研究論文：論文

笑顔のメカニズムの解明

表情筋活動と表層変化の計測

菅原徹*, 山田昇*, 佐渡山亜兵**, 上條正義**, 細谷聡**, 井口竹喜***

*信州大学大学院工学系研究科, **信州大学繊維学部, ***コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社

INVESTIGATION OF MECHANISM IN SMILES MEASUREMENT OF FACIAL MUSCLE ACTIVITY AND SURFACE TRANSFORMATION

Toru SUGAHARA*, Noboru YAMADA*, Tsugutake SADOYAMA**, Masayoshi KAMIJO**

Satoshi HOSOYA** and Takeyoshi IGUCHI***

*Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda-shi, Nagano 386-8567, Japan

**Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda-shi, Nagano 386-8567, Japan

***Konica Minolta Technology Center, Inc., 1 Sakura-machi, Hino-shi, Tokyo-to 191-8511, Japan

Abstract: The purpose of this study is to clarify the mechanism of smiles by measuring facial muscle activities and facial surface transformation. We made it possible that the strength of the smile was fixed the same by using the biofeedback technique. And facial muscle activities that caused a change on skin surface were measured by surface electromyography and the physiological mechanism of the smile was examined. It became clear that the muscle activities of the risorius and depressor labii inferioris had a significant effect on the formation of the smiling faces. We confirmed that a change of the eye that is the symbol of the smile depended on the compression of the skin by the picture analysis of the face. The internal and external relations to make the characteristics of the smile were explained.

Keywords: Smile, Grin, Facial muscle, EMG, Biofeedback

1. はじめに

近年、ビジネスやヘルスケアの分野において「笑顔づくり」が注目されている。営業活動において決め手となる好感をもたれる笑顔、女性の魅力アップのための人を惹き付ける笑顔、アンチエイジングのための若々しい笑顔など分野は異なれ社会は笑顔の力を再認識する傾向にある。これは高度情報化によってフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション機会が我々の日常生活から減少したことが関係しているものと思われる。表情を使った非言語の会話の喪失が、結果として人の表情形成能力の低下につながったとみることができる。特に笑顔の不得手は良好な人間関係を形成する上でも目に見えない障害となるため、笑顔セラピーの手法に関心が高まっている[注1～4]。そのなかで最も主流となるのが、スポーツ選手が筋力トレーニングを行うように、表情筋のエクササイズにより笑顔の形成を促す試みである[注5, 注6]。

表情筋のエクササイズを積み重ねれば、衰えた表情筋を活性化させて自在に笑顔を形成させることが期待できる。しかしその前提として、笑顔の形成においてどのような表情筋の運動が必要となるかを把握しなければならない。笑顔は多様であるために、生理学的なメカニズムの詳細はいまだ明らかではない。解剖図をもとにすれば笑顔の形成機構を予想し仮定することはできる。ところが人間の筋や神経系は人によっ

て共通した部分、異なる部分が不明な場合が多いため、笑顔が単一のメカニズムで形成されるとは考えにくい。本研究では笑顔のエクササイズを効果的に行っていくために、笑顔を生み出す表情筋活動パターンとそれにとまなう顔の表層変化の関係を明らかにする。さらに笑顔のメカニズムの共通部分と個体差を明らかにし、人の感性に欠かせない笑顔のつくり方を提案する。

笑顔(smile)に近い笑い(laugh)の分析については角辻の筋電図学的研究が基本となり、その筋活動パターンが報告されている[注7]。笑顔のメカニズムの解明を目的とした場合も同様に、筋電図(Electromyogram: EMG)を用いた表情筋活動の計測と顔の皮膚歪みの計測が必要である。ところが笑顔はその強度の違いによって印象が異なり、表情筋収縮力の強弱の幅に無数の笑顔が存在する。微笑からビッグスマイルまでの間に、笑顔の段階的な強度を規格化することは極めて難しい。これには被験者に筋収縮力の調整と維持が必要とされ、笑顔の段階を一定に保たなければならないためである。

そこで本研究では、笑顔の主働筋であり随意的な筋収縮が容易な大頬骨筋の筋活動をEMGで捉え、その積分値をリアルタイムで被験者に提示することで、一定強度の笑顔の生成を試みた。被験者に大頬骨筋の最大随意収縮活動を100%とした、75%、50%、25%の筋活動による表情をさせ、作為的に

図1：バイオフィードバック手法と計測システム

強度が4段階に異なる笑顔をつくりだせるようにした。このように笑顔をつくりだす筋活動の信号を被験者自らにフィードバックし、不随意的な運動を調整させるバイオフィードバック手法によって笑顔の規格化と定量化を可能にした。計測の結果、笑顔を構成する表情筋群の活動パターンが明らかになり、笑顔の特徴である眼裂変化や頬の隆起の形成メカニズムが解明されたのでこれを報告する。

2. 計測方法

2.1. バイオフィードバック手法による笑顔の形成

被験者は役者などの表情形成に関するスキルのない4名の成人男性とした（被験者K、被験者S、被験者Y、被験者U）。被験者の顔面右側の大頬骨筋上に直径3.5mmの皿型表面電極を電極中心間距離15mmで2つ貼付した。筋電位を2000倍に差動増幅してサンプリング周波数1000Hzでコンピュータに取り込み、1秒毎の筋電位の積分値を液晶ディスプレイで被験者に提示した（図1）。筋電図積分値は電位の異なる複数の運動単位（motor unit: MU）から構成されるためその値が上下に周期する。積分値の最大値を一定に保つことを被験者に訓練させ、積分値の維持が可能となった段階で計測を試みた。

本研究では計測する笑顔の種類をその強度と口の開閉によって分類した。そのため、大頬骨筋活動の最大随意収縮時

（Maximum Voluntary Contraction: MVC）の最大笑顔、その75%の強い笑顔、50%の中程度の笑顔、25%の弱い笑顔を筋力調節でつくりだした。さらに笑顔は口を閉じたスマイル（Smile）と、口を開いて歯をみせるグリン（Grin）に大別されるため、被験者に口の開閉を教示として与えた。したがってスマイルとグリンでそれぞれ4強度、合計8種類の笑顔の形成維持を行った。図2に示す8つの笑顔の表情筋活動パターンと3次元皮膚形状変化を同時計測した。

2.2. 笑顔の筋電図計測と表層歪み計測

右顔面で笑顔の筋活動計測を行った。被験筋は笑顔の特徴である眼の開閉、頬の隆起、口の形状変化に関係すると思われる、眼輪筋、上唇挙筋、笑筋、口輪筋、下唇下制筋とした（図3）。計測は先述の大頬骨筋を用いたバイオフィードバックと同様の筋電図計測システムで計測を行った。大頬骨筋活動の強度維持が行えた時間のうち6秒間を計測の対象とした。得られた筋活動は整流化し、各表情筋の最大随意収縮時の筋活動で規格化して%MVCを算出した。各筋の最大随意収縮の方法は、眼輪筋が眼を強く閉じる、上唇挙筋が眉間に横皺をつくり同時に上顎の歯列を見せる、笑筋が口角を横に強く引っ張る、口輪筋は唇を尖らせる、下唇下制筋は下唇を下げ

図2：8種類の笑顔サンプル（被験者K）

図3：被験筋と歪み解析領域

て下顎の歯列を見せるとし、被験者に教示として与えた。

左顔面では皮膚歪みを測定した。顔面に一辺 5mm のマーカーを 52 点貼付し、非接触三次元計測機 (VIVID700/Minolta 社製) により無表情時と各強度の固定した笑顔の 3 次元形状データを取り込んだ。マーカーの座標データより図 3 に示した三角形要素を 63 個作成した。笑顔生成時の状態の主歪み (伸張, 圧縮) と面積変化を算出した。

2.3. 笑顔の認識に関するアンケート調査

本研究でつくりだした 8 種類の笑顔に関して、その認識に関するアンケート調査を行った。筋電図と歪み計測が終了後、各笑顔の強度を保った状態で正面顔写真を撮影した。撮影は 1.5m 前方よりデジタルカメラ (DIMAGE 7i/Minolta 社製) で行った。各被験者の 8 種類の笑顔写真に対して、男子大学生 14 名、女子大学生 14 名の計 28 名に「写真の顔の表情が笑顔と認識できるか」を質問し「Yes or No」の回答を求めた。笑顔の認識率を割り出すことで、各被験者の笑顔の形成能力と笑顔のメカニズムの関係を明らかにした。

3. 笑顔の筋活動パターンの計測結果と考察

3.1. スマイルの筋電図パターン

スマイルの表情筋活動パターンを図 4 に示す。横軸は笑顔の強度の目安となる大頬骨筋活動の %MVC を示し、縦軸はその他の表情筋の %MVC を示している。図中の笑顔の画像は、大頬骨筋活動割合が 100% のときのものである (被験者 K は図 2 を参照)。被験者 K、被験者 S、被験者 Y は大頬骨筋活動が強くなるにしたがって、笑筋の活動が上昇した。被験者 K では MVC を 26% 上回る笑筋の筋活動が確認された。またこれらの被験者は上唇挙筋の活動が共通して低い値を示した。さらに被験者 K、被験者 Y では笑顔を構成する主軸の一つと考えられる眼輪筋活動が 25% を下回った。下唇下制筋の筋活動は全ての被験者で低い値を示した。被験者 U においては、上唇挙筋の筋活動が笑顔の強度にしたがって強くなり、大頬骨筋活動の 100% MVC では 210% まで上昇した。さらに眼輪筋活動も笑顔の強度とともに上昇し、123% まで上昇した。

25% の弱い強度のスマイルでは表情筋の活動パターンが非常に不明瞭であるが、75%、100% の強度ではその違いが明瞭となっている。スマイルの表情筋活動パターンは、大頬骨筋と笑筋を主軸としているようである。3 名の被験者ではこれらの筋活動と、眼輪筋や上唇挙筋の適度なリラックスによってスマイルを形成していることが推測される。これらに対して被験者 U は異なった筋活動パターンでスマイルを形成していることがうかがえる。大頬骨筋、笑筋の筋活動に加えて眼輪筋、上唇挙筋を活動させていることから、顔の中心部分に力が入ったスマイルである。このようにスマイルの筋活動パターンを観察すると、被験者の違いに応じた個性があることがうかがえる。これまでのフェイシャル・エクササイズを考えれば、個人対応の笑顔トレーニングというものがなくなると考える。

また 100% MVC を超える表情筋活動が計測されたことは、

図 4 : スマイルの表情筋活動パターン

笑顔の形成に不随意的な MU が発火したことが考えられる。最大随意収縮では使われない MU 活動が参加すれば、被験者 U のように極めて大きな筋活動割合を示すことは十分に考えられる。

3.2. グリンの筋電図パターン

グリンの表情筋活動パターンを図5に示す。横軸は笑顔の強度の目安となる大頬骨筋活動の%MVCを示し、縦軸はその他の表情筋の%MVCを示している。全ての被験者で大頬骨筋活動が強くなるにしたがって、笑筋の活動が上昇した。被験者Kと被験者Sではこれに加えて下唇下制筋の活動が上昇した。被験者Kでは特に下唇下制筋の活動がMVC時の筋活動を20%上回った。被験者Sでは2つの筋活動が100%MVCに達した。被験者Yでは、相対的に笑筋の活動が最も高い値を示したが他の被験者に比べて50%の値で収束する傾向にあった。また上述の被験者3名では、上唇挙筋の活動が共通して30%以下の低い値を示していた。これに対して、被験者Uは笑顔の強度に比例して上唇挙筋の活動が強まった。さらに眼輪筋活動も強まった。眼輪筋活動に関しては、被験者Sにおいても上昇を確認した。

グリンにおいても被験者によって表情筋活動パターンに個性が表れた。そのなかでグリンでは下唇下制筋の筋活動が特徴を左右するものとして考えられる。写真画像からわかるように、被験者Kと被験者Sは口の開きが大きく、大きな三角形状を表している。この2名の下唇下制筋の筋活動が活発なことから、下唇を積極的に引き下げることで、下顎の歯列まで強調して見せている。被験者Y、被験者Uは大頬骨筋活動による斜め上方への力と、笑筋による横方向への力によってのみ口を開き上顎の歯列のみを見させていることが推察できる。

スマイルとグリンの筋活動パターンを総じて、被験者Kと被験者Sは口の形状変化に関係する顔面下部の筋を活動させ、被験者Uは顔面の中部の筋を活動させ笑顔を形成していることがわかる。また被験者Yは大頬骨筋活動に比例して活動した表情筋が少なく、笑顔形成時に表情筋活動の連動が弱いことが予想される。

4. 笑顔の表層歪み計測結果と考察

4.1. スマイルの皮膚歪み

図6にスマイルの歪み解析結果の代表として大頬骨筋活動割合が100%時の主歪み（伸張・圧縮）、面積変化を示す。棒状の表示は主歪みの方向を表し、その色が歪みの大きさを表している。レベルが高いものほど歪みが大きいことを示している。面積の増減は三角パッチの色で表現している。濃い赤色ほど面積の増加が著しく、濃い緑色ほど減少が著しい。

スマイルの伸張歪みの大きい部位は、口の周辺であった。それに対して圧縮歪みの大きい部位は、眼裂の下部と顎の

ラインに近い部位であった。面積変化が大きい部位は、頬と下唇の下方の部位であった。笑顔の特徴は眼と口の変形、頬の隆起にあるため、歪み解析の結果はこれらを反映したものといえる。特に注目すべきは眼裂の下部の圧縮歪みである。頬の面積変化との対応を考えると、大頬骨筋の筋収縮により頬が頬骨の方向へ隆起し、その力で眼裂下部が圧縮され眼の形状変化が起きていることが推測される。また被験者K、被験者S

は頬の面積増加と、眼裂下部の面積減少の対比がはっきりしていることから、かなり効率のよい笑顔の形成が行えていると判断できる。また被験者Yの面積変化の増減が広範囲で拡散していることは、筋活動パターンでも指摘したように笑顔に特徴的な筋活動の収縮が十分ではないことを暗示している。

図5：グリンの表情筋活動パターン

図6：スマイルの皮膚表面変化

図7：グリンの皮膚表面変化

4.2. グリンの皮膚歪み

図7にスマイルの歪み解析結果の代表として大頬骨筋活動割合が100%時の主歪み(伸張・圧縮),面積変化を示す。グリンの伸張歪みの大きい部位は,スマイル同様に口の周辺部位であった。スマイルに比べてレベル3の大きい歪みが見られた。また被験者K,被験者S,被験者Yでは隆起する頬のライン方向で歪みが認められた。圧縮歪みの大きい部位は,スマイル同様に眼裂の下部と顎のラインに近い部位であった。特に顎のラインでの圧縮歪みは,スマイルに比べてその方向性が明白である。これは笑い皺の形成の違いであると思われる。スマイルに比べて,グリンでは鼻唇溝から頤部へ連続した形で深い笑い皺が形成される。この垂直方向に圧縮歪みが生じているものと推定される。このように笑顔の皮膚歪みの解析を行うと,普段意識されない肌の変化ポイントが浮き上がってくる。長年の表情筋収縮の癖によって皺の形成位置も決定されることから,自らの筋収縮特性とその結果としての皮膚歪みを認識しておくことは,笑顔のセルフデザインにとって重要である。面積変化が大きい部位はスマイルと同様に,頬と口の周辺部位であった。

5. 笑顔の認識アンケートの結果と考察

男女合計28名に行った4名の被験者の笑顔写真32枚に対する笑顔の認識に関するアンケート結果を,スマイルとグリンに分けて図8に示した。認識率は,写真の表情に対して「笑顔と認識できる」と回答した人数を回答者数28名で割った値である。被験者Yのスマイルを除いて,大頬骨筋の活動割合が増すにつれて笑顔の認識率も上昇した。本実験において大頬骨筋活動を笑顔の強度の基準とした信頼性を裏付ける結果となった。大頬骨筋の活動が25%の弱い強度の笑顔形成では,被験者Kのグリンを除き笑顔の認識率が40%を下回った。逆に被験者Kのグリンでは60%が笑顔を認識可としていた。このように低い大頬骨筋活動率では,笑顔を認識されない可能性が高い。ジャパニーズスマイルなどのあいまいな表情もこの部類に属するものと思われる。喜びの感情を伝えるためには,

顔の表情筋のオン・オフを明確にしなければならないといえる。大頬骨筋活動割合が50%ではスマイルにおいて,被験者Kと被験者Sで80%を超える高い認識率だった。グリンにおいては被験者Kのみが93%の認識を得た。その他,被験者Sのスマイルを除いて,60%の認識率だった。大頬骨筋活動割合が75%では全ての被験者のスマイルとグリンで70%を超える認識率を得た。ここで被験者Kのスマイル,被験者Kと被験者Sで100%の認識を得た。大頬骨筋活動割合が100%では,被験者Kで100%,被験者Sと被験者Uで96%の認識を得た。ところが被験者Yでは71%に認識率が低下した。グリンでは被験者Uが82%の認識率だったものの,その他の被験者は100%の認識率を得た。

これらを踏まえて,大頬骨筋活動に反映される笑顔の強度の重要性がうかがえる。なぜなら,本調査において80%の笑顔の認識率を得たと仮定した場合においても100名中の20名は笑顔(好意)ととられない可能性があるからである。誰からも幸福のシンボルとしての笑顔を認められることは,表情筋を用いた一つの技術であるように思われる。笑顔の認識アンケートの結果からも,表情筋活動パターンの傾向で口の形状変化を引き起こす筋を活発化させた被験者Kと被験者Sでは,最大強度の笑顔においてその認識率がスマイル,グリンと共に高い。さらに被験者Kは大頬骨筋活動割合が低い段階から,笑顔の認知度が高くなっている。被験者Kは笑顔の熟練者とみることができる。

スマイルとグリンの認識率を比較した場合,グリンの方が笑顔としての認識に優れているようである。スマイルは口を真一文字に変化させ,グリンは歯を見せ口に三角形状をつくるのが違いであるため,笑顔における口裂の認識の重要性を示唆する結果が得られたといえる。

6. 笑顔のメカニズムとフェイシャル・エクササイズ

笑顔の認識率のアンケートからわかるように被験者Kは笑顔の形成に秀でている。まずスマイルでは大頬骨筋と笑筋を使い口の形状変化を行っている。このとき上唇挙筋などの表

図8: 笑顔の認識率アンケートの結果

情筋は非常にリラックスした状態である。さらに眼輪筋の筋収縮が小さいにもかかわらず、写真画像からも眼の変化を読みとることができる。これは皮膚表面歪み解析の結果から、大頬骨筋の筋収縮に伴う眼裂下部の圧縮による変形と推察できる。これまでは笑顔の大きな特徴として眼の変形が考えられ、眼輪筋収縮の働きからその関与が重要視されてきた。一般的に幸福顔の表情筋活動の解説には眼輪筋の収縮が記されている[注8]。笑いなどのように顔の多くの表情筋を緊張させる場合とは異なり、笑顔においては各表情筋収縮の緩急がその形成に大きく関係しているようである。被験者Kのグリンの笑顔認識率が他の被験者に比べて弱い大頬骨筋活動の段階で高かったことは、口の形状変化に要因があると思われる。被験者Kはグリンの表情筋活動において、25%の大頬骨筋活動割合の段階で下唇下制筋を積極的に使っている。大頬骨筋と笑筋は口角の位置を左右するため口の形状変化に深く関与することが推定できる。しかし、被験者Kは弱い笑顔において、下唇を下方に引き下げて笑顔の特徴である三角形の口裂を形づくっている。

表情筋の活動パターンにおいて被験者Kと同様に顔面下部の筋活動が著しい被験者Sの笑顔は、大頬筋の最大随意収縮時において笑顔の認識率も高く、笑顔づくりが上手に行えているものと思われる。グリンにおいては被験者K同様に下唇下制筋を使用して口の形状を変化させていた。ただし、被験者Kに比べて弱いスマイルにおける認識率が低いことから、微笑のような笑顔形成に関しては劣っているものと見られる。笑顔形成の一つの個性として、被験者Kのようにあらゆる強度でその美しさを表現できる人や、被験者Sのようにビッグスマイルを得意とする人がいることは想像に難くない。長距離ランナーや短距離ランナーが骨格筋の筋繊維のタイプによって特徴づけられるように、笑顔形成においても生得的な要因と生活環境によって、得意不得意なフォームがあるのではないだろうか。

被験者Yは表情筋の活動パターン、スマイルの笑顔認識率から判断して笑顔づくりが得意とはいえない。大頬骨筋活動の増加に他の表情筋活動が呼応していないことは、大頬骨筋活動そのものの収縮力が弱いことや、大頬骨筋活動と他の表情筋活動の神経連動が分化していることが推測される。この被験者のように、笑顔が上手くできないといった人に対してフェイシャル・エクササイズが適応される。しかし、具体的にどの筋肉使用が笑顔の上手な人とは異なるかは、本研究のように筋電図計測を行わなければ正確に指摘できない。被験者Kを笑顔の上級者と考えるならば、被験者Yはスマイルにおいて大頬骨筋と連携した笑筋活動を活発にするトレーニングが必要である。

被験者Uの笑顔形成ではグリンの大頬骨筋活動割合が75%と100%時においての認識率が低かった。被験者Uの笑顔は、被験者Yと対照的に形成時において余分な筋収縮が合成されているようである。例えばグリンの75%、100%強度では極めて上唇挙筋活動が強かった。このような笑顔における表情

筋活動のバランスが悪くなることで、認識率の低下が生じたと考えられる。上唇挙筋を使う表情では嫌悪や怒りの表情も考えられるため、被験者Uでは上唇挙筋をリラックスさせるような笑顔形成トレーニングが必要である。

7. 理想的な笑顔のデザイン

多様性のある笑顔を形成する筋活動と笑顔の認識率の関係から、理想的な笑顔のデザインを提案できる。まずスマイルでは大頬骨筋の最大随意収縮と共に笑筋の筋活動を100%MVCまで引き上げ、口裂を左右に引き伸ばす。このとき他の表情筋活動が50%MVCを超えないことに注意する。

他方グリンでは大頬骨筋の最大随意収縮と共に笑筋と下唇下制筋を100%MVCまで引き上げる。このとき上唇挙筋が50%MVCを超えないことに注意し、口裂の三角形を保つ。上述のように表情筋をトレーニングできれば、認識率の高い笑顔を形成することができる。

8. おわりに

本計測では、顔面左右の筋活動が等しいことを前提にして、右顔面で筋電図の計測、左顔面で画像計測を行っている。しかし、顔面左右の筋肉量や収縮能力に違いがあることが考えられる。今後は、技術面で筋電図計測と画像計測の統一を図らねばならないだろう。また本計測では20代の男性被験者のみを対象とした。年代の違いによる笑顔形成の違いや、女性被験者と男性被験者を比較した計測も笑顔の包括的なメカニズム解明には必要となるだろう。

このように表情筋活動パターンを中心として笑顔のメカニズムを探求すると、笑顔には優劣や個性が存在することがわかった。本研究では4名の男性被験者に協力を願い、それぞれのメカニズムの違いを指摘することができた。また皮膚歪みの解析により、笑顔の眼の形状変化に頬の隆起による眼裂下部の圧縮というプロセスが存在し、筋活動計測だけでは見えてこない筋肉収縮と表層変化の対応も明らかとなった。さらに、これまで笑顔の形成では注目されなかった下唇下制筋の活躍を確認することができた。

本研究は笑顔のメカニズムの共通部分と個体差を解明することを意図した。その両方において、興味深い知見を得ることができた。フェイシャル・エクササイズは、笑顔に必要な筋肉を鍛えることで上達を試みる運動である。本研究結果は、フェイシャル・エクササイズの次なる方向性を示しているといえる。それは顔における個人対応の感性情報の享受であり、オンデマンド・フェイシャルトレーニングの創造である。笑顔の美しい人の表情筋活動パターンと表層変化のデータを蓄積し、そこから個人対応での笑顔の計測を行えば的確な表情形成手法の提示が期待できる。本研究で見られた、笑顔における表情筋活動が不足している被験者の場合は、どの筋使用が十分でないのかを指摘し、余分な筋収縮活動がある被験者にはリラックスを促す。さらに笑顔の処方箋を書くばかりではなく、本計測で行った表情筋活動のバイオフィードバック

ク手法を用いれば、その矯正も可能である。笑顔をはじめとする表情形成は自己認識することが、美しさへの第一歩となるのではないだろうか。

注

- 1) 犬童文子:なぜか好かれる人の顔の秘密, 青春出版社, 33-76, 2001
- 2) 高戸ベラ:いい顔のつくり方, 日本教文社, 168-183, 2000
- 3) 門川義彦:笑顔のチカラ, アルマツト, 87-138, 2002
- 4) 野坂礼子:笑顔セラピー, KK ベストセラーズ, 25-52, 2003
- 5) キャロル・マッジオ:フェイササイズ, KK ベストセラーズ, 7-28, 2003
- 6) Maggio, C.: Facebuilder For Men. The Berkley Publishing Group, 48-77, 2002
- 7) 角辻豊:顔の表情の筋電図学的研究, 臨床脳波, vol.8, 1101-1118, 1967
- 8) 村澤博人, 馬場悠男, 橋本周司, 原島博, 大坊郁夫(編): 大顔展, 読売新聞社, 47-48, 1999