

原 著

EVAシートを用いたロストワックス法によるCMGの製作

渡 邊 一 弘 眞 岡 知 史 瀧 田 史 子 岩 堀 正 俊
苦 瓜 明 彦 都 尾 元 宣

Application of EVA Sheet for Lost-wax Method

WATANABE KAZUHIRO, SANAOKA SATOSHI, TAKITA FUMIKO, IWAHORI MASATOSHI,
NIGAUARI AKIHIKO and MIYAO MOTONOBU

マウスガードの普及は目を見張るものがある。そしてその要求はより高品質なものへと変化している。カスタムメイドマウスガードの製作方法には、ロストワックス法とシート圧接法がある。ロストワックス法は、製作は煩雑であるが適合性が良好である。シート圧接法は、簡単に製作することができるため普及しているが、加熱時間や成形のタイミングを誤ると適合性の低下や材質の劣化が生じる。また、加熱成形は基材を短時間に均一に加熱することで、その適合性は大きく変化する。

今回我々は、シート圧接法に用いられるエチレン酢酸ビニル系シートをロストワックス法に応用しカスタムメイドマウスガードを試作した。

本方法の評価として3種類のエチレン酢酸ビニル系シートについて、縦10.0mm、横10.0mm、厚さ3.0mmの試験片に、シート圧接法に用いられるシート材を切り出した加熱成形前、ロストワックス法により製作した加熱成形後でゴム硬度を測定し、加熱成形による変化についても検討を加えた。

本方法は、カスタムメイドマウスガードに任意の形態を付与することができ歯頸部まで緊密に基材を充填することが可能であった。

ゴム硬度測定の結果、3種類すべてのエチレン酢酸ビニル系シートにおいてゴム硬度は加熱成形後で低下したが、いずれの値も材料学的指標の範囲内であった。そのため、試料の均一な加熱成形は衝撃吸収能を向上させることが推察された。

本方法におけるエチレン酢酸ビニル系シートの応用は、より高品質なカスタムメイドマウスガード製作に有用であった。

キーワード：カスタムメイドマウスガード、ロストワックス法、エチレン酢酸ビニル系シート、ゴム硬度測定、衝撃吸収

Mouthguards have become widely used, and demand for products with a higher quality has been increasing. Custom-made mouthguards are generally produced employing the lost wax method or sheet molding method with heat-pressurization. The lost wax method is complicated, but facilitates the good-fit of mouthguards. The sheet molding method with heat-pressurization is straightforward and widely used. However, if the heating time and timing of molding are inappropriate, the fitness decreases, and the material deteriorates. In addition, in heat molding, the fitness is markedly changed by uniform heating of the base material for a short period.

In this study, We fabricated custom-made mouthguards by applying ethylene-vinyl acetate sheets used in the sheet molding method to the lost wax method. Three types of ethylene-vinyl acetate sheet were used.

Specimens (length, 10.0 mm; width, 10.0 mm; thickness, 3.0 mm) were prepared by cutting the sheet mate-

本論文の要旨は第19回日本スポーツ歯科医学会（平成20年7月20日、札幌）において発表した。

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科補綴学分野
501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851

Department of Prosthodontics, Division of Oral Functional Science and

Rehabilitation

Asahi University School of Dentistry

Hozumi 1851, Mizuho, Gifu 501-0296, Japan

（平成22年5月6日受理）

rials, and rubber hardness was measured before and after heating in the lost wax method to evaluate changes.

This method facilitates the production of any desired shape of custom-made mouthguard and favorable attachment of the base material to the tooth neck.

Rubber hardness decreased after heating using each type of ethylene-vinyl acetate sheet, but each value was within the usable range of materials. The uniform heating of specimens may improve the shock absorption ability.

The application of ethylene-vinyl acetate sheets to this method was useful for fabricating custom-made mouthguards of a higher quality.

Key words: custom-made mouthguard, lost wax method, ethylene vinyl acetate sheet, measurement of rubber hardness, shock absorption

緒 言

マウスガードの普及は目を見張るものがあり、その要求はより高品質なものへと変化している。特に適合性の良好なカスタムメイドマウスガード（以下、CMGと略す）は、コンタクトスポーツ選手の意識を変革するきっかけとなっている¹⁾。CMGの製作方法には、加熱成形法によるシート圧接法とロストワックス法があり、前者のシート圧接法は簡単に製作することができるため普及しているが²⁾、加熱時間や成形のタイミングを誤ると適合性の低下や材質の劣化を生じるとの報告もある²⁻⁵⁾。後者のロストワックス法は製作方法が煩雑で一度に大量のマウスガードを製作することは困難であるが、ワックスアップにより形態付与の自由度が大きいため、各部の厚みを任意に規定でき^{7,8)}、基材を均一に加熱し成形することで、歯列への適合性に優れている³⁻⁵⁾。大山ら⁸⁾は前歯部欠損のサッカー選手に対して、楠本ら⁹⁾は顎関節症を有するボクサー選手に対して、それぞれシート圧接法では製作が困難である特殊な形態のCMGを製作し良好な結果が得られたと報告している。現在、ロストワックス法に用いる基材としては、ポリオレフィン樹脂を使用したモルテノ（モルテンメディカル）や、歯科矯正ダイナミック・ツール・ポジショナー製作に用いられるオーソコン（三金工業）などがあげられる⁷⁻⁹⁾。しかし、現在最もマウスガードの素材として多く用いられている材料である¹⁰⁾、エチレン酢酸ビニル系（以下、EVAと略す）シートをロストワックス法の基材として用いたという報告はない。

そこで今回我々は、ロストワックス法にEVAシートを用いたCMG製作と、成形後の材質を評価するためにマイクロゴム硬度計を用いて加熱成形前と加熱成形後のシート材のゴム硬度の変化について検討した。

材料および方法

1. カスタムメイドマウスガード製作方法

本方法に使用した材料および製品名を表1に示す。

CMG製作の通法に従い、永久歯列模型を既製トレーとアルジネート印象材にて上下顎印象採得し、超硬石膏を注入して作業用模型を製作した。作業用模型を臼歯部2mm挙上した状態で平均値咬合器に装着した。パラフィンワックスにて任意の形態にワックスアップを行った。その後、義歯重合用のフラスコに埋没、流蠟した。フラスコと短冊状のEVAシートを100℃に設定した歯科用ファーネスで予備加熱し、短冊状のEVAシートをフラスコ内に填入後十分に加熱軟化し、フラスコプレスにて加圧成形、室温まで徐冷した。フラスコ開輪後、余剰部分の除去と研磨を行った（図1）^{6-9,11)}。

2. ゴム硬度測定

測定に使用した試料の製品名を表2に示す。現在市販されている3種類のEVAシートを、縦10.0mm、横10.0mm、厚さ3.0mmの試験片として、シート圧接法に用いられるシート材を切り出したものを加熱成形前、ロストワックス法によりCMG製作を行った手順に従ったものを加熱成形後とした。各試料につき5枚ずつ計30枚製作した。

これらのゴム硬度を図2に示すマイクロゴム硬度計（MD-1、高分子計器）を用いて測定部位が重ならな

表1 材料および製品名

材料, 器具	製品	製造会社
永久歯列模型	500A	ニッシン
超硬石膏	NEW FUJIROCK	ジーシー
石膏分離材	PCリリース	モリタ
EVAシート	サンスターマウスガード	サンスター
超音波カッター	ラボソニックカッター	ナカニシ

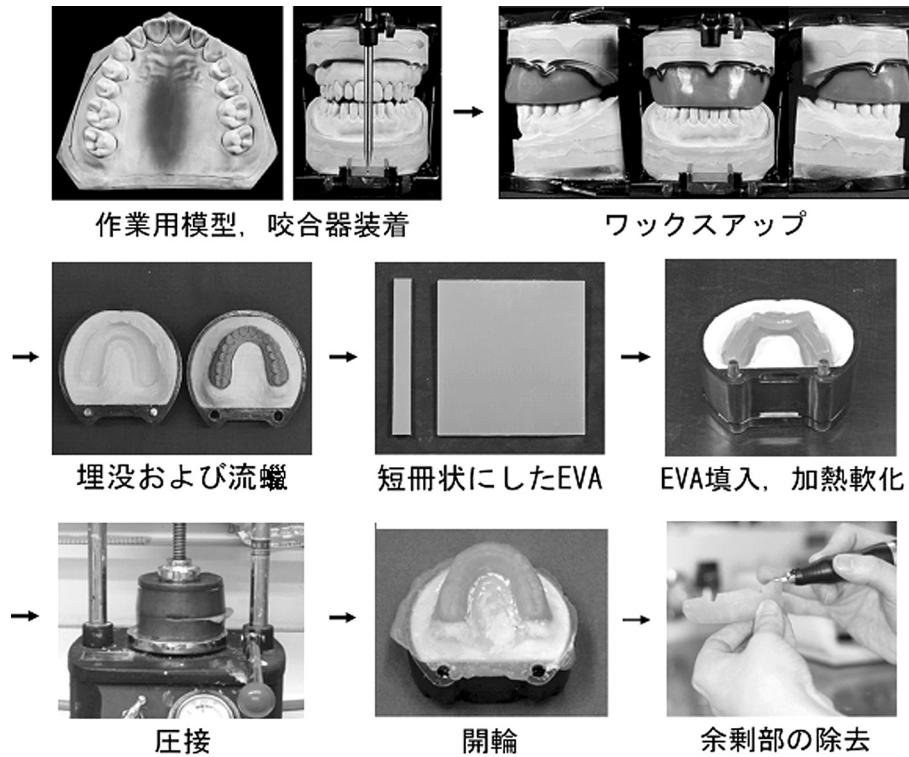


図1 カスタムメイドマウスガードの製作

表2 試料の製品名

製品	製造会社
サンスターマウスガード	サンスター
マウスガードカラー	山八齒材
ドゥルフォソフト	Dreve

いようにして各試料につき5回ずつ測定し、ASTM D 2240 A形のショア硬度で表示された数値を加熱成形前、加熱成形後で一元配置分散分析し、Studentのt検定により(P:0.01)、有意差を検討した。

結果

1. カスタムメイドマウスガード製作

本方法により製作されたCMGを図3に示す。EVAの緊密な充填は、CMG内面の歯頸線が明瞭に観察された事から明らかであり、着脱時にも十分な維持力を有した。また、ワックスアップにて成形した任意の形態に仕上げることができた。

2. ゴム硬度測定

ゴム硬度測定の結果を図4に示す。3種類すべてのEVAは加熱成形前に比べ加熱成形後において、有意にゴム硬度の低下が認められた。加熱成形前ではドゥルフォソフトが最も高い91.8を示し、次いでマウスガードカラーの90.6、サンスターマウスガードが最も低い89.1を示した。加熱成形後ではドゥルフォソフトで最も高い89.1を示し、次いでマウスガードカラーの87.3、サンスターマウスガードが最も低い83.6を示した。この結果より、成形前のゴム硬度が高い試料では加熱成形による変化は少なく、成形前のゴム硬度が低い試料では加熱成形による変化は大きいという結果を得た。

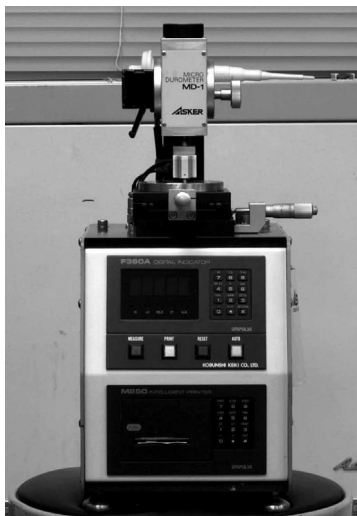


図2 マイクロゴム硬度計 (MD-1, 高分子計器)

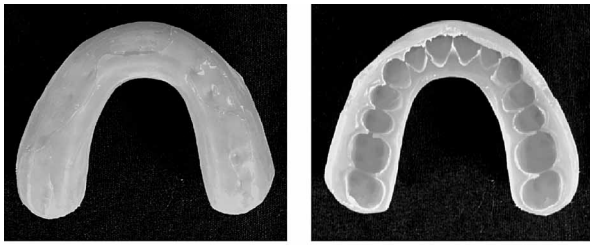


図3 CMG完成

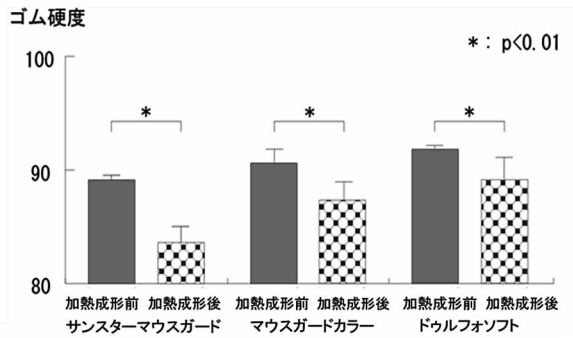
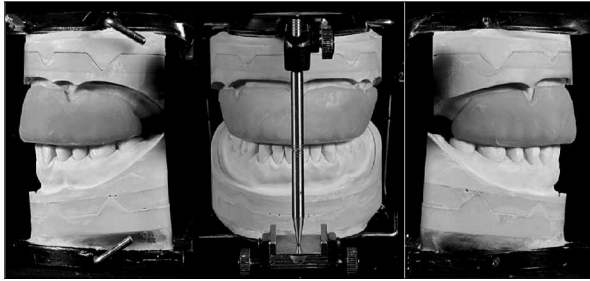


図4 ゴム硬度測定

考 察

CMG製作は、より高品質なものへと変化している。加熱成形によるシート圧接法にくらべ、ロストワックス法は製作方法が煩雑であるが、形態付与の自由度が大きく、歯列への適合性に優れておりCMG本来の製作方法であると考えられる。現在までに、ロストワックス法を用いたCMG製作についていくつか報告はあるが⁶⁻⁹⁾、EVAを用いたという報告はない。そこで今回我々はEVAを基材に用いて、より高品質なCMG製作を目的としロストワックス法を応用することとした。また、本方法におけるEVAの材質を評価し、使用の可否を判断する必要性を考え、加熱成形前と加熱成形後のゴム硬度の変化について検討を加えた。

1. カスタムメイドマウスガード製作

コンタクトスポーツにおいて、十分な衝撃吸収能を得るためには最低限3～4mmの厚みが必要であると言われている¹²⁻¹⁶⁾。特に、前歯部唇側に厚みを確保することは外傷予防において重要である。Takahashi

ら¹⁷⁻¹⁹⁾、高橋ら^{20,21)}はシート圧接法においてシート材の伸びや厚みの変化に影響する要因について検討しているが、成形時の厚みの調節は困難であるとしている。山田ら²²⁾は、作業用模型の位置を変化させることにより厚みの調整を行っているが、吸引式成形器を用いた場合に有効であるとしており、この場合に最適な適合性が得られているかどうか明らかではない。

今回製作したCMGは、フラスコプレスにて緊密な充填を行ったことで、本来ならば熱成形でシートが薄く伸ばされる前歯部唇側部分にも、十分な厚みを確保でき、また歯頸部まで密にシート材が填入されたことがCMG内面からも観察されたことで、良好な適合性を得られたと考えられた²³⁾。ロストワックス法による今回の製作方法は、これらの諸問題に対して有効であったと思われる。

今回使用したEVAは約80℃に熱せられると成形可能な硬さとなり、適切な熱源を用いることで容易に成形が可能となり、比較的安定した材料であるためマウスガードの基材として広く普及している²⁴⁾といわれている。そのため、歯科用ファーンレスを成形可能温度の範囲内^{2,5,25)}に設定し、十分に加熱軟化させたことで、適合性の良好なCMGを製作することができた。しかし、今回製作したCMG表面からは若干の亀裂が確認された。これは短冊状に切断して使用した際に、シート片同士の融合が不完全だったためと思われる。若見ら¹¹⁾の報告からも、シート片同士の融合は成形可能範囲温度よりも高い温度においてなされている。よってEVAを短冊状にして用いる際には、成形温度を成形可能範囲温度よりも高い温度に設定する必要があるのではないかと考えられた。今後は、本方法における最適な成形可能範囲温度を検討していく必要がある。

2. ゴム硬度測定

現在、EVAシートは圧接による厚みの減少を考慮して3mm以上のものが多く市販されている。先に行ったCMG製作においても、前歯部唇側には最低限3mmの厚みを設定した。そのため、本実験においても厚みを3mmに規定した試料を用いた。また、測定方法は軟性材料を用いるため測定圧による試料片の窪みを十分に考慮し、測定部位が重ならないように間隔を保ち、測定を行った。

ゴム硬度測定の結果より、3種類すべてのEVAのゴム硬度は加熱成形前に比較して加熱成形後で低下しており、加熱成形前のゴム硬度が低いEVAにおいて変化は大きくみられる傾向にあった。これらの値はCraigら¹⁰⁾により示されているEVAの材料学的な指標の範囲内であるため、加熱成形によるゴム硬度の変化は、材質に影響を及ぼさないと考えられた。富田ら²⁶⁾

は、衝撃力により永久変形を起こさない範囲でより軟らかいの方が衝撃を吸収する傾向にあると報告しており、均一な試料の加熱成形はEVAの衝撃吸収能を向上させ、加熱成形前のゴム硬度の低いEVAにその効果がよりみられると考えられた。また、長澤ら²⁷⁾の、マウスピースは硬いより軟らかいほうが咀嚼筋活動の増加は大きかったという報告と、山崎ら²⁸⁾の、咬合接触面積や咬合力の増加がスポーツパフォーマンスに少なからず影響を与えているという報告からも、本方法による材質の変化がCMGをより高品質なものにするのではないかと考えられた。

今回の実験では、加熱成形前と加熱成形後が同じ厚みのゴム硬度において有意な結果を得た。今後は、実際に圧接した際の、ゴム硬度の変化についても検討し、またゴム硬度以外の試験方法についても、加熱成形による影響の有無を検討していく必要がある。

結 論

今回、高品質なCMGの製作を目的として、シート圧接法に用いられるEVAをロストワックス法に応用したCMGを試作した。また、成形後の材質を評価するためにシート材のゴム硬度の変化についても検討し、以下の結論を得た。

1. カスタムメイドマウスガード製作

コンタクトスポーツにおいて外傷予防に重要である、前歯部唇側の部分にも任意に十分な厚みを確保でき、また歯頸部まで密にシート材が填入されたことから、EVAをロストワックス法に応用した本方法は、CMG製作において有用であることが推察された。

2. ゴム硬度測定

3種類すべてのEVAにおいて加熱成形前よりも加熱成形後でゴム硬度は低下し、加熱成形前のゴム硬度の低いEVAに変化が大きくみられる傾向にあった。これらの結果から、試料の均一な加熱成形は衝撃吸収能を向上させ、材質はより高品質なものとなることが推察された。

文 献

- 1) 大谷隆一郎, 山田耕弘, 苦瓜明彦, 都尾元宣. ジャスタッチ[®]に関するアンケート調査ならびに表面観察. スポーツ歯誌. 2005; 8: 98.
- 2) 瓦井千穂, 佐藤直子, 松本勝, 安井利一. 加熱温度によるマウスガード適合性に関する研究. スポーツ歯誌. 2005; 5: 25-29.
- 3) 苦瓜明彦, 大谷隆一郎, 岩堀正俊, 岸井次郎, 東野嘉文, 上松謙介, 坪井和義, 都尾元宣. マウスガードの加熱方法と適合性に関する研究. 第2報予備過熱の影響.

響. 補綴誌. 2006; 50: 507.

- 4) 大谷隆一郎, 苦瓜明彦, 都尾元宣. マウスガードの加熱方法と適合性に関する研究. スポーツ歯誌. 2006; 9: 69.
- 5) 大谷隆一郎, 苦瓜明彦, 上松信助, 澤田季子, 有住和浩, 都尾元宣. 新素材マウスガードシートの基礎的, 臨床的検討. 岐歯学誌. 2007; 34: 55-63.
- 6) CATHCART JF. Mouth protectors for contact sports. Dent Dig. 1951; 57: 346-348.
- 7) 前田芳信, 安井利一, 米畑有理編著. マウスガード製作マニュアル—スポーツ歯学への誘い—. 東京: クインテッセンス出版; 2001: 132-139.
- 8) 大山喬史, 上野俊明, 佐々木幸生, 佐々木幸生, 隅田陽介編著. スポーツマウスガードハンドブック. 東京: 医学情報社出版; 2004: 43-48, 51-58.
- 9) 楠本哲次, 楠本ともみ, 川添堯杉. 顎関節症を有するプロボクサーに対しBimaxillary-mouthguardを装着した症例. スポーツ歯誌. 2004; 7: 71-78.
- 10) Craig RG. Restorative dental materials. UNITED STATES: Mosby; 1996: 544-545.
- 11) 若見昌信, 二瓶仁, 竹林千賀子, 渡辺官, 大村祐史, 金谷日出夫, 會田雅啓. カスタムメイドマウスガード作製時に生じる余剰シートの再利用について—シート再生器具の試作—. スポーツ歯誌. 2007; 11: 1-6.
- 12) 石島勉, 平井敏博, 齊藤実, 近藤ゆかり, 平沼謙二. 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. 1992; 36: 116-125.
- 13) 石島勉, 月村雅史, 山口敏樹, 越野寿, 平井敏博, 平沼謙二. 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. 1992; 36: 361-366.
- 14) Westerman B, Stringfellow PM and Eccleston JA. Forces transmitted through EVA mouthguard materials of different types and thickness. Aust Dent J. 1995; 40: 389-391.
- 15) 荒木章純, 根来武史, 坪井信二, 津田賢治, 外山敬久. マウスガードに応用されるEVAシートの必要厚径について. スポーツ歯誌. 2004; 7: 1-6.
- 16) 正村正仁, 武田友孝, 中島一憲, 石上恵一, 中山聡, 大須賀直人, 岩崎浩, 宮沢裕夫. マウスガードの歯および歯周組織への影響—第3報マウスガードの厚みの違いが及ぼす影響—. 小児歯誌. 2007; 45: 227.
- 17) Takahashi F, Koji T and Morita O. Elongation of Mouthguard Sheet after Vacuum Forming Process by Heating Conditions. J Sports Dent. 2003; 6: 30-35.
- 18) Takahashi F, Koji T and Morita O. Study on Mouthguard Material-Thickness, Relationship between the Elongation and the Thickness of Mouthguard Sheet after Vacuum Forming Process. J Sports Dent. 2004; 7: 12-17.
- 19) Takahashi F, Takahashi M, Koji T and Morita O. Study on the Elongation and Thickness of Mouthguard

- Sheet after Vacuum Forming Process-The Influence of the Height of the Working Model-. J Sports Dent. 2008; 11: 64-70.
- 20) 高橋睦, 高橋史, 森田修己. 吸引成形後のマウスガードシートの伸び—厚さの異なるシートにおける比較—. スポーツ歯誌. 2008; 11: 45-51.
- 21) 高橋睦, 水橋史, 小出馨, 水橋亮, 森田修己. シート材の色による成形後マウスガードの厚みの違い. 補綴誌. 2009; 1: 396-402.
- 22) 山田純子, 前田芳信, 米畑有理, 佐藤華子. 形成後のマウスガードの厚みについて—形成方法による違い—. スポーツ歯誌. 2003; 6: 42-45.
- 23) 石上恵一, 武田友孝, 島田淳編著. カスタムメイドタイプマウスガードのつくり方. 東京: 医歯薬出版; 2002: 73, 74.
- 24) 前田芳信, 山田純子. マウスガード用新素材の応用開発: 理想的な構造と材質を求めて. 臨床スポーツ医学. 2003; 20: 1391-1399.
- 25) 前田芳信, 松田信介. 使ってもらえるマウスガードのために: 科学的根拠に基づいたマウスガード製作法. 歯界月報. 2007; 667: 28-35.
- 26) 富田貴志, 月村直樹, 大野繁, 梅川義忠, 澤野宗如, 藤本俊輝, 高村昌明, 馬嶋藍子, 片倉祐輔, 蔵田明美, 大山哲生, 石上友彦. マウスガード材料の衝撃吸収に関する研究—温度条件, ショア硬度が衝撃吸収に及ぼす影響—. 補綴誌. 2006; 50: 200-209.
- 27) 長澤亨, 小村育弘, 呉世旭, 阿部泰彦, 津賀一弘, 赤川安正, 津留宏道. マウスピースの硬さと厚さが咀嚼筋活動に及ぼす影響—. 補綴誌. 1994; 38: 696-700.
- 28) 山崎泰嗣, 鈴木卓哉, 照井淑之, 金村清孝, 石橋寛二. マウスガードがスポーツパフォーマンスに及ぼす影響. スポーツ歯誌. 2004; 7: 7-11.