している⁸²⁻⁸⁴⁾ことから、誘発または持続的に増大された bruxism が介在しているものと考えられる。

ところで、bruxism を誘発または増大させる有力な因子として感情情緒の問題(中枢性因子)が以前より示唆されており¹¹⁶⁻¹¹⁹⁾、臨床実験でも確認されている¹²⁰⁾。ただし、この臨床実験¹²⁰⁾では、感情情緒の問題は、最長で1日程度の一過性の誘発にとどまり、持続性、すなわち破壊的な影響を及ぼさないことも明示している。とはいえ、上記の筆者らの実験的咬合干渉を付与した研究では、被験者が実験を行っているという心理的ストレスの関与も考えられ、また咬合問題、すなわち末梢性因子が bruxism を誘発させるためには、病態生理的条件として中枢に brux-

図 36 The urine adrenaline excretion rate before, during and after experimental occlusal interference

実験的咬合干渉付与前, 付与後, 除去後における尿中アドレナリン排泄量

B : 付与前, A : 付与後, R : 除去後, N (斜線部) : 正常域

図 37 The serum cortisol concentration before, during and after experimental occlusal interference

実験的咬合干渉付与前, 付与後, 除去後における血清コルチゾール濃度

N (斜線部) : 正常域

ism を起こし得る興奮状態が確認されなければならない¹¹⁹⁾。

これらを検証する目的で、筆者らは、精神内分泌反応と

図 38 The value in percent of EEG sleep stages before, during and after experimental occlusal interference
実験的咬合干渉付与前, 付与後, 除去後における各睡眠段階の割合
stage W: 覚醒期, stage 1: 浅睡眠期, stage 2: 軽睡眠期, stage 3: 中等度睡眠期, stage 4: 深睡眠期, stage R: レム睡眠期

図 40 The value in percent of sleep stage REM before, during and after experimental occlusal interference
実験的咬合干渉付与前, 付与後, 除去後におけるレム睡眠期の割合
N (斜線部): 正常域, 斜線内の横線: 正常者群の平均値
*: $p < 0.05$
**: $p < 0.01$

図 39 The serum cortisol concentration before, during and after experimental occlusal interference
実験的咬合干渉付与前, 付与後, 除去後における血清コルチゾール濃度
N (斜線部): 正常域, V-type: 垂直型干渉, L-type: 水平型干渉

脳電図を分析した。

精神内分泌反応は、咬合干渉付与後、干渉のタイプの違いによって明確な差異を示した (図 39)。これは、中枢の興奮状態が実験を行っているという心理的ストレスによるものではなく、咬合干渉そのものによることを表している。また、脳電図でみたレム睡眠期は、咬合干渉を付与すると、順次減少して1週間後には高度に有意に減少し、除去すると、反跳的な増加が認められた (図 40)。この所見は、末梢性の刺激、すなわち咬合干渉が中枢に興奮状態^{121,122)}を起こしたことを意味する。

したがって、咬頭嵌合位における小さな咬合干渉が bruxism を誘発または持続的に増大させ、顎関節症を惹起するとともに、自律神経系の機能、情動、睡眠に多大な影響を及ぼすものと考えられる。

なお、上下顎大臼歯のどちらかにクラウンタイプの実験的咬合干渉を付与し、ポータブル筋電計を用いて右側咬筋活動を昼夜連続、経日的に調べた Rugh ら¹²³⁾は、筆者らの研究結果とは逆に、咬合問題による bruxism の誘発を否定している。しかしながら、この実験の咬合干渉は、咬合面全体を被う 0.5~1.0 mm の大きなもので、かつ中心位での干渉であるため、咬頭嵌合位における 0.5 mm 以下の小さな咬合干渉が筋活動に多大な影響を及ぼす^{124,125)}ことからすると、むしろピボット作用を生じ、筋活

図 41 The interocclusal appliance released occlusal contact between maxillary and mandibular teeth
上下顎歯の咬合接触を解放する口内装置
下顎前歯の最高点と臼歯の頬側咬頭頂が1 mm 四方で平坦面に接触し、その範囲を越すと、犬歯相当部の隆起部で犬歯以外を離開させる

動を抑制した可能性があるものと推測される。また、bruxism と密接に関連する⁸²⁻⁸⁴睡眠が加齢に伴って変化するにもかかわらず、被験者の年齢範囲が26~41歳で広く、しかも睡眠が記録されていないこと、さらに bruxism 時の筋活動に個人差があるにもかかわらず、20 μ V 以上を一画的に bruxism としていることなどから、妥当性を明示することは難しいように思われる。

2. 咬合問題の解放が生体に及ぼす影響

次に、前述の咬合問題が生体に及ぼす影響をより明確にする目的で、0.5 mm 以下の小さな咬合干渉を有し、かつ自覚的、他覚的に歯ぎしりが認められる20歳代の男性7名に咬合問題、すなわち咬合接触を解放する口内装置（図41）を2週間装着させ、前述の研究と同様の生体現象を経日的に分析した^{126,127}。

その結果、正常レベルを逸脱した bruxism（図42）、顎関節症に近似する臨床症状、咀嚼筋の緊張、心拍数の増加、睡眠時無呼吸の頻発、情動ストレス、睡眠障害などの状態は、口内装置により咬合接触を解放すると、いずれも順次軽減して2週間後には正常レベルに回復または回復する傾向が認められた。また、筆者ら¹²⁸⁻¹³⁰の別のタイプの口内装置に関する研究でも、自律神経系の機能についてはほぼ同様な結果が得られている。これらの結果は、前述の咬合問題が生体に及ぼす影響に関する結果を臨床的に十分支持できるものと考えられる。

ちなみに、医科領域では、睡眠時無呼吸の最新の治療法として口内装置の応用が注目されている¹³¹。これは、睡眠時無呼吸の発現が咬合問題とそれにより誘発または持続的に増大された bruxism に起因することの証左といえよう。

図 42 The appearance frequency of bruxism during nocturnal sleep before and after interocclusal appliance (splint)
口内装置装着前後における夜間睡眠中の bruxism の発現頻度
●：主咀嚼側，○：非主咀嚼側，N（斜線部）：正常域，B：装着前，IA：装着当日，A1W：装着1週間後，A2Ws：装着2週間後
*： $p < 0.05$

3. 作用機序に対する考え方

動物の大脳皮質咀嚼野、扁桃核、皮質延髄路、皮質下の内包、被殻、淡蒼球、黒質、外側視床下部、前交連、視床網様核、中脳網様体、延髄運動核への刺激は、bruxism 様の動作を誘発することが確認されている^{117,119,132,133}。また、脳幹網様体への刺激は、すべての下顎運動の様式に密接に関与することが示唆されている¹³⁴⁻¹³⁶。さらに、扁桃核への刺激は、心拍を変化させることが確認されている^{137,138}。これらのことに、既述のようにヒトの bruxism が自律神経系の機能の変化と同期しており、情動ストレスや睡眠障害を伴っていることを合わせて考えると、bruxism は、上位中枢の相当広範囲な各部の興奮によって発現するものと推察される。

この上位中枢の興奮が末梢性の咬合問題によって惹起されることは、すでに説明した通りである。このようなことは、動物実験では確認されており、歯髄への刺激が呼吸反射を抑制し、またこの三叉神経を経た刺激に対して、複雑な神経回路網が示唆されている¹³⁹。

したがって、睡眠時無呼吸の発現は、咬合問題による歯根膜の受容器からの異常な求心性インパルスが三叉神経を経て脳幹の呼吸中枢を反射的に抑制したものと考えられる。また、既述のように、咬合干渉付与後では、咀嚼筋の

鋭敏な反応と下顎頭偏位が認められているので、咬合問題は、咀嚼筋や顎関節の受容器も刺激し、これらの異常な求心性インパルスが三叉神経を経て、網様体、視床下部、大脳辺縁系、扁桃核へと進み、自律神経系の機能の変化、情動ストレス、睡眠障害を伴って、bruxism を誘発または持続的に増大させたものと考えられる。

4. 小括

以上のことから、咬合問題、特に咬頭嵌合位における小さな咬合干渉は、bruxism を誘発または持続的に増大させて顎関節症を発症させるとともに、自律神経系の機能を変化させ、情動ストレス、睡眠障害を惹起させることが確認できた。

したがって、咬合問題は、bruxism を介在して、自律神経系の機能、情動、睡眠に影響を及ぼすといえる。

(小林義典)

VI. 総 括

以上の各研究データの分析と考察から、咬合問題による下顎頭偏位が神経筋的に中耳伝音系機能を変化させて聴覚系異常に至る発症機序の一端を検証することができた。この聴覚系異常に加え、咬合の不調和による咀嚼系の機能的異常は、姿勢制御機構や前庭系を障害することが確認された。また、咬合接触関係は、身体運動機能に密接に関連することが確認されるとともに、正常な咬合の維持は、高齢者の骨の健康に必要なことに加え、咬合接触関係と咀嚼機能は、全身持久力に関連することが示唆された。さらに、咬合問題、特に咬頭嵌合位における小さな咬合干渉は、bruxism を誘発または持続的に増大させて顎関節症を発症させるとともに、自律神経系の機能の変化、情動ストレス、睡眠障害を惹起させることが確認された。

したがって、咬合問題は、中耳伝音系機能、平衡感覚、聴性脳幹反応、自律神経系の機能、情動、睡眠に影響を及ぼし、また咬合機能は、身体運動機能に密接に関連すると考えてさしつかえないだろう。

これらのことは、咬合治療そのものといえる歯科補綴の臨床では、咬合の重要性とその影響が及ぶ範囲を真摯に認識し、対応すべきものと思われる。

ただし、咬合問題が全身の機能に及ぼす影響については、bruxism の介在、あるいは咀嚼系の機能的問題との関連性、また咬合機能と身体運動機能との関係については、咀嚼機能との関連性にそれぞれ留意しなければならないだろう。

今後、これらのことに加え、どの部位のどの程度の咬合問題が全身の機能に影響を及ぼすのか、また咬合問題が端的に一過性の反応か、それとも影響を及ぼすのか、順応との関連性、さらに生体の耐性も含めて詳細に検討する必要

があるものと考えられる。

(小林義典)

文 献

- 1) The American Academy of Orofacial Pain. In : McNeill C, editor, Craniomandibular disorders, Guidelines for evaluation, diagnosis, and management. 21-24, Chicago : Quintessence Publ Co Inc, 1990.
- 2) The American Academy of Orofacial Pain. In : McNeill C, editor, Temporomandibular disorders, Guidelines for classifications, assessment, and management. 27-38, Chicago : Quintessence Publ Co Inc, 1993.
- 3) Prentiss HJ. A preliminary report upon the temporomandibular articulation in the human type. Dent Cosmos 60 : 505-512, 1918.
- 4) Goodfriend DJ. Symptomatology and treatment of the abnormalities of the mandibular articulation. Dent Cosmos 75 : 844-852, 947-957, 1106-1111, 1993.
- 5) Costen JB. A syndrome of ear and sinus symptoms dependent upon disturbed function of the temporomandibular joint. Ann Otol Rhin Laryng 43 : 1-15, 1934.
- 6) Sicher H. Temporomandibular articulation in mandibular overclosure. J Am Dent Assoc 36 : 131-139, 1948.
- 7) 遠藤至六郎. 歯科疾患と耳鼻咽喉科疾患. 新歯科医報 204 : 2-10, 1934.
- 8) Seaver EP Jr. Temporomandibular joint malocclusion and the inner ear, neuromuscular explanation. Ann Otol Rhin Laryng 46 : 140-149, 1937.
- 9) Seaver EP Jr. The malocclusion factor in obstruction of the eustachian tube. Ann Otol Rhin Laryng 59 : 391-398, 1950.
- 10) Ronkin SH. Repositioning the mandible in cases of obstructive (low tone) deafness and tinnitus. AMA Arch Otolaryng 54 : 632-638, 1951.
- 11) Ronkin SH. Improvement of low-tone deafness and tinnitus by mandibular repositioning. AMA Arch Otolaryng 57 : 669-673, 1953.
- 12) Myrhaug VH. The incidence of ear symptoms in cases of malocclusion and temporomandibular joint disturbances. Br J Oral Maxillofac Surg 2 : 28-32, 1964.
- 13) Rohton AL Jr, O'leary JL, Ferguson JP. The trigeminal, facial, vagal, and glossopharyngeal nerves in the monkey. Arch Neurol 14 : 530-540, 1966.
- 14) Pinto OF. A new structure related to the temporomandibular joint and middle ear. J Prosthet Dent 12 : 95-103, 1962.
- 15) DuBrul EL. Origin and adaptations of the hominid jaw joint. In : Sarnat BG, Laskin DM, editor, The temporomandibular joint 5-34, ed 3, Illinois : Charles C Thomas, 1964.
- 16) Komori E, Sugisaki M, Tanabe H et al. Discomalleolar ligament in the adult human. J Craniomandib Pract 4 : 299-305, 1986.
- 17) Ostmann P. Über die Reflexerregbarkeit des Musculus ten-

- sor tympani durch Schallwellen und ihre Bedeutung für den Horact. Arch Physiol 22 : 75-123, 1898.
- 18) Metz O. The acoustic impedance measured on normal and pathological ears. 10-160, Copenhagen : J Jørgensen & Co, 1956.
 - 19) Møller AR. Intra-oral muscle contraction in man, Examined by measure ring acoustic impedance of the ear. Laryngoscope 68 : 48-62, 1958.
 - 20) 神崎 仁, 野村恭也. インピーダンスオージオメトリー聴覚障害と神経筋疾患への臨床応用. 7-22, 53-94, 東京 : 中外医学社, 1980.
 - 21) 松本敏彦, 黒田直行. 顎関節 clicking 雑音が聴力能におよぼす影響. 日大口腔科学 14 : 350-355, 1988.
 - 22) 松本敏彦. Tympanometry による顎機能異常の客観的評価. 補綴誌 34 : 1059-1065, 1990.
 - 23) 松本敏彦, 成田紀之, 小林久純ほか. 耳小骨筋反射による顎機能異常の病態評価. 日大歯学 68 : 272-277, 1994.
 - 24) 立木 孝. 新難聴の診断と治療. 東京 : 中外医学社, 1986.
 - 25) 黒田直行. 咬合干渉と聴力能との関連. 日大口腔科学 16 : 134-144, 1990.
 - 26) 松本敏彦, 安斎晃徳, 酒井勇司ほか. 聴覚系異常随伴症の関節窩空隙と中耳機能との関連. 日大口腔科学 18 : 65-74, 1992.
 - 27) 松本敏彦, 池田 直. 中耳機能を指標とした下顎位整位の定量的評価. 日大口腔科学 16 : 461-465, 1990.
 - 28) 松本敏彦, 成田紀之, 矢代享一. 顎口腔系ディスキネジアの下顎位整位の効果. 日大口腔科学 17 : 432-441, 1991.
 - 29) 石井智浩, 須藤泰利, 池田 直. 生理的限界運動負荷による中耳機能への影響. 日大口腔科学 17 : 279-282, 1991.
 - 30) 酒井勇司. 中耳機能を指標とした下顎位の客観的評価. 日大口腔科学 20 : 20-28, 1994.
 - 31) 矢代享一. 顎関節クリック有雑音者の中心滑走と中耳機能変動に関する基礎的研究. 日大口腔科学 19 : 9-16, 1993.
 - 32) 田沼達也, 松本敏彦, 池田 直. Immediate side shift の及ぼす中耳機能の変化. 日大口腔科学 18 : 82-86, 1992.
 - 33) 伊藤誠康, 松本敏彦, 池田 直. 顎関節クリックの聴覚機能への影響と伝播機序の検索. 日大口腔科学 20 : 536-541, 1994.
 - 34) 松本敏彦, 大河原純也, 伊藤誠康ほか. 顎関節クリックにおける耳小骨筋反射の波形分析. 補綴誌 39 : 93 回特別号 : 38, 1995.
 - 35) Jannetta PJ. Neurovascular cross compression in patients with hyperactive dysfunction symptoms of the eighth cranial nerve. Surg Forum 26 : 467-469, 1975.
 - 36) 船越正也. 開業医ができる顎関節症への対処 基礎の立場から. Dental Diamond 14 : 17-19, 1989.
 - 37) 奥園達也. ベクトル動揺図の開発と人・身体動揺解析の研究. 耳鼻臨床 76 : 2565-2580, 1983.
 - 38) 日本平衡神経学会. 平衡機能検査の標準化委員会, 重心揺検査の基準. Equilibrium Res 42 : 367-369, 1983.
 - 39) 顎関節研究会. 顎関節疾患および顎関節症の分類案. 第7回顎関節研究会誌 135-136, 1987.
 - 40) 高橋禎生. 実験的咬合障害に関する EMG. 歯学 62 : 58-90, 1974.
 - 41) 羽田 勝, 柄 博治, 山内和夫ほか. 実験的早期接触が咀嚼機能に及ぼす影響. 広歯誌 10 : 246-263, 1978.
 - 42) 田近由美子. 重心動揺距離と重心動揺図 (X 軸上, Y 軸上) についての研究. 金沢大学十全医学会誌 88 : 122-137, 1979.
 - 43) 渡辺 勲. 耳鼻咽喉科疾患と顎関節症. 歯界展望別冊 顎関節症の臨床 123-127, 東京 : 医歯薬出版, 1989.
 - 44) Mints VW. The orthopedic influence. In : Mongan DH, Hall WP, Vamvas SJ, editor, Disease of the temporomandibular apparatus 197-201, St. Louis : The CV. Mosby Co, 1977.
 - 45) 八木聰明. めまいの診療に必要な生理学的知識. Modern Physician 9 : 409-413, 1989.
 - 46) 日本平衡神経学会. 平衡機能検査法基準化委員会, 平衡機能基準化のための資料. Equilibrium Res 47 : 221-233, 1988.
 - 47) 小松崎篤, 竹森節子. 改訂新版・眼振図とり方・読み方 142-155, 東京 : 篠原出版, 1989.
 - 48) Lorente de No R. The interaction of the conical relax and vestibular uystagmus. Am J Physiol 103 : 704-711, 1933.
 - 49) Diana T, Laura P. Neuronal activity in the vestibular nuclei after trigeminal stimulation. Exp Neurol 72 : 12-24, 1981.
 - 50) 設楽哲也, 飯沼壽孝. 眼振の定義と発現の機序. 耳鼻咽喉科 Q & A 1 耳 70-74, 東京 : 金原出版, 1986.
 - 51) 鈴木淳一, 八木聰明, 山根 仁ほか. ABR マニュアル, 63-68, 東京 : 篠原出版, 1987.
 - 52) DuBrul EL. Evolution of the temporomandibular joint. In : Sarnat BG, editor, The temporomandibular joint 3-17, ed 2, Illinois : Charles C Thomas, 1964.
 - 53) Lacey BM. Embryological development of the temporomandibular joint. In : Sarnat BG, editor, The temporomandibular joint 59-69, ed 2, Illinois : Charles C Thomas, 1964.
 - 54) 坂上雅史, 松本 亨, 久保 武ほか. 顎運動により誘発されるめまいの一症例. 臨床耳科 14 : 406-407, 1987.
 - 55) 二木 隆. 咬合の改善によりメニエール病が治癒した症例について, 神経耳科からの考察. Quintessence 5 : 94-101, 1986.
 - 56) Munro RR. Electromyography of the masseter and anterior temporalis muscles in subjects with potential temporomandibular joint dysfunction. Aust Dent J 17 : 209-218, 1972.
 - 57) 石川 純, 佐藤文彦. Bruxism, 歯界展望別冊 咬合を考える 89-102, 東京 : 医歯薬出版, 1973.
 - 58) Ramfjord SP, Ash MM. Occlusion. 177-187, ed 3, Philadelphia : WB Saunders Co, 1983.
 - 59) 石島 勉, 平井敏博, 今村 円ほか. 全身運動時のクレンチングの発現頻度に関する研究. 補綴誌 35 : 193-199, 1991.
 - 60) 市岡典篤. 咬合機能と身体運動機能との関連について, 下顎位の水平的な差異がクレンチング強さと前腕屈曲筋力に及ぼす影響. 補綴誌 39 : 213-224, 1995.
 - 61) 石島 勉, 市岡典篤, 平井敏博ほか. 全身運動時のクレンチングの発現様相に関する研究. 補綴誌 36 : 87 回特別号 : 195, 1992.
 - 62) Forgione AG, Mehta NR, McQuade CF et al. Strength and Bite, Part II Testing isometric strength using a MORA set to a functional criterion. J Craniomandib Pract 10 : 13-20, 1992.
 - 63) 篠塚 修, 大山喬史. 顎位の変化が全身に及ぼす影響. J J Sports SA 11 : 357-359, 1992.
 - 64) 宮原隆雄. ヒトのヒラメ筋の噛みしめによる変調. 口病誌

- 58 : 607-686, 1991.
- 65) Ishijima T, Ichioka N, Konishi Y et al. Mandibular position and physical exercise. In : Tsuru, H, editor, Advanced prosthodontics world wide 530-531, Hiroshima : WCP Hiroshima : '91 Publication Committee, 1991.
- 66) 榎本純夫. 大脳皮質の三叉神経運動系への制御様式. 神経研究の進歩 35 : 820-833, 1993.
- 67) 平井敏博, 石島 勉, 越野 寿. 高齢者の咀嚼機能と全身運動との関連についての研究. 高齢者問題研究 9 : 43-48, 1993.
- 68) 中村隆一, 斎藤 宏, 基礎運動学 361-370, 東京 : 医歯薬出版, 1991.
- 69) 橋川美子. 加齢と咀嚼動態が高齢ラット下顎頭に及ぼす影響. 口病誌 60 : 440-468, 1993.
- 70) 池田和博. 咬合支持と飼育飼料形態の高齢ラット下顎骨咬筋付着部構造に及ぼす影響. 補綴誌 39 : 649-661, 1995.
- 71) 青木 聡. 高齢ラットにおける咬合および栄養が骨の粗鬆症化におよぼす影響. 平成 7 年度北海道医療大学大学院歯学研究科中間発表. 1995.
- 72) Hirai T, Ishijima T, Hashikawa Y et al. Osteoporosis and reduction of residual ridge in edentulous patients. J Prosthet Dent 69 : 49-56, 1993.
- 73) 今堀和友. 老化の定義. 村上元孝, 太田邦夫, 今堀和友監修, 臨床老年医学体系 1, 基礎老年医学総論 4-13, 東京 : 情報開発研究所, 1983.
- 74) 青木 聡, 武田秀勝, 平井敏博ほか. 咀嚼機能が高齢ラットの全身持久性に及ぼす影響. 老年歯科医学 10 : 128-136, 1995.
- 75) Griffin CJ. The treatment of the temporomandibular joint syndrome. Monogr Oral Sci 4 : 170-174, 1975.
- 76) 今井英一, 吉野建二, 新谷明幸ほか. 実験的咬合異常がラットの自律神経機能に及ぼす影響について. 顎機能誌 1 : 275-280, 1995.
- 77) Carlsson GE, Ingervall B, Lewin T et al. Relation between functional disturbances of the masticatory system and some anthropometric, physiological and psychological variables in young Swedish men. J Oral Rehabil 3 : 305-310, 1976.
- 78) 関 雅寛. 実験的咬合干渉が顎口腔系に及ぼす影響について, 特に脳波について. 補綴誌 36 : 968-979, 1992.
- 79) Budtz-Jørgensen E. A 3-month study in monkeys of occlusal dysfunction and stress. Scand J Dent Res 88 : 171-180, 1980.
- 80) Budtz-Jørgensen E. Occlusal dysfunction and stress, An experimental study in macaque monkeys. J Oral Rehabil 8 : 1-9, 1981.
- 81) Ramfjord SP. Bruxism. A clinical and electromyographic study. J Am Dent Assoc 62 : 21-44, 1961.
- 82) Wieselmann G, Permann R, Korner E et al. Distribution of muscle activity during sleep in bruxism. Eur Neurol 25 • Suppl. 2 : 111-116, 1986.
- 83) Ware JC, Rugh JD. Destructive bruxism, Sleep stage relationship. Sleep 11 : 172-181, 1988.
- 84) Wruble MK, Lamley MA, McGlynn FD. Sleep-related bruxism and sleep variables, A critical review. J Craniomandib Disord Facial Oral Pain 3 : 152-158, 1989.
- 85) 武田悦孝, 川崎直正, 石原裕之ほか. 実験的咬合干渉が咀嚼系に与える影響, 第 5 報 咬合干渉付与前, 中, 後における筋触診スコアの比較. 歯学 71 : 1178-1179, 1984.
- 86) 武田悦孝, 萩原 彰, 小林義典. ヒトの睡眠中の Bruxism に関する臨床的研究 第 12 報 実験的咬合干渉付与前後における睡眠時無呼吸の発現について (その 2). 補綴誌 28 : 974, 1984.
- 87) Kobayashi Y, Takeda Y, Ishihara H. The influences of experimental occlusal interference on psychoendocrine responses. J Dent Res 64 : 746, 1985.
- 88) Takeda Y, Ishikawa T, Satoh T et al. The influences of experimental occlusal interference on the heart rate changes associated with masseter activity during sleeping and awakening period. J Dent Res 64 : 747, 1985.
- 89) 小林義典, 武田悦孝, 萩原 彰ほか. ヒトの睡眠中の Bruxism に関する臨床的研究 第 19 報 実験的咬合干渉が咬筋筋活動, 疼痛耐性時間, 触診スコア, ならびに咬合接触状態に及ぼす影響. 補綴誌 29 : 1217-1218, 1985.
- 90) 武田悦孝, 石川 忠, 佐藤哲郎ほか. 実験的咬合干渉が覚醒時および夜間睡眠中の咬筋筋活動に対応した心拍数に及ぼす影響. 歯科ジャーナル 23 : 425-426, 1986.
- 91) Kobayashi Y, Takeda Y, Hagiwara A. The influences of experimental occlusal interference on the nocturnal sleep. J Dent Res 65 : 593, 1986.
- 92) Takeda Y, Shiga H, Kobayashi Y. The influences of experimental occlusal interference on the time of appearance of bruxism. J Dent Res 66 : 931, 1987.
- 93) 萩原 彰, 浜中秀由喜, 小林義典. 実験的咬合干渉と筋電図パワースペクトル 第 7 報 経日的比較および中枢性筋疲労と末梢性筋疲労との鑑別の可能性. 顎機能 6 : 31-36, 1988.
- 94) Kobayashi Y. Influences of occlusal interference on human body. J Oral Rehabil 15 : 196, 1988.
- 95) 武田悦孝, 石原裕之, 三輪雅彦ほか. ヒトの睡眠中の Bruxism に関する臨床的研究 第 35 報 実験的咬合干渉が夜間睡眠中の bruxism の発現と脳波的睡眠段階の移行に及ぼす影響. 補綴誌 32 • 80 回特別号 : 94, 1988.
- 96) Takeda Y, Ishihara H, Kobayashi Y. Influences of occlusal interference on nocturnal sleep and masseter muscle activity. J Dent Res 68 • Special Issue : 936, 1989.
- 97) 武田悦孝, 三田貢司, 石原裕之ほか. 咬合問題が生体に及ぼす影響, 睡眠段階の移行について. 医用電子と生体工学 27 • 秋季特別号 : 123, 1989.
- 98) 小林義典, 武田悦孝, 川崎直正. 実験的咬合干渉が夜間睡眠に及ぼす影響. 心身歯 4 : 54-55, 1989.
- 99) 石原裕之, 武田悦孝, 小林義典. 実験的咬合干渉が各種咬筋筋活動に対応した心拍数に及ぼす影響. 補綴誌 34 • 83 回特別号 : 114, 1990.
- 100) 武田悦孝, 石原裕之, 小林義典. 実験的咬合干渉が各種咬筋筋活動に対応した心拍数に及ぼす影響. 歯学 78 : 172, 1990.
- 101) 石原裕之, 武田悦孝, 三田貢司ほか. 実験的咬合干渉が夜間睡眠に及ぼす影響 第 5 報 干渉のタイプによる違い (その 4). 補綴誌 34 • 84 回特別号 : 164, 1990.
- 102) 武田悦孝, 石原裕之, 川口一夫ほか. 実験的咬合干渉が夜間睡眠に及ぼす影響 第 2 報 干渉のタイプによる違い. 歯学

- 78 : 868, 1990.
- 103) 三田貢司, 武田悦孝, 石原裕之ほか. 実験的咬合干渉が夜間睡眠に及ぼす影響 第3報 干渉のタイプによる違い (その2). 歯学 78 : 870, 1990.
 - 104) 小林義典, 武田悦孝, 石原裕之ほか. 咬合問題が生体に及ぼす影響, 睡眠状態への影響. 顎機能 8 : 41-44, 1990.
 - 105) 武田悦孝, 三田貢司, 石原裕之ほか. 咬合問題が生体に及ぼす影響, 睡眠段階の移行について. 顎機能 8 : 95-98, 1990.
 - 106) 川口一夫, 武田悦孝, 石原裕之ほか. 実験的咬合干渉が夜間睡眠に及ぼす影響 第4報 干渉のタイプによる違い (その3). 歯学 78 : 1079, 1991.
 - 107) Takeda Y, Ishihara H, Kobayashi Y. The influence of experimental occlusal interference on nocturnal sleep Part 6 The type of occlusal interference. J Dent Res 70 : 796, 1991.
 - 108) 三田貢司, 武田悦孝, 辻村俊也ほか. ヒトの睡眠中の Bruxism に関する臨床的研究 第44報 実験的咬合干渉付と前後における単位時間あたりの bruxism の発現頻度と脳波の睡眠段階との関係. 歯学 79 : 752, 1991.
 - 109) 小林義典, 三田貢司, 武田悦孝ほか. 実験的咬合干渉が精神内分泌反応に及ぼす影響 第2報 干渉のタイプによる違い. 日歯心身 6 : 182, 1991.
 - 110) 小林義典. いわゆる顎関節症の発症における bruxism の役割. 歯科ジャーナル 29 : 37-52, 1989.
 - 111) 小林義典. 歯ぎしり. 日歯医師会誌 43 : 375-388, 1990.
 - 112) 小林義典. ブラキシズム. 石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男ほか編, 顎口腔機能分析の基礎とその応用 218-229, 東京: デンタルダイヤモンド社, 1991.
 - 113) 小林義典. ブラキシズムと咬合. 歯科評論 595 : 87-107, 1992.
 - 114) 小林義典. ブラキシズム. 顎機能 10 : 127-132, 1992.
 - 115) Graf H. Bruxism. Dent Clin North Am 13 : 659-665, 1969.
 - 116) Olkinuora M. Bruxism. A review of the literature on and discussion of studies of bruxism and its psychogenesis and some new psychological hypotheses. Suom Hammaslääk Toim 65 : 312-314, 1969.
 - 117) Schärer P. Bruxism. Front Oral Physiol 1 : 293-322, 1974.
 - 118) Vernallis FF. Teeth-grinding, some relationship to anxiety, hostility, and hyperactivity. J Clin Psychol 11 : 389-391, 1955.
 - 119) 三好清勝. 歯軋誘発機構に関する神経生理学的研究. 阪大歯学誌 13 : 381-387, 1968.
 - 120) Rugh JD, Solberg WK. Psychological implications in temporomandibular pain and dysfunction. In : Zarb GA, Carlsson GE, editor, Temporomandibular joint function and dysfunction 239-268, St. Louis : The CV Mosby Co, 1979.
 - 121) Agnew HW Jr, Webb WB, Williams, RL. The effect of stage four sleep deprivation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 17 : 68-70, 1964.
 - 122) 川原隆造, Wada JA. REM 睡眠遮断の猫扁桃核キンドリングに及ぼす効果. 脳波と筋電図 11 : 176-184, 1983.
 - 123) Rugh JD, Barghi N, Drago CJ. Experimental occlusal discrepancies and nocturnal bruxism. J Prosthet Dent 51 : 548-553, 1984.
 - 124) Sheikholeslam A, Riise D. Influence of experimental interfering occlusal contacts on the activity of the anterior temporal and masseter muscles during submaximal and maximal bite in the intercuspal position. J Oral Rehabil 10 : 207-214, 1983.
 - 125) Riise C, Sheikholeslam A. Influence of experimental interfering occlusal contacts on the activity of the anterior temporal and masseter muscles during mastication. J Oral Rehabil 11 : 325-333, 1984.
 - 126) 石原裕之, 小林義典. ヒトの睡眠中の Bruxism に関する臨床的研究. Michigan 型全歯列接触型 bite plane の応用効果. 歯学 75 : 907-952, 1987.
 - 127) 川口一夫, 石原裕之, 武田悦孝ほか. ヒトの睡眠中の Bruxism に関する臨床的研究 第42報 Bruxist における bite plane 応用前後の各種咬筋筋活動に対応した心拍数 (その3). 日顎誌 3 : 157-158, 1991.
 - 128) Kobayashi Y, Takeda Y, Stohler CS. The effect of an anterior bite plane on sleep apnea in a bruxist. J Dent Res 63 • Special Issue : 323, 1984.
 - 129) Kobayashi Y, Takeda Y, Itoh Y. The effect of a bite plane on sleep apnea in a bruxist. J Dent Res 63 : 557, 1984.
 - 130) 小林義典, 武田悦孝, 伊藤陽介. Bruxism 患者における bite plane と睡眠時無呼吸との関係. 歯科ジャーナル 20 : 108-109, 1984.
 - 131) 長谷川誠. 病院最前線ガイド '95. 週間文春 平成7年6月1日号 : 132, 1995.
 - 132) 東京医科歯科大学歯学部顎口腔総合研究施設編. 顎運動とそのメカニズム 186-239, 東京: 日本歯科評論社, 1976.
 - 133) Lund PJ, Dellow PG. The influence of interactive stimuli on rhythmical masticatory movements in rabbits. Arch Oral Biol 16 : 215-223, 1971.
 - 134) Nakamura Y, Takatori M, Nozaki S et al. Monosynaptic reciprocal control of trigeminal motoneurons from the medial bulbar reticular formation. Brain Res 89 : 144-148, 1975.
 - 135) 高取真史. 三叉神経運動ニューロンに対する延髄網様体性制御. 歯基礎誌 19 : 176-185, 1977.
 - 136) Nakamura Y, Hiraba K, Enomoto S et al. Bulbar reticular unit activity during food ingestion in the cat. Brain Res 253 : 312-316, 1982.
 - 137) Baldwin M, Frost LL, Wood CD. Investigation of the primate amygdala, movement of face and jaws. Neurology 4 : 586-598, 1954.
 - 138) Chapman WP, Schroeder HR, Gever G et al. Physiological evidence concerning importance of the amygdaloid nuclear region in the integration of circulatory function and emotion in man. Science 120 : 949-950, 1954.
 - 139) Moruzzi G, Magoun, HW. Brain stem reticular formation and activation of EEG. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1 : 455-473, 1949.