原著論文

顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究

—マウスプロテクター装着が心肺機能に及ぼす影響—

西川 修弘

Study on the Relation between the Stomatognathic System and the Systemic Condition

—Concerning the Influence of Wearing Mouth-protectors on Cardiopulmonary Function—

Nobuhiro Nishikawa

Abstract : An exercise tolerance test, with Bruce's protocol, was performed on eight normal subjects using a treadmill. The indexes of cardiopulmonary function, the endurance indexes and the results of a questionnaire given to the subjects were compared and examined. The conclusions were as follows :

The mean of all indexes of cardiopulmonary function increased with the passage of exercise time, but no striking difference was observed with regard to any of these conditions, whether the subjects wore no mouth-protector, a stock mouth-protector, or a custom-made mouth-protector.

The mean of the endurance indexes were almost the same for all conditions with no mouth-protector or with a mouth-protector of either stock or custom-made type.

When wearing a mouth-protector of the stock type, all subjects reported some difficulty in breathing during measurement. When wearing a custom-made mouth-protector, few experienced any breathing difficulty but the subjects suffered some discomfort from the presence of the appliance.

It would appear that the wearing of a mouth-protector on the upper jaw has hardly any effect on the cardiopulmonary function and endurance. Therefore the wearing of a mouth-protector may be effective in contact sports. The results of the questionnaire suggest that the mouth-protector should ideally be custom-made.

Key words : sports dentistry, contact sports, mouth-protector, cardiopulmonary function, treadmill

I. 緒 言

マウスプロテクターは、コンタクトスポーツにおける口腔顔面領域の傷害防止を主な目的とした口腔内保護装置であり、傷害予防の立場より、これまでにさまざまな観点から研究がなされている¹⁻²⁴⁾。マウスプロテクターは、その製作方法により、市販の既製品であるストックタイプ、市

販で直接口腔内にて適合させるマウスフォームドタイプ、歯科医師が歯列模型上にて製作するカスタムメイドタイプに大別することができる²⁵⁻²⁷⁾。この中でカスタムメイドタイプのマウスプロテクターは、当該選手の歯列に合わせて調製するために、市販のものと比較して違和感や口腔内の機能障害をより少なくすることができるとし、多くの研究者に推奨されている²⁷⁻³³⁾。

しかしながら、これらに関するこれまでのアンケートによると、わが国におけるマウスプロテクターの普及率は低く³⁴⁻⁴⁰⁾、マウスプロテクターを所持している選手も、ほとんどが市販のものを使用しているのが現状である^{34-38,41)}。その結果、マウスプロテクターの装着によって異物感や息苦しさを訴える者が多いとされ³⁴⁻⁴⁰⁾、この

日本大学歯学部歯科補綴学教室局部床義歯学講座（主任：大木一三教授）

Department of Removable Partial Denture Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry (Chief: Prof. Katsuzo Ohki)

平成8年2月5日受付

点がマウスプロテクターの普及を妨げている要因となっている。

この事実は、マウスプロテクターの具備すべき条件^{27,30,41-43)}の1つである、呼吸および会話などの競技に必要な身体の生理機能を妨げないということに矛盾しているため、選手の運動パフォーマンスに障害が生ずることも懸念される。したがって、マウスプロテクター装着の有無や形態の相違が、身体の生理機能、さらには全身運動能力に及ぼす影響について検討することは、特にマウスプロテクターの装着義務化において重要な問題であり、身体の生理機能として、選手的心肺機能への影響について検討することが望まれる。しかし、この問題に関連した報告⁴⁴⁻⁵⁰⁾は少なく、今後さらに詳細に検討を加えていく必要があると考えられる。

そこで今回著者は、健常者に対し、形態の異なる2種類のマウスプロテクターを装着した状態と非装着状態とで運動負荷試験を行い、心肺機能の指標として、呼吸数、分時換気量、酸素摂取量および心拍数を計測し、さらに、持久力の指標として、最大酸素摂取量（以下、 VO_2max と略記）と VO_2max 発現時間および被験者が自主的に運動負荷中止を要求するまでの時間（以下、All-out 到達時間と略記）についても測定して、マウスプロテクター装着の有無およびその形態の相違が、心肺機能ならびに持久力にどのような影響を及ぼすかについて比較、検討した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、日本大学歯学部学生のうち、コンタクトスポーツ関連の運動部に所属する者から選出した。すなわち、全身的に健康な個性正常咬合を有する有歯顎者で、顎口腔系に自覚的および他覚的に異常が認められず、さらに呼吸・循環器系に関する既往および現病歴のない20歳代（平均24.3歳）の男性（身長平均172.7cm、体重平均71.5kg）8名とした。

なお、被験者には、実験主旨および方法などを詳細に説明し、同意を得ている。

2. マウスプロテクター

マウスプロテクターは、上顎のみに装着するタイプの中から、ストックタイプおよびカスタムメイドタイプの2種類とした。

ストックタイプは、市販のエチレン酢酸ビニル系マウスプロテクター（モルテンメディカル、モルテクター1）を既製のまま口腔内に試適し、第二大臼歯遠心部より余剰な部分を切除して使用した。

カスタムメイドタイプは、ポリオレフィン系用材（モルテンメディカル、モルテノ・レギュラー）を用いて、池

田⁵¹⁾、石上⁵²⁾の報告を参考に調製した。すなわち、被験者の上下顎歯列を印象採得した後、歯科用硬質石膏（ジーシー、ニュープラストーン）にて作業模型を製作し、半調節性咬合器（ホイップミックス、ホイップミックス咬合器）に、上顎模型はフェイスボウトランスファーにより、また、下顎模型は中心咬合位で、それぞれ付着した。この咬合器上にて、上下顎の垂直的顎間関係位が、上下顎中切歯切縁部において約3mmとなるようにインサイザルガイドピンを調節し、パラフィンワックス（ジーシー、ベースプレートパラフィンワックス）にてワックスパターンを製作した。

ワックスパターンの外形は、口蓋側では歯頸線に一致させ、唇頬側では可動粘膜の動きを妨げずに可及的に大きな範囲、すなわち、小帯を避け、口腔前庭最深部より約2mm歯頸側寄りとし、後縁は第二大臼歯遠心部を被覆するまでとした。また、厚さは、口蓋側で約1.5mm、唇頬側で約3mm、咬合面では、下顎歯列の切端および咬頭頂の圧痕のみを浅く残す程度とした。

完成したワックスパターンは、埋没、流蠟およびマウスプロテクター用材を填入した後、フラスコを加圧した状態で、約10分間、沸騰水中に浸漬した。その後、放冷し、開蓋後にマウスプロテクターを取り出し、リマウントした咬合器上で咬合調整を行った後、仕上げ研磨を施し、さらに被験者の口腔内に試適して、最終調整を行い、カスタムメイドタイプのマウスプロテクターとした。

3. 測定装置

本測定システムのブロックダイアグラムを図1に示す。

1) 運動負荷システム

運動負荷システムは、CASE 12 (marquette) を用いた。本システムは、トレッドミルによる運動負荷装置と心機能記録装置によって構成されるものである。トレッドミルは、継続的なスピードおよび傾斜角度の変化をプログラミングすることにより、さまざまな運動負荷のプロトコルを自動的に実行することができる。また、運動負荷中の被験者の状態を管理するために、電極から送信機 (marquette, MAC AM-2) を介して心電図および心拍数を、オプションで接続した自動血圧計（コーリン電子、STBP-680）より血圧をそれぞれモニタリングし、同時に記録を行うことが可能である。

2) 心肺機能分析システム

心肺機能の分析には、運動負荷時心肺機能測定システム (Medical Graphics, CPX/D) を用いた。

この装置は、Cardiopulmonary Exercise System と Cardiopulmonary Gas Exchange System とから構成され、呼吸マスクに接続したニューモタコグラフにより換気量および呼吸数を測定し、ジルコニアセンサーにて酸素濃度の分析を行うものであり、また同時に、被験者に設置し

図 1 The block diagram of cardiopulmonary function measuring system
心肺機能測定システムのブロックダイアグラム

た電極により心拍数の測定も行うことができる。これらのデータは、コンピュータで自動的に分析処理され、その結果が指定時間ごとの平均値として記録される。

4. 測定方法

1) 呼吸の採取

呼吸ガスの採取には、呼吸マスク (HANS RUDOLPH, 536086-002) による breath-by-breath 法を用いた。このマスクは装着時に鼻と口の間に弁が介在するような構造であり、鼻呼吸の影響を受けないようになっている。

被験者の顔面にマスクを装着し、周囲から呼吸が洩れないことを確認した後、専用のベルトで固定した。

2) 運動負荷

運動負荷は、多段階漸増法とした。被験者をトレッドミル上にてリラックスした状態で直立させた後、傾斜 0% (0 度) および時速 1.7 miles による 1 分間の warm-up (以下、WU と略記) を行い、続いて Bruce⁵³⁾ のプロトコルに準じて All-out 到達時間までの測定を行った。Bruce のプロトコルの内容を表 1 に示す。

3) 心電図および血圧の記録

心電図の記録はディスポーザブル電極 (日本光電, M-150) を用いて、標準 12 誘導により行った。

血圧の記録は、運動負荷中およびその前後において、常に被験者の左側上腕部にマンシエットを巻いておき、1 分間隔で自動的に行った。

なお、心電図および血圧の測定は、被験者の安全を確保するために、測定中およびその前後において、随時監視と記録を行った。また、運動負荷試験中の中止基準は、1995

表 1 Bruce's protocol by treadmill
トレッドミルにおける Bruce のプロトコル

Stage	1	2	3	4	5	6	7	
Speed	(mile/h)	1.7	2.5	3.4	4.2	5.0	5.5	6.0
	(km/h)	2.7	4.0	5.5	6.8	8.0	8.8	9.7
傾斜 (%)	10	12	14	16	18	20	22	
時間 (min)	3	3	3	3	3	3	3	

年のアメリカスポーツ医学会における規定に可及的に準拠し、不整脈、血圧上昇 (収縮期 260 mmHg 以上、拡張期 115 mmHg 以上) および被験者の強い疲労や息切れを示す身体的徴候などには、特に留意した。

4) 測定条件および測定時期

測定は、マウスプロテクター非装着時 (以下、NO と略記)、ストックタイプのマウスプロテクター装着時 (以下、ST と略記) およびカスタムメイドタイプのマウスプロテクター装着時 (以下、CM と略記) の各条件で 1 回ずつランダムに行った。また、測定間隔は、体力の完全なる回復と環境を考慮して、1 週間とし、同曜日のほぼ同時刻に、同室温度にて行った。

5) アンケート

アンケートは、すべての測定が終了した後、被験者にマウスプロテクター装着による息苦しさや異物感などに関し、図 2 に示す内容で行った。

6) 分析方法

(1) 心肺機能の指標について

心肺機能の指標は、呼吸数、分時換気量、酸素摂取量および心拍数について、各被験者において All-out 到達時間まで、30 秒間隔で記録し、全測定で到達することができた測定開始後 13 分までの平均値を算出して、各条件間について比較、検討した。また、Bruce のプロトコルにおいて、Stage が変化する時間、すなわち、測定開始後 1, 4, 7, 10 および 13 分を主要経過時間とし、これらにおいて、5% 危険率による t-検定を行った。

(2) 持久力の指標について

持久力の指標は、各被験者における $VO_2\max$ ならびに $VO_2\max$ 発現時間および All-out 到達時間より平均値と標準偏差とを求め、5% 危険率における t-検定を行い、各条件間について比較、検討した。

III. 成績

1. 心肺機能の指標

被験者における呼吸数、分時換気量、酸素摂取量および心拍数は、図 3~6 に示し、主要経過時間における平均値、標準偏差および t-検定結果を表 2 に示した。

呼吸数は、測定開始 (0 min) から 13 分後まで、ほぼ直線的に増加する傾向を示した。また、Stage 3 までは各条

<p>実験に関するアンケート 氏名:</p> <p>★マウスプロテクターの装着による息苦しさにについて 《適合の悪いマウスプロテクターを装着した場合》</p> <p>1) 装着していない場合に対して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常に楽だった ・少し楽だった ・ほとんど同じ ・少し息苦しかった ・非常に息苦しかった <p>少しまたは非常に息苦しかったと答えた人はどうしてそう感じたのか簡単に書いて下さい</p> <p>《口腔内に適合したマウスプロテクターを装着した場合》</p> <p>1) 装着していない場合に対して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常に楽だった ・少し楽だった ・ほとんど同じ ・少し息苦しかった ・非常に息苦しかった <p>少しまたは非常に息苦しかったと答えた人はどうしてそう感じたのか簡単に書いて下さい</p> <p>2) 適合の悪いマウスプロテクターを装着した場合に対して</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常に楽だった ・少し楽だった ・ほとんど同じ ・少し息苦しかった ・非常に息苦しかった <p>少しまたは非常に息苦しかったと答えた人はどうしてそう感じたのか簡単に書いて下さい</p>		<p>★マウスプロテクターの装着による異物感について (装着していない場合に対して)</p> <p>《適合の悪いマウスプロテクターを装着した場合》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常に異物感があった ・少し異物感があった ・異物感は無かった <p>《口腔内に適合したマウスプロテクターを装着した場合》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・非常に異物感があった ・少し異物感があった ・異物感は無かった <p>★限界で走れなくなった時点での感想</p> <ul style="list-style-type: none"> ・息が苦しくなって足がついていかなかった ・傾斜がきつすぎて足が疲れた, または痛くなった ・両方同じくらい ・その他 <p>★マウスプロテクターの装着による息苦しさが持久的な運動に悪影響を及ぼすと思いますか</p> <ul style="list-style-type: none"> ・どんな形態のマウスプロテクターでも影響がある ・適合の悪いマウスプロテクターを装着すると影響がある ・悪影響はない ・よくわからない ・その他 <p>★他に気づいた点がありましたら書いて下さい</p>
---	--	--

図 2 A questionnaire of this study
本実験に関するアンケート

図 3 Respiratory rate
呼吸数

図 4 Minute ventilation
分時換気量

図 5 Oxygen consumption
酸素摂取量

件間で若干の相違を認め、その差は時間の経過とともに小となる傾向であった。また、Stage 4に入る測定開始10分後からは、ほぼ同様の増加傾向を示した(図3)。なお、NO、STおよびCMの各条件間では、4分後におけるNO-CM間においてのみ有意差が認められた(表2)。

分時換気量は、NO、ST、CMとも同様に、測定開始後、ほぼ直線的な増加傾向を示した(図4)。また、すべての条件間で有意差は認められなかった(表2)。

酸素摂取量は、NO、ST、CMとも同様に、4分後、7分後、10分後と、Stageが変化した直後に急激に増加す

る傾向にあった(図5)。また、すべての条件間で有意差は認められなかった(表2)。

心拍数は、NO、ST、CMとも同様に、測定開始後、ほぼ直線的な増加傾向を示した(図6)。また、すべての条件間で有意差は認められなかった(表2)。

2. 持久力の指標

各被験者における VO_{2max} 、 VO_{2max} 発現時間およびAll-out到達時間とそれらの平均値、標準偏差およびt-検定結果を表3に示す。

図 6 Heart rate
心拍数

VO₂max は, NO, ST, CM ともほぼ同じ値であり, 有意差は認められなかった. また, VO₂max 発現時間および All-out 到達時間は, CM が, NO に対して, VO₂max 発現時間で約 1 秒長く, All-out 到達時間で約 10 秒短かったのに対し, ST においては, 両者ともに最小の値を示し, 特に NO に対しては 20 秒以上短い値を示したが, すべての条件間で有意差は認められなかった (表 3).

3. アンケート結果

アンケート結果のうち, 主な項目についてグラフ化したものを図 7 に示す.

マウスプロテクターの装着による息苦しさに関しては, NO に比べて, ST ですべての被験者が「非常に息苦しかった」と回答し, CM においては「少し楽だった」が 2 名, 「NO とほとんど同じ」が 5 名, 「少し息苦しかった」と回答した者が 1 名であった.

また, マウスプロテクターの装着による異物感に関しては, NO に比べて, ST ですべての被験者が「非常に異物感があった」と回答し, CM ではすべての被験者が「少し異物感があった」と回答した.

All-out 到達時間における疲労感に関しては, 「息が苦しくなって足がついていかなかった」が 2 名, 「傾斜がきつすぎて足が疲れた, または痛くなった」が 3 名, 「前者と後者の割合が同じくらい」と回答した者が 3 名であった.

IV. 考 察

コンタクトスポーツとは, 選手が他の選手の身体や用具と接触することにより, ダメージを被る可能性が高いスポーツの総称であり, 一般にボクシング, ラクビー, アメ

リカンフットボールなどがその代表としてよく知られている. これらの選手は常に危険と隣り合わせであり, 普段の練習から傷害に対する何らかの予防策を講じなければならない. 顎口腔領域の傷害防止においては, マウスプロテクターの装着が有効である^{1-4,54-67}が, 欧米諸国に比べ, わが国ではマウスプロテクターの普及率は低いのが現状である. その理由の 1 つとして, 装着によって呼吸がしづらくなると一般的にいわれている. 当教室のアンケート^{37,38}によると, マウスプロテクター使用経験のある選手のうち, 装着による息苦しさを訴えた者は 50% を越えていたが, これらの選手のほとんどは, 適合が不良である市販のマウスプロテクターを使用していた.

このためわれわれ歯科医師は, コンタクトスポーツの選手や指導者および関係競技団体に対し, マウスプロテクターの正しい知識とその重要性の啓蒙活動を早急に行う必要がある, 同時に, よりすぐれたマウスプロテクターの開発にも努めなければならないと思われる. これまでにも多くの研究者により, 用材の基礎的物性⁴⁻¹²や衝撃吸収能^{2,3,13-17}など多方面から検討がなされており, また下顎位の安定や装着感などからは, カスタムメイドタイプのマウスプロテクターが市販のものに比べて優れている⁴²⁻⁴⁸と報告されている. しかしながら, マウスプロテクター装着が選手の生理機能に及ぼす影響という観点から検討された報告⁴⁴⁻⁵⁰は少ない.

骨格筋の収縮に必要なエネルギーの発生過程は, 無酸素系 (ATP-CP 系および乳酸系) と有酸素系に大別される⁶⁸が, 高強度の連続的運動において最大のスピードでエネルギーを消費した場合, 無酸素系のエネルギーは 40 秒で枯渇してしまう⁶⁹. 無酸素系のエネルギーが枯渇すると, このエネルギーに特有の高いパワーの発揮はできなく

表 2 Respiratory rate, minute ventilation, oxygen consumption, heart rate and their results of t-test at the principal exercise time

主要経過時間における呼吸数, 分時換気量, 酸素摂取量, 心拍数および t-検定結果

主要経過時間 (min)	呼吸数 (bpm)			t-検定結果		
	NO	ST	CM	NO-ST	NO-CM	ST-CM
1	21.9(3.6)	22.0(7.8)	19.5(5.7)	—	—	—
4	26.0(4.5)	24.8(4.6)	22.9(4.7)	—	*	—
7	28.9(6.3)	28.0(6.7)	27.0(5.7)	—	—	—
10	34.6(7.8)	33.8(7.0)	32.6(7.2)	—	—	—
13	45.0(7.9)	46.0(9.9)	44.3(9.1)	—	—	—
Mean(S.D.)						
主要経過時間 (min)	分時換気量 (l/min)			t-検定結果		
	NO	ST	CM	NO-ST	NO-CM	ST-CM
1	17.1(2.76)	18.5(5.32)	17.5(3.72)	—	—	—
4	29.9(5.63)	27.9(5.13)	28.1(3.55)	—	—	—
7	42.4(7.68)	41.6(7.43)	42.5(6.49)	—	—	—
10	69.9(16.48)	64.9(10.08)	65.2(11.65)	—	—	—
13	106.7(21.28)	103.8(21.86)	103.5(23.78)	—	—	—
Mean(S.D.)						
主要経過時間 (min)	酸素摂取量 (ml/min)			t-検定結果		
	NO	ST	CM	NO-ST	NO-CM	ST-CM
1	667.6(86.4)	707.5(155.0)	675.0(91.0)	—	—	—
4	1,252.3(144.4)	1,274.0(179.8)	1,321.6(142.1)	—	—	—
7	1,745.4(139.2)	1,775.8(201.8)	1,838.9(189.6)	—	—	—
10	2,515.6(202.9)	2,494.9(195.6)	2,539.9(295.6)	—	—	—
13	3,221.8(212.5)	3,279.4(264.0)	3,351.1(291.9)	—	—	—
Mean(S.D.)						
主要経過時間 (min)	心拍数 (bpm)			t-検定結果		
	NO	ST	CM	NO-ST	NO-CM	ST-CM
1	83.1(9.3)	84.6(8.4)	80.0(10.0)	—	—	—
4	98.0(7.4)	96.1(7.9)	95.6(10.7)	—	—	—
7	123.6(10.9)	117.5(9.3)	120.9(11.7)	—	—	—
10	159.4(14.1)	156.0(12.0)	157.3(8.3)	—	—	—
13	184.6(8.7)	185.0(6.8)	186.5(4.6)	—	—	—
Mean(S.D.)						

n=8, *: 5% 危険率にて有意差あり, —: 有意差なし

なる。しかし、短時間の高強度運動を適度な休息をはさんで反復する場合には、長時間にわたって高い筋パワーの発揮が可能となる。これは、運動期に消耗した ATP (アデノシン三リン酸) や CP (クレアチンリン酸) および O_2 ストアを休息期に有酸素系のエネルギーによって回復させ、次の運動に再利用するからであり、したがって、大部分のエネルギーは有酸素系から供給されているということになり、このような間欠的な全力運動パフォーマンスは、無酸素系の能力と有意な相関を示さず、有酸素系の能力と有意な相関を示す⁷⁰⁾。また、休息期にも軽運動を行うという、スポーツの場面に近い運動様式で間欠的な全力運動を行っ

た時のパフォーマンスにも、有酸素系の能力の方が高い関連をもつ⁷⁰⁾といわれている。ボクシング、ラクビー、アメリカンフットボールなどのコンタクトスポーツは間欠的運動の代表例であり、これらの選手は無酸素系の能力に加えて、有酸素系の能力に優れることも必要である。この観点から、マウスプロテクター装着が有酸素系の運動能力に及ぼす影響について検討することは、非常に重要であると考えられる。

Francis ら⁴⁴⁾は、17 名の被験者に 3 種類の市販のマウスプロテクターを装着させて自転車エルゴメータによる重度の運動負荷試験を行わせたところ、マウスプロテクター非

表 3 $VO_2\max$, the time of appearance of $VO_2\max$, the time of reaching All-out and their results of t-test
 $VO_2\max$, $VO_2\max$ 発現時間, All-out 到達時間および t-検定結果

	$VO_2\max$ (ml/min)			$VO_2\max$ 発現時間 (sec)			All-out 到達時間 (sec)		
	NO	ST	CM	NO	ST	CM	NO	ST	CM
被験者 a	3,370	3,829	3,829	711	788	837	840	846	862
被験者 b	3,474	3,259	3,572	810	762	782	832	792	828
被験者 c	3,780	3,689	3,808	873	864	840	918	873	930
被験者 d	3,730	3,525	3,492	783	815	792	835	857	824
被験者 e	3,415	3,522	3,490	983	926	966	997	1,012	980
被験者 f	3,642	3,488	4,021	907	769	846	929	846	863
被験者 g	3,281	3,392	3,149	840	787	820	873	804	828
被験者 h	3,499	3,653	3,723	750	765	781	815	835	840
Mean (S.D.)	3,523.9 (177.1)	3,544.6 (178.2)	3,635.6 (268.8)	832.1 (88.1)	809.5 (57.8)	833.0 (59.8)	879.9 (62.9)	858.1 (67.6)	869.4 (56.5)

	t-検定結果		
	NO-ST	NO-CM	ST-CM
$VO_2\max$	—	—	—
$VO_2\max$ 発現時間	—	—	—
All-out 到達時間	—	—	—

—: 有意差なし

マウスプロテクター装着による息苦しさ (NO に比して)

マウスプロテクター装着による異物感 (NO に比して)

All-out 到達時間における疲労感

図 7 The results of the questionnaire
 アンケート結果

装着時に対し, 各々のマウスプロテクター装着時では, 換気量および酸素摂取量が有意に減少したと報告している。近藤ら⁴⁹⁾もまた, 2 名の被験者にカスタムメイドタイプの

マウスプロテクターを装着させてトレッドミルによる運動負荷試験を行わせたところ, マウスプロテクター装着時において 1 回換気量および酸素摂取量が有意に減少したと報告している。一方山本ら⁴⁸⁾は, 8 名の被験者に上下顎を被覆するタイプのマウスプロテクターを装着させてトレッドミルによる運動負荷試験を行わせたところ, マウスプロテクター装着時において換気量は減少したが, 酸素摂取量はいって増大傾向を示したと報告している。また森永ら^{45,46)}は, 被験者にいくつかの運動を行わせ, 血液ガス分析などによる心肺機能の測定をしたところ, 100 m, 300 m, 2 km 疾走直後においては, マウスプロテクター装着時と非装着時における著明な差は認められなかったと報告している。

このようにマウスプロテクターの装着が選手心肺機能に及ぼす影響に関しては, さまざまな異なる結果の報告がみられ, 今後この問題を究明するためには, マウスプロテクターの形態, 運動負荷の方法などについて慎重に検討を重ねていく必要があると思われ, その一助として本研究を企画した。

1. 研究方法について

1) マウスプロテクターについて

マウスプロテクターは, その製作方法や被覆する部分により, さまざまなタイプに分類することができ, それぞれが異なる形態や適合性を呈している。そのため, 装着するマウスプロテクターのタイプによって, 呼吸機能に及ぼす影響に変化がみられることも考えられる。そこで今回は, わが国において一般的である上顎のみを被覆するタイプの

マウスプロテクターのうち、最も適合が不良であるストックタイプと、最も適合が良好なカスタムメイドタイプの2種類のマウスプロテクターを選択した。

また、カスタムメイドタイプのマウスプロテクターの設計に関しては、さまざまな報告^{33,41,51,52)}があり、スポーツの種類によっても、形態は若干異なってくる³³⁾とされているが、本研究においては、マウスプロテクターの維持安定や、厚さと静的荷重時の様相および衝撃吸収能^{17,18)}などについて十分考慮した上で、可及的に小さくなるように設計した。

2) 心肺機能の指標について

有酸素系の能力は、一般に $VO_2\max$ によって評価されることが多い。安静から運動に移ると、酸素摂取量は増加するが、運動強度と酸素摂取量は比例して、運動を強くするほど酸素摂取量は大きくなる傾向にある⁷¹⁾。この運動による心肺機能への作用機序としては、心拍出量の増大と組織での酸素需要増加による動静脈酸素較差の増大、この両者の積としての酸素摂取の増大がもたらされ、酸素償却と運動エネルギー生成が可能になるわけである⁷²⁾。心拍出量は、1回拍出量と1分間の心拍数の積であるから、酸素摂取量と心拍数には高い相関性があるといえる。また、酸素摂取量に影響を及ぼす因子の1つに換気量があり⁷³⁾、分時換気量は1回換気量と1分間の呼吸数の積で表される。

以上のことより、心肺機能を総合的に分析するために、測定項目は、呼吸数、分時換気量、酸素摂取量および心拍数の4項目を選択した。

なお、 $VO_2\max$ の測定には被験者の最大努力を要し、当然ながら危険を伴う⁷⁴⁾ので、測定中における被験者の安全管理は必須の条件である。そこで本研究では、最も一般的である心電図、血圧、心拍数の動態を監視することにより、運動負荷における安全面に留意した。

3) 持久力の指標について

持久性は、局所持久性と全身持久性に区別され、前者は筋持久性であり、後者は心肺機能をはじめとする全身の器官を含んだ持久性である。この全身持久性の能力(有酸素的作業能力あるいは狭義の体力)を表す最もよい指標として、 $VO_2\max$ ⁷⁵⁾ が国際的にも広く用いられている。また、持久力が向上すると、 $VO_2\max$ 発現時間や All-out 到達時間が延長する傾向にあり、これらも持久力の指標の1つである考えられる。

4) 運動負荷について

運動負荷試験には、マスターの2段階試験、トレッドミル、自転車エルゴメータ、ハンドグリップ試験、踏み台昇降などがあり^{76,77)}、心肺機能測定においては、トレッドミルや自転車エルゴメータによる方法がよく用いられている。このうち、トレッドミルによる運動負荷は、装置が大きいことや上体の動きがあることなどの欠点はあるもの

の、歩く、走るといった単純運動であり、また動員する筋肉量も多いことから、 $VO_2\max$ を測定する点で最も目的にかなっている⁷³⁾。また、トレッドミルにより求めた $VO_2\max$ は、自転車エルゴメータによって求めたものに比較して、10~20% 高く得られることが知られている^{73,75)}。

トレッドミルにおける運動負荷のプロトコールにはさまざまなものがある。中でも Bruce 法は、健康者から心疾患患者までその対象を非常に幅広く想定したプロトコール⁷⁸⁾であり、負荷量も十分である⁷⁹⁾が、傾斜が大きくなると前脛骨筋の負担が急激に増加し、心肺機能に余裕があるにもかかわらず、局所疲労によって運動を持続できなくなることがある^{78,80)}。 $VO_2\max$ の測定には、全身の筋肉の動員に伴った呼吸循環系の All-out 到達時間までの測定が必要であり、限局した筋肉疲労のために運動を止めた場合には $VO_2\max$ は得られない⁷³⁾とされている。しかしながら、持久力に優れた選手を短時間で All-out に到達させるためには、どうしても傾斜を大きくして負荷量を増さざるをえない⁷³⁾という報告もあることから、本研究における Bruce 法の選択は有効であると思われる。

そこで本研究では、トレッドミルを用いて Bruce のプロトコールにより運動負荷試験を行った。

2. 成績について

これまで、アンケート^{34~40)}による選手の主観的な意見では、適合不良なマウスプロテクターを装着すると呼吸の困難を強く感じることから、場合によっては、マウスプロテクターが呼吸の流れを阻害し、プレーヤーの換気機能に何らかの障害が生ずることもあると考えられてきた。また、肺疾患患者においても、一部の例外を除き、運動能力は主として呼吸機能により制限される⁸¹⁾ため、マウスプロテクター装着による心肺機能への影響があると仮定するならば、肺疾患患者におけるそれと類似しているのではないかと考えられる。

一般に、分時換気量は1回換気量と1分間の呼吸数の積で示されるので、1回換気量の増加が制限される拘束性肺疾患患者では、換気量の増大を図るためには呼吸数を増加させなければならず、換気能力に限界が生ずる⁸²⁾といわれている。また、慢性閉塞性肺疾患患者では、気道抵抗の上昇のために運動時の換気能力が制限され、閉塞性障害が強いほど最大換気量や $VO_2\max$ は低下する⁸³⁾ことが知られている。換気量が限界となった慢性閉塞性肺疾患患者においては、換気能力を向上させるために、pursed lips breathing (PLB) と呼ばれる口唇をすぼめる呼吸がよくみられ、これにより、呼吸数は減少し、1回換気量は増大する。その結果、肺泡換気量が増大し、所定量の酸素を吸収することが可能となる⁸⁴⁾。また、肺疾患患者への運動負荷による心肺機能の評価について、井尻ら⁸⁵⁾は、肺疾患患

者において、運動持続時間および運動時の心拍数は、健康人に対して有意に小さな値を示すと報告している。

マウスプロテクター装着に伴い、口腔内のスペースが狭くなることにより、気道の抵抗が増すと考えるならば、本研究で測定した心肺機能の指標においても、肺疾患患者と同様な変化が何かしらみられるはずである。しかしながら、呼吸数、分時換気量、酸素摂取量および心拍数のいずれにおいても、各条件間で有意な差がみられなかったことから、マウスプロテクターの装着による口腔内の狭小化は、気道を狭くして換気機能に影響を及ぼすほどの因子にはなり得ないと推察できる。また、心肺機能の指標に変化がみられなかったために、持久力の指標である $VO_2\max$ 、 $VO_2\max$ 発現時間および All-out 到達時間においても有意な差が認められなかったのではないかと考えられる。

以上より、トレッドミルにおけるランニング運動に関しては、マウスプロテクターの装着が心肺機能、さらには持久性運動能力に及ぼす影響はほとんどないものと考えられる。また、総合的な運動能力に関しては、マウスプロテクター装着による筋力への影響^{23,24)}なども含め、アネロビックパワーを考慮したうえで検討を行う必要があると思われる。

実際の競技においても、選手が All-out まで運動を行うことはほとんどないことから、その形態にかかわらず、マウスプロテクターの装着が心肺機能に悪影響を及ぼすことはないと思われる。しかしながら、心肺機能には影響がないとはいえ、どのような形態のマウスプロテクターを装着しても、プレーヤーのパフォーマンスに悪影響を及ぼすことはないということは考えにくい。

アンケートの結果をみても、CM においてはほとんどの被験者が息苦しさを感じないのに対して、ST では非常に息苦しいと感じることが明らかであり、このため、現在コンタクトスポーツ界において、ほとんどのプレーヤーが使用しているような適合が不良な市販のマウスプロテクターでは、競技中に、息苦しさが選手の集中力を乱してしまう可能性があり、これがスポーツパフォーマンスに影響することと考えられる⁸⁶⁾。また、装着感においては、すべての被験者が ST において非常に異物感があると回答しており、下顎の安定度なども含めて総合的に判断すると、今後、マウスプロテクターの義務化に関する啓蒙活動に際して、カスタムメイドタイプのマウスプロテクターを強く推奨することが必要であると思われる。

V. 結 論

顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究の 1 項目として、マウスプロテクター装着の有無およびその形態の相違が、心肺機能ならびに持久力に及ぼす影響について、健康者 8 名を対象に、トレッドミルを用いて Bruce

のプロトコルによる運動負荷試験を行い、心肺機能の指標、持久力の指標およびマウスプロテクター装着による息苦しさや異物感などについてのアンケート結果から比較、検討したところ、以下の結論を得た。

1. 心肺機能の指標について

呼吸数、分時換気量、酸素摂取量および心拍数は、運動負荷時間の経過とともに増加する傾向であったが、マウスプロテクター非装着時、ストックタイプおよびカスタムメイドタイプのマウスプロテクター装着時のいずれの条件間にも、著明な相違は認められなかった。

2. 持久力の指標について

最大酸素摂取量ならびにその発現時間および被験者が自主的に運動負荷中止を要求するまでの時間は、マウスプロテクター非装着時、ストックタイプおよびカスタムメイドタイプのマウスプロテクター装着時のすべての条件においてほぼ同じ値を示した。

3. アンケートについて

ストックタイプのマウスプロテクター装着時において、すべての被験者が測定中に非常に息苦しかったと回答したが、カスタムメイドタイプのマウスプロテクター装着時では、マウスプロテクター非装着時と比較して、多少異物感はあるものの、息苦しさを感じた者はほとんどいなかった。

以上のことから、上顎型マウスプロテクターの装着は、心肺機能、さらには持久力に障害を及ぼすことはほとんどないことが明らかとなり、コンタクトスポーツにおけるマウスプロテクターの装着は有効であると思われるが、アンケート結果から、ストックタイプよりも、カスタムメイドタイプのマウスプロテクターを装着することが望まれる。

稿を終るにあたり、本研究に際して終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました日本大学歯学部大木一三教授に深甚なる謝意を表します。また、ご専攻の立場から懇切なるご教示を頂きました日本大学歯学部角野隆二教授、森谷良彦教授、五十嵐孝義教授に心より感謝いたすとともに、本研究にあたり直接ご指導頂きました石上恵一助手、武田友孝助手に感謝の意を表します。また、本研究に多大なるご協力を頂きました東京医科大学衛生学公衆衛生学教室岩根久夫教授、勝村俊仁助教授、浜岡隆文先生をはじめとする衛生学教室員各位に感謝の意を表します。最後に、終始ご協力を頂きました補綴学教室員各位、補綴学専攻大学院生各位ならびに被験者各位に感謝の意を表します。

なお、本論文の一部は、第 50 回日本体育医学会大会（平成 7 年 9 月 15, 16, 17 日、福島）および第 94 回日本補綴歯科学会学術大会（平成 7 年 10 月 27, 28 日、倉敷）にて発表した。

文 献

- 1) 大久保信一, 福田寿男, 山本為之ほか. マウスピースの歯科学的研究 第II報 其の応用について. 大日本歯科医学会雑誌 3: 65-71, 1960.
- 2) Hickey JC, Morris AL, Carlson LD et al. The relation of mouth protectors to cranial pressure and deformation. J Am Dent Assoc 74: 735-740, 1967.
- 3) Godwin WC, Craig RG. Stress transmitted through mouth protectors. J Am Dent Assoc 77: 1316-1320, 1968.
- 4) Bishop BM, Davies EH, von Fraunhofer JA. Materials for mouth protectors. J Prosthet Dent 53: 256-261, 1985.
- 5) Going RE, Loehman RE, Chan MS. Mouthguard materials: their physical and mechanical properties. J Am Dent Assoc 89: 132-138, 1974.
- 6) Wilkinson EE, Powers JM. Properties of stock and mouth-formed mouth protectors. J Mich Dent Assoc 68: 83-87, 1986.
- 7) Wilkinson EE, Powers JM. Properties of custom-made mouth-protector materials. The Physician and Sports-medicine 14: 77-84, 1986.
- 8) Chaconas SJ, Caputo AA, Bakke NK. A comparison of athletic mouthguard materials. Am J Sp Med 13: 193-197, 1985.
- 9) 野村栄一. エチレン酢酸ビニル系軟性樹脂の歯科的応用について 特に, マウスプロテクターの試作に関する基礎的研究. 日大歯学 45: 294-307, 1971.
- 10) 前田憲昭, 尾上祐悦, 堤 定美ほか. 顎顔面骨の骨折に関する生体力学的研究 第2報 マウスガードの開発. 日口外誌 34: 205-213, 1988.
- 11) 西川修弘, 豊田将盟, 星野浩之ほか. 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究 II-16 マウスプロテクター用材の基礎的検討 (その4). 日大歯学 67: 503, 1993.
- 12) 前田守隆. マウスプロテクターに関する研究—ポリオレフィン系材の物性について—. 補綴誌 38: 372-382, 1994.
- 13) 須山礼吉. 交通事故における頭部外傷の社会医学的研究—下顎に対する衝撃実験—(第4報) (模型における頭蓋腔内容物の検討とマウスピースの効果について). 日大歯学 51: 302-312, 1977.
- 14) 山本鉄雄. マウスプロテクターの機能に関する研究 第1報 衝撃吸収試験からの考察. 鶴見歯学 15: 335-342, 1989.
- 15) 熊澤裕子. ヒト乾燥頭蓋における咬合力の減衰に関する研究—マウスガードの影響—. 神奈川歯学 26: 412-419, 1992.
- 16) 西川修弘, 武田友孝, 月村直樹ほか. 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究 II-21 マウスプロテクターにおける衝撃吸収能について (その2). 補綴誌 37・90 回特別号: 88, 1993.
- 17) 石島 勉, 月村雅史, 山口敏樹ほか. カスタムメイド・マウスガード材料に関する基礎的研究 第2報 衝撃吸収能について. 補綴誌 36: 361-366, 1992.
- 18) 石島 勉, 平井敏博, 齊藤 実ほか. カスタムメイド・マウスガード材料に関する基礎的研究 第1報 厚さについて. 補綴誌 36: 116-125, 1992.
- 19) 柴村 勲, 前田芳信, 尾上祐悦ほか. T-Scan system の臨床応用に関する研究 第2報—マウスガードの形態が咬合力の分布に与える影響—. 阪大歯学誌 35: 441-446, 1990.
- 20) 前田芳信, 柴村 勲, 尾上祐悦ほか. マウスガードの装着が咬合力の分布に与える影響. 阪大歯学誌 35: 557-563, 1990.
- 21) 石上恵一, 武田友孝, 大木一三. マウスプロテクター使用効果の一考察. 東京都歯科医師会雑誌 39: 643-652, 1991.
- 22) 前田芳信, 柴村 勲, 池原晃生ほか. マウスガードの装着が顎口腔系に与える影響 第1報 筋活動ならびに下顎位について. 補綴誌 37: 18-25, 1993.
- 23) 依田慶正, 鈴木 潔, 芝 博彦ほか. マウスガード装着による全身の筋力への影響. 補綴誌 38: 1137-1149, 1994.
- 24) 山本鉄雄, 小林文隆. マウスプロテクターが競技者の運動能力に及ぼす影響 第1報 筋力への効果について. 補綴誌 39: 696-703, 1995.
- 25) Jagger RG, Clarke DA. Mouthguards for contact sports. Dental Technician 27: 88-90, 1974.
- 26) 前田芳信, 柴村 勲. マウスガードの機能と装着による影響. 歯科ジャーナル 36: 525-535, 1992.
- 27) 石島 勉, 平沼謙二. マウスガードからみたスポーツ歯学に対する考え方. 歯界展望 75: 935-951, 1990.
- 28) Stenger JM, Lawson EA, Wright JM et al. MOUTH-GUARDS: Protection against shock to head, neck and teeth. J Am Dent Assoc 69: 273-281, 1964.
- 29) Wehner PJ, Henderson D. Maximum prevention and preservation: An achievement of intraoral mouth protectors. Dent Clin North Am (July): 493-498, 1965.
- 30) Nicholas NK. Mouth protection in contact sports. NZ Dent J 65: 14-24, 1969.
- 31) Riviere GR, Williams TP, Douglas BL. Past and present applications of the mouth protector. J Dent Child 33: 368-374, 1966.
- 32) Adamkin DH. Medical care of the athlete. Am J Dis Child 32: 181-187, 1978.
- 33) 大山喬史, 篠塚 修, 鈴木るりほか. コンタクトスポーツにおけるカスタムメイドマウスガード. 日歯医師会誌 44: 576-586, 1991.
- 34) 尾上祐悦, 前田憲昭, 石川俊明ほか. 顔面骨の骨折に関する生体力学的研究—第3報 マウスガードの実用化研究 (アンケート調査を中心として)—. 日口外誌 34: 1275-1282, 1988.
- 35) 石島 勉, 齊藤 実, 朝比奈義明ほか. 口腔領域のスポーツ外傷とマウスガードに関する調査. 愛院大歯誌 27: 673-686, 1989.
- 36) 石島 勉, 山口敏樹, 月村雅史ほか. マウスガードの使用とその外傷防止効果—北海道学生アメリカンフットボール選手における調査—. 東日本歯学雑誌 10: 85-94, 1991.
- 37) 佐藤武司, 片山幸太郎, 石上恵一ほか. アメリカンフットボール (一学生チーム) におけるマウスプロテクターの調査, 報告. 防衛衛生 39: 93-97, 1992.
- 38) 石上恵一, 月村直樹, 島田 淳ほか. アメリカンフットボールチームにおけるマウスプロテクターのアンケート報告. 臨床ス

- スポーツ医学 12:178-181, 1995.
- 39) 外川 正. マウスガード普及講演に対するリアクション—高等学校ラグビー部を対象として—. 歯科評論 599:191-195, 1992.
 - 40) 荒川浩久, 飯塚喜一, 荒川秀樹ほか. 某社会人ラグビー部員を対象としたマウスガードに関する実態調査. 湘南短期大学紀要 2:11-17, 1991.
 - 41) 黒木正克, 郷上 勲, 黒木克哉. スポーツ (とくにボクシング) に使用するマウスピース ボクサーとしての経験を生かして. QE 11:2343-2348, 1992.
 - 42) Turner CH. MOUTH PROTECTORS. Br Dent J 143:82-86, 1977.
 - 43) Guevara PA, Ranalli DN. Techniques for mouthguard fabrication. Dent Clin North Am 35:667-682, 1991.
 - 44) Francis KT, Brasher J. Physiological effects of wearing mouthguards. Br J Sp Med 25:227-231, 1991.
 - 45) 森永順子, 富田正博, 安光浩一ほか. スポーツ外傷予防のためのマウスガードが心肺機能に及ぼす影響. 日口科誌 38:1374, 1989.
 - 46) 森永順子, 小河清裕, 林 升ほか. スポーツ外傷予防のためのマウスガードが心肺機能に及ぼす影響 (第2報). 日口外誌 35:3214, 1989.
 - 47) 本田武司, 下田恒久, 福富義一ほか. スポーツ外傷予防のためのマウスガード普及に関する検討. 日口外誌 38:160, 1992.
 - 48) 山本鉄雄, 小林文隆, 弘 卓三. マウスプロテクターの機能に関する研究 第4報 臨床応用からの考察 (2). 補綴誌 36・88 回特別号:121, 1992.
 - 49) 近藤剛史, 谷口 尚, 篠塚 修ほか. マウスガードが換気機能に及ぼす影響. 第6回 日本スポーツ歯学会学術大会—プログラム・抄録集—:31, 1995.
 - 50) 西川修弘, 小川 透, 中島一憲ほか. 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究 II-25 マウスプロテクター装着が呼吸機能および心拍数に及ぼす影響. 補綴誌 38・92 回特別号:192, 1994.
 - 51) 池田守男. マウスガード製作のための技工操作. 歯科技工 21:581-588, 1993.
 - 52) 石上恵一, 武田友孝, 大木一三. スポーツ歯学別冊:マウスプロテクター・ポケット知識—スポーツデンティストのために—9-11, 東京:医学情報社, 1994.
 - 53) Bruce RA, Blackmon JR, Jones JW. Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients. Pediatrics 32:742-756, 1963.
 - 54) Cathcart JF. MOUTH PROTECTORS for contact sports. Dental Digest 57:346-348, 1951.
 - 55) Watts G, Woolard A, Singer CE. Functional mouth protectors for contact sports. J Am Dent Assoc 49:7-11, 1954.
 - 56) Editorials. Football's dental injuries: another problem for the dentist. J Am Dent Assoc 49:230-231, 1954.
 - 57) Thomson JC. Mouth protectors for amateur boxers. Br Dent J 20:253-254, 1962.
 - 58) Bureau of Dental Health Education and Bureau of Economic Research and Statistics. Mouth protectors:1962 and the future. J Am Dent Assoc 66:539-543, 1963.
 - 59) Bureau of Dental Health Education and Bureau of Economic Research and Statistics. Evaluation of mouth protectors used by high school football players. J Am Dent Assoc 68:430-442, 1964.
 - 60) Nachman BM, Smith JF, Richardson FS. Football players' opinions of mouthguards. J Am Dent Assoc 70:62-69, 1965.
 - 61) Godden LJ. The importance of mouthguards. Br Dent J 120:399, 1966.
 - 62) Heintz WD. Mouth protectors: a progress report. J Am Dent Assoc 77:632-636, 1968.
 - 63) Heintz WD. The case for mandatory mouth protectors. The Physician and Sportsmedicine 3:61-63, 1975.
 - 64) Nicholas NK. Mouthguards in sport. NZ Med J 84:31, 1976.
 - 65) Adams B. A mouthguard project in Christchurch. NZ Dent J 74:90-91, 1978.
 - 66) Seals RR Jr, Dorrough BC. Custom mouth protectors: A review of their applications. J Prosthet Dent 51:238-242, 1984.
 - 67) Chapman PJ. Improved mouthguard design for the edentulous sportsman. Aust Dent J 30:86-88, 1985.
 - 68) 池上晴夫. 運動生理学 36-38, 東京:朝倉書店, 1987.
 - 69) 青木純一郎. 運動の種目特性—有酸素運動. 現代医療 24:607-610, 1992.
 - 70) 山本正嘉. 酸素供給能から見たアネロビック・エクササイズ. 体育の科学 43:341-349, 1993.
 - 71) 池上晴夫. 運動処方 理論と実際 92-95, 東京:朝倉書店, 1982.
 - 72) 浅野勝己. 運動が心肺機能にあたる効果. 体育の科学 35:747-759, 1985.
 - 73) 山崎 元. 体力の指標—最大酸素摂取量と無酸素性作業閾値—. 慶應保健 7:5-16, 1988.
 - 74) 藤牧利昭. スポーツ科学における最大酸素摂取量, 無酸素性作業閾値. 運動生理 5:101-106, 1990.
 - 75) 宮村実晴. 最大酸素摂取量測定の見直し. 体育の科学 36:358-364, 1986.
 - 76) 川久保 清. 運動負荷試験. 臨床スポーツ医学 7 臨時増刊号:137-140, 1990.
 - 77) 中村隆一. 基礎運動学 275-277, 東京:医歯薬出版, 1992.
 - 78) 多田羅勝義, 松岡 優, 黒田泰弘ほか. Bruce 法による運動負荷時の酸素摂取量および心拍数時系列変化に関する研究 第1編 正常者における検討. 日本小児科学会雑誌 97:1805-1811, 1993.
 - 79) 中村久子, 大森政幸, 世戸弘美ほか. エルゴメータとトレッドミル運動負荷の比較—呼気ガス分析を用いた検討—. 医学検査 40:545, 1991.
 - 80) 吉岡伸彦. 最大酸素摂取量. 臨床スポーツ医学 7 臨時増刊号:20-23, 1990.
 - 81) Wait J. Cardiopulmonary stress testing. A review of noninvasive approaches. Chest 90:504-510, 1986.
 - 82) Spiro SG, Dowdeswell IRG, Clark TJH. An analysis of sub-maximal exercise response in patients with sarcoidosis and fibrosing alveolitis. Br J Dis Chest 75:169-180, 1981.

- 83) Thoman RL, Stoker GL, Ross JC. The efficacy of pursed-lips breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Resp Dis* 93 : 100-106, 1966.
- 84) Ingram RH, Schilder DP. Effect of pursed lips expiration on the pulmonary pressure-flow relationship in obstructive lung disease. *Am Rev Resp Dis* 96 : 381-388, 1967.
- 85) 井尻 裕, 浅川哲也, 渡辺雄一郎ほか. 運動負荷に対する心拍数ならびに呼吸数の反応による心肺機能の評価についての検討. *日本臨床生理学会雑誌* 22 : 17-25, 1992.
- 86) 杉原 隆. スポーツにおける精神集中. *臨床スポーツ医学* 5 : 1233-1239, 1988.