©NSCA JAPAN
Volume 30, Number 7, pages 5-12

特集 feature

マウスピースの進化と噛み合わせ(咬合)の重要性―アスリート、アントラージュの正しい理解のために―

武田 友孝, Ph.D., 東京歯科大学口腔健康科学講座スポーツ歯学研究室 客員教授
中島 一憲, Ph.D., 東京歯科大学口腔健康科学講座スポーツ歯学研究室 教授

1. はじめに

スポーツ歯学はスポーツ医学の一分野であり、顎口腔系(上顎骨、下顎骨、舌骨、顎関節とそれぞれに付着する筋・靭帯、口唇、頬、歯、口蓋、舌と粘膜など)における外傷の予防・軽減・治療、また同系の健康維持・増進により、アスリート・運動愛好家・体力向上を望む国民(以下一括してアスリートと記載)の健康を保ち、ベストな運動・スポーツパフォーマンスの発揮を支えることを主な目的とする。マウスガード(マウスピースのほうがアスリートにはなじみが深いかもしれないが、本稿では外傷の予防効果を主に示すマウスガードとする)はこれらの目的を達成するための重要なツールであり、アスリートおよびアントラージュ(競技環境を整備し、アスリートがパフォーマンスを最大限発揮できるように連携協力する関係者のこと)の正しい知識があってこそ、その効果が発揮できるものと考える。

顎口腔系におけるスポーツ外傷**(図1)**は、受傷時の痛みや不快症状ばかりでなく、全身の運動能力、筋力、平衡機能にも影響する可能性がある。また、栄養の低下、睡眠障害などが起こり、プレー時における集中力の欠如などを生じ、結果としてパフォーマンスの低下、再外傷の発生に繋がることも考えられる。さらに、これらの外傷は審美的、精神的問題にも繋がるため、一生涯にわたる問題となることも少なくない。

マウスガードの顎口腔系外傷の予防・軽減効果は、多くの疫学的・実験的研究により明らかにされ(8)、スポーツ関係者のマウスガードへの認知度は高まり、その普及も進んでいるものと思われる。また、スポーツ中の噛みしめ(以下スポーツクレンチング)は様々な場面で発現し、その運動パフォーマンスに及ぼす影響は種目により異なるが、少なくないものと考えられる。

2. スポーツクレンチングの発現とその効果

アスリートにとって、健全な口腔環境が十分な栄養摂取などのために不可欠なことは、疑いの余地はない。しかし、顎口腔系状態のスポーツクレンチングに対する影響については十分には理解されていないものと思われる。スポーツクレンチングの発現は様々なシーンで起こっていることがわかってきているが、多くのアスリートおよびアントラージュがこのことを意識ある

図1　スポーツ外傷：歯の破折、脱臼

いは理解しているとはいえない。スポーツクレンチングの発現は、ワイヤレス筋電計を用いて容易に測定でき、スプリント時のスタート・初期加速時**(図2)**、投擲のリリース前**(図3)**(11)、サッカーのキックにおけるインパクトおよびヘッディング時、パラ競技における車椅子の始動時**(図4)**などにもみられることがわかってきている。

クレンチングは、大脳皮質の活動性を向上させること**(図5)**(15)、脊髄運動神経の興奮性の指標であるホフマン反射を亢進(遠隔部の筋力を増強)すること、関節の主働筋、拮抗筋双方の活動性を向上させ、相反性抑制反射を減弱し、全身の関節の固定性を高めること(17)、咬筋、側頭筋が身体の平衡バランスを保つ抗重力筋としても大きく働くこと(23)などが知られている。スポーツクレンチングは、インパクト時の衝撃力に負けないよう、身体のブレを少なくしてエネルギーロスを減らす必要がある時などに発現するものと思われ、結果として、スポーツクレンチングが様々な運動能力、平衡機能(25)、安全性(16)に影響することが理解されてきている。しかし、不必要な場面での不要な噛みしめは、身体を緊張させることになり円滑な動作を阻害することになることもあると思われるので、注意が必要である。

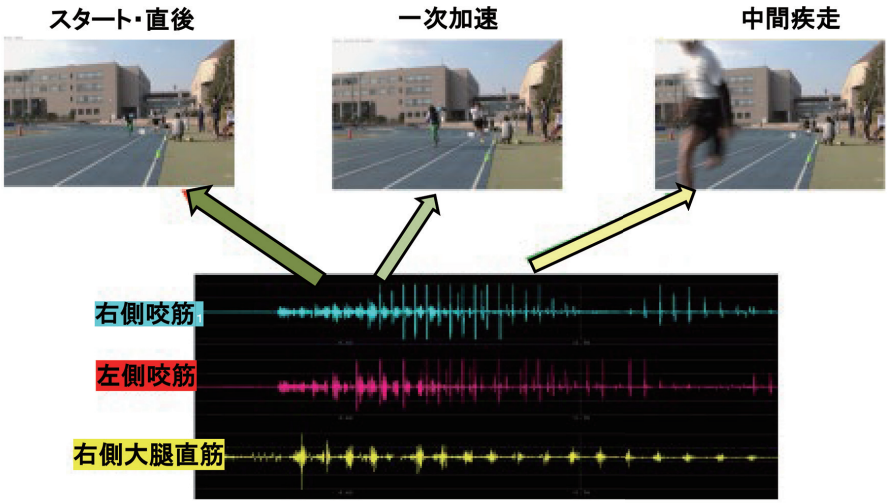


図2　スプリント時における咬筋活動：スタート時、一時加速時に咬筋活動は発現する。

図3　円盤投げ時の咬筋活動：ターン時に咬筋活動が発現し、投げた後は認められない。

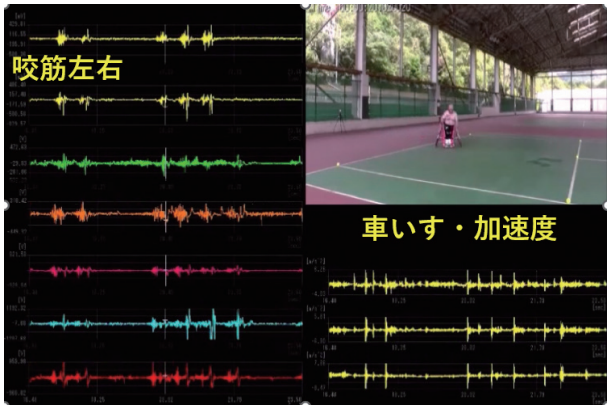


図4　車いすテニスでの咬筋活動：
車いすの始動・加速時に咬筋活動が発現する。

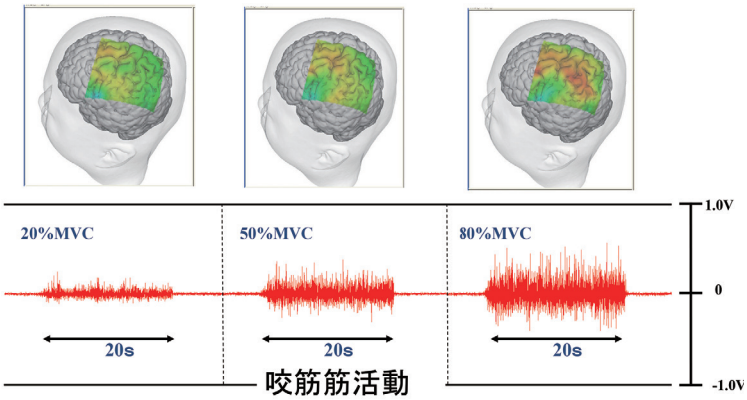


図5　噛みしめ力の違いが運動野、感覚野の脳活性に及ぼす影響：
近赤外分光法による測定で、噛みしめ力が大きくなるにつれ皮質活動が大きくなっている。

3. マウスガードの目的

マウスガード使用の第一の目的は①アスリート自身の歯や口唇を始めとする顎口腔系外傷を予防・軽減することである。しかし、マウスガードの効果はこれだけに留まることはなく、②歯が凶器となって他の競技者の頭・額などを傷つけることへの予防(4,13)、③強いスポーツクレンチングによる歯の咬耗、修復物、補綴装置の破折などの障害の予防**(図6)**(20)などがある。さらには、④間接的な外力によって起こる脳震盪(顎先や身体への間接的外力が頭部を揺らすことによって起こる)に対しての効果(2)が期待できる。**図7**は、ラグビーのコンタクト練習時に生じる頭部加速度へのマウスガード装着時における噛みしめの影響を検討したものである。適切に調整されたマウスガードを装着した状態での噛みしめ指示により、咬筋のみならず頸部筋の活動が上がり、結果として頭部加速度が減少したことを示したもので、間接的外力により起こる脳震盪に対しての有効性を示唆するものである。また、マウスガード使用時の噛みしめは、下顎への直接的な衝撃力により生じる骨のひずみを軽減させることも確認されている**(図8)**(16)。また、先に述べた歯、特に歯牙外傷のほとんどを占める上顎前歯を保護するためにも、同部における下顎前歯の十分な咬合によるサポートが必要であることも報告されている(22)**(図9)**。すなわち、適切な咬合関係を有するマウスガードを装着し、かつ危険を察知した際、マウスガードをしっかり噛んで身構えること(武道の受け身のように)の重要性をアスリート等に説明・指導することで、安全性を高めることができるものと思われる。スポーツ歯科からの重要な安全指導のひとつである。

このようにマウスガードの利点は少なくないが、マウスガード使用時の外傷が少なくないこと(3)、不適切なマウ

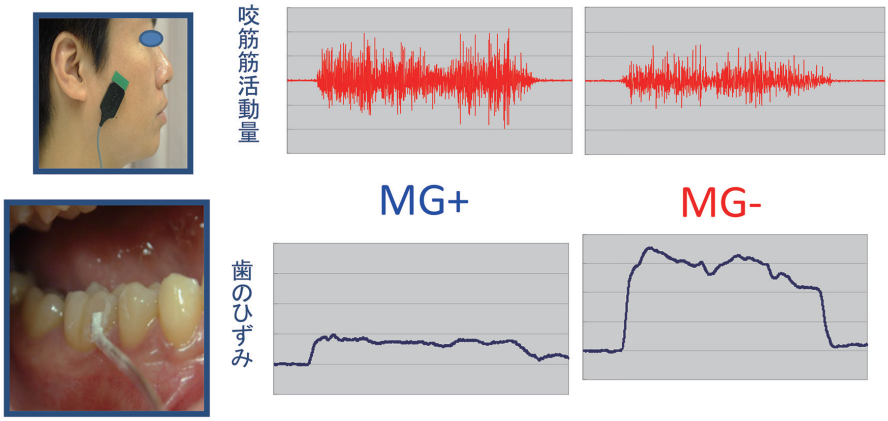


図6　クレンチング時の歯のひずみへのマウスガード(MG)の効果(20)：運動時の噛みしめに対してマウスガードを装着時には強く噛めるにもかかわらず歯のひずみは小さい。

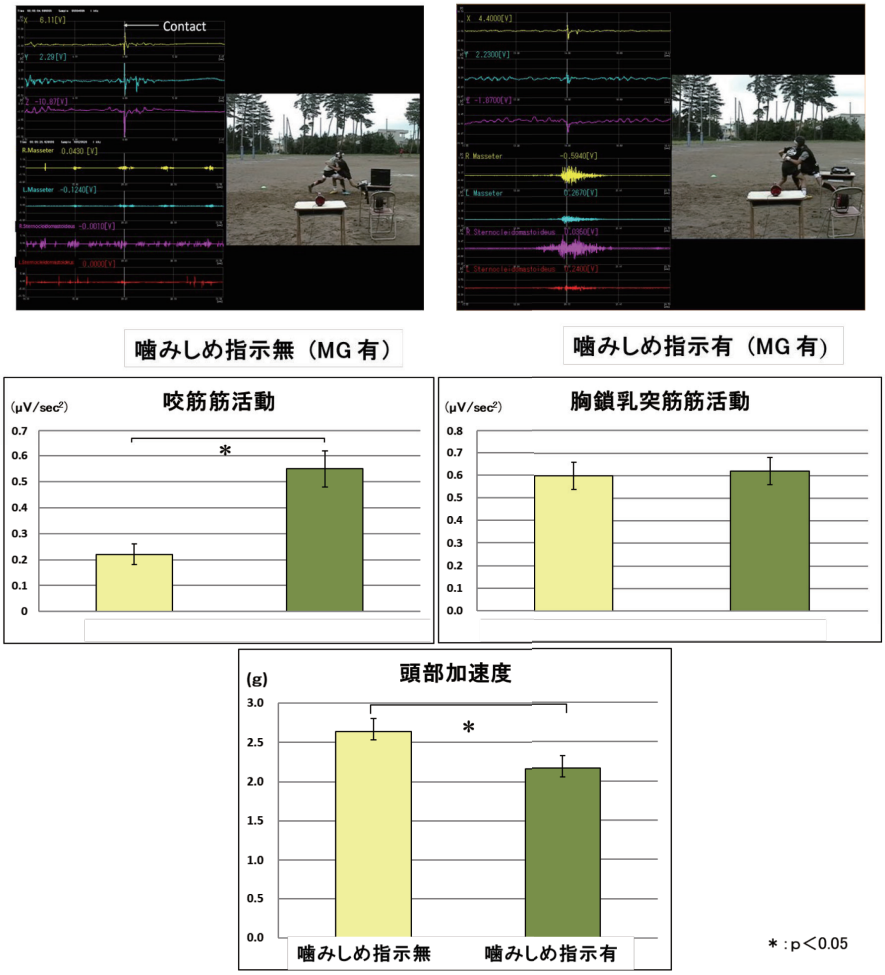


図7　噛みしめがラグビーコンタクト時の頭部加速に及ぼす影響：上半身への間接的な外力により生じる頭部加速度に対して、マウスガード(MG)装着時の噛みしめは有効である。

スガード使用による顎関節、運動能力への悪影響があることも事実である。これは、未だにスポーツ店などで購入しアスリートが自分で調整して使用するボイル＆バイトタイプ、インターネットなどで購入するタイプなどの適切とはいえないマウスガードが使用されていることが、主な原因と思われる。歯科医が印象を取り、歯科医あるいは歯科技工士が製作したものを、最終的に口腔内にて適切に調整したマウスガードでなければならない（グレーゾーン解消制度・新事業特例制度に対しての確認の求めに回答する内容の公表）とする、厚生労働省からのコメントが出ていることも、注意喚起として記載しておく。つまり、歯科医の製作する適切なカスタムメイドタイプ・マウスガードの使用が望まれるわけである。このタイプは、アスリート個々の印象採得による作業模型上で製作されるため、適切な設計ができ、適合性、装着感に優れ、安全性も高く、個々の参加する種目、レベル、プレーの激しさ、顎口腔系における外傷経験（前歯破折、下顎骨骨折など）の有無、補綴装置・インプラントの有無などの口腔内の状態、年齢、性差も考慮することができる。

4. カスタムメイドタイプ・マウスガードの種類

カスタムメイドタイプ・マウスガードには、いくつかの種類がある。1枚のマウスガードシートを用い、成形機でサーモフォーミング（加熱による軟化後、圧力により成形）し製作される基本的な普及タイプに適した一枚法マウスガード**（図10a）**、改良型一枚法マウスガード（前歯部開咬などのケースで、事前にその部位にマウスガード材を付与しておき、全歯列の咬合を図るタイプ）(19)**（図10b）**、マウスガードシート2枚あるいは3枚を加圧タイプの成型機で層状に張り合わせるラミネートタイプ**（図10c）**、外傷の多い前歯部、治

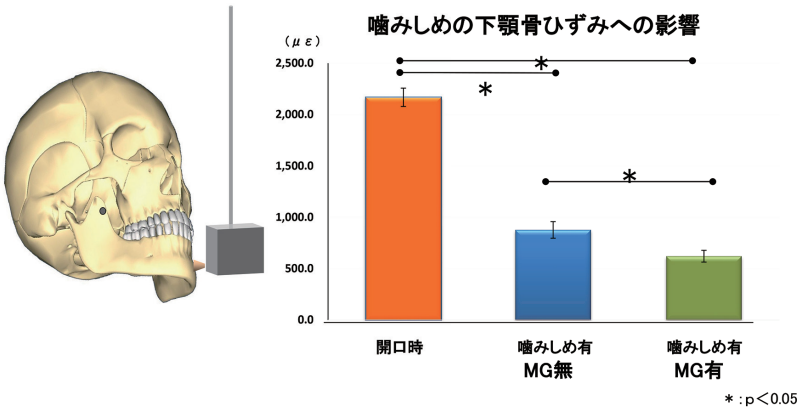


図8　噛みしめの下顎骨へ直接衝撃に対する効果：マウスガード（MG）装着時の噛みしめは実験的な側方からの衝撃力に対して有効である。

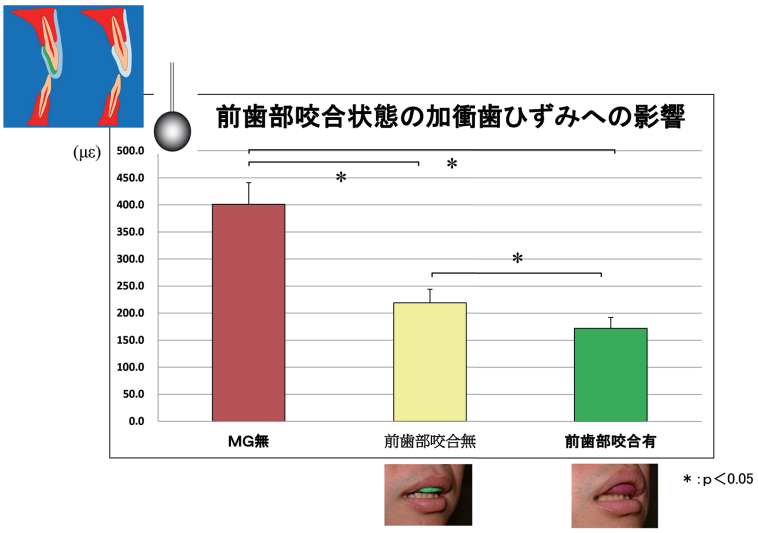


図9　前歯部咬合状態の加衝歯ひずみへの影響：咬合時前歯部での咬合ができるマウスガード（MG）では加衝歯の受ける衝撃を減少できる。

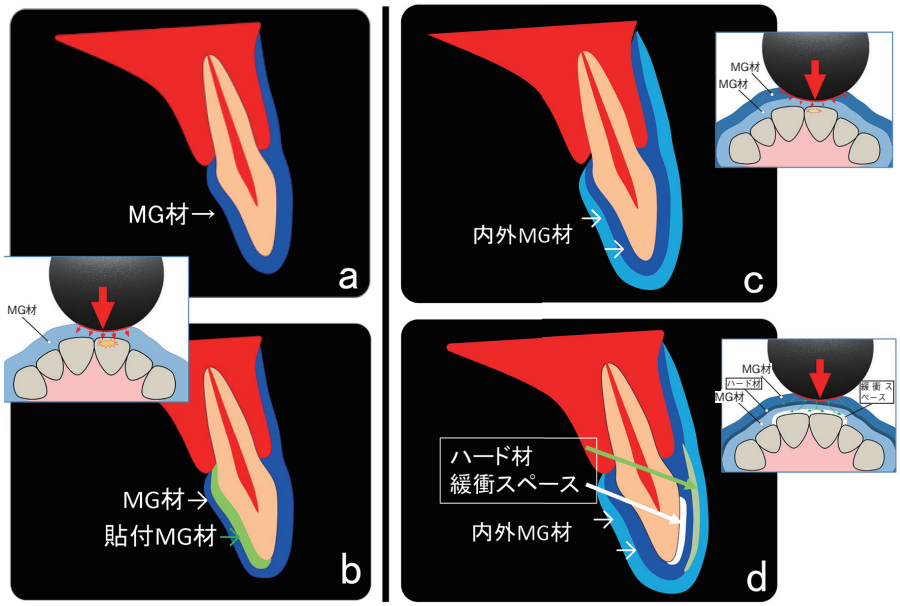


図10　カスタムメイドタイプ・マウスガード（MG）の種類：
(a)一般的な普及タイプ、(b)改良型一枚法、(c)ラミネートタイプ、
(d)ハード＆スペースタイプマウスガードを示す。

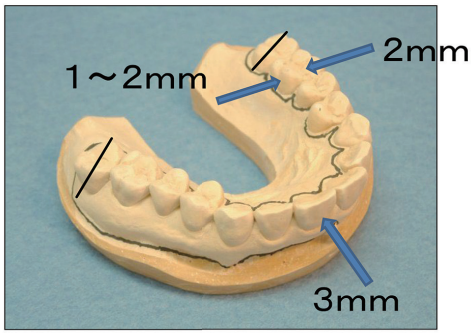
療が施されている前歯などの部分に、中間層として固い材料(最新の材料として光重合型が市販されている)を挿入し、かつ歯面とマウスガードの間に緩衝層をもたせた構造の安全性に優れたハード&スペースタイプマウスガード(21)**(図10d)**などがある。

5. 基本的なマウスガードの設計

コンタクトスポーツで使用するマウスガードの外形線は、唇頬側では前歯部から臼歯部まで歯肉頬移行部から2～3mmほど短くし、小帯部など可動部位を避ける。口蓋側、舌側は呼吸、発音などを阻害せず、さらに違和感の発現を抑制するため、歯頸線を連ねた外形とする。後縁は、第2大臼歯舌側咬頭を被覆し、遠心面は被覆しない**(図11左右上段)**。違和感、嘔吐反射が強い場合には第1大臼歯遠心部までとすることで対応できる。セミコンタクトスポーツ、ノンコンタクトスポーツ用、レジスタンストレーニングなどに用いるタイプでは、唇頬側の外形を歯頸部付近あるいは歯肉の最大豊隆を越えない設定とすることもある**(図11左下段)**。すなわち、種目等により異なる外形となるのである。成長期の場合には、歯の崩出、歯列弓の拡大を妨げない工夫が必要であり、定期的な調整などの管理も重要である。下顎前突、フェースガードを使用し上顎歯列に直接衝撃が加わらない場合などには下顎にマウスガードを装着する場合もある。

6. 普及タイプとしての一枚法マウスガードと改良型一枚法マウスガード

一枚法マウスガードは製作が簡便であり、普及タイプ、低年齢、外傷の少ない種目には適している。しかし、アスリートの咬合関係(前歯部の開口、挺出歯があるなど)によっては全歯列(多くは前歯部)の適切な咬合関係が得られないことも少なくない。前歯唇面より外力が加わった場合、下顎のサポートが得られない場合、加衝歯のひずみが大きくなり危険である(22)**(図9)**。このような場合、改良型一枚法マウスガードで対応することができる。咬合が確立できない可能性がある部位に前もってマウスガード材を貼付するだけで、適切な咬合を有するマウスガードが容易に製作可能なタイプが、改良型一枚法マウスガードである。



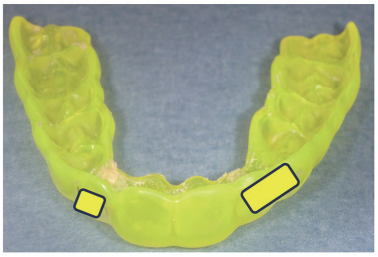


図11　スポーツマウスガードの基本設計

7. ラミネートタイプとハード&スペースタイプマウスガード

ラミネートタイプマウスガードは、成形機(圧の高い加圧型の機器)を用いて、マウスガード材を層状(多くは2層)に貼り合わせることにより、必要な部位の厚みを増しながら、その他の部分を容易に薄くすることができる。すなわち安全性、咬合関係の確立に必要な部分に厚みをもたせ、一方で違和感の軽減のため薄くしたい部分を薄くできるわけである。さらに加圧型の成形機を用いて製作したマウスガードの特徴として、適合性に優れ、装着感にも優れる。繰り返しになるが、ラミネートタイプマウスガードは外傷の多い前歯部を層状にすることで安全性を高めることができる。咬合面も十分な厚みにできるため、下顎下方からの衝撃時上顎骨、頭蓋骨への衝撃力の伝播を減じることができ、適切な咬合調整が可能である。また、マウスガード材を貼り合わせることで可能となるネームタグ、チームロゴなどは、アスリートのマウスガードに対する意識を向上させることができる。しかし、軟質材のみでの製作のため安全性は厚みに頼らざるをえず、安全性に限界がある**(図10c)**。衝撃吸収能を高めるための唇側部への過度の厚みの付与は、装着時の違和感、唇側の突出感、口唇の緊張増加による口唇の外傷発生を助長するなどの問題がある。そこで、ハード&スペースタイプマウスガード**(図10d)**が必要となる。

ラグビー、アメリカンフットボール、空手などのフルコンタクトスポーツを中心に、セミコンタクトスポーツを含めマウスガードの使用は進んでいるように思われる。しかし、リミテッドコンタクトスポーツ(コンタクトスポーツほどではないがプレー中に他のアスリートと接触する可能性のある競技：バスケットボール、ハンドボール、サッカー、野球など)、2020東京オリンピック・パラリンピック(2021年開催)、

2022年の冬季北京オリンピック・パラリンピックで多くの観客を魅了したエクストリームスポーツ(スケートボード、マウンテンバイク、スノーボード、フリースタイルスキーなど)と総称される速さや高さ、空中での華麗さなど、時には過激な要素を有する技で得点を争う新しいスポーツなどでは、装着が進んでいない、あるいは通常の軟質材によって製作されたマウスガードでは防ぎきれない外傷が発生していることも事実である。実際にテレビ画面等でそのような例を見られた方も少なくないと思われる。

筆者らの所属する研究室では、材質、設計を考慮した、より安全性の高いマウスガードを求めて研究を重ねている。その結果、EVA材2枚を使用するラミネートタイプマウスガードに、PET材などの硬性材を挿入し、かつマウスガード内面と歯面との間に緩衝スペースを設けるハード&スペースタイプマウスガード**(図10d)**(21)を考案した。このタイプは、外傷の多い上顎前歯の安全性を格段に高めるものである。軟質材のみで製作したマウスガードは、衝撃エネルギーを吸収することで安全性を担保する。しかし、このマウスガードは、①軟性材による衝撃エネルギーの吸収に加え、②硬性材により衝撃エネルギーを広く分散し一点での集中を避けるとともに、③緩衝スペースでエネルギーを大きく吸収する効果が期待できる。さらに、④過大なエネルギーの場合には、硬性材が破損する(破壊エネルギーとして消費される)ことによって歯をより確実に守れる。実際このタイプは、EVA単体のものに比べ遥かに高い衝撃吸収能を有していることが報告(21,24)**(図12)**されており、これまで多くのアスリートに提供し良好な成績を得ている。また近年、ジーシー(株)と共同で、製作法を簡便とするため、PET材・硬性材に変わる、光重合型のインナーフレームLC®を開発し、市販した。この材料の衝撃に対する効果もすでに報告しており(9,14)、その普及が望まれる。

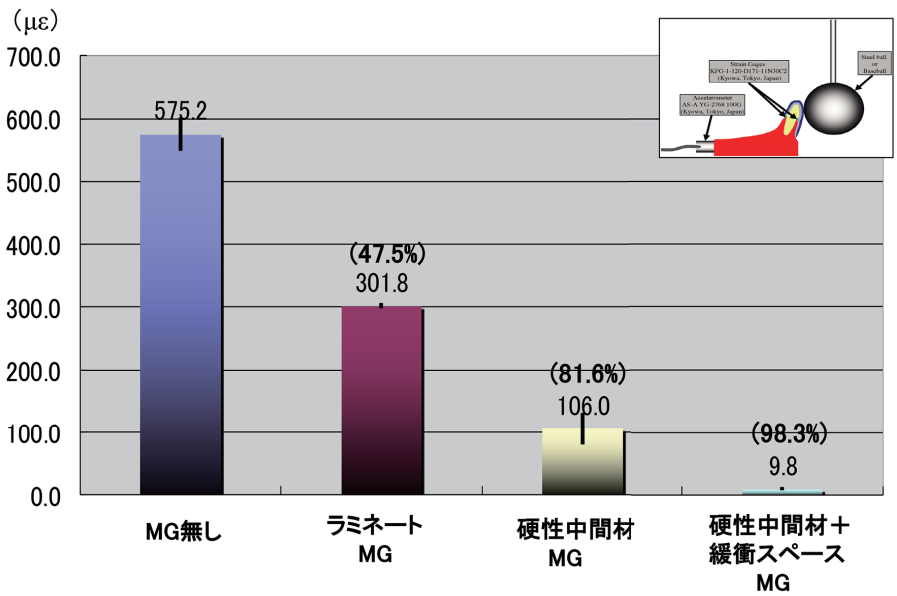


図12　ハード&スペースタイプマウスガードの鉄球加衝時の効果：ハード&スペースタイプマウスガード(MG)はこの鉄球加衝に対しては、ほぼ100%の緩衝能を示した。

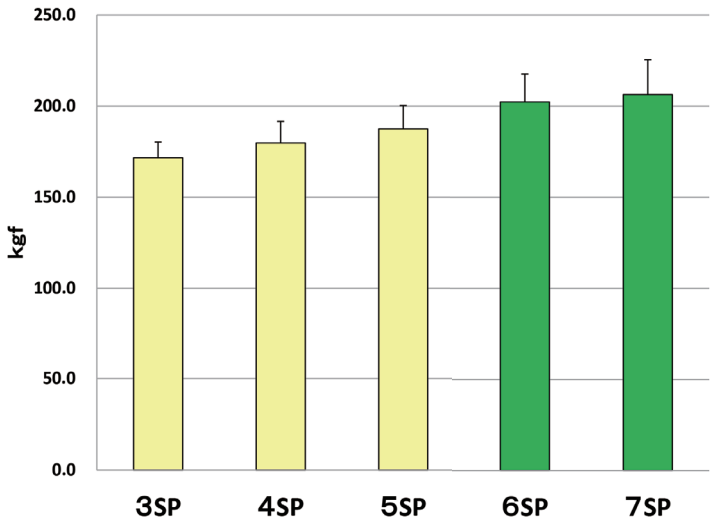


図13　噛み合わせ不良(臼歯部咬合減少)の背筋力への影響(12)：7SP(すべての歯が噛んでいる状態)から3SP(犬歯から前しか噛んでない状態)になるに従い、背筋力も低下する。

8. マウスガードにおける適切な咬合関係の必要性

選手自身の顎口腔系が適切な状態であることは無論であるが、今回ご紹介したマウスガードにも、安全性、運動パフォーマンスの観点から正しい咬合関係が付与されねばならず、適切に調整されたカスタムメイドタイプ・マウスガード(18)をすべてのアスリートに提供しなければならないことは、強調し過ぎることはない。

不正な咬合関係は運動能力に影響を及ぼすことが報告されている。実験的な口腔内装置により人為的に咬合する歯の部位を減少させると、頸部筋力(10)や背筋力(12)**(図13)**は低下した。臼歯での咬合部位が減少することで咬筋の筋力が低下することは自明の理で

あるが、頸部筋（頸部筋は咀嚼時に協調運動することが知られている）の活動を減少し、全身的な筋力の発揮に影響したものと思われる。これは前記したような神経系が関与したものと思われる。

また、実験的な咬合の偏位は**図14**に示すように頭部の位置を変化させる(26)。頭部は非常に重く、その位置に不正が生じれば、体重心、姿勢にずれが生じ、足踏み検査(5)**（図15）**や歩行検査(7)**（図16）**の結果に影響する。さらに、不正な咬合状態はストレス(1)となり、自律神経系を介して集中力や判断力にも影響を与えることも報告されている(6)。

トップレベルの選手では、ちょっとした口腔内のトラブルが、成績を左右することも考えられる。スポーツ歯科的にも注意深く対応することが必要と思われる。

9. まとめ

多くのスポーツに関連した顎口腔系外傷を予防・軽減するためには、アスリートの口腔内状態、参加種目、競技レベルなどに適したマウスガードを提供することが必要である。今回紹介した一枚法のマウスガード、改良型一枚法マウスガードもその安全性は評価に値するものである。また、ラミネートタイプのマウスガード、さらにはハード＆スペースタイプマウスガードは高い耐衝撃性を有する。種目、選手の口腔内等に適したマウスガードをアスリートに使用していただき、スポーツに関連する歯牙外傷、顎口腔系外傷等を防止・軽減したいと考えている。その際、適切な咬合関係、適合性等を有する歯科医製作のカスタムメイドタイプ・マウスガードを使用していただきたい。

我が国のスポーツの振興、競技力の向上に咬合の問題、適切なマウスガードの提供等、スポーツ歯科の立場から支援し、スポーツと歯科とのより密接

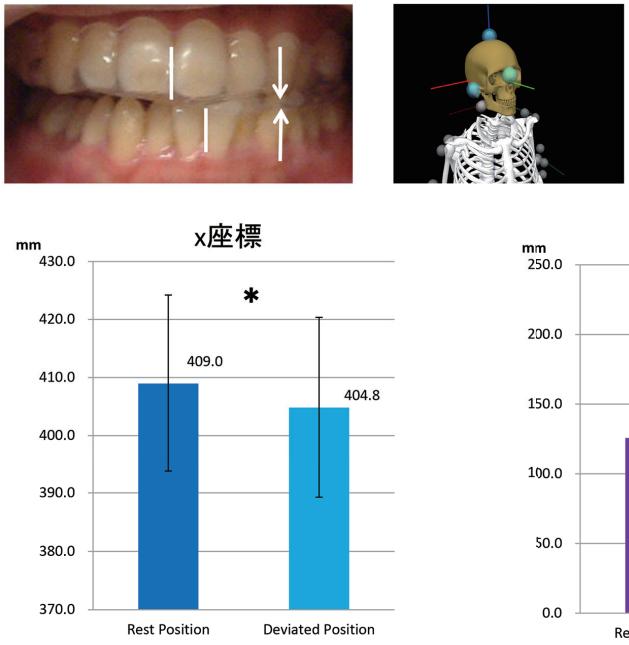


図14　実験的下顎偏位の平衡機能への影響－頭位への影響－(26)：実験的に下顎を上下犬歯の先頭が接触する位置まで偏位させると、頭囲は水平面上で4mmほど傾き、軌跡長も大きくなった。

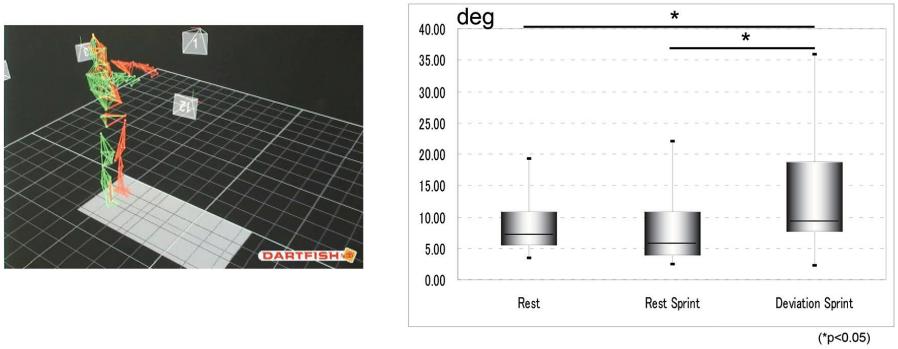


図15　実験的下顎偏位の平衡機能への影響－足踏み検査－(5)：移動角度が下顎偏位により有意に大きくなった。

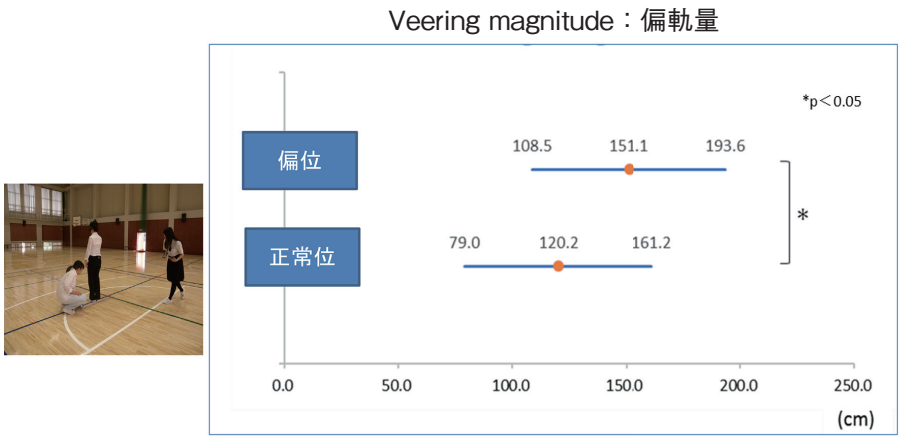


図16　実験的下顎偏位の平衡機能への影響－歩行Veering test－(7)：閉眼での約10mの歩行において偏軌量が下顎偏位により有意に大きくなった。

で良好な関係を構築してゆければ幸いである。◆

利益相反

著者らは、ジーシー(株)より研究用試料の提供を受けているが、実験の内容、評価等に関しての関与はない。

参考文献

1. Amemiya, A., et al. Effects of experimentally deviated mandibular position on stress response. *Adv Exp Med Biol*, 765: 1-7. 2013.
2. Hasegawa, K., et al. Does clenching reduce indirect head acceleration during rugby contact? *Dent Traumatol*, 30(4): 259-264. 2013.
3. Jagger, R.G., et al. The prevalence of dental, facial and head injuries sustained by schoolboy rugby players. A pilot study. *Prim Dent Care*, 17: 143-146. 2010.
4. Kanemitsu, A., et al. Head injuries caused by contact with teeth during sports and exercise activities in Japanese schools during the period 2012-2018. *Dent Traumatol*, 2023.
5. Karasawa, K., et al. Effects of experimental horizontal mandibular deviation on stepping test of equilibrium function. *J Nov Physiother*, 4(1): 1-6. 2014.
6. Kawakami, Y., et al. Relationships Between Gum Chewing and Stroop Test: A Pilot Study. *Adv Exp Med Biol*, 977: 221-226. 2017.
7. Kawano, Y., et al., Influence of Experimentally Deviated Mandibular Position on Gait - Evaluation using Veering Test -. *Int J Sports Dent*, 12(2): 39-47. 2019.
8. Lloyd, J.D., et al., Mouthguards and their use in sports: report of the 1st International Sports Dentistry Workshop, 2016. *Dent Traumatol*, 33(6): 421-426. 2017.
9. Matsuda, Y., et al., The effect of light-cured resin with a glass fiber net as an intermediate material for Hard & Space mouthguard. *Dent Traumatol*, 36(6): 654-661. 2020.
10. 中島一憲. 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究　咬合支持領域の大小が頸部後屈力と頸部筋及び咀嚼筋筋活動とに及ぼす影響. *日本補綴歯科学会雑誌*, 41(4): 593-603. 1997.
11. Nukaga, H., et al. Masseter Muscle Activity in Track and Field Athletes: A Pilot Study. *Open Dent J*, 10: 474-485. 2016.
12. 大岩陽一. 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究　咬合支持領域の大小が背筋力および咬筋筋活動量に及ぼす影響. *日大歯学*, 69(4): 542-551. 1995.
13. Saito, M., et al. Effects of Mouthguards on Skin Damage In Vitro Study. *Eur J Dent*, 2022.
14. Sakaue, T., et al. Improving light-cured intermediate resin for hard and space mouthguard using a glass fiber. *Dent Traumatol*, 39(2): 119-131. 2023.
15. Shibusawa, M., et al. Functional near-infrared spectroscopy study on primary motor and sensory cortex response to clenching. *Neurosci Lett,* 449(2): 98-102. 2009.
16. Suzuki, Y., et al. Effect of Clenching via Mouth-guard and Influence of Mouth-guard Occlusal Support Area on Lateral Mandibular Impact of Skull Model. *Dentistry*, 9(7): 547. 2019.
17. Takada, Y., et al. Modulation of H reflex of pretibial muscles and reciprocal Ia inhibition of soleus muscle during voluntary teeth clenching in humans. *J Neurophysiol*, 83(4): 2063-70. 2000.
18. Takeda, T., et al. Are all mouthguards the same and safe to use? The influence of occlusal supporting mouthguards in decreasing bone distortion and fractures. *Dent Traumatol*, 20(3): 150-6. 2004.
19. Takeda, T., K. Ishigami. An Improved Single-Layer Type Full Balanced Occlusion Mouthguard with Partial Lamination for the Mixed Dentition Players. *J Pediatr Dent Care*, 11(2): 33-36. 2005.
20. 武田友孝ら. 噛みしめ時の歯のひずみに対するマウスガードの効果. *日本補綴歯科学会雑誌*, 49(4): 608-616. 2005.
21. Takeda, T., et al. Does hard insertion and space improve shock absorption ability of mouthguard? *Dent Traumatol*, 22(2): 77-82. 2006.
22. Takeda, T., et al. Are all mouthguards the same and safe to use? Part 2. The influence of anterior occlusion against a direct impact on maxillary incisors. *Dent Traumatol*, 24(3): 360-5. 2008.
23. 竹島伸生. *転倒予防のためのバランス運動の理論と実際*. Vol 1. 2012. : 有限会社ナップ.
24. Verissimo, C., et al. Modifying the biomechanical response of mouthguards with hard inserts: A finite element study. *Am J Dent*, 28(2): 116-20. 2015.
25. Wakano, S., et al. Effect of experimental horizontal mandibular deviation on dynamic balance. *J Prosthodont Res*, 55(4): 228-233. 2011.
26. Yamazaki, G., et al. Influence of Experimentally Deviated Mandibular Position on Static Standing Posture. *Int J Sports Dent*, 7(1): 085-093. 2014.

著者紹介

武田 友孝：
東京歯科大学 客員教授、日本スポーツ協会公認スポーツデンティスト、日本障がい者スポーツ協会公認障がい者スポーツ医、日本スポーツ歯科医学会・理事など。世界で唯一の単独でのスポーツ歯学を探求する、東京歯科大学口腔健康科学講座スポーツ歯学研究室で、安全性の高いマウスガードの開発、運動パフォーマンスと歯科医学の関係を研究・追求している。

中島 一憲：
東京歯科大学 教授、日本スポーツ協会公認スポーツデンティスト、日本障がい者スポーツ協会公認障がい者スポーツ医など。東京歯科大学口腔健康科学講座スポーツ歯学研究室で、安全性の高いマウスガードの開発、運動パフォーマンスと歯科医学の関係を研究しており、2023年4月より教授となりより一層励んでいる。