

運動パフォーマンス向上となる最適な咬合の解明： 脳機能と脊髄機能に着目

新潟医療福祉大学 平 林 怜
(共同研究者) 同 江 玉 睦 明
広島大学大学院 岡 田 芳 幸
新潟医療福祉大学 大 西 秀 明

Clarifying Optimal Occlusion to Improve Athletic Performance Focusing on Brain and Spinal Function

by

Ryo Hirabayashi, Mutsuaki Edama, Hideaki Onishi
*Institute for Human Movement and Medical Sciences,
Niigata University of Health and Welfare*
Yoshiyuki Okada
*Graduate School of Biomedical and Health Sciences,
Hiroshima University*

ABSTRACT

Teeth clenching greatly impacts athletic performance, but the optimal occlusal force and balance between the left and right sides remain unclear. Therefore, the present study aimed to investigate the effect of imbalanced occlusal pressure on remote facilitation, focusing on spinal function and locus coeruleus activation.

Fourteen healthy adults with normal occlusion were enrolled; those with malocclusion were excluded from the analyses. Occlusal pressure measurements included maximum occlusal force and balance of occlusal pressure between the left and right sides. The sides with higher and lower occlusal pressures were referred to as

the Hyper and Hypo sides, respectively. Electromyography electrodes were attached to the bilateral masseter, anterior temporal, and soleus muscles. The occlusion conditions were as follows: no-bite condition (no contact of the dental arches), contact condition (contact of the dental arches without clenching), and conditions of 12.5%, 25%, and 50% of the maximum voluntary contraction (MVC) of the right masseter muscle, as well as a max condition. Spinal excitability was evaluated using the H-reflex, which was measured by electrically stimulating the tibial nerve in both lower limbs, with the stimulus intensity set so that the soleus H-wave amplitude was 20% of the maximum M-wave amplitude. Additionally, the pupil diameter on both sides was measured as an indicator of locus coeruleus activity. We analyzed the muscle activity of each muscle under each occlusion condition, H-wave amplitude values on both sides, and pupil diameter on both sides. Statistical processing included two-way repeated measures analysis of variance, and post hoc tests involved t-tests between conditions. The significance level was set at 5%.

The masseter and anterior temporal muscle activities were significantly higher on the hyper side than on the hypo side in the 12.5%, 25%, 50% MVC, and max conditions ($p < 0.05$). Spinal excitability and pupil diameter were significantly higher in the 12.5%, 25%, 50% MVC, and max conditions than in the no-bite condition ($p < 0.05$). Furthermore, spinal excitability was significantly higher on the hyper side than on the hypo side in the max condition ($p < 0.05$). Pupil diameter was significantly higher on the hyper side than on the hypo side in the 12.5%, 25%, 50% MVC, and max conditions ($p < 0.05$).

Our results suggest that imbalanced occlusal pressure leads to imbalances in locus coeruleus and spinal excitability activities. Given that such imbalances in the locus coeruleus and spinal excitability negatively affect cognitive and motor functions, the correction of occlusal pressure balance may be important.

キーワード

H反射, 瞳孔径, 青斑核, 咬筋, 遠隔促通

Keyword

H reflex, Pupil size, Locus coeruleus, Masseter muscle, Remote facilitation

要 旨

歯の噛みしめは運動パフォーマンスに大きな影響をもたらすが、最適な咬合強度や左右の咬合バランスについては不明である。そこで、本研究の

目的は、脊髄機能と青斑核の活性に着目して、不均衡な咬合バランスが遠隔促通効果に及ぼす影響を検討することとした。

対象は健康成人として、不正咬合者を除外した正常咬合者14名とした。咬合計測は、最大咬合

力、左右の咬合バランスを計測して、咬合が高い側をHyper側、低い側をHypo側とした。筋電図電極は両側の咬筋、前側頭筋、ヒラメ筋に貼付した。咬合条件は歯列の咬合接触がないno-bite条件、歯列の咬合接触はあるが噛みしめていない接触ありcontact条件、右咬筋最大随意収縮(MVC)の12.5%、25%、50%MVC条件とmax条件の6条件とした。脊髄興奮性はH波を用いて評価した。H波の計測は両下肢の脛骨神経に電気刺激をし、刺激強度はヒラメ筋H波振幅値が最大M波振幅値の20%になるように設定した。また、青斑核の活動指標として左右の瞳孔径を計測した。解析項目は各咬合条件での各筋の筋活動、左右のH波振幅値、左右の瞳孔径とした。統計処理として、反復測定二元配置分散分析を行い、事後検定として各咬合条件の比較にはno-biteに対する対応のあるt検定にBonferroni補正を行い、Hyper側とHypo側の比較には対応のあるt検定を行った。いずれも有意水準は5%とした。

咬筋と前側頭筋の筋活動は、12.5%、25%、50%MVC、max条件でhypo側と比較してhyper側が有意に高値を示した($p<0.05$)。脊髄興奮性と瞳孔径はno-biteと比較して12.5%、25%、50%MVC、max条件で有意に高値を示した($p<0.05$)。また、脊髄興奮性はmax条件でhypo側と比較してhyper側が有意に高値を示した($p<0.05$)。瞳孔径は12.5%、25%、50%MVC、max条件でhypo側と比較してhyper側が有意に高値を示した($p<0.05$)。

本研究の結果より、左右の咬合バランスの不均衡は、青斑核と脊髄興奮性の活動にも不均衡が生じた。青斑核や脊髄興奮性の不均衡は、認知機能や運動機能に悪影響を及ぼすことが報告されていることから、咬合バランスの補正が重要である可能性が示唆された。

緒 言

スポーツ歯科は、従来から口腔外傷の予防に重点を置いてきたが、近年では、歯の咬合がアスリートの運動パフォーマンスに影響を及ぼすことが注目されている^{1,2)}。咬合がもたらす運動機能へのポジティブな影響は、筋出力、関節運動能力、バランス能力、歩行およびランニング、垂直ジャンプなど、多岐にわたり報告されてきた³⁻⁸⁾。この影響は、咬合により三叉神経入力が青斑核⁹⁾や脊髄^{10,11)}の活動を促通する遠隔促通効果と呼ばれるメカニズムに起因する。この遠隔促通効果において主要な役割を担う三叉神経入力は、歯根膜に存在する機械受容器の発火に由来するとされており¹²⁾、近年では、咬合バランス(咬合力の左右比率)によってこのシグナルが変化することが考えられている^{13,14)}。

咬合バランスに着目した先行研究により、不均衡な咬合が運動パフォーマンスに悪影響を及ぼす可能性や、非対称な動作を引き起こす可能性が報告されてきた^{15,16)}。Tramontiらは、不均衡な咬合を有する者を対象に、咬合補正の前後で運動誘発性の皮質活動量を比較した結果、補正前で有意な皮質活動の増幅を報告している¹⁶⁾。一般的に、運動時の皮質活動は、運動の熟練や自動化による努力性注意の低下に伴って減少することが明らかにされている^{17,18)}。先行研究で確認された、不均衡な咬合による皮質活動量の増幅は、動作時に高い努力性注意を要することを意味し、運動パフォーマンスに悪影響を与えると推察している¹⁶⁾。また、我々の研究グループは、左右の足関節背屈運動パフォーマンスを検討し、咬合Hyper側で促通が大きいことを明らかにした。以上から、咬合バランスが動作の非対称に関与することが示唆されている⁸⁾。

そこで、我々は咬合不均衡による運動パフォーマンスの影響を神経生理学的メカニズムに着目

し、本研究の目的は、咬合強度と咬合不均衡による青斑核と脊髄の活性に及ぼす影響を検討することとした。

1. 方 法

実験デザインとして、咬合評価を行い咬合不均衡率を計測した。咬合条件は6条件で、脊髄興奮性の指標であるH反射と青斑核の活性の指標である瞳孔径を計測した。

1. 1 対 象

対象は本学の強化指定クラブに所属する健常成人14名（年齢 21.0 ± 0.6 歳，身長 166.8 ± 6.4 cm，体重 57.6 ± 8.5 kg，女性7名）を対象とした。本研究は、ヘルシンキ宣言に基づいたものであり、本学の倫理委員会の承認を得て実施した（18363-200210）。対象者には実験内容及び対象者の権利についての説明を十分に行い、実験参加への同意を得たうえで実験を実施した。

1. 2 測定肢位

脊髄興奮性の計測時の測定肢位は右下肢で股関節 100° ，膝関節 120° ，足関節 110° とした。下肢は実験を通して肢位が変化しないように大腿部は座面，足部はフットプレートに固定した（竹井機器工業株式会社製）。瞳孔径の計測時の測定肢位は安静椅子座位で、モニターを被験者の目の高さに前方65cmに設置した。

1. 3 筋電図記録

表面筋電図（EMG）はAg / AgCl電極を用いて（Blue Sensor, METS），両側咬筋の筋腹，両側のヒラメ筋（Sol）内側の筋腹に貼付した。アース電極はEMG電極と電気刺激電極の間に貼付した。EMG信号は増幅器（FA-DL-720・140, 4 ASSIST）で100倍に増幅したのちA/D変換（PowerLab 8/30, AD Instruments）し、サンプリ

ング周波数10kHzでパーソナルコンピュータに記録した。バンドパスフィルターは10Hzから1kHzとした。データはLabChart 7（AD Instruments）を使用して解析した。

1. 4 咬合条件

咬合条件は6条件とし、歯列の咬合接触がなく噛みしめていないno-bite条件、歯列の咬合接触はあるが噛みしめていないcontact条件、右咬筋最大随意収縮（MVC）の12.5%，25%，50%，max条件とした。咬筋のスムージング波形は対象者の前方のモニターにリアルタイムで表示し、モニターに各咬合強度（12.5%MVC，25%MVC，50%MVC）をマーカーし、視覚的フィードバックにより目標とする噛みしめ強度の $\pm 5\%$ MVCに合わせ、 $\pm 5\%$ MVCを超えた試行は除外した¹⁹⁾。全ての実験を通して咬合中は、表情筋の筋収縮が入らないようにできる限り表情を変えないよう指示し、注意して観察して実施した。咬筋のMVCの計測は3秒間を3回行い、安定した1秒間を解析し、3回の平均値をMVCの値とした。また、実験後にも同様の方法でMVCの計測を行った。

1. 5 電気刺激

電気刺激は、電気刺激装置（SEN-8203, Nihon Kohden, Tokyo, Japan）を用いて、アイソレーター（SS-104J, Nihon Kohden, Tokyo, Japan）を介して、電気刺激（持続時間1 ms, 矩形波）を実施した。Sol H反射の誘発には、選択的に脛骨神経を刺激するために、単極刺激法を用い、陽極を膝蓋骨上面，陰極を膝窩部にて実施した¹¹⁾。

1. 6 咬合バランス計測

咬合バランスの評価には、咬合力測定システム用フィルムDental Prescale II（GC社製）を用い、椅子座位で実施された。被験者は、厚さ $150\mu\text{m}$ の発色剤を含むマイクロカプセルが埋め込まれた



図1 実験デザイン

咬合条件は6条件とし、歯列の咬合接触がなく噛みしめていないno-bite条件、歯列の咬合接触はあるが噛みしめていないcontact条件、右咬筋最大随意収縮(MVC)の12.5%、25%、50%、max条件とした。実験前後に咬筋MVCを計測した。各計測での咬合条件は、すべてランダムに実施した。また、各計測では1分以上の休息を入れた。

フィルタを最大努力で3秒間噛みしめた。噛みしめられたフィルタには、被験者の咬合力に応じて破壊されたマイクロカプセルから赤色の発色が生じ、これをスキャナーで取り込むことで左右の咬合力が数値化された。左右の咬合力を比較し、数値が高い側をHyper側、低い側をHypo側とした。

1. 7 脊髄興奮性の計測

脊髄興奮性の指標として、Sol H反射を用いた。Sol H反射の計測は、11秒±1秒ごとに^{11, 20)}、対象者の前方に設置した光刺激装置(竹井機器工業株式会社製)による光刺激を合図に各咬合条件を4秒間行わせ、光刺激から3秒後に脛骨神経に電気刺激をした。刺激強度は安静時のSol-Mmaxの20%とし、実験を通して一定の強度とした^{11, 21)}。計測回数は各咬合条件をランダムに10回1セットとし、3セット実施した。各セット間は1分以上の休息を入れて実施した。

1. 8 瞳孔径の計測

瞳孔径の計測には、モニターの直下に設置したTobii Pro Nano(Tobii社製)を使用した。サンプリングレートは60Hzで計測した。瞳孔径は左右の瞳孔径の最大直径を計測した。解析は、各咬合条件を5秒間実施し、最後の1秒を解析区間とした。

1. 9 実験手順

実験手順は図1に示す。実験手順は、最初にDental Prescale IIで咬合バランス評価を行い、次に、脊髄興奮性、瞳孔径の計測を行った。最後に咬筋MVCを計測して、咬筋の筋疲労の有無を評価した。脊髄興奮性、瞳孔径の計測時の咬合条件はすべてランダムに実施した。

1. 10 データ解析

脊髄興奮性の指標として用いたH反射の解析は、Sol H反射振幅のpeak-to-peak値を振幅値として算出し、各咬合条件で得られたH反射振幅値の15波形を加算平均して算出した。各咬合条件の比較の際はSol H反射振幅値を最大M波振幅値で除して%表記にて算出した(Sol H-reflex amplitude in % Mmax)。

瞳孔径の解析は、瞳孔径最大直径を計測し、左右の瞳孔径は、各咬合条件の平均値を算出した。また、各咬合条件前の安静時瞳孔径(rest)と各咬合条件中(clenching)の瞳孔径の変化率を算出した。

1. 11 統計処理

脊髄興奮性と瞳孔径の比較には、咬合条件と左右の二要因に対する反復測定二元配置分散分析を

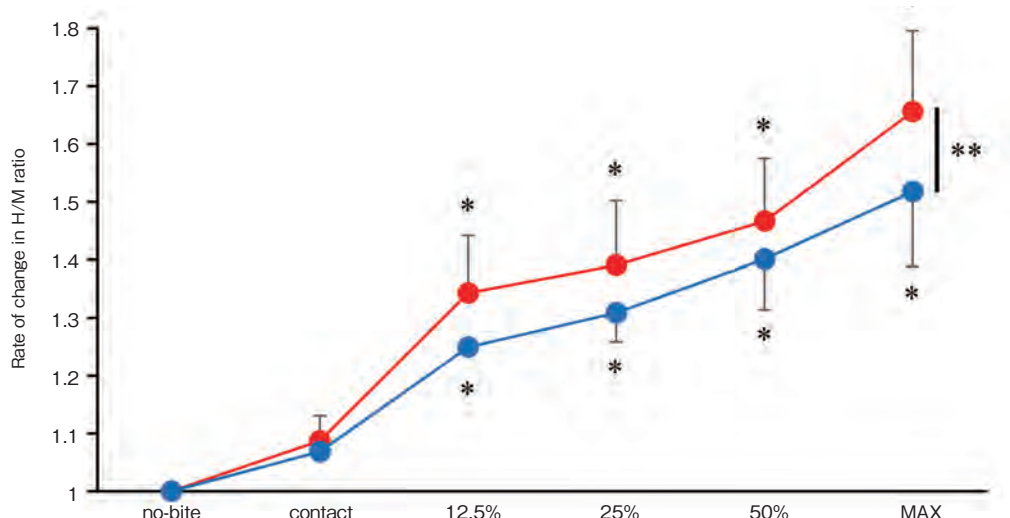


図2 脊髓興奮性(H反射振幅値の変化率)

赤はHyper側, 青はHypo側を示す. 各値は平均値±標準誤差を示す. 縦軸はH反射振幅値をMmaxで除した値を示す. 横軸は咬合条件を示す. no-bite条件と他の5条件の比較のために対応のある t検定に Bonferroni補正を行った(*p<0.05). 咬合不均衡の比較には対応のある t検定を行った(**p<0.05).

表1 Background EMG, H/M ratio

		no-bite	contact	12.5%	25%	50%	MAX
Hyper	Masseter muscle	1.4±0.4	1.8±0.6	9.9±1.5	25.4±1.9	47.8±2.2	74.0±4.8
	Sol H/M ratio	21.6±1.2	22.6±0.7	26.9±0.7	26.9±0.4	28.2±1.2	31.5±3.2
	Sol background	2.4±0.1	2.4±0.1	2.3±0.1	2.5±0.1	2.3±0.1	2.4±0.1
Hypo	Masseter muscle	1.4±0.4	2.0±0.8	10.0±1.0	23.7±0.5	50.6±2.1	67.4±5.5
	Sol H/M ratio	20.9±0.4	22.4±0.5	25.9±0.5	26.7±1.5	28.1±2.3	29.9±3.1
	Sol background	2.3±0.1	2.4±0.1	2.4±0.1	2.3±0.1	2.3±0.1	2.4±0.1

各値は平均値±標準誤差を示す. 咬筋活動のbackground EMG (%MVC) (EMG 30-50 ms before the stimulus). Sol background EMG (μV) (EMG 30-50 ms before the stimulus)

EMG, electromyography; Sol, soleus muscle; MVC, maximal voluntary contraction

行い, 事後検定として各咬合条件の比較には no-bite 条件に対する対応のある t検定に Bonferroni 補正を行い, Hyper 側と Hypo 側の比較には対応のある t検定を行った. 各計測項目の男女間の比較には対応のない t検定を行った. いずれも有意水準は5%とした.

2. 結果

2.1 脊髓興奮性

各咬合条件の H 反射振幅値の比較では, no-bite 条件と比較して 12.5%, 25%, 50%MVC 条件, max 条件で H 反射振幅値が有意に増加した ($p<0.001$). Hyper 側と Hypo 側の比較では, max 条件で H 反射振幅値が Hyper 側で有意に増加した ($p<0.001$) (図2, 表1). 男女間の比較では有意

差を認めなかった.

2.2 瞳孔径

rest と clenching の変化率で Hyper 側と Hypo 側の比較では, 25%, 50%MVC 条件, max 条件で Hypo 側と比較して Hyper 側で瞳孔径変化率が有意に増加した ($p<0.01$) (表2). 男女間の比較では有意差を認めなかった.

3. 考察

本研究の main findings は, 咬合強度が増加するにつれて, 脊髓興奮性が増大し, 瞳孔径が散大し青斑核の活性を示した. また, 脊髓興奮性は max 条件で Hyper 側が Hypo 側と比較して増大し, 瞳孔径は 25%MVC 条件以上で Hyper 側が Hypo 側と

表2 瞳孔径の値と変化率

		no-bite	contact	12.5%	25%	50%	MAX
Hyper	Rest (mm)	4.37±0.36	4.48±0.34	4.68±0.37	4.46±0.35	4.64±0.34	4.34±0.34
	Clenching (mm)	4.44±0.33	4.45±0.39	4.67±0.38	4.75±0.47	5.03±0.46	4.72±0.45
	rate of change	1.6±2.2	-0.6±3.5	-0.1±3.1	7.6±4.1*†	8.1±4.2*†	8.7±4.3*†
Hypo	Rest (mm)	4.43±0.33	4.54±0.33	4.69±0.35	4.64±0.33	4.60±0.37	4.61±0.33
	Clenching (mm)	4.50±0.35	4.47±0.41	4.53±0.39	4.89±0.43	4.85±0.41	4.86±0.42
	rate of change	1.7±1.9	-1.4±1.6	-0.3±3.1	3.4±2.2	4.9±2.3*	5.4±3.5*

各値は平均値±標準誤差を示す。

各咬合条件の比較にはno-bite条件に対する対応のあるt検定にBonferroni補正を行い (*: $p < 0.05$), Hyper側とHypo側の比較には対応のあるt検定を行った (†: $p < 0.05$)

比較して散大し青斑核の活性を示した。脊髄と瞳孔径を左右で同時に計測し、咬合強度に伴い脊髄興奮性が増大、青斑核が活性し、咬合不均衡によって脊髄興奮性と青斑核の活性に不均衡をもたらした新たな知見となった。

本研究の結果より、咬合強度の増加に伴い脊髄興奮性は増大、瞳孔径は散大した。先行研究では、遠隔促通効果として、咬合に伴って歯根膜受容体および咬筋の筋紡錘を含む三叉神経系の機械受容器からの抑制性の下降性入力により、シナプス前抑制を抑制することが報告されている²²⁾。本研究においても、咬合に伴うSol H反射の増大は、抑制性の下降性入力による遠隔促通効果であると示唆される。咬合強度に伴った脊髄興奮性が増大した本研究の結果は、我々の先行研究を支持する結果となった¹¹⁾。

本研究の結果より面白い結果は、咬合不均衡に伴った咬合力が強い側の下肢の脊髄興奮性がより増大したことである。この結果は、先行研究より、咬筋活動の不均衡に伴い、三叉神経入力に不均衡を及ぼし、青斑核の活性つまり瞳孔不同が生じることが報告されている²³⁾。脊髄興奮性における不均衡も、咬合の不均衡が三叉神経入力からの下降性入力の不均衡を生じさせ、シナプス前抑制に対する抑制量に不均衡が生じ脊髄興奮性の活性にも不均衡が生じた可能性が示唆された。本研究の結果は、咬合不均衡に伴い脊髄興奮性でも不均衡が生じることが明らかとなった新たな知見となった。また、我々の先行研究より¹¹⁾、咬合

不均衡が足関節の運動パフォーマンスにも不均衡を及ぼした結果を基礎的結果より支持する知見となった。つまり、咬合不均衡は、脊髄興奮性に不均衡を及ぼすことで、安静時の筋緊張にも左右差が生じ、静止立位時の重心が偏移してしまうことや、咬合力が強い側の関節運動や筋力発揮にも不均衡が生じることから¹¹⁾、左右均衡な運動パフォーマンスを遂行する競技において悪影響をもたらす可能性が示唆される。今後、咬合不均衡と咬合補正による運動パフォーマンスの影響を神経生理学的観点と運動機能の観点から検討する必要がある。

咬合強度の増加に伴った瞳孔径の散大と咬合不均衡に伴った瞳孔不同が生じた結果は、先行研究と同様の結果が得られた²³⁾。また、咬合に伴う瞳孔径の散大は、三叉神経-青斑核経路の可塑的变化を生じる²⁴⁾。青斑核の活性はノルアドレナリンが放出され²⁵⁾交感神経優位となり瞳孔径は散大することが報告されている。そのため咬合強度に伴い、三叉神経の入力が増加し瞳孔径が散大したことが考えられる。瞳孔径の散大は咬合強度の25%以上で生じることも明らかにした。また、咬合不均衡に伴う瞳孔不同は、三叉神経入力の不均衡に伴い瞳孔不同が生じることが報告されている^{13, 26)}。そのため、本研究の結果も同様に、咬合不均衡による瞳孔不同が生じた可能性が示唆された。本研究では、咬合不均衡を咬合力を測定できるデンタルプレスケールを用いて、筋活動と咬合力を併せて咬合不均衡を計測していることか

ら、どちらを咬合指標にしても脊髄と青斑核の活性には同様の結果が得られることが明らかとなった。

4. 結 論

本研究は、咬合強度12.5%以上で脊髄興奮性が増大し、maxの強度で脊髄興奮性の不均衡が生じた。瞳孔径は、25%以上で瞳孔散大と瞳孔不同が生じた。本研究は、咬合不均衡に伴う認知遂行機能の低下や、運動パフォーマンス低下を引き起こすメカニズムを確立した基礎的知見となった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、研究助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Haughey J.P., Fine P., Effects of the lower jaw position on athletic performance of elite athletes., *B.M.J. Open Sport Exerc. Med.*, 6:e000886 doi: 10.1136/bmjsem-2020-000886 (2020)
- 2) Gallagher J., Fine P., Ashley P., Needleman I., Developing the role of the sports dentist., *Br. Dent. J.*, 231:544-546 doi: 10.1038/s41415-021-3612-9 (2021)
- 3) Sasaki Y., Ueno T., Taniguchi H., Ohyama T., Effect of teeth clenching on isometric and isokinetic strength of ankle plantar flexion., *J. Med. Dent. Sci.*, 45:29-37 (1998)
- 4) Bracco P., Deregibus A., Piscetta R., Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects., *Neurosci. Lett.*, 356:228-230 doi: 10.1016/j.neulet.2003.11.055 (2004)
- 5) Ebben W.P., Kaufmann C.E., Fauth M.L., Petushek E.J., Kinetic analysis of concurrent activation potentiation during back squats and jump squats., *J. Strength Cond. Res.*, 24:1515-1519 doi: 10.1519/JSC.0b013e3181dc4761 (2010)
- 6) Tecco S., Polimeni A., Saccucci M., Festa F., Postural loads during walking after an imbalance of occlusion created with unilateral cotton rolls., *B.M.C. Res. Notes.*, 3:141 doi: 10.1186/1756-0500-3-141 (2010)
- 7) Maurer C., Stief F., Jonas A., Kovac A., Groneberg D.A., Meurer A., Ohlendorf D., Influence of the Lower Jaw Position on the Running Pattern., *PLoS One*, 10:e0135712 doi: 10.1371/journal.pone.0135712 (2015)
- 8) Yamada Y., Hirabayashi R., Okada Y., Yokota H., Sekine C., Edama M., Effects of remote facilitation on ankle joint movement: Focusing on occlusal strength and balance., *Health Sci. Rep.*, 6:e1098 doi: 10.1002/hsr2.1098 (2023)
- 9) De Cicco V., Tramonti Fantozzi M.P., Cataldo E., Barresi M., Bruschini L., Faraguna U., Manzoni D., Trigeminal, Visceral and Vestibular Inputs May Improve Cognitive Functions by Acting through the Locus Coeruleus and the Ascending Reticular Activating System: A New Hypothesis., *Front Neuroanat.*, 11:130 doi: 10.3389/fnana.2017.00130 (2017)
- 10) Delwaide P.J., Toulouse P., Facilitation of monosynaptic reflexes by voluntary contraction of muscle in remote parts of the body. Mechanisms involved in the Jendrassik Manoeuvre., *Brain*, 104:701-709 doi: 10.1093/brain/104.4.701 (1981)
- 11) Hirabayashi R., Edama M., Saito A., Yamada Y., Nawa R., Onishi H., Effects of Clenching Strength on Exercise Performance: Verification Using Spinal Function Assessments., *Sports Health*, 14:404-414 doi: 10.1177/19417381211014836 (2022)
- 12) Ertuglu L.A., Karacan I., Yilmaz G., Türker K.S., Standardization of the Jendrassik maneuver in Achilles tendon tap reflex., *Clin. Neurophysiol. Pract.*, 3:1-5 doi: 10.1016/j.cnp.2017.10.003 (2018a)
- 13) De Cicco V., Barresi M., Tramonti Fantozzi M.P., Cataldo E., Parisi V., Manzoni D., Oral Implant-Prostheses: New Teeth for a Brighter Brain., *PLoS One*, 11:e0148715 doi: 10.1371/journal.pone.0148715 (2016)
- 14) Tramonti Fantozzi M.P., Lazzarini G., De Cicco V., et al., The path from trigeminal asymmetry to cognitive impairment: a behavioral and molecular study., *Sci. Rep.*, 11:4744 doi: 10.1038/s41598-021-82265-6 (2021b)
- 15) Michalakakis K.X., Kamalakidis S.N., Pissiotis A.L., Hirayama H., The Effect of Clenching and Occlusal Instability on Body Weight Distribution, Assessed by a Postural Platform., *Biomed. Res. Int.*, (2020)

- 2019:7342541 doi: 10.1155/2019/7342541 (2019)
- 16) Tramonti Fantozzi M.P., Diciotti S., Tessa C., et al., Unbalanced Occlusion Modifies the Pattern of Brain Activity During Execution of a Finger to Thumb Motor Task., *Front Neurosci.*, **13**:499 doi: 10.3389/fnins.2019.00499 (2019)
- 17) Saling L.L., Phillips J.G., Automatic behaviour: efficient not mindless., *Brain Res. Bull.*, **73**:1-20 doi: 10.1016/j.brainresbull.2007.02.009 (2007)
- 18) Wu T., Chan P., Hallett M., Modifications of the interactions in the motor networks when a movement becomes automatic., *J. Physiol.*, **586**:4295-4304 doi: 10.1113/jphysiol.2008.153445 (2008)
- 19) Takada Y., Miyahara T., Tanaka T., Ohya T., Nakamura Y., Modulation of H reflex of pretibial muscles and reciprocal Ia inhibition of soleus muscle during voluntary teeth clenching in humans., *J. Neurophysiol.*, **83**:2063-2070 doi: 10.1152/jn.2000.83.4.2063 (2000)
- 20) Aymard C., Katz R., Lafitte C., Lo E., Pénicaud A., Pradat-Diehl P., Raoul S., Presynaptic inhibition and homosynaptic depression: a comparison between lower and upper limbs in normal human subjects and patients with hemiplegia., *Brain*, **123** (Pt 8) :1688-1702 doi: 10.1093/brain/123.8.1688 (2000)
- 21) Malmgren K., Pierrot-Deseilligny E., Evidence for non-monosynaptic Ia excitation of human wrist flexor motoneurons, possibly via propriospinal neurones., *J. Physiol.*, **405**:747-764 doi: 10.1113/jphysiol.1988.sp017359 (1988)
- 22) Ertuglu L.A., Karacan I., Yilmaz G., Turker K.S., Standardization of the Jendrassik maneuver in Achilles tendon tap reflex., *Clin. Neurophysiol. Pract.*, **3**:1-5 doi: 10.1016/j.cnp.2017.10.003 (2018b)
- 23) Tramonti Fantozzi M.P., De Cicco V., Argento S., et al., Trigeminal input, pupil size and cognitive performance: From oral to brain matter., *Brain Res.*, **1751**:147194 doi: 10.1016/j.brainres.2020.147194 (2021a)
- 24) De Cicco V., Tramonti Fantozzi M.P., Cataldo E., Barresi M., Bruschini L., Faraguna U., Manzoni D. Trigeminal, visceral and vestibular inputs may improve cognitive functions by acting through the locus coeruleus and the ascending reticular activating system: a new hypothesis., *Frontiers in Neuroanatomy*, **11**:130 (2018)
- 25) McCormick D.A., Pape H.C., Williamson A., Chapter 22 - Actions of norepinephrine in the cerebral cortex and thalamus: implications for function of the central noradrenergic system. In: Barnes CD, Pompeiano O (eds) Progress in, *Brain Res., earch. Elsevier*, pp 293-305 (1991)
- 26) De Cicco V., Cataldo E., Barresi M., Parisi V., Manzoni D., Sensorimotor trigeminal unbalance modulates pupil size., *Arch. Ital. Biol.*, **152**:1-12 (2014)