

## マウスガードの歯および歯周組織への効果

正村 正仁<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>松本歯科大学 小児歯科学講座

<sup>2</sup>松本歯科大学 大学院歯学独立研究科 健康増進口腔科学講座

Effect of mouthguard on tooth and periodontal tissue

MASAHITO SHOMURA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Matsumoto Dental University*

<sup>2</sup>*Department of Oral Health Promotion, Graduate School of Oral Medicine,  
Matsumoto Dental University*

### Summary

Various types of protective equipment for sports have been developed, such as mouthguards used in the maxillo-oral region.

Mouthguards are considered to exhibit excellent maxillo-oral injury-preventive effects, and their use is recommended in many sporting fields, particularly in contact sports. However, in previous studies on the injury-preventive effects of mouthguards, their impact absorbability was evaluated only by applying impact to mouthguard materials, and by inserting mouthguards into cranial bone models or extracted bovine teeth, without assuming actual impact to the body, or considering the presence of periodontal tissue consisting of the periodontal membrane, alveolar bone, and gingiva. Therefore, the effects of mouthguards on periodontal tissue have not been clarified.

In this study, using a pendulum-type impact test machine, impact was applied to bovine mandibular bone bodies whose periodontal tissue had been preserved under conditions highly similar to physiological condition the actual effects of mouthguards, and influence of differences in the thickness and composition of mouthguard materials on the teeth and periodontal tissue were evaluated. The following results were obtained :

1. Impact force applied to the teeth and values for strain occurring in the teeth were significantly lower in the presence than in the absence of a mouthguard.
2. Similarly, the values for strain occurring in alveolar bone periodontal tissue area significantly decreased after wearing mouthguards, in contrast to the absence of mouthguards.
3. Impact force applied to the teeth and values for strain occurring in the teeth were significantly lower with a 4-mm-thick mouthguard than with a 1-mm-thick mouthguard.

4. Similarly, values for strain occurring in the alveolar bone periodontal tissue area (lingual side) were significantly lower with a 4-mm-thick mouthguard than with a 1-mm-thick mouthguard.
5. Differences in mouthguard materials did not cause any significant difference in the impact force applied to the teeth or the strain occurring in the teeth.
6. Differences in mouthguard materials did not cause any significant differences in strain occurring in the alveolar bone periodontal tissue area.

These findings suggest that mouthguards decreased the values for strain and degrees of impact acceleration caused by impact force applied to the teeth and alveolar bone area, protecting the teeth and periodontal tissue. Furthermore, our study confirmed that the impact absorption effects of mouthguards on the teeth and periodontal tissue increased with increases in their thickness. It was also suggested that differences in mouthguard materials employed in this study did not show any significant difference in the impact absorption effects on the teeth and periodontal tissue.

## 結 言

現在、我が国では、健康増進法が施行され、身体活動・運動は健康づくりに大きな役割を果たすとして、「健康日本21」の中でも重要課題の一つとなっている。運動・スポーツは爽快感や楽しさを求めて行われるのと同時に、疾病を予防し、活動的な生活を送る基礎となる体力を増進させるものでもあり、QOLの向上のために積極的に勧められている<sup>1)</sup>。このような背景をもとに「健康の維持・増進」を目的としてスポーツに参加する人の数が増加傾向にあるといわれている。

しかしながら、スポーツに起因する外傷は、本来の目的とは相反するものであり、運動経験のない人や、自分の能力を超えた激しい運動などでは、予期しない事故等を起こす可能性がある。従って、運動・スポーツの特性を十分に把握した予防対策が必要となる。そこで、各種スポーツに適した様々な防具の開発がなされており、顎口腔領域の保護装置としてのマウスガードもスポーツ外傷に対しての予防の有効性が示唆されている代表的なものの一つである。

マウスガードには、優れた顎口腔外傷の予防効果があるとされており<sup>2-5)</sup>、コンタクトスポーツを中心とした多くのスポーツでの使用が推奨されている<sup>6-12)</sup>。また、その根拠となるマウスガードの衝撃吸収能に関する研究結果も、表1に示すように、国内・国外のいずれにおいても数多く報告されている<sup>13-29)</sup>。ところが、これらの研究の多く

は、単にマウスガード材に衝撃を加えたり、頭蓋骨模型や牛の抜去歯などにマウスガードを装着することにより、その衝撃吸収能についての検討を行ったものであり、実際の生体への衝撃を想定し、歯根膜、歯槽骨、歯肉といった歯周組織が存在する条件でなされた報告ではない。唯一、Johnston ら<sup>24)</sup>は、羊の下顎切歯に衝撃を加える実験を歯周組織が存在する条件下で行っているが、この実験も、 $-20^{\circ}\text{C}$ で冷凍された試料を用いて行われている点を考えると、やはり実際の生体に近い状態での検討とは言い難い。しかも、これらの研究は、主に歯に対するマウスガードの衝撃吸収能についての検討を行ったものであり、歯周組織に対する効果についての検討はなされていない。

実際のスポーツ外傷発生時には、歯のみならず、その周囲組織である歯周組織にまでも損傷が及ぶことも稀ではないため<sup>30,31)</sup>、歯周組織に対するマウスガードの効果についての解明を行うことは、スポーツ時のマウスガード使用を推奨するにあたって必須のものと思われる。そこで、本研究では、より実際の生体に近い状態で歯周組織が保存されている牛下顎骨体に植立された牛歯に衝撃を加え、マウスガードの有無（実験1）、マウスガードの厚みの違い（実験1）、およびマウスガード材の違い（実験2）が、歯と歯周組織に対して及ぼす効果についての検討を行った。

表1：マウスガードの衝撃吸収率

著者	文献	対象	衝撃方法	衝撃物	衝撃吸収率
山本	(13)	マウスガード材	落球式	金属	90.00%
石島	(14)	マウスガード材	落球式	金属	3.33-33.30%
前田	(15)	マウスガード材	落球式	金属	2.00-11.00%
Bishop BM	(16)	マウスガード材	落球式	金属	28.90-31.60%
Park JB	(17)	マウスガード材	落球式	金属	50.40%
Going RE	(18)	マウスガード材	振り子式	金属	45.00-57.40%
Auroy P	(19)	マウスガード材	振り子式	金属	7.67-19.71% 13.50-16.60%
Craig RG	(20)	マウスガード材	振り子式	金属	80.60-90.60%
Low D	(21)	マウスガード材	加圧式		10.00-24.00%
森井	(22)	牛歯	振り子式	金属	8.10-30.00%
Takeda T	(23)	頭蓋模型	振り子式	金属	31.30-72.50%
Johnston T	(24)	羊下顎骨体	加圧式	金属	○
Hickey JC	(25)	遺体	射出式	プラスチック	○
Godwin WC	(26)	レジン模型	振り子式	金属	50.00-92.00%
de Wet FA	(27)	頭蓋模型	振り子式	金属?	23.00-55.00%
Hoffmann J	(28)	下顎模型	振り子式	金属	7.50-58.00%
Bemelmans P	(29)	上顎模型	振り子式	金属	25.70-33.30%

○：衝撃吸収能あり（%表記なし）

## 実験材料および方法

## 1. 実験1

## 1) 試料の作製

試料の作製に供する目的で、屠殺後約-20℃にて東京歯科大学スポーツ歯学研究室に冷凍保存された生後22~24ヶ月のホルスタインの下顎前歯部(33~43番歯)を含む牛下顎骨体を5体用意した(図1-A)。

牛下顎骨体は自然解凍を行い、ダイヤモンドソー(SG-300, 西国器械製作所製, 京都)を用いて正中部にて切断した後、40%エタノール溶液中に72時間浸漬して固定を行った(図1-B)。

次に、衝撃試験を行う際に被験歯となる歯の根尖相当部付近の歯肉を、メス、剥離子等を用いて唇・舌側共に剥離して歯槽骨を露出させた。露出した骨面に対しては、#600および#800のサンドペーパーを使用して研磨を行った上で、STRAIN GAGE CEMENT (KYOWA CC-33A, 共和電業社製, 東京)を接着剤として用いて、STRAIN GAGE (KFG-5-120-C1-11L3M3R, 共和電業社製, 東京)の貼付を行った。さらに、被験歯歯冠の近遠心的中央で歯頸線から1mm上方の位置にも、同じく唇・舌両側にSTRAIN GAGEの

貼付を行った(図1-C)。

そして、衝撃試験の際に牛下顎骨体を衝撃試験機に固定する目的で、50×100×60mmのDUPPLICATE® (SHOFU社製, 京都)の陰型に、常温重合レジンのGC UNIFAST II® (GC社製, 東京)を填入し、その中にSTRAIN GAGEの貼付された牛下顎骨体を包埋した。レジンが完全に硬化した後、陰型よりこれを取り出して試料とした(図1-D)。なお、衝撃が加わった際に、試料が破損するのを防止するため、牛下顎骨体のレジンよりの露出部は、歯冠部と歯頸部歯肉の約10~20mm程度とした。

## 2) マウスガードの作製

実験に使用するマウスガードは、衝撃受容部の厚径が、1mm, 2mm, 3mm, 4mmの4種類とし(図2)、これを1試料につき、それぞれ3個作製した。

マウスガード材には、エチレン酢酸ビニルアセテートを主成分とするDRUFOSOF® (DREVE社製, Germany, 以下DR)を使用し、これを加圧成型器DRUFOMAT® (DREVE社製, Germany, 図3)にて、各試料をアルギン酸塩印象材ALFLEX® (ダイヤモンドメディカルサプライ社製, 東京)を用いて印象採得し、得られた石膏模

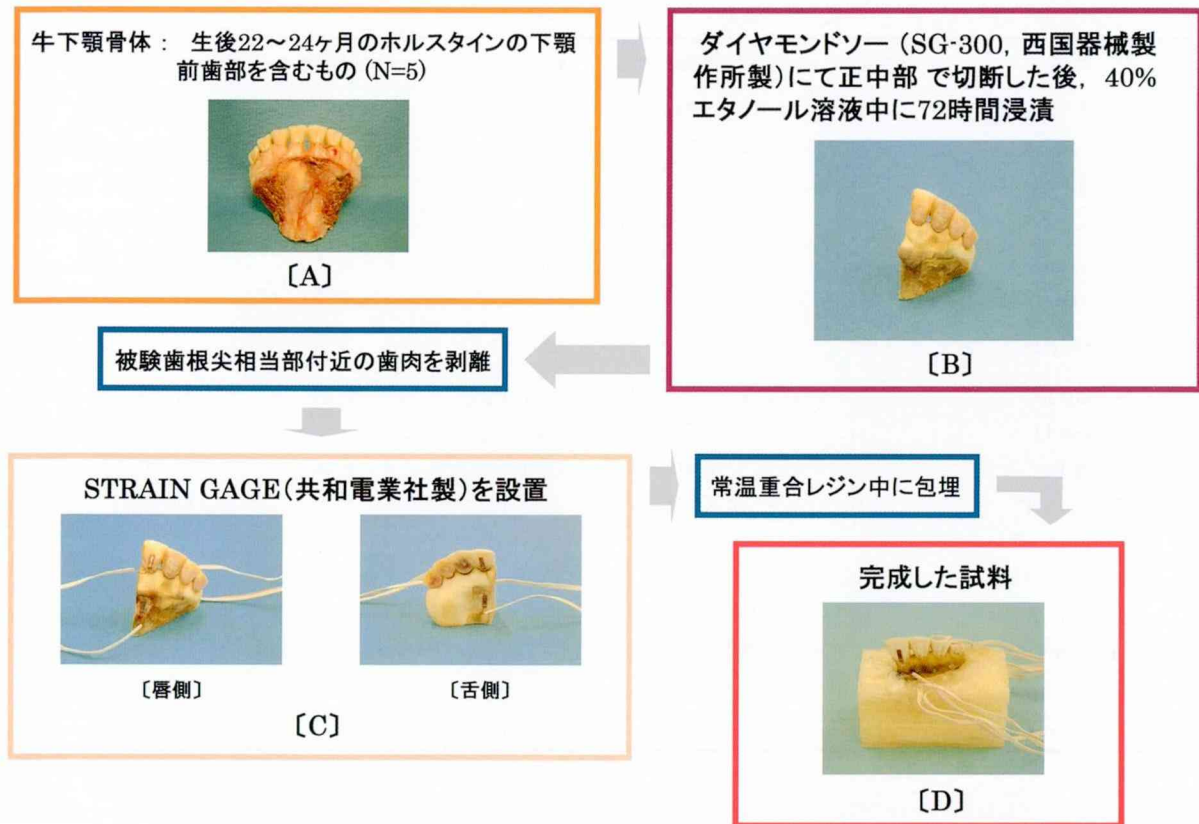


図1：試料の作製

型に対して圧接を行った。

その後、替刃メス、カーボランダムポイント、シリコンポイント等を用いて形態修正と厚みの調整を行った。この際、厚みの計測にはDIAL CALIPER® (古里精機製作所社製, 東京) を使用し、各マウスガードの衝撃受容部が必要な厚径となるように調整した。

### 3) 実験方法

各試料について、マウスガード非装着の状態および1～4 mmの各マウスガードを装着した状態で、1条件につきそれぞれ10回ずつ、計30回、東京歯科大学スポーツ歯学研究室にて作製した、図4に示す振り子式の衝撃試験機<sup>23, 32-34)</sup> (重さ約170g, 軸長約50cm) を用いて衝撃試験を行った。装置の後方には電磁石が設置されており、常にその位置より振り子の運動が開始される仕組みとなっている。装置に試料を固定する際には、同じく図4に示すように、Aの角度が20°、Bの距離が15cmとなり、かつ、振り子が最下点に達した時点で鉄球との衝突が行われ、加えて図5のように、衝撃受容部が被験歯歯冠の近遠心的中央で、かつ切縁よりその歯冠長の1/3歯頸側寄りとな

る様に設定を行った。また、角度と距離の値には、試料に対して繰り返し衝撃を加えても、歯の破折、顎骨骨折などが起こらない数値を選択した。

そして、試験を行った際に生じた衝撃力を衝撃試験機の鉄球に付与した超小型定容量加速度変換器 (AS-200HA, 共和電業社製, 東京) で、また牛歯歯冠部と歯槽骨部のひずみを前述の4箇所

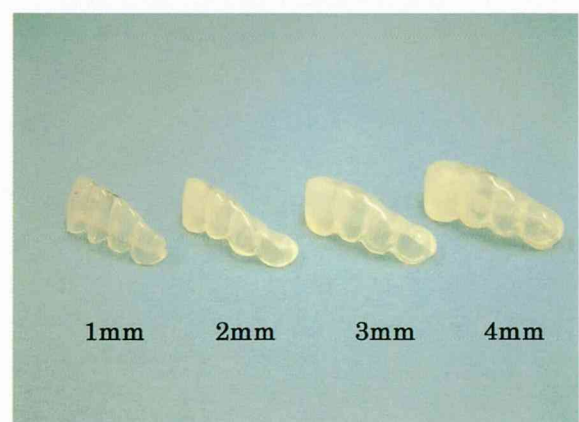


図2：1～4 mmの各マウスガード





図3：DRUFOMAT® (DREVE 社製)

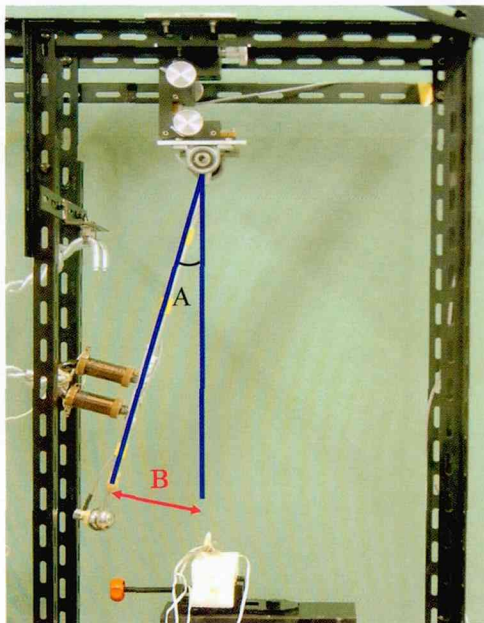


図4：振り子式衝撃試験機と角度Aおよび距離B

リレコーダ/アナライザ (EDX-1500A, 共和電業社製, 東京) に記録した. 記録したデータはパーソナルコンピュータに転送し, 専用の解析ソフト (DAS-100A, 共和電業社製, 東京) を用いて解析を行った.

解析によって得られたデータについては, 一元配置分散分析を行った後, Tukey の方法による多重比較を用いて統計処理を実施した.

## 2. 実験2

### 1) 試料の作製

牛下顎骨体を新たに5体用意し, 実験1と同様

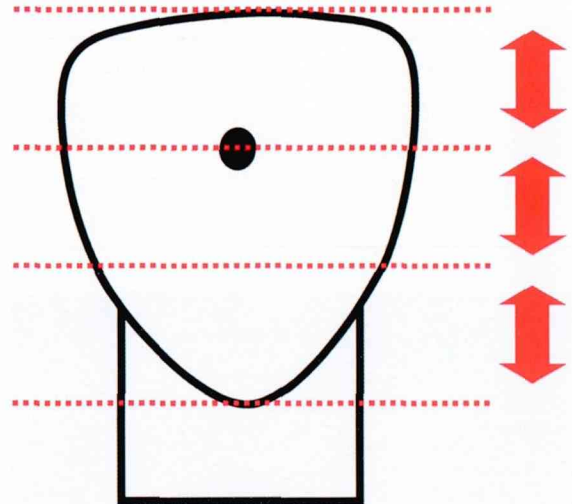


図5：衝撃受容部の設定

の方法にて試料の作製を行った.

### 2) マウスガードの作製

実験に使用するマウスガード材は, 現在, 国内において汎用されており, 表2に示す組成およびショア硬度を有するDR, IMPACTGUARD® (GC 社製, 東京, 以下IM), JUSTOUCH® (クラレ社製, 岡山, 以下JU), MG21® (CGK 社製, 広島, 以下MO) の4種類とし, これらの材料より1試料につき, それぞれ1個のマウスガードを作製した (図6). なお, ショア硬度の値には, 各マウスガード材を島津ゴム硬度計デュロメータA型 (島津製作所社製, 京都) にて, それぞれ10回ずつ計測した数値の平均値を使用した.

マウスガード材は, 実験1と同様の方法により得られた石膏模型に対して, 同じくDRUFOMAT®を用いて圧接した.

その後の, 形態修正および厚みの調整に関しても, 実験1と同様の方法にて衝撃受容部の厚径が2mmとなるように行った.

### 3) 実験方法

各試料について, マウスガード非装着の状態および上記4種類のマウスガード材より作製を行ったマウスガードをそれぞれ装着した状態で, 1条件につき10回ずつ, 実験1と同様の方法にて衝撃試験を行った.

さらに, 試験が行われた際に生じた衝撃力とひずみの測定・記録, 記録したデータの解析, およびそれにより得られたデータの統計処理に関しても, 実験1と同様に行った.

表2：マウスガード材の組成および硬度

商品名	略号	製造	主な組成	ショア硬度
DRUFOSOFT®	DR	DREVE 社製	Ethylene と Vinyl Acetate の共重合体	80.7
IMPACTGUARD®	IM	GC 社製	Polyolefin と Polystyrene の共重合体	69.5
JUSTOUCH®	JU	クラレ社製	Polystyrene と Polyisoprene の共重合体	60.9
MG 21®	MO	CGK 社製	Polyolefin	83.5

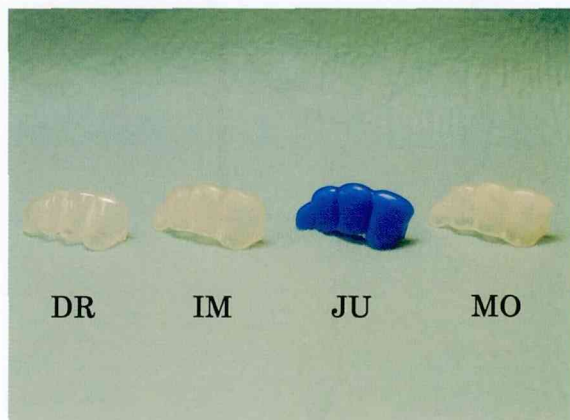


図6：各種マウスガード材より作製したマウスガード

## 結 果

## 1. 実験1

図7に、実験1における歯および歯槽骨部のひずみの成績を示した。なお、この図は、5個の試料の成績について総合して表したものであり、舌側歯冠部、舌側歯槽骨部における圧縮ひずみの値は、絶対値をとり正の値として表している。マウスガード非装着時に比べると、1～4mmのいずれのマウスガード装着時も各部位のひずみは小さな値を示した。さらに、マウスガードの厚みの違いの比較では、その厚みが増加するに従って、各部位のひずみの値も減少していく結果となった。

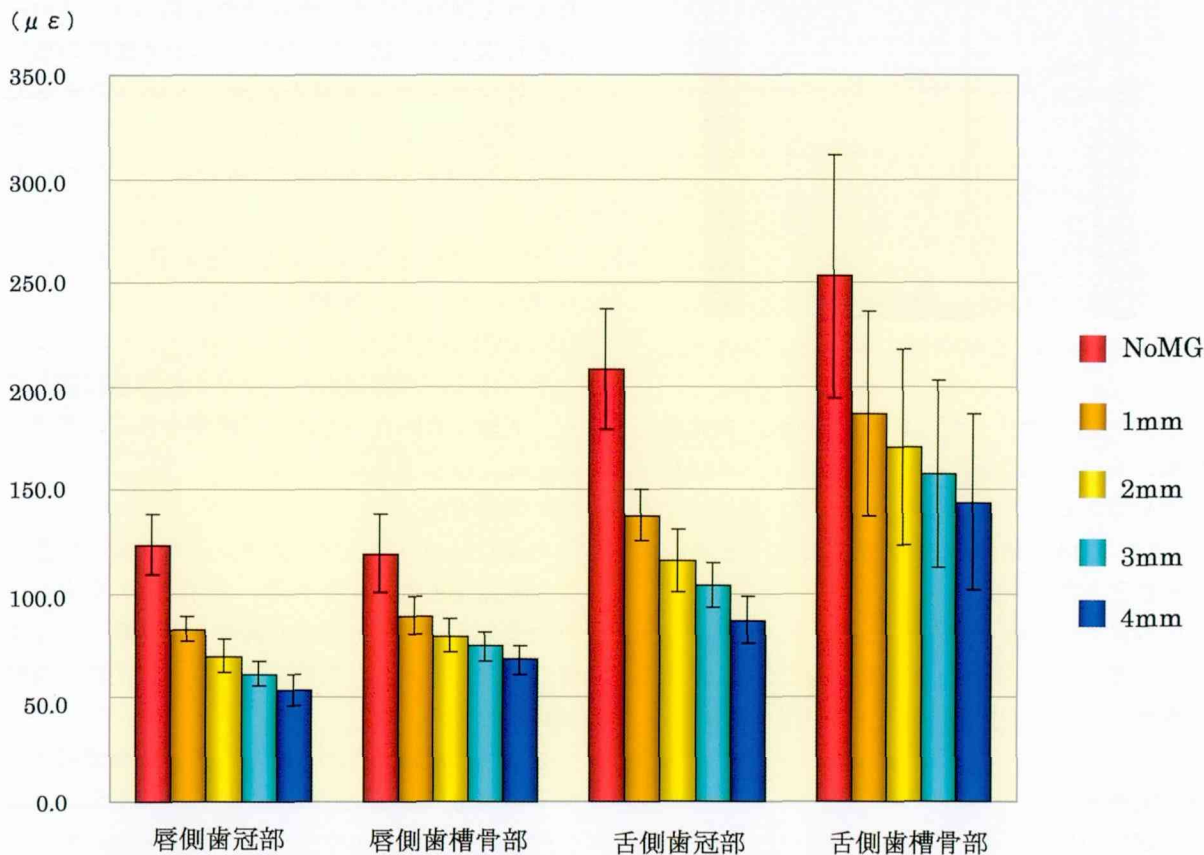


図7：歯および歯槽骨部のひずみ（実験1）

Mean ± S.E.



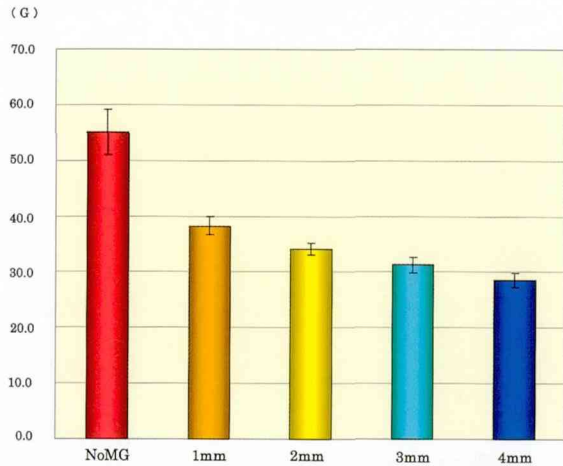


図8：衝撃試験機鉄球部における加速度(実験1) Mean ± S.E.

図8には、同様に、衝撃試験機鉄球部における加速度の成績を示した。マウスガード非装着時のそれは約55.0Gを示し、ひずみと同じく、マウスガード非装着時に比べると、1～4mmのいずれのマウスガード装着時でも衝撃試験機鉄球部における加速度の値は小さなものとなり、加えて、その厚みが増加するに従って、衝撃試験機鉄球部における加速度の値も減少していく結果となった。

次に、一元配置分散分析の結果より、マウスガードの有無およびマウスガードの厚みの違いが、各部位のひずみと衝撃試験機鉄球部における加速度の値に対して、有意に影響を与えることが明らかとなり、Tukeyの方法による多重比較では、全ての測定部位におけるマウスガード非装着時と1～4mmの各マウスガード装着時、唇側歯冠部における1mmと3mmおよび4mm、舌側歯冠部における1mmと4mm、舌側歯槽骨部における1mmと4mm、衝撃試験機鉄球部における1mmと4mmの比較で、表3に示す有意差が認められた。

## 2. 実験2

図9に、実験2における歯および歯槽骨部のひずみの成績を示した。この図も、図7と同様に、5個の試料の成績について総合して表したものであり、舌側歯冠部、舌側歯槽骨部における圧縮ひずみの値は、絶対値をとり正の値として表している。マウスガード非装着時に比べると、いずれの材料によるマウスガード装着時も各部位のひずみは小さな値を示した。マウスガード材の違い

表3：Tukeyの方法による多重比較(実験1)

### 唇側歯冠部

	NoMG	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
NoMG					
1 mm	**				
2 mm	**	—			
3 mm	**	*	—		
4 mm	**	**	—	—	

### 唇側歯槽骨部

	NoMG	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
NoMG					
1 mm	**				
2 mm	**	—			
3 mm	**	—	—		
4 mm	**	—	—	—	

### 舌側歯冠部

	NoMG	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
NoMG					
1 mm	**				
2 mm	**	—			
3 mm	**	—	—		
4 mm	**	**	—	—	

### 舌側歯槽骨部

	NoMG	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
NoMG					
1 mm	**				
2 mm	**	—			
3 mm	**	—	—		
4 mm	**	*	—	—	

### 衝撃試験機鉄球部

	NoMG	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
NoMG					
1 mm	**				
2 mm	**	—			
3 mm	**	—	—		
4 mm	**	*	—	—	

— : N.S.

\* :  $p < 0.05$ \*\* :  $p < 0.01$ 

による比較では、いずれの測定部位においてもDR装着時に最もひずみが小さくなり、逆に、JU装着時には最も大きくなった。

図10は、衝撃試験機鉄球部における加速度の成績である。マウスガード非装着時のそれは約83.8

(με)

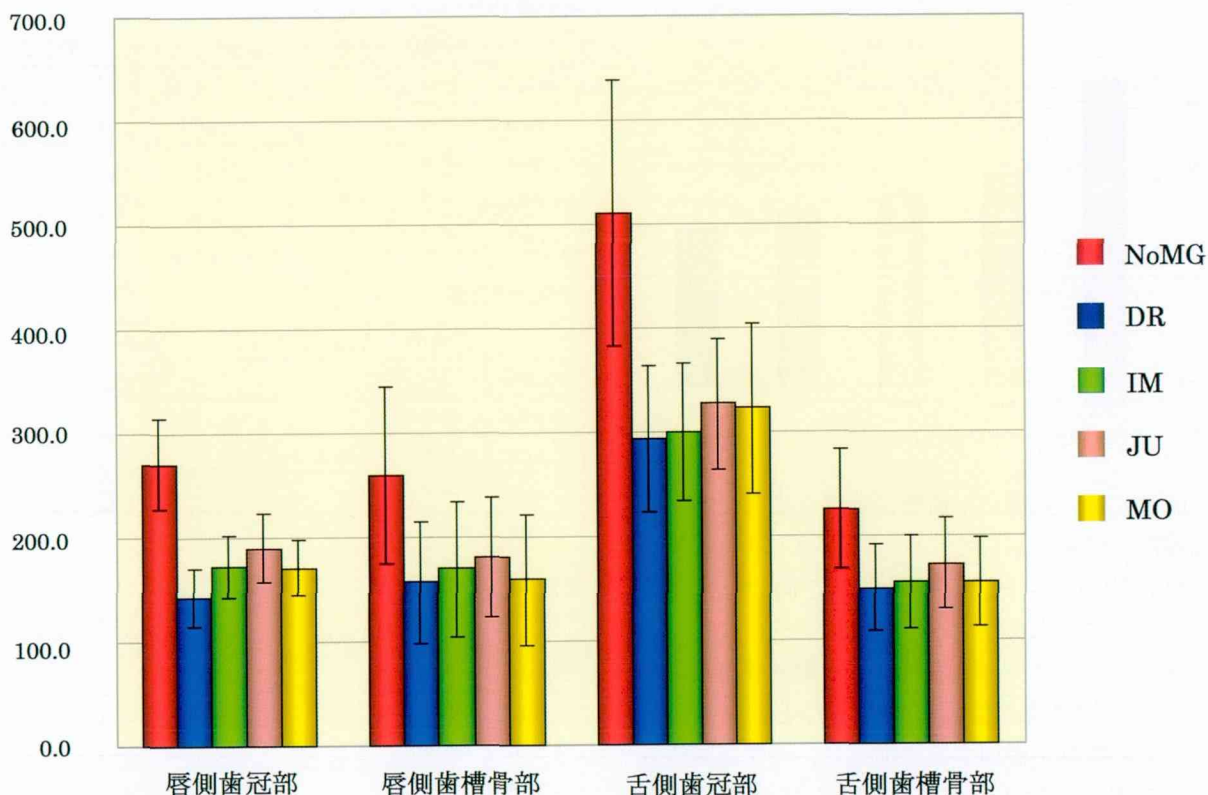


図9：歯および歯槽骨部のひずみ（実験2）

Mean ± S.E.

(G)

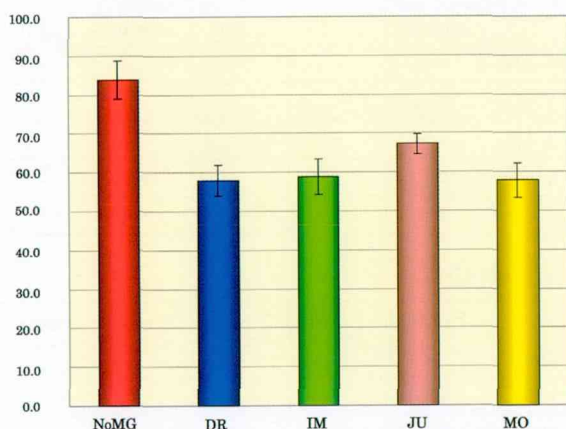


図10：衝撃試験機鉄球部における加速度(実験2) Mean ± S.E.

Gを示し、ひずみと同じく、マウスガード非装着時に比べると、いずれの材料によるマウスガード装着時も衝撃試験機鉄球部における加速度の値は小さなものとなった。マウスガード材の違いによる比較では、MO装着時に最も小さな値を示し、JU装着時には最も大きな値を示した。

また、統計処理においては、一元配置分散分析ではマウスガードの有無およびマウスガード材の違いが、各部位のひずみと衝撃試験機鉄球部にお

ける加速度の値に対して、有意に影響を与える結果となった。しかし、分散分析に続いて行った、Tukeyの方法による多重比較では、マウスガード非装着時と各種マウスガード材より作製したマウスガード装着時での比較においては、全ての測定部位で1%もしくは5%危険率の有意差が認められたものの、マウスガード材の違いによる比較では、いずれの測定部位でも有意差は認められなかった(表4)。

## 考 察

sport (スポーツ) の語源は古代フランス語の desport から派生した中世英語 desport あるいは disport の短縮語であるといわれている。desport の意味は、「おもしろく遊ぶ、仕事をやめる、仕事から引き離す」であり、そこから派生した sport の本質は、気晴らし、レクリエーション、娯楽、遊戯などであり、決して激しいものではなく、本質的に穏やかで楽しいものとされている<sup>35)</sup>。

しかし、近代スポーツにおいては、激しいコンタクトを伴う競技も少なくはなく、プロスポーツ



表4: Tukeyの方法による多重比較(実験2)

## 唇側歯冠部

	NoMG	DR	IM	JU	MO
NoMG					
DR	**				
IM	**	-			
JU	**	-	-		
MO	**	-	-	-	

## 唇側歯槽骨部

	NoMG	DR	IM	JU	MO
NoMG					
DR	**				
IM	**	-			
JU	*	-	-		
MO	**	-	-	-	

## 舌側歯冠部

	NoMG	DR	IM	JU	MO
NoMG					
DR	**				
IM	**	-			
JU	**	-	-		
MO	**	-	-	-	

## 舌側歯槽骨部

	NoMG	DR	IM	JU	MO
NoMG					
DR	**				
IM	**	-			
JU	**	-	-		
MO	**	-	-	-	

## 衝撃試験機鉄球部

	NoMG	DR	IM	JU	MO
NoMG					
DR	**				
IM	**	-			
JU	*	-	-		
MO	**	-	-	-	

- : N.S.

\* :  $p < 0.05$ \*\* :  $p < 0.01$ 

はもとより、アマチュアスポーツや学校での体育の授業などにおいてもスポーツ外傷が発生することは決して珍しくはない。鷹股<sup>36)</sup>が、中学校、高等学校の体育科目担当教諭、運動部・部活動指導教諭を対象として行ったアンケート調査の結果

によると、生徒がスポーツ外傷を経験したことがあるとした教諭のうち、顎口腔領域を含む外傷を経験したことがある教諭は中学校で46.9%、高等学校では71.2%に上り、学校保健の立場からもスポーツによる顎口腔外傷の予防は重要な課題であるとされている。

そこで、スポーツ時の危険防止を目的として、用具や設備の改善、ルール改正などが行われるようになってきており、このような流れの中で、医療従事者に対しても、スポーツ外傷の予防・軽症化のための更なる努力が求められている。当然、歯科医師も、スポーツ外傷を惹起する危険因子についての情報提供、マウスガードやフェイスガードをはじめとする防具、また、それに用いる材料の開発・改良、外傷発生時の対処法やその予防策などについて、今後より積極的に取り組んでいかなければならない。

なかでも、マウスガードは、顎口腔外傷の予防・軽症化を主な目的として、多くのスポーツで用いられており、既に、ボクシング、アメリカンフットボールといった競技においてはその装着が義務化となっている<sup>37)</sup>。また、他の競技においてもその使用が推奨されたり、今後の義務化が検討されたりしており、マウスガードの効果についての科学的解明を進めることは、スポーツ外傷の減少を図る上で非常に有意義なものであるといえる。

そこで、マウスガードの衝撃吸収能に関する実験研究が国内・国外のいずれにおいても盛んに行われている<sup>13-29)</sup>。しかし、先にも述べたように、これらの研究の多くは、単にマウスガード材に衝撃を加えたり、頭蓋骨模型や牛の抜去歯などにマウスガードを装着することにより、その衝撃吸収能についての検討を行ったものであり、実際の生体への衝撃を想定して、歯根膜、歯槽骨、歯肉といった歯周組織が存在する条件で行われた報告ではない。加えて、これらの研究は、主に歯に対してのマウスガードの衝撃吸収能について検討を行ったものであり、歯周組織に対してのマウスガードの効果については、現在まで明らかになっていない。

そこで、本研究は、歯周組織が保存された牛下顎骨体を実験に用いることによって、より実際の生体に近い条件で、歯のみならず、これまで解明

されることのなかったマウスガードの歯周組織に対する効果についても検討を加えることを目的として行った。まずはじめに、実験1として、マウスガードの有無、およびマウスガードの厚みの違いが、歯と歯周組織に対して及ぼす効果についての検討を、次に、実験2として、マウスガード材の違いが、歯と歯周組織に対して及ぼす効果についても、同じく検討を加えた。

### 1. 実験1について

マウスガードの衝撃吸収効果に関して、森井<sup>22)</sup>は牛抜去歯を用いた衝撃試験で、マウスガードを装着することにより、牛歯が受ける衝撃力とそのひずみがマウスガード非装着時に比べて有意に減少し、さらには、それらがマウスガードの厚径と正の相関が高いことを明らかにした。

歯周組織が保存された状態の牛下顎骨体を用いて行った、今回の実験1においても同様に、マウスガードを装着すると、牛歯が受ける衝撃力とそのひずみがマウスガード非装着時に比べて有意に減少する結果となった。また、厚径の相違については、マウスガードの厚みが増加するに従って、牛歯が受ける衝撃力とそのひずみが減少していく結果となり、唇側歯冠部における1 mmと3 mmおよび4 mm、舌側歯冠部における1 mmと4 mm、衝撃試験機鉄球部における1 mmと4 mmの比較では有意差が認められた。これにより、従来から述べられているように、マウスガードがスポーツ時における歯の外傷予防、軽症化に対して優れた効果を有していること、その衝撃吸収能は材料の厚みに依存していることが改めて確認された。

さらに、この実験1では、牛歯にマウスガードを装着することで、歯周組織である歯槽骨部のひずみもマウスガード非装着時に比べて有意に減少する結果となった。この結果から、マウスガードの外傷予防効果は、直接被覆されている歯のみでなく、その周囲に位置する歯周組織の歯槽骨部にまでも及んでいるものと考えられ、マウスガードの装着が歯牙脱臼や歯槽骨骨折等の予防、軽症化に対しても十分に効果があることが示された。また、厚径の相違についても歯冠部と同様で、マウスガードの厚みが増加するに従って、歯槽骨部におけるひずみの値も減少していく結果となり、舌

側歯槽骨部の1 mmと4 mmの比較では有意差が認められた。よって、マウスガードの厚みの違いが、歯槽骨部に対する衝撃吸収能にも影響を及ぼしている可能性が示唆され、適切なマウスガードの厚みを確保することが、スポーツ外傷発生時に歯槽骨へ加わる外力の軽減を図る上でも重要な要素であるのではないかと考えられた。

現在、一般的にマウスガードの作製に際しては、前歯部および臼歯部咬合面において2～3 mmの厚みを確保することが推奨されているが<sup>38)</sup>、今回の実験結果からも、これらの厚みのマウスガードが、スポーツ外傷の予防および軽症化を図るにあたって有用であるものと推察された。また、4 mmのマウスガード装着時には、これらの厚みのマウスガードを装着した際と比較して、有意差は認められなかったものの、各測定部位のひずみと衝撃試験機鉄球部における加速度の値はさらに減少している。しかしながら、厚みの増加は使用感の低下を招来する場合もあることから<sup>39)</sup>、その決定にあたっては、個々の選手の参加する競技種目やレベル、年齢などに適したものとなるように十分配慮を行う必要があるものと思われる。

### 2. 実験2について

実験2では、この実験に用いた、いずれの材料によるマウスガード装着時も、マウスガード非装着時に比べて、各測定部位のひずみおよび衝撃試験機鉄球部における加速度の値は有意に小さなものとなり、このことから、マウスガードの外傷予防効果が、歯のみならず、歯周組織である歯槽骨部にまでも及んでいることが改めて確認された。

マウスガード材の違いによる比較では、歯および歯槽骨部のひずみの値は、いずれの測定部位においてもDR装着時に最も小さくなり、逆にJU装着時には最も大きくなった。衝撃試験機鉄球部における加速度の値は、MO装着時に最も小さくなり、JU装着時には最も大きなものとなった。ただし、DRとMOの値の差は、ごく僅かであった。また、多重比較では、いずれの測定部位においても材料間の比較による有意差は認められなかった。

月村ら<sup>9)</sup>は、エポキシレジン製複製歯牙を用い

て、各マウスガード材、DR、IM、JU および MO の衝撃吸収能について検討を行った結果、マウスガード非装着時に比べて、いずれのマウスガード装着時においても歯牙のひずみは有意に小さなものとなり、材料間の比較では、DR、IM、MO に差は認められなかったものの、これら3種の材料とJUの比較では、JU装着時に歯牙のひずみが有意に大きくなることを報告している。今回の実験でも、マウスガード非装着時と各種材料により作製したマウスガード装着時の比較においては同様の結果であり、既に述べたように、顎口腔外傷予防におけるマウスガードの有用性が確認されている。さらに、有意差は認められないものの、DR、IM、MOの3種材料を装着した際と比較して、JU装着時には各測定部位のひずみと衝撃試験機鉄球部における加速度の値が大きくなる傾向も認められ、その原因としては、月村ら<sup>5)</sup>も指摘しているように、JUが制振性熱可塑性エラストマーで作られており、PolystyreneとPolyisopreneの共重合体から成るため、他材料とは組成が異なることがその一因となっているのではないかと考えられた。

また、本実験においては、衝撃試験に先立ってショア硬度の計測を行っており、このショア硬度の高いマウスガード材から並べた際の順序と、衝撃試験機鉄球部における加速度の値の小さなマウスガード材から並べた際の順序が同様のものとなっている。これより、マウスガード材の硬度が、その衝撃吸収能に何らかの影響を及ぼしている可能性が考えられる。しかしながら、歯および歯槽骨部のひずみの値については、この順序とは一致するものではなく、いずれの測定部位においても最も小さな値を示したのはDR装着時である。この歯および歯槽骨部のひずみと衝撃試験機鉄球部における加速度の結果の違いは、後者の値が、単に材料の衝撃吸収能を測定したものであるのに対し、前者の値には、材料の衝撃分散効果も関与しているために生じたものではないかと考えられる。よって、マウスガード材の硬度は、あくまでもその衝撃吸収能・衝撃吸収効果に影響を与えている多因子の中の一要因なのではないかと推察されるが、この点に関しては、本実験において明白な結論を得るに至ったとはいえ、今後より詳細な検討を行う必要があるものと思われる。

る。

以上より、本実験に使用した4種類のマウスガード材は、いずれも歯および歯槽骨部に対する、明確な衝撃吸収効果を有していることが明らかとなり、それぞれの材料間に、衝撃吸収能・衝撃吸収効果の有意な差は示されていないものの、DR装着時のそれは比較的高くなり、逆に、JU装着時には低くなる傾向が認められた。ただし、実際のマウスガード作製時には、衝撃吸収効果のみでなく、その他の様々な物性も考慮した上で、それぞれの選手が参加する競技種目やレベル、年齢等に適したマウスガード材を選択する必要があるものと思われる。

今回行った両実験より、顎口腔領域におけるスポーツ外傷の減少を図るにあたっては、歯科医師を中心とした、さらなるマウスガード普及へむけての取り組みを行っていくことが極めて重要であるといえる。また、近年は顎口腔領域のみでなく、マウスガードの装着が脳震盪の予防に対しても有用であるとする研究結果も見受けられる<sup>40,41)</sup>。菊池ら<sup>42)</sup>の報告によると、ヒトは衝撃の持続時間にもよるものの、約80~100 G程度の衝撃力を受けると脳震盪を招来するとされており、今回の実験においても、歯の破折、顎骨骨折などの試料の破損が起こらない範囲内で、これに近い衝撃力を加えたところ、マウスガードが歯および歯槽骨部に保護的な作用を有していることが明らかとなった。しかしながら、脳震盪の予防に対する効果については、今回の実験から推察することは困難であり、実際の生体に近い条件にて、マウスガードの脳震盪予防効果についての検討を加えることも、今後の重要な課題の一つであると考えている。

最後に、スポーツに参加する人々が、現在より安全で楽しく健康的に、それぞれのスポーツライフを存分に満喫することができるよう、今後、より衝撃吸収効果の優れたマウスガード材の開発やマウスガード形態の改良が行われ、さらにはそれが普及していくことが望まれる。

## 結 論

マウスガードが歯および歯周組織へ及ぼす効果についての検討を行う目的で、牛下顎骨体を試料とした衝撃試験を実施し、以下の結論を得た。

1. マウスガード装着時は非装着時に比べて、歯に加わる衝撃力と同部に生ずるひずみの値が有意に減少した。
2. 同様に、マウスガード装着時においては非装着時に比べて、歯周組織である歯槽骨部に生ずるひずみの値も有意に減少した。
3. 1 mm のマウスガード装着時に比べて、4 mm のマウスガード装着時では、歯に加わる衝撃力と同部に生ずるひずみの値が有意に減少した。
4. 同様に、1 mm のマウスガード装着時に比べて、4 mm のマウスガード装着時では、歯周組織である歯槽骨部（舌側）に生ずるひずみの値も有意に減少した。
5. マウスガード材の違いにより、歯に加わる衝撃力と同部に生ずるひずみの値に有意差が生じることはなかった。
6. マウスガード材の違いにより、歯周組織である歯槽骨部に生ずるひずみの値に有意差が生じることはなかった。

以上の結果から、マウスガードは、歯および歯槽骨部に加わる衝撃力に対して、それらのひずみと衝撃加速度を減少させ、歯および歯周組織に対して保護的に働くことが示唆された。加えて、マウスガードの厚みが増すことにより、歯と歯周組織に対する衝撃吸収効果も増大することが確認された。また、マウスガードの歯と歯周組織に対する衝撃吸収効果には、使用したマウスガード材の違いによる明らかな差は生じないことが示唆された。

#### 謝 辞

稿を終えるにあたり、御懇切なる御指導と御校閲を賜りました松本歯科大学大学院顎口腔機能制御学講座 増田裕次教授に深甚なる感謝の意を表します。

また、本研究に対し多くの御教示と御校閲を戴きました松本歯科大学大学院硬組織疾患制御再建学講座 伊藤充雄教授、顎口腔機能制御学講座 黒岩昭弘教授、健康増進口腔科学講座 宮沢裕夫教授、岩崎 浩准教授に深謝致します。

最後に本研究の遂行にあたり多大なる御助言と御協力を賜りました東京歯科大学スポーツ歯学研究室 石上恵一教授、武田友孝准教授、中島一憲

講師に厚く御礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 小西正光, 小野ツルコ (2001) 「健康日本21」を指標とした健康調査と保健支援活動, 1 版, 47-58, ライフ・サイエンス・センター, 神奈川.
- 2) 石島 勉, 山口敏樹, 月村雅史, 平井敏博, 武田秀勝 (1991) マウスガードの使用とその外傷予防効果-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.
- 3) 武田友孝, 石上恵一, 月村直樹, 島田 淳, 太見義寿, 豊嶋建広, 大木一三 (1995) 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究-ボクシングのパンチ力に対するマウスプロテクターの効果-. 臨床スポーツ医学 12: 261-70.
- 4) 武田友孝, 月村直樹, 島田 淳, 石上恵一, 太見義寿, 大木一三, 豊嶋建広 (1996) 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究-ボクシングのパンチ力に対するマウスプロテクターの効果 (その2)-. 臨床スポーツ医学 13: 1152-60.
- 5) 月村直樹, 武田友孝, 小川 透, 中島一憲, 内藤 薫, 黒川勝英, 島田 淳, 石上恵一, 富田貴志, 石上友彦 (2004) マウスガードの衝撃吸収能について. 日大歯学 78: 115-20.
- 6) 石島 勉, 平井敏博, 市岡典篤 (1992) マウスガードによるスポーツ外傷・スポーツ障害の予防. 歯科ジャーナル 36: 517-24.
- 7) 森田正浩, 白土雄司 (1999) アイスホッケー選手における口腔・顎・顔面領域のスポーツ外傷. スポーツ歯誌 2: 41-7.
- 8) 宇野清博, 畑 秀一, 近藤 拓, 与那覇朝路, 川辺貴徳 (2001) 高校ラグビー選手のマウスガードに関する調査. スポーツ歯誌 4: 7-14.
- 9) 石上恵一, 武田友孝 (2003) マウスガードによる歯の防護の科学的根拠. 臨床スポーツ医学 20: 1373-7.
- 10) 竹内正敏, 前田芳信, 山田純子 (2004) モトクロス競技へのデンタルサポート. スポーツ歯誌 7: 65-70.
- 11) 武田友孝, 黒川勝英, 内藤 薫, 奈良和彦, 蜷川雅晴, 宮島至郎, 正村正仁, 半田 潤, 川村慎太郎, 小島一郎, 澁澤真美, 小川 透, 中島一憲, 島田 淳, 石上恵一 (2005) 噛みしめ時の歯のひずみに対するマウスガードの効果. 補綴誌 49: 608-16.
- 12) 正村正仁, 武田友孝, 中島一憲, 黒川勝英, 川村慎太郎, 宮沢裕夫, 石上恵一 (2006) 高校生サッカー部員に対するマウスガードに関するアンケート調査. スポーツ歯誌 9: 7-12.
- 13) 山本鉄雄 (1989) 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** : 335-42.
- 14) 石島 勉, 月村雅史, 山口敏樹, 越野 寿, 平井敏博, 平沼謙二 (1992) 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** : 361-6.
- 15) 前田守隆 (1994) 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** : 372-82.
- 16) Bishop BM, Davies EH and von Fraunhofer JA (1985) Materials for mouth protectors. *J Prosthet Dent* **53** : 256-61.
- 17) Park JB, Shaull KL, Overton B and Donly KJ (1994) Improving mouth guards. *J Prosthet Dent* **72** : 373-80.
- 18) Going RE, Loehman RE and Ming SC (1974) Mouthguard materials : their physical and mechanical properties. *J Am Dent Assoc* **89** : 132-8.
- 19) Auroy P, Duchatelard P, Zmantar NE and Hennequin M (1996) Hardness and shock absorption of silicone rubber for mouth guards. *J Prosthet Dent* **75** : 463-71.
- 20) Craig RG and Godwin WC (2002) Properties of athletic mouth protectors and materials. *J Oral Rehabil* **29** : 146-50.
- 21) Low D, Sumii T, Swain MV, Ishigami K and Takeda T (2002) Instrumented indentation characterization of mouth-guard materials. *Dent Mater* **18** : 211-5.
- 22) 森井秀男 (1998) マウスプロテクターに関する研究-歯に対する衝撃吸収能について-. 日大歯学 **72** : 331-8.
- 23) Takeda T, Ishigami K, Hoshina S, Ogawa T, Handa J, Nakajima K, Shimada A, Nakajima T and Regner CW (2005) Can mouthguards prevent mandibular bone fractures and concussions? A laboratory study with an artificial skull model. *Dent Traumatol* **21** : 134-40.
- 24) Johnston T and Messer LB (1996) An in vitro study of the efficacy of mouthguard protection for dentoalveolar injuries in deciduous and mixed dentitions. *Endod Dent Traumatol* **12** : 277-85.
- 25) Hickey JC, Morris AL, Carlson LD and Seward TE (1967) The relation of mouth protectors to cranial pressure and deformation. *J Am Dent Assoc* **74** : 735-40.
- 26) Godwin WC and Craig RG (1968) Stress transmitted through mouth protectors. *J Am Dent Assoc* **77** : 1316-20.
- 27) de Wet FA, Heyns M and Pretorius J (1999) Shock absorption potential of different mouth guard materials. *J Prosthet Dent* **82** : 301-6.
- 28) Hoffmann J, Altfer G, Rudolph NK and Goz G (1999) Experimental comparative study of various mouthguards. *Endod Dent Traumatol* **15** : 157-63.
- 29) Bemelmans P and Pfeiffer P (2001) Shock Absorption Capacities of Mouthguards in Different Types and Thickness. *Int J Sports Med* **22** : 149-53.
- 30) 田中信幸, 林 さゆみ, 鈴木和彦, 内出尚里, 冨塚謙一, 平田 康, 吉増秀實, 天笠光雄 (1992) スポーツ外傷による顎顔面骨骨折の臨床的研究. 口病誌 **59** : 571-7.
- 31) 中西千草, 額田純一郎, 井手進策, 土居敏英, 松山博道, 松村達志, 山田朋弘, 藤本耕二, 作田正義 (1999) スポーツに起因する口腔顎顔面外傷131例の臨床特徴. 日口外誌 **45** : 208-10.
- 32) Takeda T, Ishigami K, Kawamura S, Nakajima K, Shimada A and Regner CW (2004) The influence of impact object characteristics on impact force and force absorption by mouthguard material. *Dent Traumatol* **20** : 12-20.
- 33) Takeda T, Ishigami K, Handa J, Nakajima K, Shimada A and Ogawa T (2004) The influence of the sensor type on the measured impact absorption of mouthguard material. *Dent Traumatol* **20** : 29-35.
- 34) Takeda T, Ishigami K, Ogawa T, Nakajima K, Shibusawa M, Shimada A and Regner CW (2004) Are all mouthguards the same and safe to use? The influence of occlusal supporting mouthguards in decreasing bone distortion and fractures. *Dent Traumatol* **20** : 150-6.
- 35) 中嶋寛之 (1996) スポーツ外傷と障害, 1版, 1-5, 文光堂, 東京.
- 36) 鷹股哲也, 倉澤郁文, 武田友孝, 石上恵一 (2005) 顎口腔領域のスポーツ外傷ならびにマウスガードに関するアンケート調査-長野県中学校・高等学校について-. スポーツ歯誌 **8** : 1-8.
- 37) 前田芳信 (2000) 各種競技におけるマウスガード装着義務. スポーツ歯誌 **3** : 63-6.
- 38) 武田友孝, 石上恵一, Brett Dorney, 島田 淳, 中島一憲, 小川 透, 小野寺久典, 保科早苗, 深町元秀, 長谷川英美, 月村直樹, 石川達也 (2000) ラミネートマウスガードの製作法 (エリートタイプ). スポーツ歯誌 **3** : 49-56.
- 39) 根来武史, 山本孝子, 森田 匠, 杉村美咲, 青木泰樹, 坪井信二, 栗崎吉博, 坂井 剛, 高田和明, 後藤滋巳 (2004) 衝撃吸収能に優れた新素材マウスガードシートの特性とカスタムメイド・マウスガードに関するアンケート調査. スポーツ歯誌 **7** : 27-35.

- 40) 武田友孝, 中島一憲, 川村慎太郎, 石上恵一  
(2005) マウスガードは脳震盪の予防に有効か.  
歯科学報 **105**: 123-5.
- 41) 早川正哉, 嶋村一郎, 岸 正孝 (2006) 緩衝シート介在による歯列を介して伝達される衝撃とその緩和. 歯科学報 **106**: 81-90.
- 42) 菊池厚躬, 小野古志郎, 大橋秀幸, 山崎 稔  
(1984) 側頭部衝撃での骨折限界と頭部衝撃安全.  
自動車研究 **6**: 389-92.