

スポーツパフォーマンスに与えるマウスガードの影響についての研究
～動体視力、平衡機能、自律神経系に及ぼす影響への検証と考察～

研究代表者:石田 純一

【目次】

| | |
|---------------------------|---------|
| 要約 |2 |
| 緒言 |3 |
| 実験Ⅰ:マウスガード装着が動体視力に与える影響 |4 |
| 目的 | |
| 対象と方法 | |
| 結果 | |
| 考察 | |
| 実験Ⅱ:マウスガード装着が自律神経活動に与える影響 |10 |
| 目的 | |
| 対象と方法 | |
| 結果 | |
| 考察 | |
| 実験Ⅲ:マウスガード装着が体平衡機能に与える影響 |14 |
| 目的 | |
| 対象と方法 | |
| 結果 | |
| 考察 | |
| 結語 |18 |
| 参考文献 |19 |

スポーツパフォーマンスに与えるマウスガードの影響についての研究
～動体視力、平衡機能、自律神経系に及ぼす影響への検証と考察～

石田純一¹⁾、今井裕一郎¹⁾、長谷川達央²⁾、和田佳郎²⁾

要約

マウスガードはスポーツ中の口腔、顎顔面外傷の予防を目的として使用される。近年、マウスガードを装着することが筋力、体平衡機能、瞬発力、集中力といったスポーツパフォーマンスに影響を与えるという研究結果が報告されている¹⁾。その内容はMG装着によりスポーツパフォーマンスが向上するというものが多いが、低下するという報告もみられ、未だ明確な結論は見出されていない。そこで本研究では、スポーツパフォーマンスに関連する動体視力、自律神経活動、体平衡機能の3つの機能に焦点を絞り、MG装着の効果を生理学的に検証した。

動体視力に関しては約2/3の被験者はマウスガードを装着することにより、頭部回転運動中の動体視力が向上した。しかし、残りの被験者は同様の条件で動体視力が低下し、マウスガード装着により不快感を訴えた者が多かったことから、マウスガード装着による快・不快と自律神経活動との関係について検証した。自律神経活動に関しては、マウスガード装着により強い不快感が生じた場合、交感神経活動および副交感神経活動の両方が亢進し、不快感の小さいものは交感神経活動が亢進し、副交感神経活動が抑制される傾向がみられた。体平衡機能に関しては、マウスガード装着により身体の動揺が大きくなる傾向がみられた。

本実験より、マウスガードの装着がスポーツパフォーマンスに影響を与えている可能性が強く示唆された。しかし、必ずしも競技能力にプラスに働くというわけではなくマイナスに働く場合もあり、その効果については個人差がみられた。マウスガードがスポーツパフォーマンスに影響を与えるメカニズムについては、今後さらなる検証が必要であると考えられた。

1) 奈良県立医科大学口腔外科

2) 奈良県立医科大学第一生理学講座

緒言

スポーツにおける口腔内および顎骨に対する傷害の予防に、マウスガード(図 1)が有効であることが報告されている²⁾³⁾。近年、マウスガード装着がスポーツパフォーマンスに影響を与えるという、副次的な面が注目されている。具体的には、マウスガード装着により筋力、体平衡機能、全身反応時間、瞬発力などに影響を及ぼすとする報告がみられる。しかし、マウスガードがスポーツパフォーマンスの向上に有効であるというものからマイナスの影響を及ぼすというものまで内容は様々であり、科学的な証明や生理学的なメカニズムを解明するには至っていない。そこで本研究ではスポーツパフォーマンスの中でも動体視力、体平衡機能、自律神経活動の3つに焦点を絞り、未知の部分が多いマウスガード装着の効果を生理学的に検証した。



図 1

実験 I : マウスガード装着が動体視力に与える影響

目的:

球技系のスポーツや打撃を伴う格闘技系のスポーツでは、高速で運動する対象物を正確にとらえる能力が要求される。この能力は動体視力(DVA)と呼ばれ、スポーツ選手の競技能力を決定する重要な要素の一つである。そこで本研究ではまず動体視力に着目しマウスガード装着による影響を検証した。

対象:

対象は健康成人男性 14 名、年齢は 18~33 歳(平均 23.9 歳)であった。

方法:

〈マウスガード〉

マウスガードには様々な種類があり、本邦で主に普及しているマウスガードには温水に漬けて軟化したものを口腔内に咬んで成型するマウスフォームタイプと、個々に印象採得し、歯列模型上で製作するカスタムメイドタイプがある。今回は、より適合や使用感が良いとされるカスタムメイドタイプのものを使用することにした。材料についてはマウスガードの製作に最も多く使用されているエチレン酢酸ビニル共重合体(EVA)を用い、シート材の厚みは 3 mmとした。マウスガードの形態は成形後、十分放置冷却後に外形の後縁は第一大臼歯遠心まで、唇・頬側は小帯を十分に避けて歯頸部から4mm とし、口蓋側は歯頸部ラインに沿ってトリミングを行った⁴⁾(図 2)。

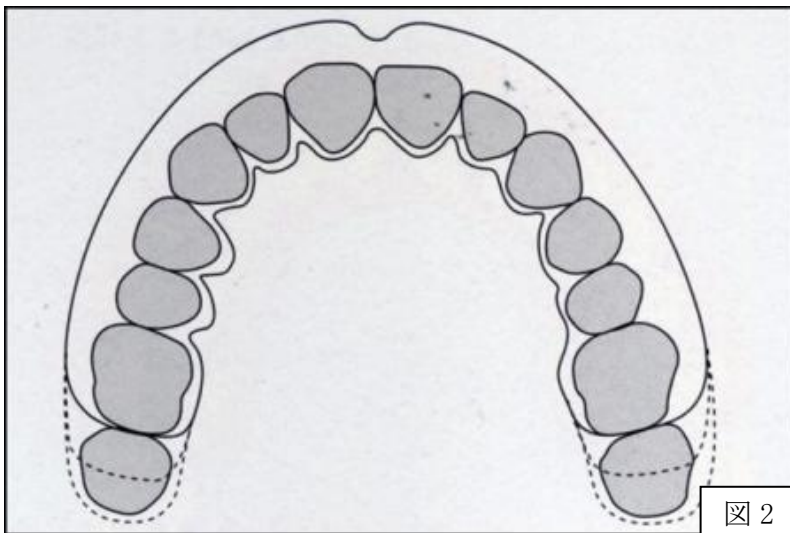


図 2

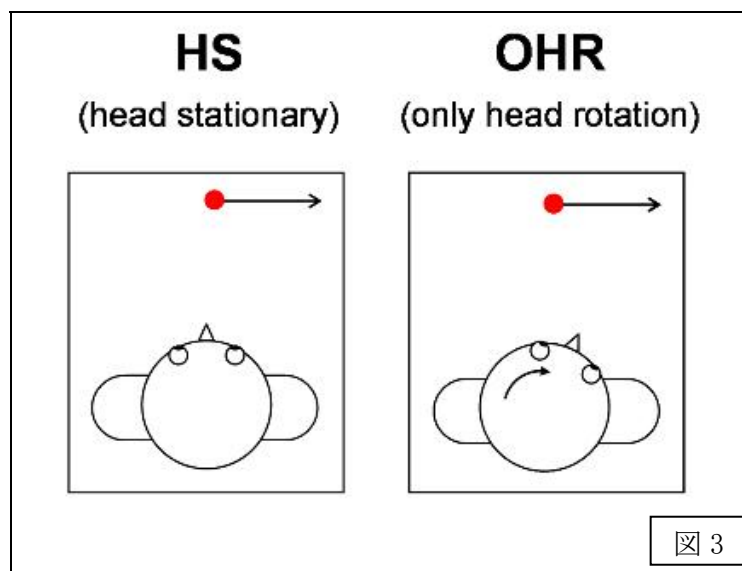
《マウスガードデザイン》

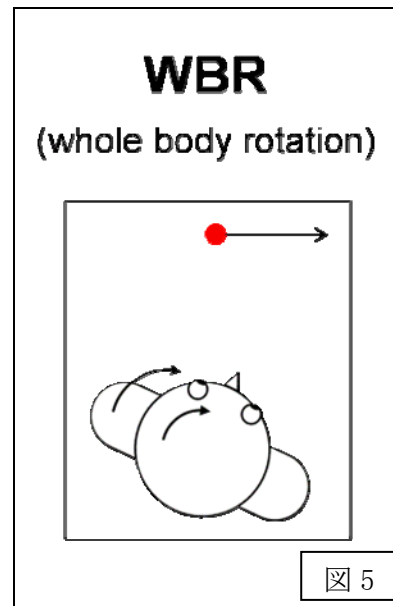
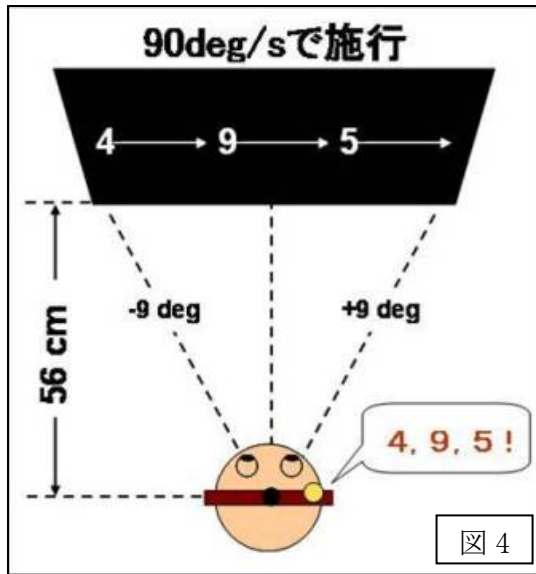
〈実験1〉

被験者にマウスガード装着、マウスガード非装着条件で頭部固定(HS)と頭部回転運動条件(OHR)に分けて(図3)、30回ずつ刺激提示(予告として、数字が現れる4秒前にビープ音を鳴らし、2秒前と1秒前に左9度の位置にspotを点灯させ、CRTディスプレイに数字は90度/秒の速度でランダムに左9度から右9度の18度の距離を6度間隔で変化しながら等速運動)させ、数字を追うように指示した。毎回、数字を3つ提示させ、数字とその順番が一致している場合のみを正答として動体視力スコアを評価した(図4)。さらに咬合感圧フィルム(デンタルプレスケール30H-W)と咬合力測定システム(オクルーザーFPD-703)にて咬合力を測定し、動体視力との相関を調べた。また、ジャイロセンサーシステムによる頭部回転運動の測定、ゴーグル式の眼球運動測定装置(Orbit, Permobil Meditech, Timra, Sweden)による眼球運動の測定および咬筋、後頸筋の筋電図活動の記録も同時に行った⁵⁾。

〈実験2〉

実験1の結果を踏まえ、動体視力が向上した群に体幹と頭部を同時に回転させた条件(WBR)で同様の実験を行い、眼球速度と頭部回転運動速度の関係を検証した(図5)。

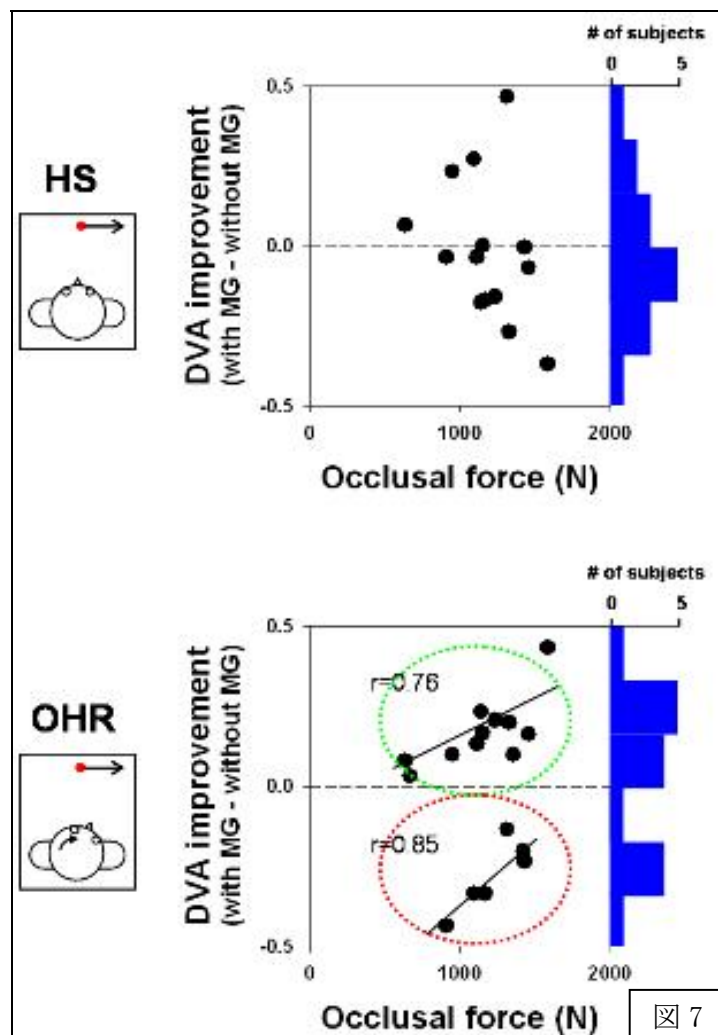
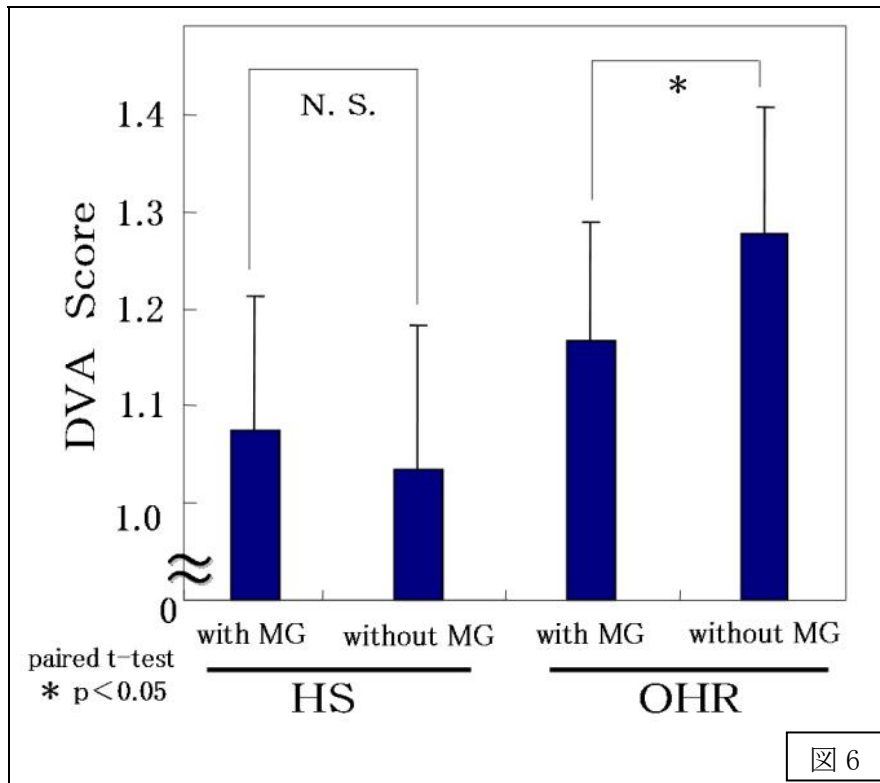


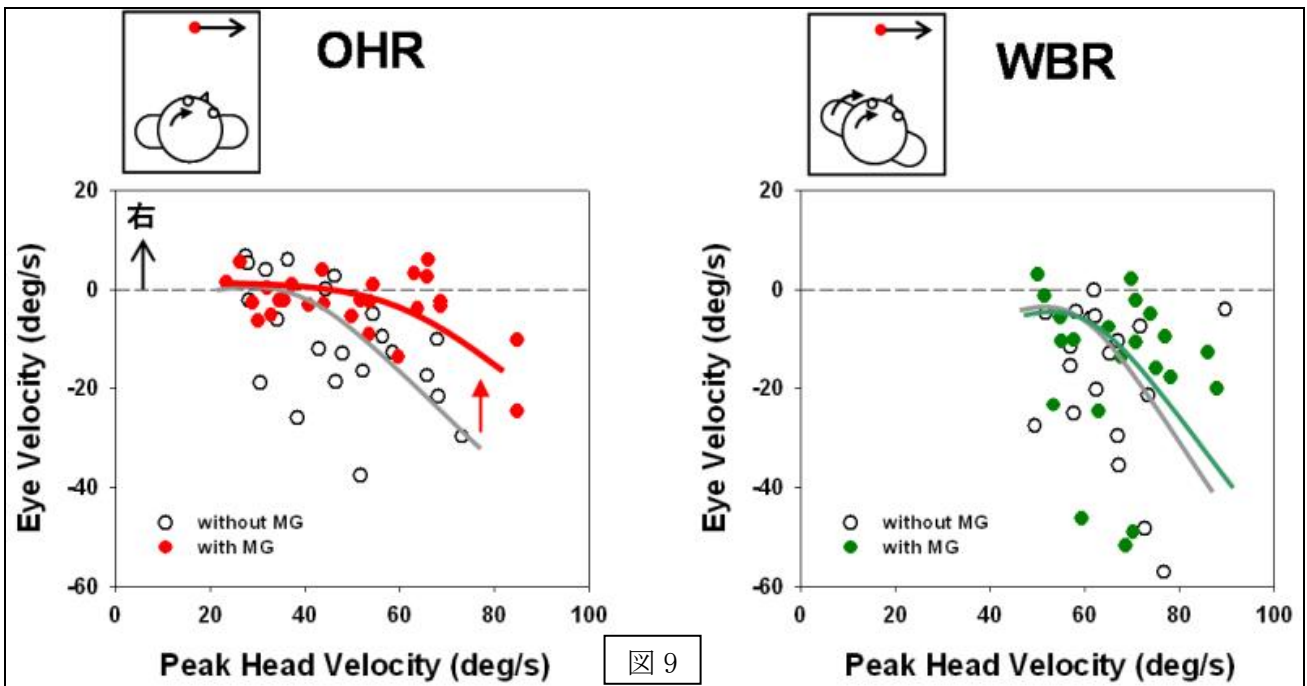
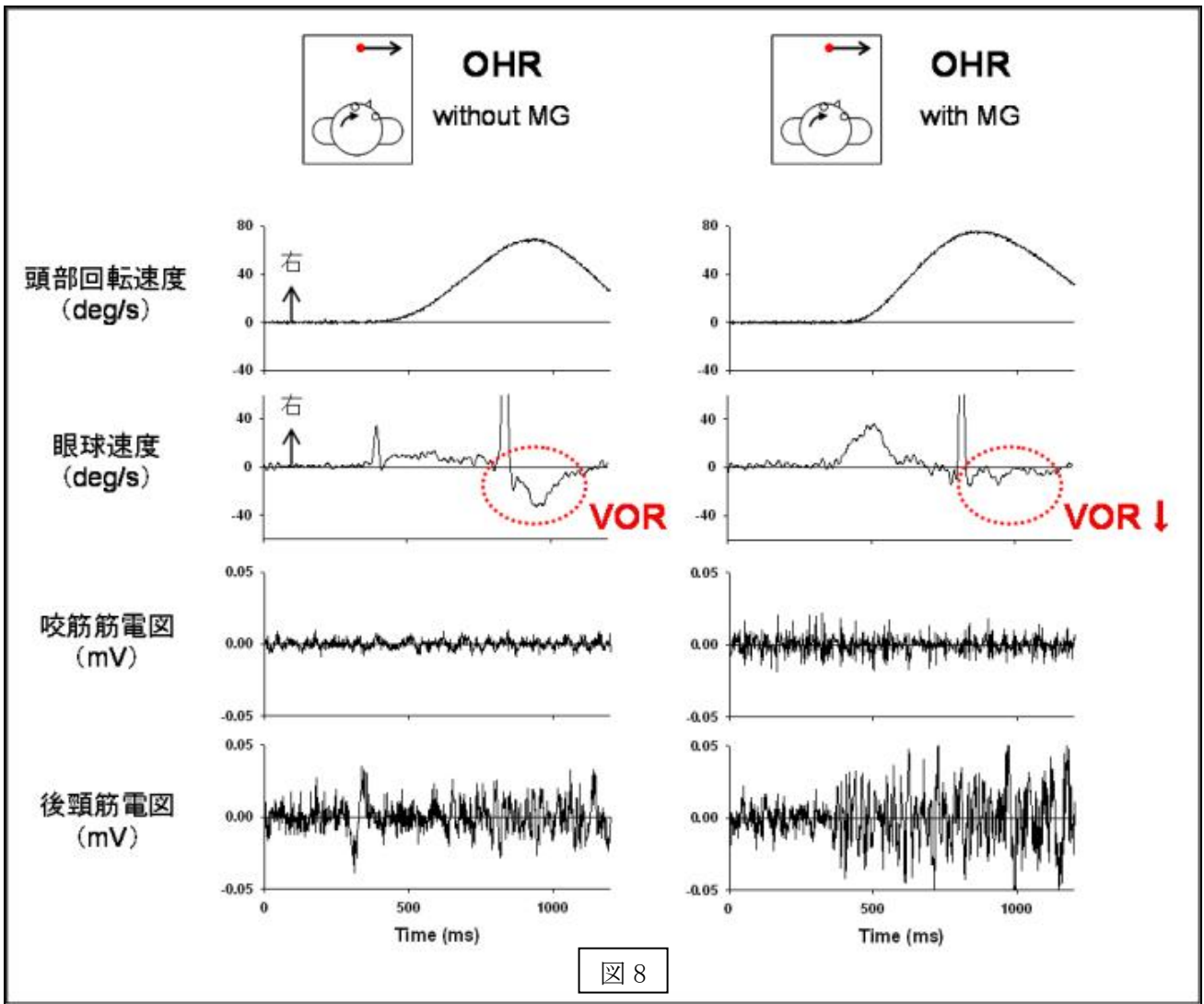


結果:

頭部固定条件下では、マウスガード装着による動体視力への影響はみられなかった。頭部回転運動条件下では、マウスガード非装着条件に比べてマウスガード装着時に動体視力の有意な上昇 (paired t-test $p < 0.05$) がみられた (図 6)。しかし、一部の被験者においては低下する傾向が認められた。頭部固定条件下において、動体視力スコアと咬合力との間に相関はみられなかった。頭部回転運動条件下におけるマウスガード装着による動体視力スコアの上昇率と咬合力に相関がみられた (図 7)。マウスガードを装着することで、頭部回転運動条件下の動体視力が上昇した群および少数の低下群ともに、咬合力の大きい被験者の方が、動体視力の改善率が高い結果となった。頭部回転運動条件下で動体視力が上昇した被験者の頭部回転速度、眼球速度、咬筋および後頸筋の筋電図活動の一例をみると、眼球速度に関してはマウスガード装着条件にて前庭動眼反射 (VOR) が抑制されている (図 8)。また、マウスガード装着条件では咬筋および後頸筋の筋電図活動の上昇も認められた。

実験2において、体幹と頭部を同時に回転させた条件 (WBR) では、マウスガード装着条件、非装着条件の両方において、頭部回転速度が大きくなるに従って右向きの眼球運動が抑制されている。頭部運動条件 (OHR) では、マウスガード装着条件で右向きの眼球運動が発現する結果となった (図 9)。





考察:

頭部運動中は、視線の方向を安定させるため、頭部の回転方向を半規管が知覚し、反対側に眼球を回転させる前庭動眼反射(VOR)が生じる。一方で、頭部運動中も頭部運動にあわせて移動する一点を固視することにより VOR が抑制される(固視抑制:VS)。さらに体性感覚のひとつである頸筋の深部知覚によっても眼球運動が生じる(COR)。pursuit は滑らかな眼球運動であり、動体視力を決定する要素として非常に重要である。しかし、pursuit は 60 deg/sec 以上になると衝動性眼球運動(saccade)に切り替わり動体視力は著明に低下する。また頭部運動により頭部の運動方向とは反対方向にVORという眼球運動が誘発される。VOR は最高速度 350deg/sec という非常に高速かつ滑らかな眼球運動で静止物体に対する視覚安定化のために働くと考えられている。

実験1では頭部固定条件ではマウスガード装着条件と非装着条件における動体視力スコアに差は認められなかったが、頭部回転運動条件ではマウスガード装着条件の方がマウスガード非装着条件に比べ、有意に動体視力スコアが上昇した。さらに咬合力の大きい被験者ほどマウスガード装着時の動体視力の上昇率が高い傾向にあった。これはマウスガードを装着し咬みしめることで、マウスガード非装着時に比べて後頸筋群の活動が上昇し、このことが頸性動眼反射(COR)を活性化し眼球運動に影響を与え、右向き眼球運動が誘発されたのではないかと推察される。つまり前庭動眼反射(VOR)が抑制されることで運動物体追跡能力が高まり、動体視力が向上したと考えられた。

実験 2 ではマウスガードを装着して体幹と頭部を同時に回転させた場合(WBR)において右向きの眼球運動の発現がみられなかったが、マウスガード装着時の頭部回転運動条件(OHR)では右向き眼球運動が発現した。これら 2 つの条件の違いは体幹と頭部を同時に回転させた場合(WBR)では、頸部の筋活動が関与しないため頸性動眼反射(COR)が駆動せず、頭部回転運動条件(OHR)では頸性動眼反射(COR)が駆動することにある。このことから、マウスガード装着による動体視力の上昇には、中枢性の影響ではなく頸性動眼反射(COR)の影響が強く関与している可能性が示唆された。

実験Ⅱ：マウスガード装着が自律神経活動に与える影響

目的:

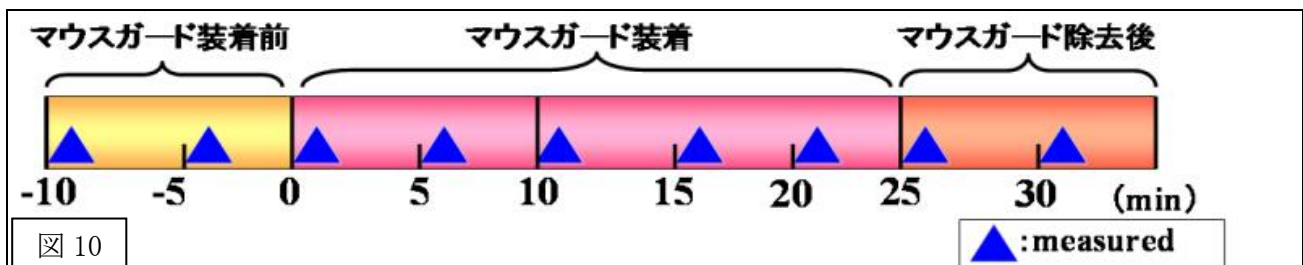
実験Ⅰでは、多くの被験者がマウスガードを装着することで動体視力が向上した一方で、一部の被験者ではマウスガードを装着することで動体視力が低下した(図7)。我々はこの原因がマウスガードを装着することによる不快感にあるのではないかと考えた。そこで、マウスガード装着時の不快感を評価する目的で、自律神経活動を定量的に測定し、その変化を検証した。

対象:

対象は健康成人8名(男性7名、女性1名)、年齢は21~46歳(平均29.5歳)であった。

方法:

マウスガード装着条件と非装着条件における自律神経活動の測定を行った。測定はマウスガード装着前、装着中、装着後にそれぞれ約3分間の測定と2分間の休憩を繰り返し行った(図10)。また、マウスガード装着中における被験者の主観的な不快感を、最も不快な状態を100、全く不快でない状態を0として数値化し、これを Subjective Unpleasant Score (SUS)とした。



自律神経の評価方法として「瞳孔フラッシュ応答に基づく自律神経系のモニタ法(Pupillary Flash Response)」を用いた⁶⁾。これは交感神経、副交感神経系双方の神経支配を受ける瞳孔に着目し、そのフラッシュ応答のダイナミクスの変化から自律神経系活動を非侵襲的にモニタする方法である。専用の瞳孔径計測装置(Video-Oculography:NEWOPTO, Japan)にて瞳孔径を計測し、フラッシュを照射することで得られた、瞳孔の最大縮瞳速度(V_{cmax})から副交感神経を、初期瞳孔径とフラッシュ後2.4秒時の瞳孔径の差(RA:recovery amount)から交感神経の活動を求めることができる(図11)。RAが大きい場合は交感神経活動が抑制されており、RAが小さければ交感神経活動が亢進していると評価する(図12)。 V_{cmax} が大

大きい場合には副交感神経活動が亢進しており、小さい場合には副交感神経活動が抑制されていると評価する。また、この計測法は交感神経・副交感神経を独立して評価できるという特徴がある。

自律神経系活動が正常な場合にも、背景光強度などの変化により初期瞳孔径が変化すると、同一刺激に対する応答のダイナミクスが非線形に変化する (range nonlinearity: RNL)。よって、各背景光強度レベルでの応答を測定し、得られた初期瞳孔径に対する応答から、初期瞳孔径に依存した各特長パラメータの変化を求めた。これを RNL-map (図 13) という。マウスガード装着時の自律神経活動を評価する際には、初期瞳孔径が同じレンジの正常値と比較した。

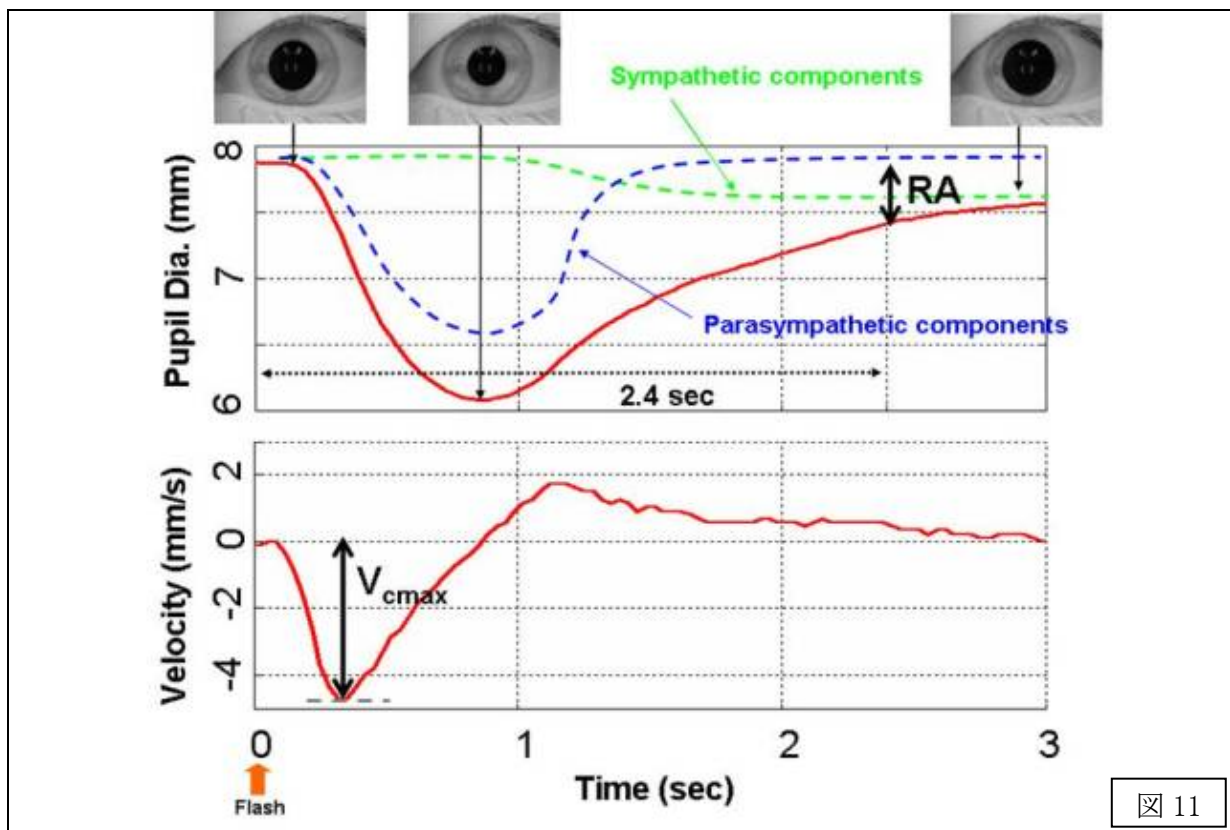
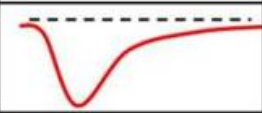

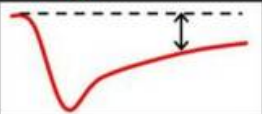
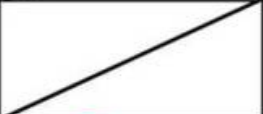
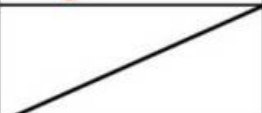
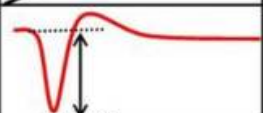
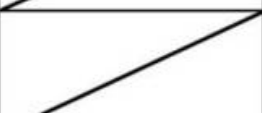
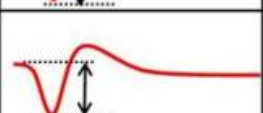
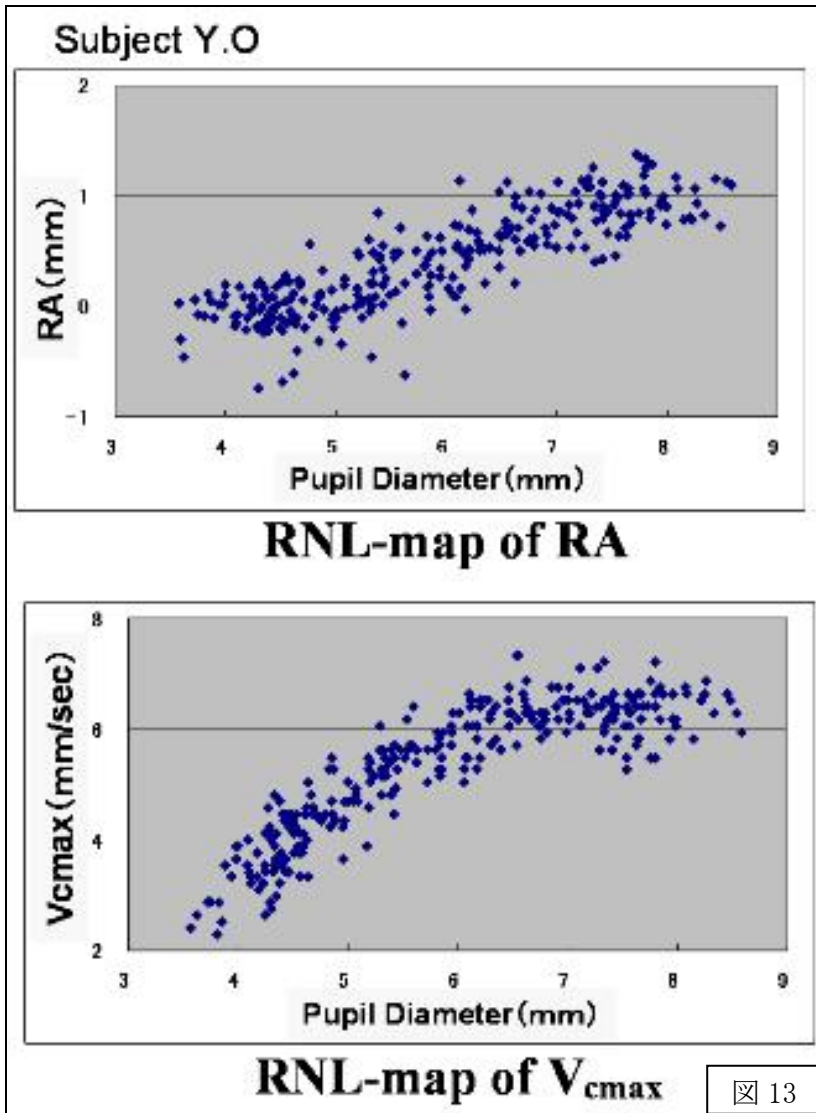


図 11

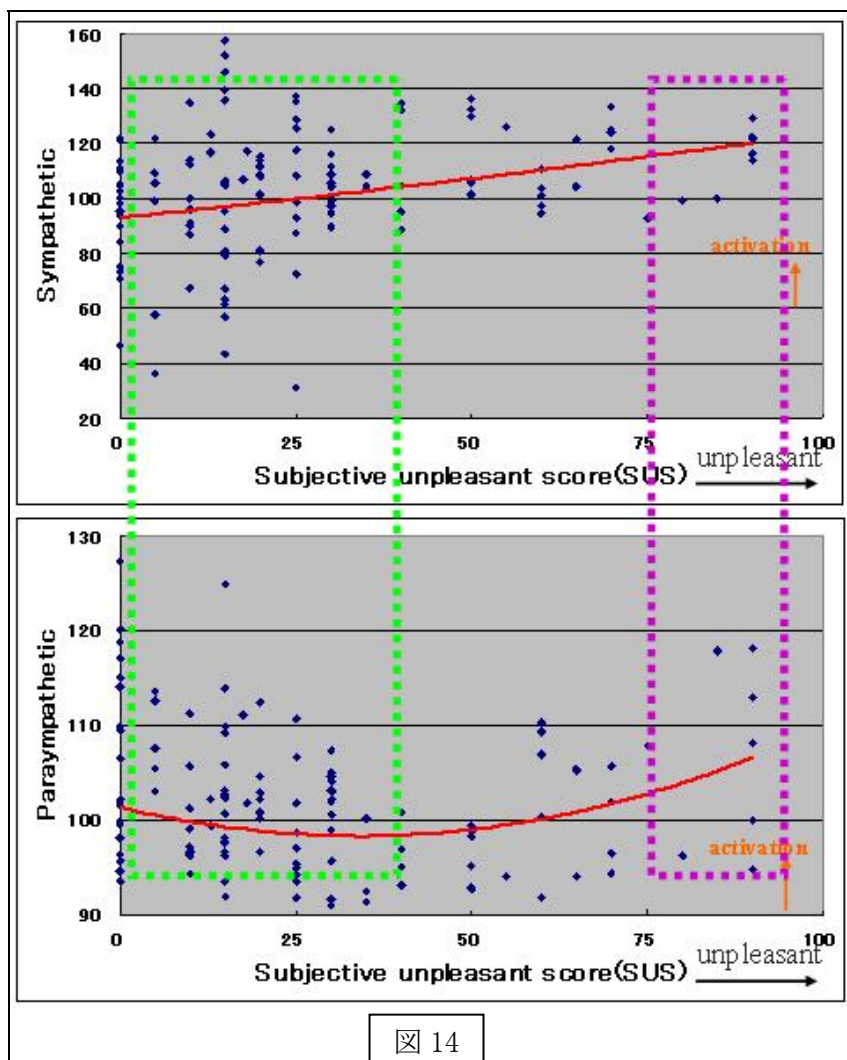
| | RA | | V_{cmax} | |
|----------------------------|----|---|------------|---|
| Sympathetic activation | ↓ |  | — |  |
| Sympathetic inhibition | ↑ |  | — |  |
| Parasympathetic activation | — |  | ↑ |  |
| Parasympathetic inhibition | — |  | ↓ |  |

☒ 12 —: denotes no significant change



結果:

マウスガード装着による不快感が小さいと感じた(SUS が低い)被験者は、交感神経活動が亢進し、副交感神経活動が抑制される傾向がみられた(図 14)。一方、マウスガード装着時の不快感が強いと感じた(SUS が高い)被験者は、交感神経活動と副交感神経活動の両方が亢進する結果となった。



考察:

自律神経系は原則として交感神経か副交感神経のどちらか一方の活動が亢進した場合、他方の活動が抑制される。しかし、本実験では不快感が強まった場合には交感神経と副交感神経の両方の活動が亢進するという興味深い結果となった。すなわち、快、不快感は自律神経活動に反映されることが明らかとなった。本実験結果により、Pupillary Flash Response によって自律神経活動を計測することは、マウスガードを装着することで生じる口腔内不快感の自律神経活動のみならず、広く快、不快の定量的な評価法となりえることが示唆された。

実験Ⅲ: マウスガード装着が体平衡機能に与える影響

目的:

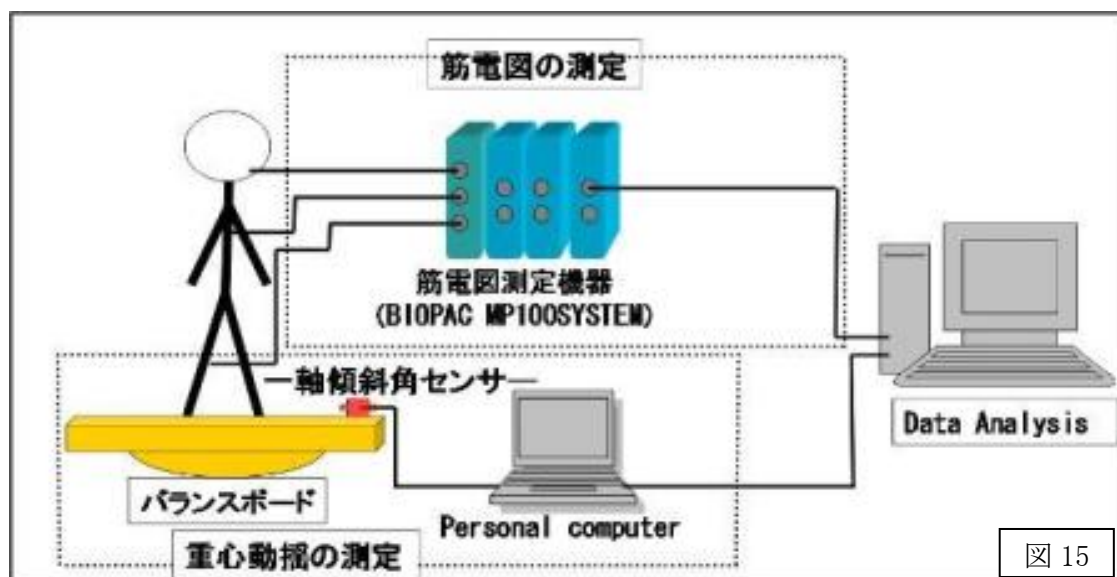
マウスガードを咬むことや咬合支持の変化が身体のバランス、姿勢に影響するという報告が散見される。また、近年様々なスポーツにおいて競技レベルの向上がみられ、より高い身体バランスが求められるようになってきている。そこで、本研究ではマウスガード装着により体平衡機能が向上するのか低下するのか、あるいは全く影響が無いのかを検証した。

対象:

対象は健康成人6名(男性6名)、年齢は22～27歳(平均23.33歳)であった。

方法:

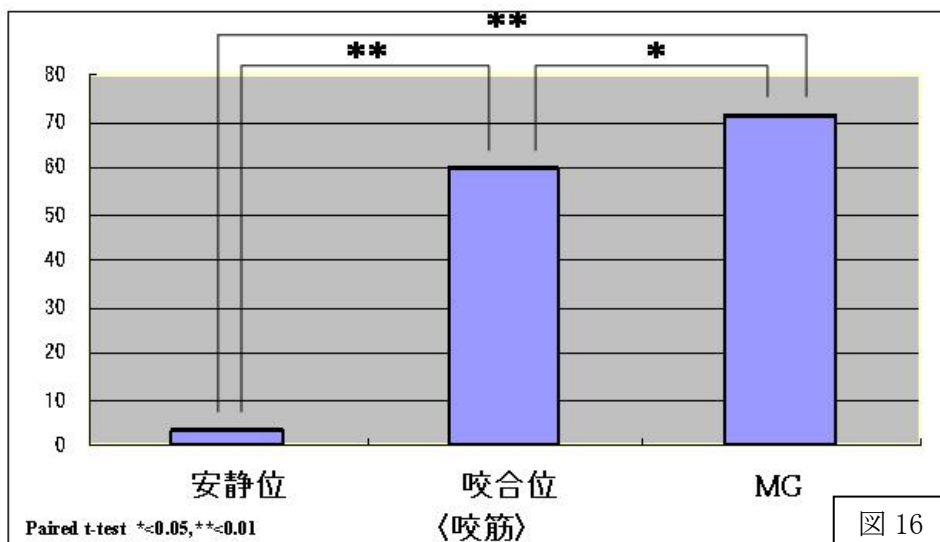
実験は下顎安静位、咬合位、マウスガード装着条件における被験者の身体動揺と頸筋、背筋、咀嚼筋と下肢筋の筋活動を30秒間記録した(図15)。被験者の身体動揺の計測は自作のバランスボードに一軸傾斜角センサーを取り付け、バランスボードの動揺を記録した。また、筋活動については頭板状筋、脊柱起立筋、咬筋、側頭筋、腓腹筋および前頸骨筋の筋電図を筋電図測定機器(BIOPAC MP100SYSTEM)にて計測した⁵⁾。被験者にバランスボード上に閉眼で直立し、できるだけバランスボードが動かないように安定を保ち続けるよう指示した。データの解析はMATLABにて行い、筋電図は実効値(RMS)から、等尺性最大随意筋収縮(MVC)を基準として、各測定時の筋活動を定量的に評価した。

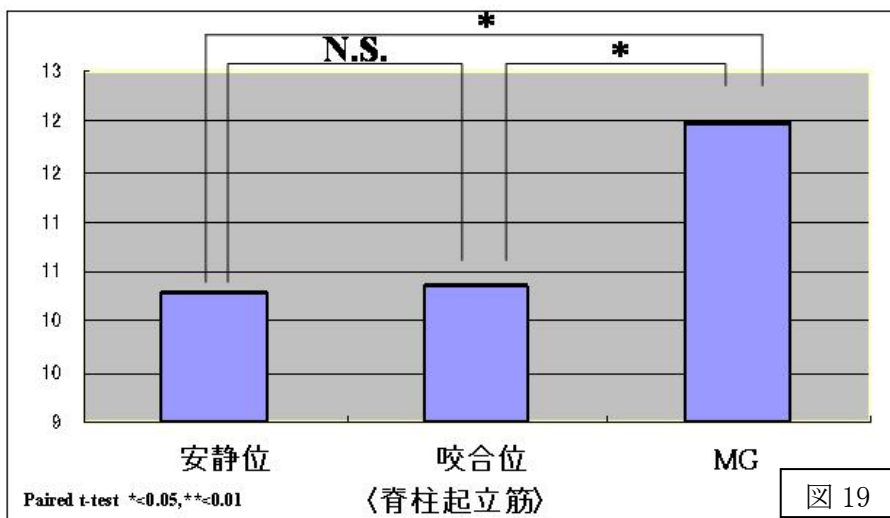
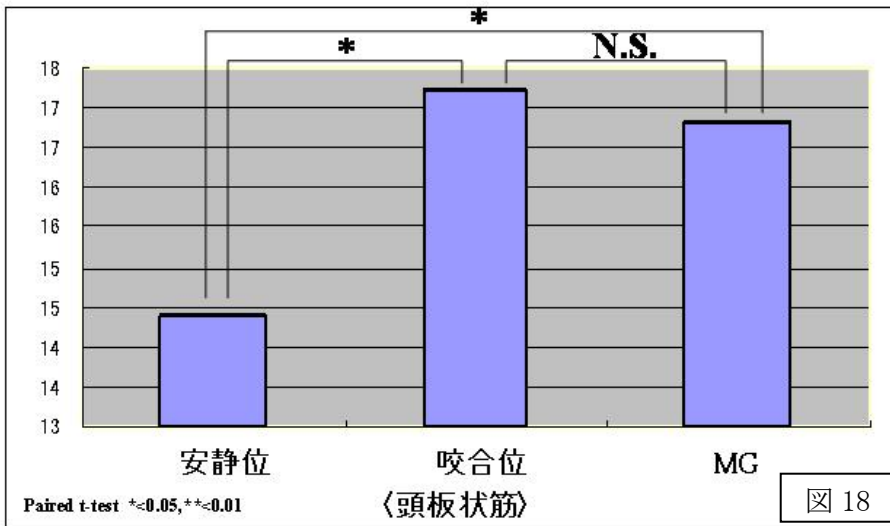
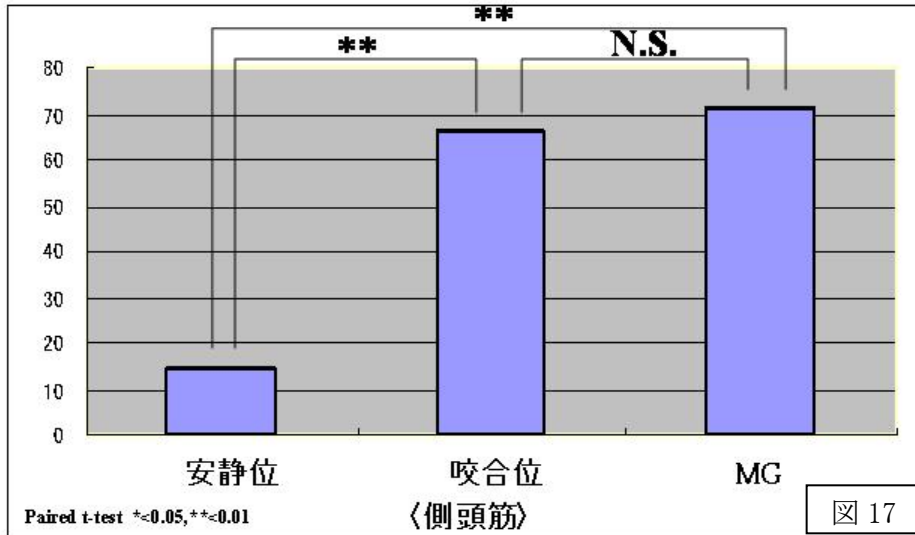


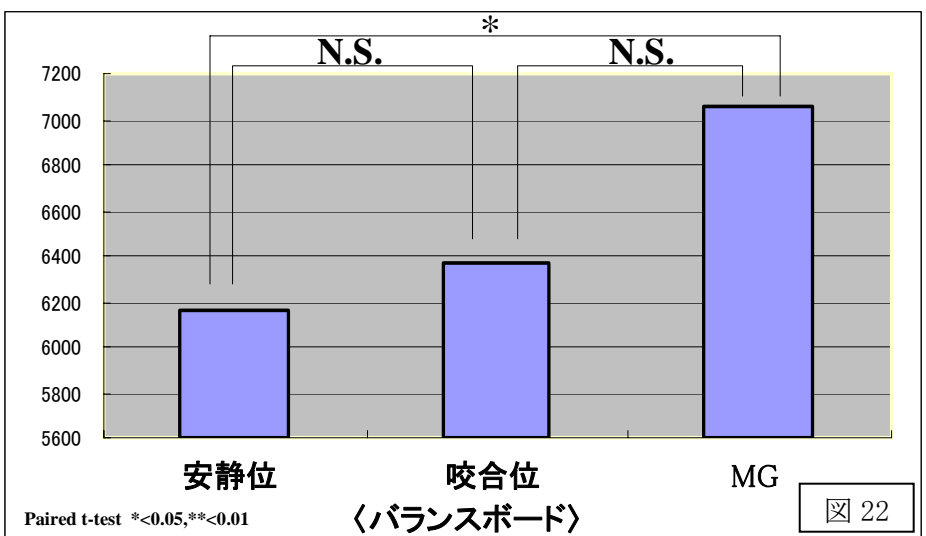
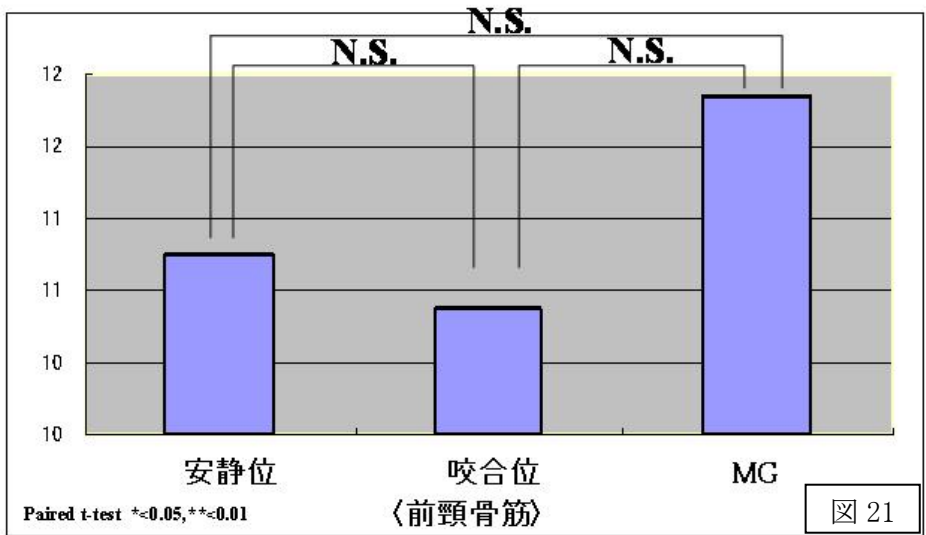
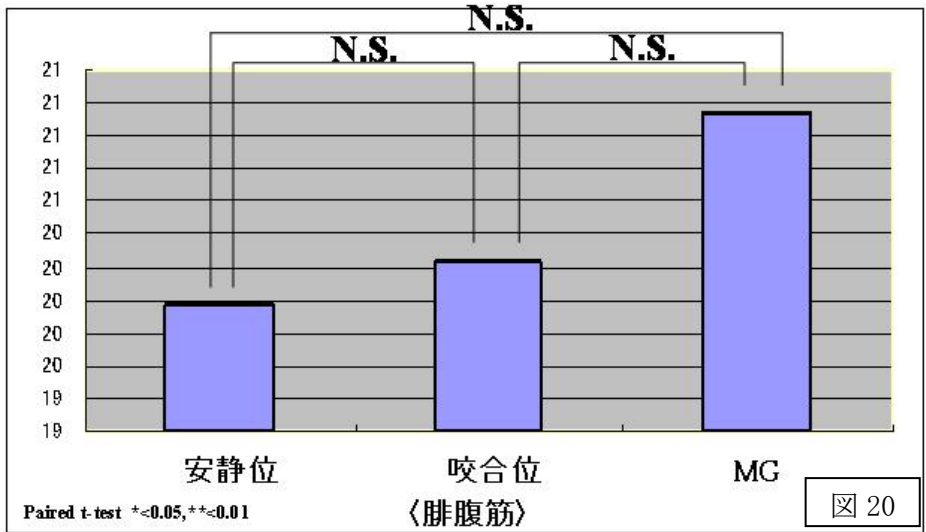
結果:

咬筋、側頭筋、の筋電図活動に関しては下顎安静位(安静位)に比べて咬合位、マウスガード装着条件(MG)の方が有意に大きかった($p < 0.01$) (図 16, 17)。頭板状筋に関しても同様であった($p < 0.05$) (図 18)。また、咬筋に関しては咬合位よりもマウスガード装着条件の方が大きな($p < 0.05$)筋電図活動であった。脊柱起立筋に関しては下顎安静位と咬合位との間には有意差が認められなかったが、マウスガード装着条件では筋活動が有意に上昇した($p < 0.05$) (図 19)。前頸骨筋、腓腹筋の筋電図活動に関しては下顎安静位、咬合位、マウスガード装着条件の間に有意差はみられなかった(図 20, 21)。

バランスボードの動揺に関しては安静位に比べてマウスガード装着条件の方が有意に大きな動揺みられた($p < 0.05$) (図 22)。その他の条件間には有意差がみられなかった。







考察:

咀嚼筋の中でも閉口運動に大きな役割を果たす咬筋、側頭筋の筋電図活動が安静位に比べて咬合位、マウスガード装着条件で大きくなるのは当然のことと考えられる。咬合位、マウスガード装着条件では安静位にくらべ頭板状筋、脊柱起立筋の筋電図活動が上昇していることから、咬みしめやマウスガードの装着が頸部および背部の姿勢制御に関係する抗重力筋に何らかの影響を与えている可能性が示唆された。前頸骨筋、腓腹筋の筋電図活動に関しては安静位、咬合位およびマウスガード装着条件の間で有意差がみられず、下肢筋群への影響はないと考えられた。

体平衡の維持には前庭系、視覚系、深部知覚系の入力が必要な働きをしており、深部知覚系には、頸部からの入力が大きな影響を及ぼしている。本実験では、バランスボードの動揺が安静位に比べてマウスガード装着時に有意に大きくなった。これは、マウスガード装着による姿勢制御に重要な役割を果たす脊柱起立筋への影響と頸筋群の深部知覚系への影響が関係していると考えられた。

本実験によりマウスガードを装着した場合、身体の動揺が大きくなる傾向がみられた。これはアーチェリーや射撃に代表される、的を狙うような競技においては不利に働く可能性がある。しかし、野球のバッティングや格闘技で相手の攻撃をよける場合など、ある物体に対して瞬間的な反応が必要な場面では身体に動揺という遊びがある方が、柔軟に対応できるとも考えられる。

本実験により咬みしめやマウスガードの装着が姿勢制御に関係する抗重力筋の筋活動に影響を与え、体平衡機能に影響を与える可能性が示唆された。

結語

本実験より、マウスガードの装着がスポーツパフォーマンスに影響を与えている可能性が強く示唆された。しかし、必ずしも競技能力にプラスに働くというわけではなくマイナスに働く場合もあり、その効果については個人差がみられた。マウスガードの本来の目的は口腔および顎顔面外傷の予防である。ただし、スポーツパフォーマンスに注目されるあまり、誤った認識を競技者に与えかねない。スポーツ競技者、愛好家に正しい知識を提供するためにも、マウスガードがスポーツパフォーマンスに与える影響について、今後さらなる生理学的検証を重ね、そのメカニズムを解明する必要がある。

参考文献

- 1) Relationship between Bite Raising Measurements of Mouthguards and Sports Performance of Athletes: Atumi Y, et al: SPORTS DENTISTRY. 8, 1: 50-56, 2005.
- 2) Turner, C.H.: Mouth Protector. Br.Dent.J. 143: 82-86, 1977.
- 3) Goran, M.W., Merkle, A., Wright, J.T. : Mouth protectors and oral trauma: A study of adolescent football players. J. Am. Dent. Assoc. 112: 663-665, 1986.
- 4) 前田芳信 他 : マウスガード製作マニュアルー スポーツ歯学への誘いー. クインテッセンス出版株式会社
- 5) Zipp, P. : Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography. EurJ Appl Physiol. 50:41-54, 1982.
- 6) Yamaji K, et al. : Improvement of the Method for Monitoring Autonomic Nervous Activity by Pupillary Flash Response. System and Computers in Japan. 32:23-30, 2001.