

鶏肉抽出物イミダゾールジペプチドの摂取が 男子大学バスケットボール選手の 主観的疲労感と視覚機能に与える影響

蕪木 智子 (大東文化大学スポーツ・健康科学部)

関根 悠太 (帝京平成大学現代ライフ学部、
大東文化大学スポーツ・健康科学部客員研究員)

鎌田 晃太郎 (早稲田大学スポーツ科学研究科)

大塚 裕子 (大東文化大学スポーツ・健康科学部)

庄司 拓哉 (大東文化大学スポーツ・健康科学部)

佐藤 三佳子 (日本ハム株式会社中央研究所)

Effect of chicken extract intake on subjective fatigue and visual function in men's collegiate basketball players

Tomoko KABURAGI

Yuta SEKINE

Koutaro KAMADA

Yuko OTSUKA

Takuya SHOJI

Mikako SATO

要 旨

【目的】本研究では、鶏肉抽出物イミダゾールジペプチドの経口摂取が、疲労、視覚機能および球技パフォーマンスに与える影響について、男子大学バスケットボール選手を対象として検討を行った。【方法】野菜ジュースに溶かした1500mgのイミダゾールジペプチドまたはプラセボ粉末を運動後に4週間連続摂取させ一重盲検ランダム化比較試験を行った。摂取前後において、疲労マーカーとして尿中8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) および唾液中コルチゾールを、主観的疲労感として、Visual Analog scale (VAS) および Self-ratings of fatigue (SRF) を測定した。運動能力については、自転車エルゴメーターによる最大無酸素性パワーと、フリースロー成功率の計測を行った。視覚機能は、スポーツ特有の視覚機能として知られるスポーツビジョンを含めて測定を行った。【結果】イミダゾールジペプチドの4週間連続摂取は、主観的疲労感SRFを低下させた。また、尿中

8-OHdG濃度が高い被験者においては、イミダゾールペプチド摂取による8-OHdGの低下が示された。運動機能や視覚機能においてイミダゾールペプチド摂取の効果は見られなかった。本研究の被験者は体格が大きく、イミダゾールペプチド摂取量が不十分であった可能性が考えられた。摂取のタイミングや、摂取量を再度検討することで、イミダゾールジペプチドの機能性がより有効に発揮されることが期待され、今後さらなる検討が必要である。一方で、被験者全員における解析では、フリースロー成功率は、尿中8-OHdG、主観的疲労度VAS、SRF、動体視力(KVA、DVA、E/H)と関連性を示し、特にSRFとDVAについてはフリースロー成功率に強く影響することが示された。

緒言

競技者としてスポーツを実施しているアスリートは、トレーニングや試合での高強度な運動負荷に加え、周囲からのプレッシャーや競技ストレスによる緊張状態から肉体的、精神的な慢性的な疲労に陥りやすい。これら疲労は、アスリートの競技パフォーマンスやコンディショニングに負の効果をもたらす問題であり、疲労の予防・回復策の対処が必要である^{1, 2)}。疲労の改善には、十分な休息に加え、食事から適切なエネルギーや各栄養素の摂取が重要であるが、効率的な疲労回復の方策として、近年は食品の機能性成分の活用が期待されている³⁾。一方で、スポーツ特有の視覚機能(スポーツビジョン)はアスリートのパフォーマンスに大きく影響するが⁹⁾、運動による疲労時の視覚機能において、食品の機能性成分の有効性は十分な研究がなされていない。

鶏肉抽出分に含まれる主成分イミダゾールジペプチドは、ヒトや動物の骨格筋と脳に高濃度に含まれるカルノシン・アンセリンの総称で、疲労抑制および疲労回復効果を有することが注目されている^{4, 5)}。特に、鶏肉に豊富に含まれるカルノシンは、ヒト経口摂取により骨格筋中のカルノシン濃度を上昇させ、運動時の筋中pH低下の抑制(緩衝作用)、運動能力の向上や運動時の抗疲労効果に加え^{6, 7)}、大学運動部学生の睡眠改善やスポーツパフォーマンスを上昇させることが報告されている⁸⁾。さらに、商品化されたイミダゾールジペプチド製品(イミダの力、日本ハム(株))は、2018年にアンチドーピング認証を取得しWorld Anti-Doping Agency(WADA)において禁止物質リストの検査済みであることが保証されたことから、アスリートでも安全に使用できる機能性食品と注目されている。

よって本研究では、鶏肉抽出物イミダゾールジペプチドの経口摂取が、疲労、視覚機能および球技パフォーマンスに与える影響について、男子大学バスケットボール選手を対象として検討を行った。

研究方法

1) 被験者

男子バスケットボール部に所属する健常な男子大学生(19歳~22歳)21名について、イミダゾー

鶏肉抽出物イミダゾールジペプチドの摂取が男子大学バスケットボール選手の主観的疲労感と視覚機能に与える影響

ルジペプチド摂取群 (imida 群) 11 名、非摂取群 10 名 (placebo 群) をランダムに抽出した一重盲検ランダム化比較試験を行った。

2) 実験デザイン

imida 群および placebo 群は、トレーニング後または夕食後にイミダゾールジペプチド粉末 1500mg (日本ハム株式会社) またはプラセボ粉末を野菜ジュース (野菜汁 60%、果汁 40%) 200ml に溶解させ週 6 日、連続 4 週間摂取した。摂取前後に体重、体組成の測定、唾液および尿を回収した。なお、唾液および尿回収前 2 時間は飲食制限を行いミネラルウォーターのみ摂取可能とした。

3) 測定項目

- ①基礎データ：身長、体重、体組成を MC-980 (TANITA 社) にて測定し、事前アンケートにより食品を含めたアレルギーの有無をアンケートにて確認した。
- ②疲労および酸化ストレス指標：尿は採集後 - 20°C にて保管し、5,000×g で 10 分間遠心した上清の尿中 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) について ICR-001 (株式会社テクノメディカ) を用いて測定した。測定値は、同サンプルのクレアチニン濃度により補正 ($\mu\text{g}/\text{mg Cre}$) をしたデータを用いて解析を行った。唾液中コルチゾールは Saliva Collection Aid (Salimetrics 社製) を用いて唾液を採集後 - 20°C にて保管し、3000rpm で 15 分間遠心した上清をコルチゾール測定キット (Salimetrics 社製) にて分析した。
- ③主観的疲労感の測定
主観的疲労感は、下記 2 指標を用いて測定した。
 - ・ Visual Analog scale (VAS): 摂取前日練習後および摂取最終日練習後において、身体的、精神的、総合的な疲労感について水平な 10cm の直線状の指標に × 印をつけることで評価した。
 - ・ Self-ratings of fatigue (SRF): LINE アプリの集計機能を用いて、実施期間 1 週間前より毎日 11 段階で疲労状態を解答させ (表 1)、各週の平均値を統計に用いた¹⁰⁾。
- ④運動能力指標：自転車エルゴメーターによる最大無酸素性パワーの測定と、フリースロー成功率 (20 回中) の計測を行った。
- ⑤視覚機能指標：視力補正後に以下 5 項目の測定を行った。
 - ・ 静止視力 (Static Visual Acuity: SV): フォーカスの程度を数値化したもの
 - ・ Kinetic Visual Acuity (KVA): 直進してくるものを識別する能力
 - ・ Dynamic Visual Acuity (DVA): 左右に動くものを識別する能力
 - ・ 深視力 (Depth Perception: DP): 距離の感覚、特に前後関係の識別能力
 - ・ 眼と手の協応動作 (Eye/Hand Coordination: E/H): 見たものに素早く反応する能力

4) 倫理的事項

本研究は、ヘルシンキ宣言を尊重し、人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に従って、被験者の人権及び利益の保護に配慮して研究を行い、大東文化大学ヒトを対象とする医学系研究に関する倫理委員会の (承認番号 DHR18-008) 承認を得た。

Table 1. Evaluation index of self-ratings of fatigue (SRF)

level	
0	全く疲労なし
1	超軽度の疲労
2	適度な疲労感
3	弱い疲労感
4	レベル3と5の間
5	強い疲労感
6	レベル5と7の間
7	かなり強い疲労感
8	レベル7と10の間 (7に近い)
9	レベル7と10の間 (10に近い)
10	最大級の疲労感

Measured every morning by self-evaluation using the voting function of the LINE app.

5) 統計処理

得られたデータはいずれも平均値 ± 標準偏差で示した。imida 群と placebo 群の比較は正規性を確認したのち、non-paired Student's t-test を行った。各群と摂取前後の差の検定には、カイ二乗検定または繰り返しのある 2 元配置分散分析 (群 × 摂取前後) を行い、有意差が認められた場合には、Tukey-Kramer の多重比較検定を実施した。すべての統計処理には、統計解析ソフト SPSS Ver.22.0 Japanese for windows (IBM) を用い、統計学的有意水準はいずれも 5%未満とした。

結 果

1) 被験者の特性 (表 2)

体重、身体組成および運動能力指標とした最大無酸素性パワーにおいて、研究開始前 0w において imida 群と placebo 群間に差異はなく、サンプル摂取 4 週後 (4w) についていずれの項目も、有意な変化は認められなかった。

2) 疲労マーカーおよび主観的疲労感 (表 3)

主観的疲労感の指標には、VAS 評価と SRF 評価を用いた。VAS では、肉体的 VAS において、imida 群でのみ 4w で有意な低下が認められた ($p < 0.05$)。また総合的 VAS においては、imida 群および placebo 群で疲労感の有意な低下が認められた ($p < 0.05$)。SRF 評価においては、imida 群では 4w において、疲労感の改善効果が有意に認められた (表 3、図 1、 $p < 0.05$)。疲労マーカーとした尿中 8-OHdG、および唾液中コルチゾールにおいて、imida 群と placebo 群いずれにおいても、

Table 2. Anthropometric measurements and maximum anaerobic power

		placebo (n=10)	imida (n=11)
Age		20.9 ± 0.5	21.3 ± 0.6
Hight	-	185.4 ± 10.4	181.1 ± 10.4
Weight	0w	83.0 ± 14.0	82.1 ± 9.8
	4w	83.4 ± 13.7	82.2 ± 9.7
Fat %	0w	14.0 ± 3.3	15.7 ± 4.1
	4w	14.7 ± 2.6	16.1 ± 4.4
FFM	0w	71.1 ± 10.5	68.7 ± 6.4
	4w	71.0 ± 10.5	68.9 ± 6.3
Muscle mass	0w	67.5 ± 10.0	65.4 ± 6.3
	4w	67.3 ± 10.0	65.2 ± 6.1
Peak power(W)	0w	1303.8 ± 178.6	1249.4 ± 127.6
	4w	1317.7 ± 182.2	1284.9 ± 167.0
Ave power(W)	0w	1146.5 ± 160.3	1065.6 ± 116.8
	4w	1159.4 ± 190.2	1091.0 ± 134.8
P/kg(W/kg)	0w	14.0 ± 1.8	13.1 ± 1.7
	4w	14.0 ± 1.5	13.4 ± 2.2

Means ± S.D.

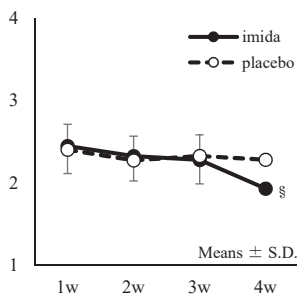


Figure 1. Chronological change of SRF (a week average)

§: p < 0.05 vs 1w by Turkey-Kramer post-hoc test

摂取前後 (0w vs. 4w) で有意な変化は見られなかった。8-OHdG については、16µg/ml Cre を境に分布が分かれることが観察された (図 2)。よって、16µg/ml Cre カットオフ値として、16µg/mg Cre 以上を 8-OHdG 高値群として抽出し解析を行った。8-OHdG 高値を示した、imida 群 6 名、placebo 群 4 名のうち、imida 群は 6 名全員が 4w では 0w と比較して尿中 8-OHdG が低下していた (図 2、カイ二乗検定 p < 0.05)。

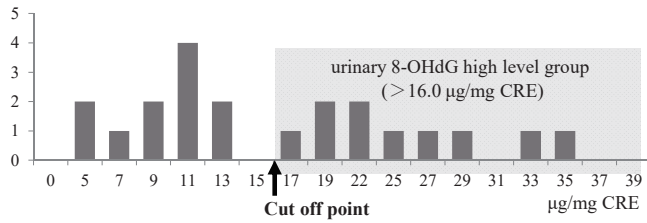


Figure 2. Distribution of urinary 8-OHdG measured value (0w)

Table 3. Subjective fatigue, and fatigue biomarkers in urine and saliva

		placebo (n=10)	imida (n=11)
comprehensive VAS	0w	4.8 ± 0.7	4.3 ± 0.7
	4w	2.6 ± 0.6	2.4 ± 0.5
psychological VAS	0w	4.9 ± 0.7	5.3 ± 0.8
	4w	3.2 ± 0.8	2.0 ± 0.6
physical VAS	0w	2.6 ± 0.7	2.6 ± 0.6
	4w	1.7 ± 0.5	1.7 ± 0.4
SRF	1w	2.40 ± 0.33	2.45 ± 0.28
	4w	2.28 ± 0.29	1.93 ± 0.29
urinary 8-OHdG (μg/ml Cre)	0w	15.7 ± 2.9	15.4 ± 2.9
	4w	29.3 ± 9.5	18.5 ± 2.8
salivary cortisol (μg/dL)	0w	0.071 ± 0.017	0.109 ± 0.023
	4w	0.107 ± 0.010	0.128 ± 0.019

Means ± S.D. *: p < 0.05 by Turkey-Kramer post-hoc test .

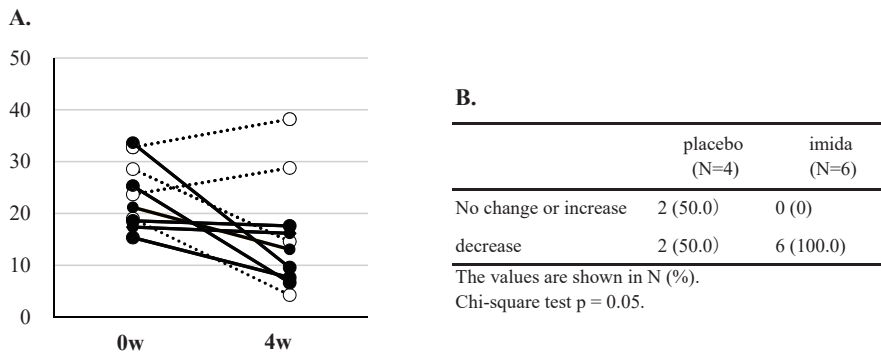


Figure 3. Changes in urinary 8-OHdG (Only subjects with high urinary 8-OHdG : >16.0 μ g/mg Cre), A. urinary 8-OHdG (μ g/mg) : ●—● imida group, ○---○ placebo group. B. Distribution of 8-OHdG changing rate.

3) 視覚機能およびフリースロー成功率

動体視力を含めた視覚機能およびフリースロー成功率において、imida 群および placebo 群いずれにおいても、有意な変化は観察されなかった (表 4)。フリースロー成功率においては、imida 群において、4w で 0w に比較し成功率の上昇傾向が見られた (図 4、成功率増加者 imida 群 72.7% (8 名/ 11 名中)、placebo 群 40.0% (4 名/ 10 名中)。しかし、イミダゾールジペプチドの摂取によるフリースロー成功率の増加傾向に疲労マーカーや主観的疲労感との関連性は認められなかった。よって、被験者全員に対しフリースロー成功率と疲労マーカー、主観的疲労感および視覚機能の変化率について相関解析を行った。その結果、フリースロー成功率は、尿中 8-OHdG、総合的 VAS、SRF、動体視力 (KVA、DVA、E/H) と関連性を示し、特に SRF と DVA についてはフリースロー成功率に強く影響することが示された (表 5)。

Table 4. Visual acuity assessment

		placebo (n=10)	imida (n=11)
SVA	0w	3.1 ± 1.0	3.6 ± 1.1
	4w	3.0 ± 0.9	3.4 ± 0.9
KVA	0w	3.3 ± 1.2	3.5 ± 0.9
	4w	3.0 ± 1.2	3.3 ± 1.0
DVA	1w	3.5 ± 1.2	3.5 ± 0.5
	4w	4.0 ± 0.8	3.6 ± 0.9
DP	0w	3.0 ± 1.3	3.1 ± 0.8
	4w	3.2 ± 1.1	3.4 ± 1.0
E/H	0w	3.5 ± 0.8	3.3 ± 0.9
	4w	3.6 ± 0.8	3.5 ± 0.5

Means ± S.D.

Table 5. Correlation between changing rate of free throw success and fatigue and visual acuity

	<i>pearson's</i> correlation coefficient	<i>p</i> value
urinary 8-OHdG	-0.437	0.048
salivary cortisol	-0.320	0.172
comprehensive VAS	-0.506	0.019
psychological VAS	-0.154	0.505
physical VAS	-0.116	0.615
SRF	-0.709	< 0.001
KVA	0.544	0.014
DVA	0.648	0.001
DP	0.136	0.557
E/H	0.439	0.046
SVA	0.292	0.199

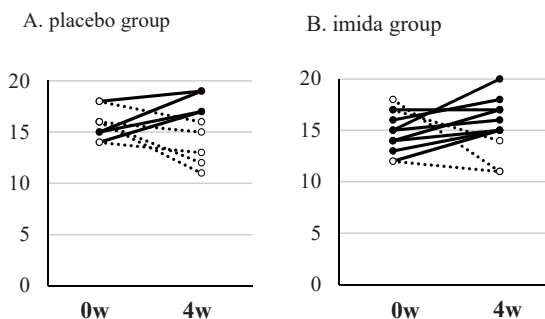


Figure 4. Changes in free throw success frequency
 ●—● increase ○---○ not change or decrease

考 察

本研究では、男子大学バスケットボール選手における4週間のイミダゾールジペプチドの摂取が、疲労マーカー、主観的疲労感、視覚機能に与える影響を解析した。その結果、イミダゾールペプチドの4週間連続摂取は、主観的疲労感とともに客観的な疲労指標となる尿中8-OHdGにも影響が認められ、疲労感の軽減に有効であることが示された。8-OHdGは、酸化ストレスマーカーとして測定感度やばらつきが小さいことで良く用いられる指標である。DNAの構成成分であるデオキシグアノシンが活性酸素などのフリーラジカルにより酸化されて分子内に8-OHdGが生成されると、血液を経て尿中に排泄される¹¹⁾。ヒト試験においても4時間の中等度の身体作業負荷による疲労の出現に一致して尿中8-OHdG濃度が増加することから、8-OHdGは酸化傷害から起こる疲労を示す有用な指標と考えられている。今回、尿中8-OHdGは、疲労感がもともと高い8-OHdG高値群でのみ、イミダゾールペプチドによる減少効果が認められた。これまで、イミダゾールペプチドは運動負荷による疲労や日常生活の疲労感の抑制・軽減効果が尿中8-OHdG低下とともに起こることが多く報告されている。これらのことから、イミダゾールジペプチドの抗疲労効果の作用機序は、イミダゾールジペプチドが有する抗酸化作用により、疲労による酸化ストレスの上昇抑制が起こり、疲労が軽減されたと考えている。

運動能力指標として測定した最大無酸素性パワーについては、4週間のイミダゾールペプチド摂取による効果が認められなかった。これまで、イミダゾールジペプチドの摂取は、自転車エルゴメーターでの運動パワーが増加することや¹²⁾、漸増負荷ペダリングテストにおける疲労困憊までの時間と最大酸素摂取量を増加させることが報告されている¹³⁾。このような運動能力向上や運動疲労軽減効果は、イミダゾールペプチドの経口摂取が筋肉中のカルノシン濃度を上昇させることで、運動負荷により起こる骨格筋中のpH低下に対し、緩衝作用が起こるためと考えられている。今回、運動能力指標とした最大無酸素性パワーに影響が見られなかったことは、被験者が高身長で骨格筋量が標準よりも多いバスケットボール競技特有の体格(平均身長183.3±10.4cm、平均体重82.6±11.9kg、平均除脂肪体重69.9±8.5kg)を有したことで、イミダゾールペプチドの摂取量が不十分であった可能性が考えられた。尿中8-OHdGにおいても、被験者全員ではなく、8-OHdG高値群でのみ疲労軽減に有効性が認められたことも、同様に体格に対する摂取量不足が影響しているのではないかと考えている。

本研究ではイミダゾールペプチドの摂取が視覚機能に与える影響についても検討を行った。スポーツ特有の視覚機能(スポーツビジョン)については、競技力の高い選手ほど高くパフォーマンスに大きく影響すること⁹⁾、運動負荷により視覚機能が低下することが知られている¹⁴⁾。これまで、ドコサヘキサエン酸、アスタキサンチンやアントシアニンなど、抗酸化作用を持つ食品成分において、静止視力やスポーツビジョンの向上効果をもつことが報告されている。イミダゾールペプチドは、抗酸化作用に加え網膜や脳神経細胞など視覚機能に関与する部位にも局在するため、スポー

ツビジョンへ何らかの影響をもたらすと推測したが、結果その有効性は認められなかった。ドコサヘキサエン酸やアスタキサンチンなどの食品成分においては、摂取期間がいずれも30日間以上と長期間の摂取を行っていたことから、摂取期間を延長することでの有効性についても今後明らかにする必要がある。一方で、フリースロー成功率においては、被験者全体において、尿中8-OHdG、主観的疲労感SRFやスポーツビジョン項目と強い相関を示した。このことから、フリースローがスポーツビジョンはもとより、疲労に強い影響を受けることが示され、バスケットボールの競技力向上における、疲労軽減・抑制の重要性が示された。

結 語

大学生男子バスケットボール選手におけるイミダゾールジペプチドの4週間連続摂取は、主観的疲労感を低下させた。特に、尿中8-OHdG濃度が高い被験者においては、酸化ストレス抑制を介した疲労改善に有効であることが示唆された。一方で、本研究の被験者は体格が大きくイミダゾールジペプチドの効果を得るには摂取量が不十分であった可能性がある。摂取のタイミングや、摂取量を再度検討することで、イミダゾールジペプチドの機能性がより有効に発揮される可能性もあり、今後さらなる検討が必要である。

謝 辞

本研究の実施にあたり多大なご協力を賜りました大東文化大学男子バスケットボール部スタッフおよび選手の皆様、日本スポーツビジョン協会の皆様に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Purvis D, Gonsalves S, Deuster PA. Physiological and psychological fatigue in extreme conditions: Overtraining and elite athletes. *PM&R* 2, : 442-50, 2010.
- 2) Clark A, Mach N. Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes *J Int Soc Sports Nutr.* 24: 13-43, 2016;
- 3) Close GL, Hamilton DL, Philp A, Burke LM, Morton JP. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radic Biol Med* 98: 144-158, 2016.
- 4) Crush KG. Carnosine and related substances in animal tissues. *Comp Biochem Physiol* 34: 3-30, 1970,
- 5) Chan WKM, Decker, EA, Chow, CK, Boissonneault GA. Effect of dietary carnosine on plasma and tissue antioxidant concentrations and on lipid oxidation in rat skeletal muscle. *Lipids*, 29: 461-66, 1994.
- 6) Abe H, Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. *Biochemistry*, 65: 757-65, 2000.
- 7) Sato M, Katakura Y. "Section 6 Protein and Peptide: Imidazole dipeptide" *Absorption, Metabolism, and Mechanisms of Action of Functional Food Compounds*, 127-133, 2018
- 8) The effect of quality of sleep on athletic performance in badminton player Nakamura Y, Choi Y, Suita M., Tokuyama K, Satoh, M, Maeda S. *J Train Sci Exerc Sport* 28: 183-189, 2017
- 9) Tataru S, Maeda F. Sports and Visual Function. *Jpn J Vis. Sci* 41: 15-18, 2020
- 10) Merrigan JJ, Tynan MN, Oliver JM, Jagim AR, Jones MT. Effect of Post-Exercise Whole Body Vibration with Stretching on Mood State, Fatigue, and Soreness in Collegiate Swimmers. *Sports (Basel)* 13: 5-7, 2017.
- 11) Kasai H, Crain PE, Kuchino Y, et al. Formation of 8-hydroxyguanine moiety in cellular DNA by agents producing oxygen radicals and evidence for its repair. *Carcinogenesis* 7: 1849-1851, 1986. .

- 12) 佐藤三佳子、鈴木康弘、森松文毅、高松薫。トリ胸肉抽出物(CBEXTM)長期摂取が骨格筋中カルノシン濃度と短時間高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響 52: 255-263, 2003.
- 13) 河口友美、市川淳、吉岡利貢、前村公彦。イミダ摂取が中長距離選手のパフォーマンスに及ぼす影響。ランニング学研究 30: 157-159, 2019.
- 14) 渡辺義行、柴田一男、鈴木太郎ら。運動が視覚機能に与える影響に関する研究—運動が動体視力に与える影響について。大同工業大学紀要 10: 33-44, 1974.