原著論文

頭部の傾斜が咬筋組織血流に及ぼす影響

岡田和樹¹⁾, 山口泰彦¹⁾, 小松孝雪²⁾, 後藤田章人³⁾, 三上紗季¹⁾

¹⁾ 北海道大学病院高次口腔医療センター顎関節治療部門

²⁾ こまつ歯科クリニック

³⁾ 北海道大学病院高次口腔医療センター口腔インプラント治療部門

〔受付：平成25年5月1日〕

Effect of head inclination on blood flow in masseter muscles

Kazuki Okada¹⁾, Taihiko Yamaguchi¹⁾, Kosetsu Komatsu²⁾

Akihito Gotouda³⁾, Saki Mikami¹⁾

¹⁾ Department of Temporomandibular Disorders, Center for Advanced Oral Medicine,
Hokkaido University Hospital

²⁾ Komatsu Dental Clinic

³⁾ Department of Oral Implants, Center for Advanced Oral Medicine,
Hokkaido University Hospital

[Received: May 1, 2013]

Key words: head inclination, masseter muscle, blood flow, hemoglobin volume, oxygen saturation level

Abstract: [Purpose] To clarify the relationship between head position and blood flow in masseter muscles, masseter hemodynamic change caused by head inclination was investigated.

[Methods] Sixteen healthy subjects participated in this study. Blood flow in masseter muscles was measured by using a three-wavelength near-infrared spectroscope, and the angle of head inclination was measured by using a head inclination measuring device. The subjects were instructed to incline their head forward or laterally at angles of 10, 20 and 30 degrees, and total hemoglobin volume (Hb) and oxygen saturation level (StO₂) during head inclination were measured. In addition, blood flow in masseter muscle before and after maximum voluntary contraction was measured and compared with that during head inclination.

[Results] The percentage of changes in Hb during forward and lateral inclinations of the head were significantly larger than those during rest. Moreover, Hb change during head inclination of 30 degrees was about half of the maximum change after maximum voluntary contraction. On the other hand, the percentage of change StO₂ change during head forward inclination of 30 degrees was significantly larger than that during rest and was about 40% of the maximum change after maximum voluntary contraction. The percentage of change in StO₂ change during head lateral inclination was not significantly larger than that during rest.

[Conclusions] The results suggest that blood flow in masseter muscles is changed by head inclination. Therefore, head posture must be kept constant during blood flow measurements of masseter muscles.

抄録 【目的】頭位と咬筋組織血流の関連性を明らかにすることを目的に、頭部傾斜時における咬筋組織内の血行動態の変動を解析した。

【方法】被験者は、顎口腔系に異常が認められない健常者16名とした。咬筋組織血流の測定には3波長型近赤外分光血流計、頭部の傾斜角度の測定には頭部傾斜角測定装置を用いた。頭部の傾斜は前傾および側方傾斜とし、それぞれ10°、20°、30°傾けたときの咬筋組織内総ヘモグロビン量(Hb)と酸素飽和度(StO₂)を測定した。また、最大咬みしめ前後の咬筋組織血流の測定を行い、頭部傾斜時の変動と比較した。

【結果】前傾、側方傾斜時におけるHb変化率は、傾斜角度が大きくなるに従い増加する傾向を示し、傾斜角度が30°では咬みしめ終了後の最大変化率の約半分の値を示した。前傾時におけるStO₂変化率は、安静時と30°傾斜時の間に有意な増加がみられ、咬みしめ終了後の最大変化率の4割程度の値を示した。側方傾斜時のStO₂では有意な変化は認めなかった。

【結論】頭部の傾斜により咬筋組織血流が変化することが明らかになり、血流測定時には被験者の頭位を一定に保つなど頭位の条件への配慮の必要性が示唆された。

キーワード：頭部傾斜、咬筋、血流、ヘモグロビン量、酸素飽和度

I. 緒 言

顎関節症における咀嚼筋障害の発現メカニズムの一つとして、血流低下に伴う筋組織内エネルギーレベル低下の関与が推察されており^{1,3)}、これまで咬筋組織血流に関する研究が多く報告されている^{4,7)}。ヒトにおける血行動態を解析する場合、当然、測定時の組織血流に影響を及ぼす因子について考慮する必要がある。組織血流に影響を与える因子の一つとして被験者の姿勢が挙げられ、立位、座位、仰臥位、側臥位など体位の変化と全身の循環動態の関連についてはすでに報告されている^{8,9)}。咬筋組織血流に関する報告においても血流測定時に体位が規定されている研究は比較的多い^{5,6)}。咬筋組織血流においては体位だけでなく頭位の変化による影響も考えられるが、血流測定時に頭位を規定している研究は少なく、頭位と咬筋組織血流の関連についての報告はない。そのため、咀嚼筋血行動態を測定する際の頭位設定の条件についての情報はなく、基準も確立されていないのが現状である。

そこで、本研究では頭部傾斜時における咬筋組織血流の変動を測定し、最大咬みしめ終了後の咬筋組織血流の変動と比較することで、頭部の傾斜が咬筋組織血流に及ぼす影響を検討した。

II. 研究方法

1. 被験者

対象は、北海道大学歯学部学生および職員のなかから選択した顎口腔系に異常が認められない健常有歯顎者16名(男性10名、女性6名、平均年齢±SD 25.8±1.9歳)とした。なお、本研究は北海道大学歯学部倫理委員会の承認を得ており、被験者には事前に十分な説明を行った上で文書による同意を得た。

2. 測定装置

咬筋組織血流の測定には、計測深度が10～25 mmである3波長型近赤外分光血流計PSA-ⅢN(バイオメディカルサイエンス社製)を用いた。血流計のセンサー部分の大きさは20×50 mmで、近赤外光を照射するlight-emitting diode(LED)と2つの受光器で構成されており、センサー貼付直後から安定した信号を連続的に記録することができる。頭部の傾斜角度の測定には頭部傾斜角測定装置Biojaws DMF-202(ダイヤモンドカルシステム社製)を用いた。咬筋および側頭筋の筋電図の測定には筋電計ポリグラフシステム363(日本電気三栄社製)を用い、表面双極誘導にて導出した。

3. 測定方法

血流測定の対象側は、被験者16名のうち8名を右側、残りの8名を左側とし、左右の決定はランダムに行った。血流計センサーは咬筋中央部で数値が最も高くなる位置に貼った。咬筋筋電図は両側とし、血流測定側の咬筋筋電図電極は血流計センサーの後方に貼り、反対側咬筋部についても左右対称となるように貼付した。側頭筋筋電図は血流測定側のみの記録とし、電極は側頭筋前部に貼付した。頭部傾斜角測定装置はフランクフルト平面に水平になるように、また側頭部を強く締めつけすぎないように固定した(図1)。

室温は、被験者が快適と感じる温度でほぼ一定とした。イスは背もたれのあるものを使用し、被験者が一番楽な座位での姿勢を基準の安静時とした。頭部の傾斜は前傾と側方傾斜とし、側方傾斜では血流計センサーを貼った方を傾斜側とした。傾斜角度の設定は安静時を 0° とし、安静時から 10° 、 20° 、 30° まで傾け、それぞれの角度で約5秒間静止するよう指示した。傾斜時の姿勢は被験者が自然に頭部を傾斜できる姿勢とし、上体の傾きも容認した。安静時および頭位傾斜時の下顎位は、歯を接触させず可及的に下顎安静位をとるよう指示した。また、10秒間の最大咬みしめ、すなわち、可及的に最大の力で咬みしめを維持するよう指示し、その咬みしめ前後の記録も行った。なお、測定は前傾、側方傾斜、最大咬みしめの順で行い、側方傾斜および最大咬みしめの測定はHb、StO₂が頭部傾斜前の安静時の値に戻ったのを確認した後に開始した。

血流に関する測定項目は、咬筋組織内総ヘモグロビン量(Hb)、咬筋組織内酸素飽和度(StO₂)とした。得られたデータは、MacLab(ADInstruments社製)を用いてサンプリング周波数2 kHzにてA/D変換後、PCに記録した。

4. データ解析

前傾、側方傾斜時における各被験者のHb、およびStO₂のデータから、頭部傾斜前の安静時と 10° 、 20° 、 30° 傾斜時の値の差を安静時の値で除した変化率を算出した。前後的傾斜角度、左右的傾斜角度の変化量は、安静時と頭部傾斜時の各傾斜角の差により算出した。また、最大咬みしめ前後のHb、およびStO₂のデータからは、咬みしめ開始前の安静時と咬みしめ終了後最大値を示した時の値の差を咬みしめ開始前の安静時の値で除した変化率を算出した。統計解析にはアドインソフトエクセル統計2010(社会情報サービス出版)を使用し、ボンフェローニ補正による対応があるt検定を行った。

図1 測定装置 (a: 血流計センサー, b: 咬筋筋電図電極, c: 側頭筋筋電図電極, d: 頭部傾斜角測定装置)

Fig. 1 Measuring devices (a: probe of blood flow meter, b: masseteric EMG electrodes, c: temporalis EMG electrodes d: head inclination measuring device)

Ⅲ. 結 果

1. 最大咬みしめ終了後における Hb, StO₂ の変化率

図2は最大咬みしめ前後におけるHb、StO₂の変化の一例で、Hb、StO₂は咬みしめ持続中には減少し、咬みしめ終了直後から増加する傾向が認められた。咬みしめ開始前の安静時の値を基準とした咬みしめ終了後のHb、StO₂の最大変化率(%)は全被験者の平均(±SD)で、それぞれ 8.6 ± 2.2 、 -0.8 ± 0.9 であった。Hbは咬みしめ終了後すぐに咬みしめ開始前の安静時より高い値まで増加しプラスの変化率であったが、StO₂では咬みしめ終了後も咬みしめ開始前の安静時の値まですぐに回復しない被験者が多くマイナスの変化率であった。

2. 前傾、側方傾斜時における前後的傾斜角度および左右的傾斜角度(表1)

前傾時の前後的傾斜角度の平均は 10.4° 、 20.0° 、 30.6° と指示した傾斜角度に近い値を示し、それぞれにおける左右的傾斜角度は -0.1° 、 -0.3° 、 -0.8° であり、左右への傾斜はほとんど伴っていなかった。側方傾斜時の左右的傾斜角度の平均は 10.5° 、 20.2° 、 30.2° であり、指示した傾

図2 最大咬みしめ前後における Hb, StO₂ の変化の一例
Fig. 2 An example of Hb and StO₂ changes in masseter muscle before and after maximum voluntary contraction

図3 前傾時における Hb, StO₂ の変化の一例
Fig. 3 An example of Hb and StO₂ changes in masseter muscle during head forward inclination

表1 頭部傾斜時における傾斜角度
Table 1 Inclination angle during head inclination

(n=16)				
	前傾		側方傾斜	
指示角度	前後的傾斜角度	左右的傾斜角度	前後的傾斜角度	左右的傾斜角度
10°	10.43±0.66	-0.07±0.88	1.57±1.59	10.48±1.14
20°	19.96±0.87	-0.30±1.50	4.73±2.97	20.21±1.17
30°	30.59±0.99	-0.83±2.23	9.70±5.08	30.20±1.00
mean±SD				

斜角度に近い値を示したが、それぞれの前後の傾斜角度は1.6°, 4.7°, 9.7°と前方への傾斜も伴っていた。

3. 前傾時における Hb, StO₂ の変化率

図3に前傾時における咬筋組織血流の変化の一例を示す。傾斜角度が10°, 20°, 30°と大きくなるに従い Hb は増加していた。全被験者の平均では、Hb は安静時、10°、

20°, 30°傾斜時すべての間に有意差が認められ、傾斜角度が大きくなるに従い Hb が増加する傾向を示した(図4)。一方、StO₂では安静時と30°傾斜時の間に有意差が認められた(図5)。前傾30°における Hb の変化率は、最大咬みしめに関連して起こる変化率の約半分、前傾30°の StO₂ の変化率は約4割に相当していた。

図4 前傾時における Hb の変化率
エラーバーは標準偏差を示す。

Fig. 4 Percentage of change in Hb during head forward inclination
Error bars indicate the value of standard deviations.

図5 前傾時における StO₂ の変化率
エラーバーは標準偏差を示す。

Fig. 5 Percentage of change in StO₂ during head forward inclination
Error bars indicate the value of standard deviations.

図6 側方傾斜時における Hb の変化率
エラーバーは標準偏差を示す。

Fig. 6 Percentage of change in Hb during head lateral inclination
Error bars indicate the value of standard deviations.

図7 側方傾斜時における StO₂ の変化率
エラーバーは標準偏差を示す。

Fig. 7 Percentage of change in StO₂ during head lateral inclination
Error bars indicate the value of standard deviations.

4. 側方傾斜時における Hb, StO₂ の変化率

Hb は 20° 傾斜時と 30° 傾斜時の間以外のすべての群間に有意差が認められ、傾斜角度が大きくなるに従い Hb が増加する傾向を示した (図 6)。一方、StO₂ では有意差は認められなかった (図 7)。側方傾斜 30° における Hb の変化率は、最大咬みしめに関連して起こる変化率の約半分に相当していた。

5. 前傾、側方傾斜時における咬筋、側頭筋筋活動

図 2 の前傾時の一例のように、咬筋および側頭筋の筋電図所見では、いずれの被験者においても前傾、側方傾斜時とも咬合力が発揮されたような明らかな筋電位の増加は認められなかった。

Ⅳ. 考 察

本研究における筋組織内血流の測定には近赤外分光血流計を用いた。本装置は3つの波長(700, 750, 830 nm)の近赤外光を用いることで、オキシヘモグロビン量およびデオキシヘモグロビン量を計測することにより、総ヘモグロビン量と酸素飽和度を算出することができる。本装置の血流計センサーは、前述のように近赤外光を照射するLEDと2つの受光器で構成されている。LEDと2つの受光器までの距離はそれぞれ10 mmと25 mmに設定され、皮膚から0～10 mmの散乱光は取り除かれるため、測定深度は10～25 mmである¹⁰⁾。本装置を咬筋組織血流の測定に応用することの妥当性については、Sugisakiら¹¹⁾によりすでに報告されている。また、本研究での最大咬みしめ前後の測定において、咬みしめ時は筋収縮による局所的な虚血に伴いHb, StO₂が減少し、咬みしめ終了後には反応性の充血より増加するというKimら¹²⁾やAizawaら¹³⁾の報告と同様の結果を得ていることから、本血流測定システムは咬筋の血行動態を主に解析できていると考えている。

今回、頭部の傾斜によりHbが増加したのは、傾斜に伴い心臓と咬筋の距離が小さくなったことによる咬筋部動脈の血圧上昇が主な原因と考えられる。心臓との上下的な距離による血圧の変化は重力の影響により生じ、重力が1 Gで血液の密度が正常な場合で0.77 mmHg/cmの血圧差を生じる¹⁴⁾。StO₂の増加の原因は、頭位傾斜時に明らかな筋活動がみられなかったことから、Hbの増加に伴う酸化ヘモグロビン濃度の上昇が主体と思われる。しかしながら、StO₂の有意な増加は30°前傾時のみにみられ、Hbと比較すると変化率は比較的小さかった。この理由として、頭部傾斜時のオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビン量の変動の違いやHbが増加してからStO₂が上昇するまでのタイムラグなどが関係している可能性が考えられる。

その他、頭部傾斜時の筋組織血流に影響を与える可能性がある因子として、筋活動、全身的な循環動態の変化などが考えられる。頭部傾斜時の咬筋筋活動の原因としては、咬合接触や抗重力機構に伴う筋活動が考えられる。咬合接触については、咬合接触による咬筋筋活動に伴い咬筋組織血流が変化することは報告されている^{12, 13)}。また、頭部傾斜時には下顎が傾斜側に偏位することが報告されており¹⁵⁾、頭部傾斜時には歯が接触しやすい状態にあると考えられる。そこで、本研究では安静時および頭位傾斜時には歯を接触させず、可及的に下顎安静位をとるよう被験者に指示するとともに、咬筋、側

頭筋筋電図の同時測定を行った。その結果、全被験者において咬筋および側頭筋に明らかな筋活動の増加は認めなかった。抗重力機構とは姿勢を保持するための機構で、姿勢が変化したときに重力とのバランスをとるため抗重力的な筋活動が生じる¹⁶⁾。咀嚼筋においては頭部傾斜時に側頭筋後部および外側翼突筋下頭が活動することが報告されている^{17, 18)}。しかし、前述のように全被験者において咬筋および側頭筋に明らかな筋活動の増加を認めなかったことから、抗重力機構に伴う咬筋筋活動による影響の可能性は少なく、仮にあったとしても僅かであったと考えている。

脈拍数や血圧などの循環動態に影響を与える可能性がある因子としては室温やストレスなどが考えられる。本研究における室温は被験者が快適と感じる温度でほぼ一定の状態とした。また、姿勢は被験者が一番楽な座位とし、頭位傾斜時も自然に頭部を傾斜できるように上体の傾きも容認するなど、可及的に被験者のストレスを軽減した。今回、脈拍数や血圧の変動を評価していないことから循環動態の影響の有無の特定はできないが、安静から30°傾斜時までの測定時間が30～40秒程度と短時間であることから循環動態の影響は比較的小さいと考えている。しかしながら、頭部の傾斜による直接的な循環動態への影響については明らかにされておらず、今後、その影響については検討する必要があると考えている。

何らかの原因により組織血行動態が変化した場合、その血行動態を元の状態に戻そうとする生体の反射が起きる可能性がある。体位血圧反射はその一つで、体位変換により一過性に变化した動脈圧を元に戻そうとする反射である¹⁹⁾。今回、頭部傾斜により咬筋組織血流が変動することが明らかになったが、傾斜を維持したときの血流の変化については解析しておらず、今後検討していく必要があると考えている。また、傾斜を安静時の位置に戻したときの血流の時間的変化についてもさらなる詳細な検討が必要である。

今回、前傾および側方傾斜を指示した時の実際の傾斜角度は、前傾時には側方への傾斜をほとんど伴っていなかったが、側方傾斜時には指示角度が30°の時に約10°の前傾を伴っていた。側方傾斜時に前傾を伴ったのは、傾斜時の無理な姿勢による循環動態への影響を最小限にするため、被験者に前傾を伴わない厳密な側方傾斜を指示しなかった結果と考えている。今回の結果から、側方傾斜時には前傾の影響が含まれていることは否定できないが、前傾をほとんど伴っていない側方10°傾斜時においても有意な血流の増加を認めたことから、側方傾斜自体による血流への影響もあったと考えて

いる。

最大咬みしめに関連した咬筋組織血流の変化はこれまで多く報告されており、前述のように咬みしめ前と比較し咬みしめ後には血流が大きく増加し、Hb, StO₂の変化率も大きいことが知られている^{12, 13)}。今回、前傾、側方傾斜30°のHbは咬みしめ後の最大変化率の約半分の値を示し、前傾30°のStO₂でも咬みしめ後の最大変化率の4割程度の値を示すなど、頭部傾斜時の血流の変化は、顎運動に伴う血流の変化の中では大きな部類である最大咬みしめ後の変化率と比べても、無視できない大きさであることが明らかとなった。そのため、咬筋組織血流を測定する場合には、頭部の位置を一定に保つなど頭位の条件への配慮が必要であることが示唆された。

文 献

- 1) Larsson SE, Bodegard L, Henriksson KG, et al. Chronic trapezius myalgia. Morphology and blood flow studied in 17 patients. *Acta Orthop Scand* 1990; 61: 394-398.
- 2) 野間弘康. 痛みのメカニズムと特徴. 石川達也, 内田安信, 金子譲ほか編, 痛みの臨床. 東京: 医歯薬出版; 1997, 1-19.
- 3) Delcanho RE, Kim YJ, Clark GT. Haemodynamic changes induced by submaximal isometric contraction in painful and non-painful human masseter using near-infra-red spectroscopy. *Arch Oral Biol* 1996; 41: 585-596.
- 4) Okada K, Yamaguchi T, Minowa K, et al. The influence of hot pack therapy on the blood flow in masseter muscles. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 480-486.
- 5) Inoue-Minakuchi M, Maekawa K, Kuboki T, et al. Intramuscular haemodynamic responses to different durations of sustained extension in normal human masseter. *Arch Oral Biol* 2001; 46: 661-666.
- 6) Tsukiyama Y, Kuboki T, Clark GT. Cold pressor stimulation effect on hemodynamic changes following sustained isometric contraction in human jaw-closure muscles. *J Dent Res* 1999; 78: 1727-1734.
- 7) 岡田和樹, 山口泰彦, 小松孝雪ほか. 咬筋組織血流に対する理学療法の効果—温罨法とマイオモニター®の比較—. 顎機能誌 2005; 11: 107-115.
- 8) 北村敬一郎, 高田重男, 二俣秀夫ほか. 迷走神経活動に及ぼす体位変化の影響. *臨床病理* 1997; 45: 771-777.
- 9) 吉野節子, 堀井たづ子, 馬場口喜子ほか. 自動体位変換装置使用時と徒手の体位変換時の循環動態の変化. *看護技術* 1998; 44: 82-86.
- 10) 酒井秋男, 斎藤健夫. 近赤外分光法を用いた組織酸素消費量の無侵襲連続測定. *Therapeutic Research* 1995; 16: 247-250.
- 11) Sugisaki M, Misawa A, Ikai A, et al. Sex differences in the hemoglobin oxygenation state of the resting healthy human masseter muscle. *J Orofac Pain* 2001; 15: 320-328.
- 12) Kim YJ, Kuboki T, Tsukiyama Y, et al. Haemodynamic changes in human masseter and temporalis muscles induced by different levels of isometric contraction. *Arch Oral Biol* 1999; 44: 641-650.
- 13) Aizawa S, Tsukiyama Y, Koyano K, et al. Reperfusion response changes induced by repeated, sustained contractions in normal human masseter muscle. *Arch Oral Biol* 2002; 47: 537-543.
- 14) 林秀生. 血液とリンパの流れ: 循環力学. 星猛, 林秀生, 菅野富夫ほか編, 医科生理学展望原書17版. 東京: 丸善株式会社; 1996, 569-585.
- 15) 佐藤克彦. 咬合拳上および頭部の傾斜がタッピングポイントの分布状態に及ぼす影響について. *補綴誌* 1991; 35: 983-996.
- 16) 中村隆一, 斎藤宏. 基礎運動学. 東京: 医歯薬出版; 1995, 289-309.
- 17) 石井立人. 頭位および体位の側方傾斜に伴うヒトの外側翼突筋下頭筋電図の応答. *補綴誌* 1994; 38: 363-371.
- 18) 小室智. 頭部の側屈が下顎運動に及ぼす影響について. *歯科医学* 1980; 43: 359-385.
- 19) 吉川恵士. 本態性高血圧症の循環動態と低周波鍼通電療法の効果. *日温気物医誌* 1997; 60: 149-167.