咀嚼筋機能に関するスポーツ医学的解析

－バレーボール及びハンドボール選手の場合－

大川周治*, 篠原希和**, 橋原真喜夫**, 足立真悟**, 操田利之**, 小村育弘**,
吉田光由**, 西中寿夫**, 八塚信博**, 阿部泰彦**, 津賀一弘**,
赤川安正**, 福場良之***

*呉共済病院歯科

**広島大学歯学部歯科補綴学第一講座

***広島大学原爆放射能医学研究所
生物統計学部門

〔受付：平成6年5月16日〕

Sports medical analysis on masticatory muscles function in volleyball and handball players

Shuji Ohkawa*, Kiwa Shinohara**, Makio Hashihara**, Shingo Adachi**,
Toshiyuki Gurita**, Ikuhiro Komura**, Mitsuyoshi Yoshida**, Hisao Nishinaka**,
Nobuhiro Yatuzuka**, Yasuhiko Abe**, Kazuhiro Tsuga**,
Yasumasa Akagawa**, Yoshiyuki Fukuba***

**Department of Dentistry in Kure Mutual Aid Hospital*

***Department of Removable Prosthodontics, Hiroshima University School of Dentistry*

****Department of Biometrics Research Institute for Nuclear Medicine and Biology,
Hiroshima University*

〔Received: May 16, 1994.〕

Key Words: masticatory muscles function, sports medicine, exercise of the whole body, volleyball, handball.

Abstract: The purpose of this study was to investigate the relationship between masticatory muscles function and exercise of the whole body in sports.

Ten players in the volleyball team "JT" and ten players in the handball team "Wakunaga Pharmacy" volunteered as subjects for this project. Two kinds of spike (the most powerful spike with jump, slight spike without jump) in volleyball and two kinds of shoot (the most powerful shoot with jump, pass without jump) in handball were selected as the test exercise of the whole body. Electromyographic signals during spiking volleyballs or shooting handballs were recorded in subjects from both sides of M.Temporalis Anterior and M.Masseter, from the test side of M.Biceps Brachii, M. Triceps Brachii, and M. Flexor Carpi Ulnaris by means of surface electrodes and telemetry EMG device units. Furthermore, spiking or shooting forms were recorded by use of the video camera.

Following results were obtained;

1. Clear activity of four masticatory muscles during spiking volleyballs or shooting handballs was shown in all subjects.
2. There was a positive correlation between masticatory muscles activity during spiking volleyballs or shooting

handballs (the duration and the ratio to maximum-clenching muscles activity) and the strength and form of spiking or shooting.

Those results suggest that the masticatory muscles may play a significant role in the exercise of the whole body in sports.

抄録 今回我々は、J Tバレーボール部に所属する男性10名（平均年齢24.7歳）、及び湧永製薬ハンドボール部に所属する男性10名（平均年齢25.3歳）を用いて、バレーボールのスパイク時ないしハンドボールのシュート時における咀嚼筋の活動様相をテレメータにより記録分析するとともに、記録された咀嚼筋の活動様相とスパイク・フォームないしシュート・フォームとの関連性について分析した。その結果、スパイク時及びシュート時における明らかな咀嚼筋活動の発現が被験者全員に認められた。しかも、運動動作の強弱に同調して、咀嚼筋活動も変化した。これらのことから、バレーボールのスパイク動作及びハンドボールのシュート動作と咀嚼筋機能との間には密接な関連があることが明らかとなり、スポーツにおける全身運動に咀嚼筋が関与している可能性が示された。

I. 緒 言

スポーツ時の咀嚼筋活動様相を明確にすることは、スポーツにおける咀嚼筋の役割、さらには咀嚼筋機能が全身に及ぼす影響を解明する上で重要である。

従来より、全身運動時には咀嚼筋活動が発現するといわれている^{1,4)}。しかし、全身運動時、特にスポーツにおける全身運動時の咀嚼筋活動様相に関する報告の多くは、選手の経験談や咀嚼筋の豊隆が観察されたことなどを根拠としており、科学的に解明されているとはいえない。唯一、石岡ら⁴⁾がゴルフクラブ・フルスイング時の咀嚼筋活動をテレメータにより記録分析しているが、ゴルフスイングの強弱による影響やスイング・フォームとの関連性など不明な点が多く、スポーツにおける全身運動時の咀嚼筋活動様相に関する科学的なデータは未だ十分とはいえない。

我々はプロサッカーチームの選手6名を対象として、キック時における咀嚼筋活動様相をテレメータ及びビデオカメラにて記録分析した結果、個人差が存在するものの、キック時における明らかな咀嚼筋活動の発現が6名中2名に認められ、しかもキック動作の強弱に同調して咀嚼筋活動も変化したことを報告した⁵⁾。今回我々は、スポーツにおける全身運動時の咀嚼筋活動様相をさらに明確にすることを目的として、バレーボール及びハンドボール選手を用いてスパイク時ないしシュート時における咀嚼筋の活動様相を記録分析するとともに、記録された咀嚼筋の活動様相とスパイク・フォームないしシュート・フォームとの関連性を検討した。

II. 研究方法

1. 被験者

J Tバレーボール部に所属する男性10名（平均年齢24.7歳）、及び湧永製薬ハンドボール部に所属する男性10名（平均年齢25.3歳）を対象とした。

2. 被検運動

1) バレーボール

(1) ジャンプを伴う強いスパイク5回（以下、「強いスパイク」と略す）

(2) ジャンプを伴わない弱いスパイク5回（以下、「弱いスパイク」と略す）

2) ハンドボール

(1) ジャンプを伴う強いシュート5回（以下、「強いシュート」と略す）

(2) ジャンプを伴わないパス5回（以下、「パス」と略す）

「強いスパイク」、「強いシュート」ではボールの速度が最大となるように、「弱いスパイク」、「パス」ではボールの速度が中等度になるように被験者に指示した。なお、コントロールとして咬頭嵌合位における最大咬みしめを約5秒間行わせた。

3. 被検筋

1) バレーボール選手

被検筋として、咀嚼筋では両側側頭筋前部、両側咬筋の4筋、四肢筋では被検側、すなわちスパイクを打つ腕の上腕二頭筋、上腕三頭筋の2筋の計6筋を選択した。

2) ハンドボール選手

被検筋として、咀嚼筋では両側側頭筋前部（以下、右側側頭筋前部をRT、左側側頭筋前部をLTと略す）、

図1 「強いスパイク」時に発現した咀嚼筋活動。「強いスパイク」では、被験者10名全員に咀嚼筋活動が発現した。これは被験者Fにおける筋電図波形の1例である

(RT: 右側側頭筋前部, RM: 右側咬筋, LT: 左側側頭筋前部, LM: 左側咬筋, BB: 上腕二頭筋, TB: 上腕三頭筋)

Fig. 1 Masticatory muscles activity during spiking volleyballs (subject F, the most powerful spike with jump).

Clear activity of four masticatory muscles during the most powerful spike with jump was shown in all ten subjects.

RT: right side of M. Temporalis Anterior, RM: right side of M. Masseter, LT: left side of M. Temporalis Anterior, LM: left side of M. Masseter, BB: M. Biceps Brachii, TB: M. Triceps Brachii.

両側咬筋（以下、右側咬筋をRM、左側咬筋をLMと略す）の4筋、四肢筋では被検側、すなわちボールを投げる腕の上腕二頭筋、尺側手根屈筋及び上腕三頭筋の3筋の計7筋を選択した。

4. 筋電図、運動時のフォームの記録及び分析

1) 筋電図の導出方法

筋電図は表面電極を用い、電極間距離3 cmにて双極性に導出した。筋電図の記録には、テレメータ2台（日本電気三栄社製、マルチテレメータ511X、4チャンネル/台）を使用し、被験者の運動動作を可及的に妨げないよう配慮した。受信した筋電情報は、時定数0.03秒、周波数帯域5-500Hzとして受信機内のアンプで1,000

図2 スパイク時に発現した咀嚼筋活動の10名の平均持続時間。「強いスパイク」では4筋平均で $1,313 \pm 242$ msであり、「弱いスパイク」の 321 ± 178 msと比較して、0.1%以下の危険率で有意に延長した

Fig. 2 Mean duration of masticatory muscles activity during spiking volleyballs in ten subjects. The mean duration of masticatory muscles activity in the most powerful spike with jump was significantly longer ($p < 0.001$) than that in slight spike without jump. (the most powerful spike with jump: $1,313 \pm 242$ ms, slight spike without jump: 321 ± 178 ms, these values are mean duration of four masticatory muscles.)

倍に増幅し、データレコーダ（TEAC社製, RD-111T）に収録するとともに、オムニコーダ（日本電気三栄社製, 8M14）を用いて記録した。

2) 運動時のフォームの記録

運動時のフォームはビデオレコーダ（富士写真フィルム社製, FUJIX-8, FH80）を用いて記録した。

3) 分析方法

シグナルプロセッサ（日本電気三栄社製, DP-1100）にて、スパイク、シュート及びパス時における単位時間当たりの咀嚼筋活動量（以下、「単位筋活動」と略す）を求め、最大咬みしめ時の単位筋活動に対する比率（以下、「単位筋活動比率」と略す）を咀嚼筋の4筋各々について算出するとともに、筋活動持続時間を求めた。また、咀嚼筋活動開始から終了までとフォームとの関連性についても分析した。なお、本研究におけるデータの統計学的処理にはt検定を用い、有意水準5%以下の場合を有意差があるとした。

図3 スパイク時に発現した咀嚼筋活動の10名の平均単位筋活動比率。「強いスパイク」では持続時間が「弱いスパイク」の約4倍であったため、「弱いスパイク」と比較してやや大きい値を示したが有意差は認められなかった。しかし、ジャンプ時のみの値では4筋平均で $45.8 \pm 20.9\%$ と「弱いスパイク」の $23.9 \pm 18.8\%$ に比較して、0.1%以下の危険率で有意に大きい値を示した

Fig. 3 Mean ratio (masticatory muscles activity during spiking/that during maximum clenching; %) during spiking volleyballs in ten subjects. There was no significant difference between the ratio in the most powerful spike with jump and that in slight spike without jump. However, the ratio in just jump was increased significantly ($p < 0.001$) than that in slight spike without jump. (the most powerful spike with jump-during just jumping: $45.8 \pm 20.9\%$, slight spike without jump: $23.9 \pm 18.8\%$, these values are mean ratio of four masticatory muscles.)

III. 結 果

1. スパイク時に発現した咀嚼筋活動 (バレーボール)

「強いスパイク」では、被験者10名全員に咀嚼筋活動が発現した。図1にその1例(被験者F)を示した。図2に、被験者10名におけるスパイク時に発現した咀嚼筋活動の平均持続時間を、RT, RM, LT, LM各々4筋別に表示した。「強いスパイク」では4筋平均で $1,313 \pm 242\text{ms}$ であり、「弱いスパイク」の $321 \pm 178\text{ms}$ と比較して、0.1%以下の危険率で有意に延長した。図3に、同じく被験者10名の各咀嚼筋における、平均単位筋活動比率を示した。なお、「強いスパイク」の単位筋活動比率に関しては、ジャンプ時のみについて

図4 「弱いスパイク」時の咀嚼筋活動。「弱いスパイク」では10名中3名において、明らかな咀嚼筋活動は認められなかった。これは被験者Fの例である (RT: 右側側頭筋前部, RM: 右側咬筋, LT: 左側側頭筋前部, LM: 左側咬筋, BB: 上腕二頭筋, TB: 上腕三頭筋)

Fig. 4 Masticatory muscles activity during spiking volleyballs (subject F, slight spike without jump). Clear activity of four masticatory muscles during the most powerful spike with jump was not shown in three of ten subjects. RT: right side of M. Temporalis Anterior, RM: right side of M. Masseter, LT: left side of M. Temporalis Anterior, LM: left side of M. Masseter, BB: M. Biceps Brachii, TB: M. Triceps Brachii.

も求めた。「強いスパイク」では持続時間が「弱いスパイク」の約4倍であったため、「弱いスパイク」と比較してやや大きい値を示したが有意差は認められなかった。しかし、ジャンプ時のみの値では4筋平均で $45.8 \pm 20.9\%$ と「弱いスパイク」の $23.9 \pm 18.8\%$ に比較して、0.1%以下の危険率で有意に大きい値を示した。しかも、「弱いスパイク」では10名中3名において、明らかな咀嚼筋活動は認められず(図4: 被験者F)、持続時間及び単位筋活動比率はいずれも残り7名の平均値で表示している。すなわち、スパイクの強さが強くなることにより、咀嚼筋活動の持続時間が延長するとともに、特にジャンプ時の単位筋活動比率が増大した。なお、咬筋、側頭筋及び左右側における相違に関しては特に一定の傾

図5 「強いスパイク」時における筋電図波形とスパイク・フォームとの対応関係（被験者F）。図7から図12に示した各スパイク・フォームを以下のようにaからfとし、各スパイク・フォームに対応する箇所を筋電図波形上に矢印で示した（a：図7，b：図8，c：図9，d：図10，e：図11，f：図12）
（RT：右側側頭筋前部，RM：右側咬筋，LT：左側側頭筋前部，LM：左側咬筋，BB：上腕二頭筋，TB：上腕三頭筋）

Fig. 5 Correspondence between spike forms and EMG burst of the most powerful spike (subject F). Spike forms in Fig. 7-Fig. 12 correspond with arrows of a-f.
a: Fig. 7, b: Fig. 8, c: Fig. 9, d: Fig. 10, e: Fig. 11, f: Fig. 12

向は認められなかった。

2. 咀嚼筋活動とスパイク・フォームとの関連性（バレーボール）

バレーボールのスパイクは、助走、沈み込み、ジャンプ、反りを伴うバック・スイング、フォワード・スイング、インパクト、フォロー・スイング、着地から成り立っている。以下、被験者Fを例として、スパイク・フォームとスパイク時の咀嚼筋活動との関連性について示した。図5は「強いスパイク」時における筋電図波形で、図6から図13にその時のスパイク・フォームを示した。咀嚼筋活動は沈み込みの前後から開始し、スパイクした後、着地直前ないし着地した時点で咀嚼筋活動も終了した。図6は助走を開始した状態で、咀嚼筋活動は

図6 助走を開始した状態
Fig. 6 Approaching.

図7 沈み込みが完了し、かつ両腕を後ろに振り上げた状態（図5：a）
Fig. 7 Squating down and backswing of both arms (Fig. 5: a).

まだ認められない。図7は沈み込みが完了し、かつ腕を後ろに振り上げたところである。図5の筋電図波形では、上腕三頭筋に筋活動がみられる、aの箇所に相当する。図8は腕を後ろから下に振り下ろした状態である。図5の筋電図波形では、上腕二頭筋に最初の筋活動がみられるbの箇所に相当し、腕の振り下ろしを表している。このあたりから咀嚼筋活動が開始している。図9は腕を振り上げると同時にジャンプしようとしている瞬間（足が床から離れる瞬間）である。図5の筋電図波形では、bに続いて上腕二頭筋の筋活動がみられるcの箇所であり、両腕を振り上げた時点、すなわちジャンプの瞬間で咀嚼筋活動も最大となっている。図10は反りを伴うバックスイングを示しており、図5の筋電図波形では上腕三頭筋に活動がみられる、dの箇所になる。この時、咀嚼筋活動は一時的に弱まっている。図11はインパクトの瞬間を示している。図5の筋電図波形では上腕二

図8 腕を後ろから下に振り下ろした状態
(図5：b)

Fig. 8 Downswing of both arms (Fig. 5:b).

図11 インパクトの瞬間 (図5：e)

Fig.11 Impact form (Fig. 5: e).

図9 腕を振り上げると同時にジャンプしよう
としている瞬間 (足が床から離れる瞬間,
図5：c)

Fig. 9 Upswing and jumping (the moment that feet
leave off the floor, Fig. 5: c).

図12 フォロー・スイングがほぼ終了した状態
(図5：f)

Fig.12 Finishing followswing (Fig. 5: f).

図10 反りを伴うバック・スイング
(図5：d)

Fig.10 Backswing with bend (Fig. 5: d).

図13 着地した状態

Fig.13 Landing.

図14 「強いシュート」時に発現した咀嚼筋筋活動。「強いシュート」では、被験者10名全員に咀嚼筋筋活動が発現した。これは被験者Aにおける筋電図波形の1例である

(RT: 右側側頭筋前部, RM: 右側咬筋, LT: 左側側頭筋前部, LM: 左側咬筋, BB: 上腕二頭筋, FCU: 尺側手根屈筋, TB: 上腕三頭筋)

Fig.14 Masticatory muscles activity during spiking handballs (subject A, the most powerful shoot with jump). Clear activity of four masticatory muscles during the most powerful shoot with jump was shown in all ten subjects.

RT: right side of M. Temporalis Anterior, RM: right side of M. Masseter, LT: left side of M. Temporalis Anterior, LM: left side of M. Masseter, BB: M. Biceps Brachii, FCU: M. Flexor Carpi Ulnaris, TB: M. Triceps Brachii.

頭筋の筋活動が最大となるeの箇所であり、被験者Fでは咀嚼筋筋活動もやや大きくなる傾向を示した。このような傾向が10名中3名にみられたが、残りの7名にはインパクト時における咀嚼筋筋活動の明らかな増大傾向は認められなかった。図12はフォロースイングがほぼ終了した時点であり、咀嚼筋の筋活動もほぼ終了した。図5の筋電図波形では、fの箇所になる。図13は着地したところを示している。

3. シュート及びパス時に発現した咀嚼筋筋活動 (ハンドボール)

図15 「強いシュート」時に発現した咀嚼筋筋活動の10名の平均持続時間。10名の平均持続時間は4筋平均で460 ± 159msであった

Fig.15 Mean duration of masticatory muscles activity during the most powerful shooting handballs in ten subjects. (the most powerful shoot with jump: 460 ± 159ms, this value is mean duration of four masticatory muscles.)

ドボール)

「強いシュート」では、被験者10名全員に咀嚼筋筋活動が発現した。図14に被験者Aの「強いシュート」時における筋電図波形の1例を示した。図15は、被験者10名における「強いシュート」時に発現した咀嚼筋筋活動の平均持続時間で、RT, RM, LT, LM各々4筋別に表示した。10名の平均持続時間は4筋平均で460 ± 159msであった。図16は同じく被験者10名の各咀嚼筋における単位筋活動比率を示しており、4筋平均で30.1 ± 17.3%であった。

「パス」では10名中8名において、明かな咀嚼筋筋活動は認められなかった。図17に、その1例(被験者A)を示した。一方、「パス」時に咀嚼筋筋活動が認められた他の2名においては、持続時間、単位筋活動比率のいずれとも、「強いシュート」時の値が「パス」時の値に比較して0.1%以下の危険率で有意に延長ないし増大した。すなわち、「パス」から「強いシュート」へと運動動作が強くなることにより、咀嚼筋筋活動が発現、もしくは増大することが示された。

4. 咀嚼筋筋活動とシュート・フォームとの関連性 (ハンドボール)

ハンドボールにおけるジャンプを伴うシュートは、助走、ジャンプを伴うバック・スイング、フォワード・ス

図16 「強いシュート」時に発現した咀嚼筋活動の10名の単位筋活動比率. 4筋平均で $30.1 \pm 17.3\%$ であった

Fig.16 Mean ratio (masticatory muscles activity during the most powerful shooting handballs/that during maximum clenching ; %) in ten subjects. (the most powerful shoot with jump: $30.1 \pm 17.3\%$, this value is mean ratio of four masticatory muscles.)

イング, ボール・リリース, フォロー・スイング, 着地から成り立っている. 以下, 被験者Aを例として, シュート・フォームとシュート時の咀嚼筋活動との関連性について示す. 図18は「強いシュート」時における筋電図波形で, 図19から図23にその時のシュート・フォームを示した. ハンドボールでは, ジャンプの踏切とバックスイング完了時点がほぼ同時であり, この時点から咀嚼筋活動も開始した. 尺側手根屈筋の活動が最大となった時点において, 咀嚼筋活動もほぼ最大となり, ボールリリースの時点, もしくはフォロースイングが完了した時点で咀嚼筋活動も終了した. 図19は助走を開始したところで, 咀嚼筋活動はまだ見られない. 図20はジャンプしようとしている瞬間(足が床から離れる瞬間)であり, かつバック・スイングが完了したところで, ほぼこの時点から咀嚼筋の筋活動が開始した. 図18の筋電図波形では, フォワード・スイング開始を意味する, 上腕二頭筋の筋活動開始よりやや早い時点であり, a'で示した箇所になる. 図21はボール・リリースの瞬間である. 図18の筋電図波形では, 尺側手根屈筋の筋活動が最大, かつ咀嚼筋活動もほぼ最大となった時点であり, b'で示した箇所になる. 図22はフォロースイングがほぼ終了したところであり, 咀嚼筋の筋活動及び尺側手根屈筋の筋活動も終了した. 図18の筋電図波形では, c'の箇所になる. 図23は着地したと

図17 「パス」時の咀嚼筋活動. 「パス」では10名中8名において, 明らかな咀嚼筋活動は認められなかった. これは, 被験者Aの例である

(RT: 右側側頭筋前部, RM: 右側咬筋, LT: 左側側頭筋前部, LM: 左側咬筋, BB: 上腕二頭筋, FCU: 尺側手根屈筋, TB: 上腕三頭筋)

Fig.17 Masticatory muscles activity during pass handballs (subject A, pass without jump). Clear activity of four masticatory muscles during pass without jump was not shown in eight of ten subjects.

RT: right side of M. Temporalis Anterior, RM: right side of M. Masseter, LT: left side of M. Temporalis Anterior, LM: left side of M. Masseter, BB: M.Biceps Brachii, FCU: M.Flexor Carpi Ulnaris, TB: M. Triceps Brachii.

ころを示している.

IV. 考察と総括

1. 研究方法について

全身運動時における咀嚼筋活動を計測する目的で, テレメータを使用した. テレメータを使用することにより, 測定装置による運動動作の妨げを可及的に排除できると考えた. 被検運動として, バレーボールではスパイク⁹⁾, ハンドボールではシュートを選択した. スパイク, シュートのいずれも, 試合中にみられるプレーの中で, 最もパワフルな運動動作の一つであり, スポーツ時

図18 「強いシュート」時における筋電図波形とシュート・フォームとの対応関係（被験者A）。図7から図12に示した各シュート・フォームを以下のようにa'からc'とし、各シュート・フォームに対応する箇所を筋電図波形上に矢印で示した（a'：図20，b'：図21，c'：図22）
（RT：右側側頭筋前部，RM：右側咬筋，LT：左側側頭筋前部，LM：左側咬筋，BB：上腕二頭筋，FCU：尺側手根屈筋，TB：上腕三頭筋）

Fig.18 Correspondence between shoot forms and EMG burst of the most powerful shoot (subject A). Spike forms in Fig. 20-Fig. 22 correspond with arrows of a'-c'.
a': Fig. 20, b': Fig. 21, c': Fig. 22
RT: right side of M. Temporalis Anterior, RM: right side of M. Masseter, LT: left side of M. Temporalis Anterior, LM: left side of M. Masseter, BB: M. Biceps Brachii, FCU: M. Flexor Carpi Ulnaris, TB: M. Triceps Brachii.

の全身運動として適切と考え、被検運動とした。

本研究では可及的に運動動作を妨げない目的でテレメータを使用した。電極の貼付やビデオ撮影などから生じる心理的な問題で測定結果に影響がでる可能性も否定できない。しかも被検運動に対する習熟度も測定結果に大きい影響を与えると考えられる⁵⁾。そこで、被験者には被検運動に極めて習熟し、かつ測定装置による心理的影響も少ないと考えられる、高度に訓練された日本のトップレベルのスポーツ選手を選択した。

スパイクの強弱ないしシュートの強弱が咀嚼筋筋活動に与える影響を明らかにする目的で、「強いスパイク」と「弱いスパイク」、「強いシュート」と「パス」を被験者に行わせた。「強いスパイク」及び「強いシュート」ではジャンプを伴うとともにボールの速度が最大となるように、「弱いスパイク」及び「パス」ではジャンプを伴わずボールの速度が中等度になるように指示した。これらにより、スパイクやシュートの動作に強弱が与えられ、スポーツにおける全身運動の強弱と咀嚼筋筋活動との関連性がより明らかになると考えた。

運動時の筋電図を記録する場合には、テレメータといえども、電極リード線の揺れや筋肉の膨隆などによるノイズの混入は避けられない。しかし、予備実験の結果、得られた筋電情報を1回微分することにより、分析可能な筋電図波形になることが確認できた。図1、図4、図14、図17の筋電図波形は、1回の微分処理を行ったものである。さらに、測定日時の違いによる測定結果の誤差を可及的に小さくするとともに、被験者間における筋活動様相の比較を可能とするために、各被検運動時に記録された咀嚼筋筋活動を咬頭嵌合位における最大咬みしめ時の筋活動に対する比率として規準化した。

筋電図波形とビデオ画面の対応に関しては、プリントアウトした筋電図波形の2mm (100msec) がビデオの約3コマに相当することを利用した。この対応関係をもとに、バレーボールでは上腕二頭筋の筋活動が最大となった時点をインパクトの瞬間として分析した結果、腕の筋活動状態とスパイク・フォームとがほぼ完全に対応していることを確認した。ハンドボールでは尺側手根屈筋の筋活動が最大となった時点をボール・リリースの瞬間として分析した結果、腕の筋活動状態とシュート・フォームとがほぼ完全に対応していることを確認した。

高梨⁶⁾、明石⁷⁾はオーバーハンドサーブを打たせた場合の映像解析及び筋電図解析において、腕の被検筋として三角筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋を選択している。Weineck⁸⁾は腕の引き上げ（前方転位）に三角筋、上腕二頭筋が、腕の引き下げに大胸筋、上腕三頭筋が主に関与していると報告している。豊島ら^{9,10)}は種々のボールをオーバーハンドで投げた時の筋電図分析を行っており、被検筋として橈側手根伸筋、尺側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋、大胸筋、大円筋、僧帽筋を選択している。本研究では、上腕二頭筋と上腕三頭筋は拮抗筋であることから、腕の動きを筋電図から解析する上で有用と考え、被検筋として選択した。なお、ハンドボールに関しては、ボール・リリース時の手首の屈曲も重要と考え、尺側手根屈筋を被検筋として加えた。

図19 助走を開始した状態
Fig.19 Approaching.

図22 フォロー・スイングがほぼ終了した状態
(図18：c')
Fig.22 Finishing followswing (Fig. 18: c').

図20 ジャンプしようとしている瞬間（足が床から離れる瞬間）であり、かつバック・スイングが完了した状態（図18：a'）

Fig.20 Jumping (the moment that feet leave off the floor) and finishing backswing (Fig. 18: a').

図23 着地した状態
Fig.23 Landing.

図21 ボール・リリースの瞬間（図18：b'）
Fig.12 Ball release (Fig. 18: b').

2. 研究結果について

1) スパイク時、シュート時に発現した咀嚼筋筋活動「強いスパイク」時、「強いシュート」時における明らかな咀嚼筋筋活動の発現が被験者全員に認められた。しかも運動動作が「弱いシュート」、「パス」へと弱くなることにより、咀嚼筋筋活動が消失もしくは筋活動持続時間及び単位筋活動比率がいずれも有意に短縮ないし減少した。この結果は、スパイク、シュートの強弱に同調して咀嚼筋筋活動も変化することを示している。これらのことから、咀嚼筋機能とバレーボールのスパイク動作及びハンドボールのシュート動作との間には密接な関連があることが明かとなり、スポーツにおける全身運動に咀嚼筋が関与している可能性が示された。

2) 咀嚼筋筋活動とスパイク・フォーム、シュート・フォームとの関連性

「強いスパイク」では、咀嚼筋筋活動は沈み込みの前

後から開始し、ジャンプの瞬間に最も大きい活動を示し、スパイクした後、着地直前ないし着地した時点で咀嚼筋筋活動も終了した。「弱いスパイク」ではインパクトの瞬間にのみ見られるか、咀嚼筋筋活動自体が消失した。この結果は、バレーボールではインパクトの瞬間の動作よりもジャンプ動作のほうが咀嚼筋筋活動との関連が強いことを示している。高梨⁹⁾はスパイクの成否が直接得点につながるために、スパイク技術が勝敗を大きく左右するといっても過言ではないと述べるとともに、現在のスパイクに関する研究はより高い位置から打たれるほど効果的であると考えられることから、ジャンプ動作が中心になっていると報告している。競技能力を左右するジャンプ動作と咀嚼筋筋活動との間に密接な関連があることは興味深い。

ハンドボールのジャンプを伴う「強いシュート」では、ジャンプの踏切とバックスイング完了時点がほぼ同時であり、この時点から咀嚼筋筋活動も開始した。尺側手根屈筋の活動が最大となった時点において、咀嚼筋筋活動もほぼ最大となり、ボール・リリースの時点、もしくはフォロースイングが完了した時点で咀嚼筋筋活動も終了した。「パス」では被験者10名中8名において咀嚼筋筋活動が見られなかった。ハンドボールではバレーボールの場合と異なり、ジャンプの瞬間よりボール・リリースの瞬間のほうが咀嚼筋筋活動と関連が強かった。これはハンドボールにおけるジャンプ動作がより高く飛ぶためのものではなく、バックスイングをより大きくするとともにボールスピードを高めるためのものであると考えられる。

3) スパイク時、シュート時の歯牙接触について

「強いスパイク」、特にジャンプ時に見られた単位筋活動比率は10名の4筋平均で45.8%、「強いシュート」時に見られた単位筋活動比率は10名の4筋平均で30.1%であった。単位筋活動比率が最大咬みしめ時の単位筋活動に対するスパイク時、シュート時に発現した単位筋活動の割合であることを考えると、45.8%及び30.1%という結果から、「強いスパイク」、「強いシュート」では歯牙接触が存在する可能性もある。しかし、歯牙の接触状態はこの研究からは明らかではなく、また、舌を介在した状態、開口した状態（歯牙接触の全く無い状態）においても、咀嚼筋を活動させることは可能であり、「強いスパイク」、「強いシュート」時の歯牙接触の有無あるいは歯牙接触の状態に関してはさらに検討が必要である。

4) スパイク時、シュート時における咀嚼筋筋活動発現の意義

宮原ら^{11,12)}は、咬みしめによりヒラメ筋H反射の促進が見られ、咬みしめ時に下肢の筋肉及び他の筋群の反射興奮性が上昇することと、その促進量は咬みしめの強度と正の相関をもつことを明かにしている。すなわち、スパイク時、シュート時における咀嚼筋筋活動発現は、腕の筋肉の興奮性を亢進し、より大きいスパイク力、シュート力を発揮するための生理的反応であると推測できる。しかし、宮原ら^{11,12)}の咬みしめの条件と、今回記録された咬みしめとはわずかながらも異なっているなど、今後さらに検討が必要である。

スパイク時、シュート時における咀嚼筋筋活動発現の意義として、咀嚼筋による頭部の固定作用が考えられる。頭部を固定することにより、視線の安定化、体のバランスの安定化が得られる、すなわち咀嚼筋はより正確なスポーツ動作を行う上での一助をなしていると考えられる。頭部固定の主働筋は頸部の筋群であるが、運動に伴う下顎骨の動揺は頭部の動揺を著しく助長することは明らかである。下顎骨と頭蓋骨とを一体化することにより、頭部固定をより確実なものにしていると推測される。特にバレーボールでは空中にあるボールを凝視している相と咀嚼筋に筋活動が発現している相がほぼ一致しており、咀嚼筋の頭部固定作用を裏付けるものと考えられる。

V. 結 論

スパイク時及びシュート時における明らかな咀嚼筋筋活動の発現が被験者全員に認められた。しかも運動動作が強くなることにより、咀嚼筋の筋活動持続時間及び単位筋活動比率がいずれも有意に延長ないし増大した。

以上より、咀嚼筋機能と、バレーボールのスパイク動作及びハンドボールのシュート動作との間には密接な関連があることが明らかとなり、スポーツにおける全身運動に咀嚼筋が関与している可能性が示された。

謝辞

稿を終えるに臨み、本研究に御協力いただきましたJTバレーボール部今村勝治マネージャー、JTバレーボール部のバレーボール選手各位、並びに湧永製薬ハンドボール部井藤英忠監督、湧永製薬ハンドボール部のハンドボール選手各位に衷心より感謝の意を表します。

本研究は、平成4年度科学研究費補助金（一般研究B）No. 04454486 による。

文 献

- 1) 大山喬史：スポーツ歯学の現状と展望，最新医学，43：2159-2200, 1988.
- 2) 石島 勉，平井敏博，今村 円ほか：全身運動時のクレンチングの発現頻度に関する研究，補綴誌，35：193-199, 1991.
- 3) 安井利一：スポーツ選手の咬合状態に関する解析，スポーツサイエンス，11：371-374, 1992.
- 4) 石岡 克，河野正司，佐藤康弘：身体の持続性運動と相動性運動時に観察される咀嚼筋の活動様相，顎機能，10：105-110, 1992.
- 5) 大川周治，篠原希和，橋原真喜夫ほか：咀嚼筋機能に関するスポーツ医学的解析—プロサッカー選手の場合—，日顎機能誌（印刷中）.
- 6) 高梨泰彦：バレーボールの技術に関する科学的研究，スポーツサイエンス，8：793-801, 1989.
- 7) 明石正和：バレーボール選手のサーブ動作に関する研究，昭和59年度日本体育協会スポーツ医科学研究報告，1984（6）から引用）.
- 8) Weineck, J.（有働正夫）：スポーツ解剖学，129-132, オーム社，東京，1984.
- 9) 豊島進太郎，松井秀治，宮下充正：投球動作における上肢筋の筋電図学的研究，体育学研究，1：259-265, 1952（10）から引用）.
- 10) 星川 保：大きさと重さの異なるボールの投げ，スポーツサイエンス，1：104-109, 1982.
- 11) 宮原隆雄：ヒトのヒラメ筋H反射の噛みしめによる変調：口病誌，58:670-686, 1991.
- 12) 宮原隆雄，萩谷 昇，大山喬史ほか：噛むことが運動に及ぼす影響，スポーツサイエンス，11：353-356, 1992.