

## 外鼻孔閉塞がヒト咬筋活動に及ぼす影響： 終日筋電図による検討

石塚 泰男, 宮本 圭介, 山田 哲郎  
山内 和夫\*, 丹根 一夫

The influences of nasal obstruction on masseter muscle activity in human beings:  
an investigation by means of 24-hour EMG

Yasuo Ishizuka, Keisuke Miyamoto, Tetsuro Yamada,  
Kazuo Yamauchi\* and Kazuo Tanne

(平成6年2月23日受付)

### 緒 言

呼吸機能の異常, 特に口呼吸と不正咬合の関係については, 従来より多くの報告がなされ, 呼吸様式の変化が顎顔面骨格の形態形成や歯列および咬合に影響を及ぼすことが示されてきた<sup>1-5)</sup>。また, 顎顔面形態および歯列は口腔周囲軟組織, とりわけ咀嚼筋をはじめとする顔面筋の機能と深く関連していると考えられている<sup>6-11)</sup>。

呼吸と筋機能との関係について, Miller ら<sup>12,13)</sup> はサルの外鼻孔を実験的に閉塞した際に口腔周囲筋の一部において筋活動の増加が認められたが, 咀嚼筋活動については変化がなかったと述べている。また, ヒトに関して Hellsing ら<sup>14)</sup> は, 短時間の実験的鼻呼吸障害により, 咀嚼筋のうち側頭筋前腹の活動が減少したが, 咬筋には変化がなかったと述べている。一方, 山田<sup>15)</sup> はサルに実験的鼻呼吸障害を生じさせると, 前顔面高の増大, 下顎骨の後下方への位置変化など開咬に特徴的な形態変化が生じること, 山田ら<sup>16)</sup> は筋電図による長時間にわたる連続的な筋活動の観察から実験的口呼吸に起因して咬筋活動量が著明に減少すること, をそれぞれ明らかにした。

しかし, これらの筋活動の変化はヒト, サルのいずれにおいても実験室内での筋活動に基づいた結果であり, 通常の生活状態における筋活動の変化を明らかにしたのではない。

本研究においては, 終日筋電図採得分析システム<sup>17)</sup>を用いて, ヒトにおいて外鼻孔閉塞による口呼吸が咬筋活動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

### 研究 方 法

#### I. 被 験 者

個性正常咬合を有し, 鼻咽腔疾患がなく, 顎口腔機能に特記すべき異常の認められない成人女子4名(年齢, 20歳)を被験者として用いた。

#### II. 筋活動の測定方法

各被験者について, 終日24時間にわたる咬筋活動をそれぞれ4回づつ記録した。その内の2回については, 非閉塞状態の通常の生活状態における筋活動を24時間にわたり記録した。残る2回については, 外鼻孔閉塞下で平常時(終日から食事時と睡眠時を除いた残りの時間)の連続3時間, 1回の食事摂取時および睡眠時における筋活動の記録を行った。また, 外鼻孔閉塞時と非閉塞時の食事は同じ内容とし, ほぼ同じ量を摂取させた。なお, 外鼻孔の閉塞にはシンクロナイズドスイミングの選手が使用するノーズクリップを使用した(図1)。

筋電図の記録は山田ら<sup>17)</sup>の方法に従い, 小型生体

広島大学歯学部歯科矯正学講座(主任:丹根一夫教授)

\* 広島大学名誉教授, 松本歯科大学客員教授

本論文の要旨は平成4年6月の第25回広島大学歯学会総会および平成4年10月の第51回日本矯正歯科学会大会において発表した。

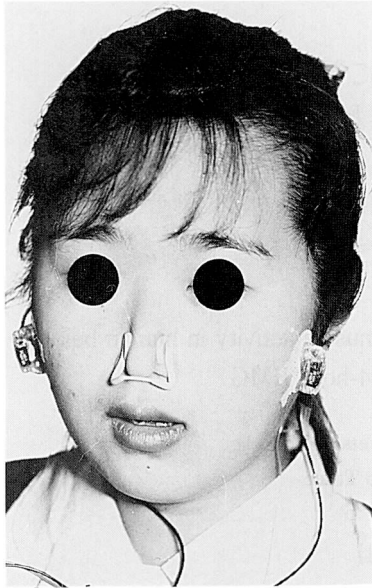


図1 ノーズクリップによる外鼻孔の閉塞と電極の接着。

アンプと一体化された電極を図1のごとく皮膚上に接着固定し、携帯型データレコーダに収録した。筋電図におけるスライスレベルの決定は、以下のごとく行った。筋電図記録前後に5回の最大咬みしめを被験者に行わせ、それぞれの最大電位の平均の1/4をレベル2、1/2をレベル3、3/4をレベル4、本システムで記録可能な最低レベル（生体上において  $35 \mu V$  ないし  $45 \mu V$ ）をレベル1とし、それぞれ筋活動の程度を表す指標として用いた（図2）。また、各スライスレベルにおけるバーストの持続時間と出現回数の求め方を図3に示す。

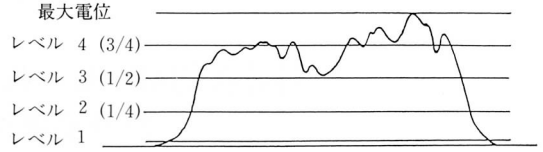


図2 スライスレベルの決定方法。

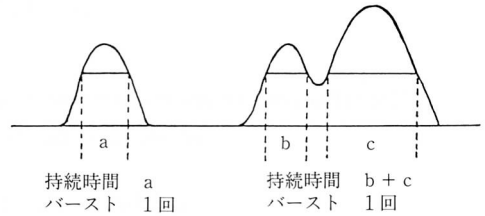


図3 バーストの持続時間と出現回数の求め方。

左の波形では、あるスライスレベルでの持続時間を a、バーストを1回とし、右のように多峰性の波形では、持続時間を b+c、バーストを1回と数えた。

このようにして求められた咬筋活動量および咬筋バーストの持続時間について、外鼻孔閉塞の有無が咬筋活動に及ぼす影響を検討するために、両条件下の値の有意差の有無を検定した。なお、検定に際しては、外鼻孔閉塞の有無による測定値の差が正規分布を呈さなかったため、ノンパラメトリック法である Wilcoxon 検定を用いた。

## 結 果

### I. 外鼻孔閉塞時における咬筋活動量の経時的変化

外鼻孔閉塞を行った一名の被験者について、24時間の咬筋バーストの出現回数を15分ごとに集計した。

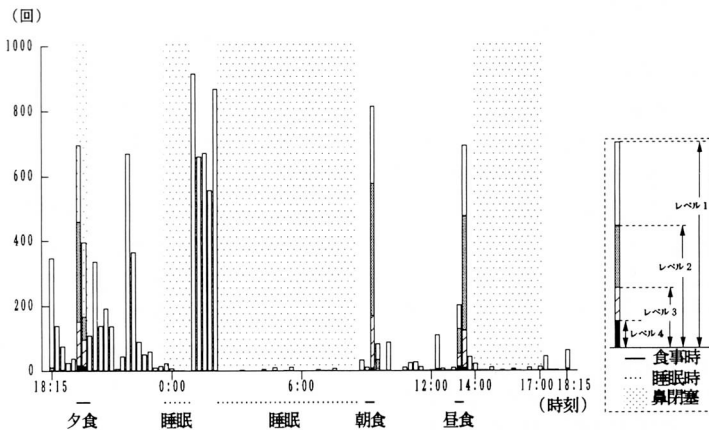


図4 外鼻孔閉塞実験日における咬筋バースト出現回数の推移の一例。

平常時についてみると、外鼻孔閉塞時（14：00～17：00）には非閉塞時と比べて咬筋活動量が著明に減少した。食事時については、外鼻孔閉塞時および非閉塞時ともにレベル4を超える大きな筋活動が認められた。睡眠時には筋活動は平常時に比べても著しく減少し、レベル2以上の出現はほとんど認められなかった。なお、1：00より2：00までの間は、電話がかかってきたために一時閉塞を中止している。会話中にはレベル1の出現回数が急増した（図4）。

## II. 外鼻孔閉塞による咬筋活動量の変化

外鼻孔閉塞による咬筋バーストの出現回数および総持続時間の変化を平常時、食事時、睡眠時の各時間帯ごとに比較した（表1、2）。

### 1. 平常時

平常時には、外鼻孔閉塞時の方が非閉塞時よりも各レベルのバーストの出現回数、総持続時間ともに減少する傾向にあった。すなわち、出現回数については全

てのレベルで、総持続時間についてはレベル1、3、4で有意の減少が明らかとなった。

### 2. 食事時

食事時には、外鼻孔閉塞時の方が非閉塞時よりも各レベルのバーストの出現回数、総持続時間ともに減少する傾向を示したものの、両群の値に有意差は認められなかった。

### 3. 睡眠時

睡眠時には、外鼻孔閉塞時の方が非閉塞時よりも各レベルのバーストの出現回数、総持続時間のいずれもわずかに減少する傾向を示したものの、両群の値に有意差は認められなかった。

## III. 外鼻孔閉塞による咬筋バーストの持続時間の変化

外鼻孔閉塞が筋活動の持続時間の長さに及ぼす影響を検討するために、咬筋バーストの平均持続時間（表3）および持続時間を長さによって分類した際の各範

表1 外鼻孔閉塞による咬筋バーストの出現回数の変化

		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
平常時	非閉塞	1084.5±668.0	121.4±104.9	15.3± 19.0	4.3± 5.2
	閉塞	536.4±713.2	47.8± 50.9	2.4± 4.8	0.9± 1.6
	有意差	**	**	*	**
食事時	非閉塞	961.1±183.8	653.9±237.7	350.3±297.2	95.5±118.0
	閉塞	825.3±182.2	540.1±153.5	241.4±195.9	57.9± 65.2
	有意差	ns	ns	ns	ns
睡眠時	非閉塞	267.8±224.9	37.0± 39.2	6.3± 10.2	5.9± 10.2
	閉塞	251.4±166.4	45.5± 61.8	4.7± 8.7	1.1± 1.0
	有意差	ns	ns	ns	ns
mean±SD		ns: not significant, *: p<0.05, **: p<0.01			

表2 外鼻孔閉塞による咬筋バーストの総持続時間の変化

		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
平常時	非閉塞	258.1±159.9	48.5±59.6	5.9±11.3	0.9±1.4
	閉塞	116.8±172.3	14.6±18.1	0.4± 1.1	0.0±0.2
	有意差	**	ns	*	**
食事時	非閉塞	175.8± 74.2	88.3±57.1	31.3±32.9	5.3±7.3
	閉塞	143.0± 51.9	67.2±32.8	20.2±20.9	3.0±3.5
	有意差	ns	ns	ns	ns
睡眠時	非閉塞	59.6±47.9	8.2± 8.6	0.7± 1.2	0.5±1.1
	閉塞	50.6±40.7	10.5±17.4	0.5± 1.1	0.0±0.0
	有意差	ns	ns	ns	ns
mean±SD (単位: sec)		ns: not significant, *: p<0.05, **: p<0.01			

表3 外鼻孔閉塞による咬筋バーストの平均持続時間の変化

		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
平常時	非閉塞	249.4±57.6	320.4±190.5	175.1±175.1	114.5±86.9
	閉塞	168.5±57.2	258.5±152.7	50.9±74.2	20.0±31.7
	有意差	**	ns	ns	**
食事時	非閉塞	177.3±42.0	122.5±37.3	68.4±25.6	44.2±9.8
	閉塞	168.9±33.4	121.2±33.8	68.5±28.7	42.0±18.4
	有意差	ns	ns	ns	ns
睡眠時	非閉塞	205.5±68.2	258.9±211.0	55.0±56.0	29.3±36.0
	閉塞	178.3±55.3	169.3±98.3	50.3±48.3	34.0±34.4
	有意差	ns	ns	ns	ns

mean±SD (単位:msec) ns: not significant, \*: p<0.05, \*\*: p<0.01

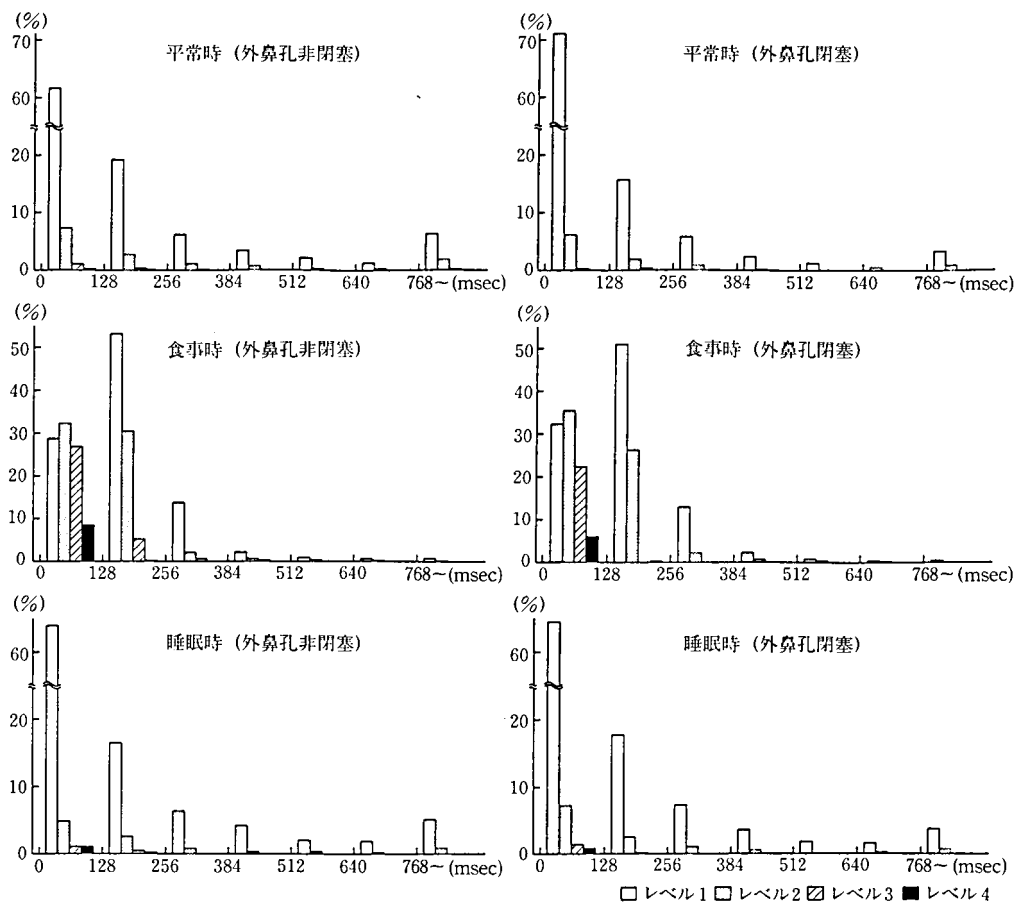


図5 外鼻孔閉塞による咬筋バーストの持続時間の変化。筋活動をバーストの持続時間の長さによって分類し、各範囲の出現回数がそれぞれの時間帯に占める割合を調べた。

囲の出現回数がそれぞれの時間帯に占める割合(図5)を平常時、食事時、睡眠時の各時間帯ごとに比較した。

1. 平常時  
平常時において、外鼻孔閉塞時には非閉塞時よりもバーストの平均持続時間は短くなる傾向にあり、レベ

ル1およびレベル4についてはその値が有意に短くなった。各持続時間の割合をみると、外鼻孔非閉塞時には長い持続時間を有するバーストまで幅広く出現していたのに対して、閉塞時には持続時間の長いものが減少し、短いものの占める割合が増加した。レベル1で見ると、128 msec 未満の短いバーストが大幅に増加し、768 msec 以上の咬みしめを示す長いバーストは半減した。

## 2. 食事時

食事時において、レベル2、3では、外鼻孔閉塞時に128 msec 未満のバーストの割合が相対的に増加しており、持続時間の長さは短くなる傾向がみられた。しかし、いずれのレベルにおいてもその平均には有意差が認められなかった。

## 3. 睡眠時

睡眠時において、外鼻孔閉塞時には非閉塞時より持続時間の短いバーストの割合がわずかに増加する傾向にあったものの、いずれのレベルにおいてもその平均には有意差が認められなかった。

# 考 察

## I. 研究方法について

### 1. 外鼻孔閉塞について

ヒトは本来鼻呼吸を営むものであるが、鼻腔抵抗が亢進すると部分的口呼吸を開始する。ヒトでは完全に鼻閉塞になることはきわめて稀であるため、不正咬合の原因としてはむしろ部分的な鼻閉塞が重要となる。しかし、通常ヒトでは鼻腔抵抗が4.5 cmH<sub>2</sub>O/l/sec以上で口呼吸の割合が増えると言われている<sup>18)</sup>が、個人差が大きく、口呼吸と鼻呼吸とを明確に区分することは難しい。そこで、本研究では口呼吸自体の咀嚼筋活動に対する影響を検討することを目的として、ノーズクリップを用いて外鼻孔を閉塞した。この方法を用いた場合、口唇閉鎖下では呼吸を行うことがきわめて困難となり、ほぼ完全に鼻呼吸が閉塞されているものと考えられる。なお、外鼻孔閉塞による全身への影響は特に認められなかった。

### 2. 筋電図の記録および分析について

田部<sup>6)</sup>は咀嚼筋全体の活動の結果である閉鎖力と咬筋の放電積分量との間にはきわめて強い正の相関が認められることを報告し、咬筋活動量をもって咀嚼筋全体の活動を代表させることは妥当であると述べている。そこで、鼻閉塞が咀嚼筋活動に及ぼす影響を検討する目的で、これらの筋群の代表として咬筋を選んだ。なお、両側咬筋の筋電図を記録したが、左右の筋活動に大きな差が認められなかったため、右側咬筋の分析のみを行った。

筋電図の記録にあたっては被験者間の測定条件が一定でないことや、同一被験者においても測定日ごとに電極の貼付部位がわずかに異なることによる電極間抵抗の変動が生じ、同一条件下で筋放電を誘導、分析することが困難である。そこで筋活動の分析に際しては、この問題を解決するため、山田ら<sup>17)</sup>の方法に従って被験者に最大咬みしめを行わせ、その値を基準として筋活動の評価を行った。さらに、レベル1についても日間変動を可及的に排除するために、最大咬みしめ時の最大電位が各記録日において近似した値を呈するように、筋電図の再生時に補正を行った。その結果、生体上におけるレベル1の電位は実際には35  $\mu$ Vないし45  $\mu$ Vに設定された。

## II. 筋活動の測定結果について

外鼻孔を実験的に一時閉塞したところ、平常時、食事時、睡眠時のいずれにおいても、咬筋バーストの出現回数および総持続時間は減少し、平均持続時間についても短くなる傾向にあった。このことは、咬む回数あるいは咬む時間が減少したことを示す他、あるスライズレベルに達するバーストの減少は振幅の減少、つまり咬む強さが低下したことを示している。すなわち鼻閉塞では、口呼吸を余儀なくされることで、咬筋活動量が減少することが強く示唆された。

山田ら<sup>16)</sup>は、サルを用いて実験的鼻閉塞が筋活動に及ぼす影響を長期的に観察し、外鼻孔閉塞後に咬筋活動量は著明に減少し、持続時間の分布と食事時の咀嚼リズムが変化すること、また鼻閉塞解除後には咬筋活動は徐々に鼻閉塞前の状態に回復することを明らかにした。本研究において、外鼻孔閉塞時に咬筋活動量が有意に減少したのは平常時のみであり、食事時には、同じ内容のものを同じ量だけ摂取させただけで、食事に要した時間など他の要素を考慮しなかった。したがって、同一の食事をした際の総筋活動量に差が見られなかったものと考えられる。また、外鼻孔閉塞による食事時間への影響は被験者により様々で一定の傾向はみられなかった。睡眠時については咬筋活動量が他の時間帯と比べてきわめて少ない上に、同一測定日における外鼻孔閉塞時と非閉塞時の比較が行えなかったことにより、両者の差を明確にできなかったものと推察される。

一方、咬筋バーストの持続時間の分布をみると、平常時については各レベルとも外鼻孔閉塞時の方が非閉塞時よりも持続時間の短いものの割合が増加し、その平均時間も短くなった。これは外鼻孔閉塞時に、咬む強さの低下あるいは1回あたりの咬む時間が減少したことによるものと考えられる。食事時には外鼻

孔非閉塞時および閉塞時ともバーストはその最頻値の近傍に集中する傾向にあり、閉塞時にはわずかに短いバーストの割合が増加する傾向が認められた。しかし、その平均には大きな差がなかった。つまり同一の食事をするのであれば、外鼻孔閉塞は咀嚼に大きな影響を及ぼさないと見える。睡眠時については大きな差がみられなかったが、これに関しても咬筋活動量の場合と同様の理由が考えられる。

以上の結果は、山田らのサルを用いた実験とほぼ同様なものといえるが、ヒトでは外鼻孔閉塞による影響がサルほど著明ではなかった。ヒトは会話や労働などを行うため、実験室内で固定されたサルのように鼻閉塞の影響が直ちに現れなかったのではないかと推測される。実際、図4にみられるように会話中にはレベル1が急増していた。レベル1については咬筋と共に表面電極付近の表情筋の活動が記録されたことも考えられるが、ヒトの特徴としての会話は咀嚼筋活動に関する重要な一因子と言える。

## II. 鼻呼吸障害に伴う咀嚼筋活動の変化が咬合および顎顔面形態に及ぼす影響について

鼻呼吸障害は顎顔面の形態形成に影響を及ぼし、前顔面高の増大、下顎下縁平面の急傾斜、下顎角の開大などを生じることが知られている<sup>1-5)</sup>。一方、開咬に特徴的な顎顔面形態を有する患者の鼻腔抵抗は必ずしも正常者より高くはないものの<sup>19,20)</sup>、鼻腔抵抗の大きさが顎顔面形態に影響を及ぼすひとつの因子である可能性が示唆される<sup>21)</sup>。

鼻呼吸障害に伴う咀嚼筋活動の変化について、サルに実験的鼻呼吸障害を生じさせると、前顔面高の増大をはじめとして開咬に特徴的な形態異常が生じ<sup>15)</sup>、またその際の筋電図の長時間連続的な観察から咬筋活動量は著明に減少すること<sup>16)</sup>、が明らかにされた。本研究における外鼻孔閉塞の実験で、その変化はサルほど著明ではなかったものの、ヒトにおいても平常時には咬筋活動量が減少し、バーストの持続時間も短くなること明らかとなった。

咀嚼筋活動と歯列および顎顔面形態との関連性について、田部<sup>7)</sup>は咀嚼筋全体の最大活動量と咬合平面および下顎下縁の傾斜度との間に有意な負の相関を認め、Proffit<sup>22)</sup>は歯の垂直的位置は萌出力とそれに拮抗する力との間の平衡状態により決まると述べている。また、山田ら<sup>23)</sup>は咀嚼筋機能と顎顔面形態、特に咬合高径との関連に着目し、鼻閉塞実験において開咬を呈したサルの閉口筋に間欠的な強縮性刺激を与えたところ、上下顎臼歯の圧下と下顎骨の前上方への回転により開咬の改善が認められたと述べ、咀嚼筋活動の低

下が開咬を生じさせる可能性を指摘した。すなわち、functional matrix theory<sup>24)</sup>で言われるように、鼻呼吸障害を有する成長期の患者では、咀嚼筋の機能低下が歯槽性の開咬（臼歯の挺出）から、ひいては骨格性の開咬をも生ずる可能性が強く示唆された。

歯の位置に影響を及ぼす力を作用時間という観点からみると、咀嚼力のような強い間欠的な力よりも、安静時に加えられるような弱い持続的な力の方が重要であることが明らかにされてきた<sup>22,25,26)</sup>。一方、顕微鏡ビデオを用いたヒトの歯の動態の観察により、萌出は夜間にのみ起こること、日中は萌出を止め、食事の際の咀嚼活動に伴い圧下されること<sup>27)</sup>、などが明らかであることから、安静時のみならず、機能時における咬合接触あるいは軟組織や食物の接触が歯の垂直的位置の決定になんらかの影響を及ぼしている可能性が示唆される。

本研究においては、外鼻孔閉塞に伴い咬筋バーストの持続時間の分布に有意な変化がみられたのは平常時のみであった。また、咬筋活動量についても外鼻孔閉塞に伴い有意な減少を示したのは平常時のみであった。このことより、歯の垂直的位置の決定に関与する因子のうち鼻呼吸障害の影響が及ぶのは平常時（安静時）に歯に加わる力であり、機能時に生じる力は歯の萌出と関係があるとしても、その影響としては小さいものである可能性が強く示唆された。

## ま と め

顎顔面形態および歯列咬合は口腔周囲軟組織、とりわけ咀嚼筋をはじめとする筋機能動態と深く関連していると考えられている。そこで鼻呼吸障害による口呼吸とそれに伴う咬筋活動の変化について検討し、以下の結論を得た。

1. 外鼻孔閉塞により、咬筋バーストの出現回数および総持続時間は、平常時においては有意な減少が認められ、食事時および睡眠時においても有意差はないものの減少する傾向にあった。
2. 外鼻孔閉塞により、咬筋バーストの平均持続時間は平常時においては有意に短くなり、食事時および睡眠時においても有意差はないものの短くなる傾向にあった。

以上の結果より、鼻呼吸障害が長期的に持続すれば歯槽性の開咬から、ひいては咀嚼筋機能の低下による骨格性の開咬をも引き起こす可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) Harvold, E.P., Tomer, B.S. and Chieici, G.: Primate experiments on oral respiration. *Am. J.*

- Orthod.* 79, 359-372, 1981.
- 2) 山口和憲：実験的口呼吸が歯列、顎顔面の形態形成に与える影響について。日矯歯誌 39, 24-45, 1980.
  - 3) Linder-Aronson, S.: Adenoids; their effect on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and dentition. *Acta otolaryngol. Scand. Suppl.* 265, 1-132, 1970.
  - 4) Linder-Aronson, S.: Effects of adenoidectomy on the dentition and facial skeleton over a period of five years (Cook, J.T., editor). *Trans. Third Int. Orthod. Cong.* 85, 1973.
  - 5) Linder-Aronson, S., Woodside, D.G. and Lundström, A.: Mandibular growth direction following adenoidectomy. *Am. J. Orthod.* 89, 273-284, 1986.
  - 6) 田部孝治：咀嚼筋活動と顎顔面形態に関する研究Ⅰ。咬筋活動の筋電図学的特性と閉顎力について。日矯歯誌 35, 239-254, 1976.
  - 7) 田部孝治：咀嚼筋活動と顎顔面形態に関する研究Ⅱ。咬筋の活動および閉顎力と顎・顔面形態との関係について。日矯歯誌 35, 255-265, 1976.
  - 8) Ingervall, B. and Helkimo, E.: Masticatory muscle force and facial morphology in man. *Archs. Oral Biol.* 23, 203-206, 1978.
  - 9) Ingervall, B. and Thilander, B.: Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles (an electromyographic and radiographic cephalometric investigation). *J. Oral Rehabil.* 1, 131-147, 1974.
  - 10) Lowe, A.A.: Correlation between orofacial muscle activity and craniofacial morphology in a sample of control and anterior open-bite subjects. *Am. J. Orthod.* 78, 89-98, 1980.
  - 11) Möller, E.: The chewing apparatus; An electromyographic study of the action of the muscles of mastication and its correlation to facial morphology. *Acta Physiol. Scand.* 69, Suppl. 280, 1-226, 1966.
  - 12) Miller, A.J.: Electromyography of craniofacial musculature during oral respiration in the rhesus monkey. *Archs. Oral Biol.* 23, 145-152, 1978.
  - 13) Miller, A.J., Vargervik, K. and Chierici, G.: Experimentally induced neuromuscular changes during and after nasal airway obstruction. *Am. J. Orthod.* 85, 385-392, 1984.
  - 14) Hellsing, E., Forsberg, C., Linder-Aronson, S. and Sheikholeslam, A.: Change in postural EMG activity in the neck and masticatory muscles following obstruction of the nasal airways. *Eur. J. Orthod.* 8, 247-253, 1986.
  - 15) 山田哲郎：鼻呼吸障害が顎・顔面形成及び呼吸動態に及ぼす影響についての実験的研究。広大歯誌 19, 203-224, 1987.
  - 16) 山田哲郎, 山田建二郎, 渡辺八十夫, 蔡吉陽, 石田真奈美, 森本徳明, 山内和夫：実験的鼻閉塞に伴うサル咬筋活動の経日的変化—長期終日筋電図による観察—。日矯歯誌 52, 494-501, 1993.
  - 17) 山田建二郎, 須ノ内勇次郎, 渡辺八十夫, 石田真奈美, 宮本圭介, 蔡吉陽, 米田尚登, 山田哲郎, 山内和夫：終日筋電図採得分析システム。広大歯誌 25, 332-336, 1993.
  - 18) Watson, R.M., Warren, D.W. and Fischer, N.D.: Nasal resistance, skeletal classification, and mouth breathing in orthodontic patients. *Am. J. Orthod.* 54, 367-379, 1968.
  - 19) Vig, P.S., Sarver, D.M., Hall, D.J. and Warren, D.W.: Quantitative evaluation of nasal airflow in relation to facial morphology. *Am. J. Orthod.* 79, 263-272, 1981.
  - 20) Turvey, T.A., Hall, D.J. and Warren, D.W.: Alterations in nasal airway resistance following superior repositioning of the maxilla. *Am. J. Orthod.* 85, 109-114, 1984.
  - 21) 塩山秀俊：成人男子の鼻腔通気度と顎顔面形態との関連。日矯歯誌 52, 316-326, 1993.
  - 22) Proffit, W.R.: Equilibrium theory revisited: Factors influencing position of the teeth. *Angle orthod.* 48, 175-186, 1978.
  - 23) 山田建二郎, 山田哲郎, 渡辺八十夫, 石田真奈美, 山内和夫：開咬症と咀嚼筋活動との関係について—開咬サルの閉口筋に強縮性刺激を与えた実験より—。日矯歯誌 49, 572-572, 1990.
  - 24) Moss, M.L.: The functional matrix; in *Vistas in orthodontics* (Kraus, B.K. and Riedel, R.A., editors). Lea & Febiger, Philadelphia, 85-98, 1962.
  - 25) Weinstein, s., Haack, D.C., Morris, L.Y., Snyder, B.B. and Attaway, H.E.: On an equilibrium theory of tooth position. *Angle Orthod.* 33, 1-26, 1963.
  - 26) Proffit, W.R.: The effect of intermittent forces on eruption; in *The biological mechanisms of tooth eruption and root resorption* (Davidovitch, Z., editor). EBSCO Media, Birmingham, 187-191, 1988.
  - 27) Proffit, W.R., Prewitt, J.R., Baik, H.S. and Lee, C.F.: Video microscope observations of human premolar eruption. *J. Dent. Res.* 70, 15-18, 1991.