

スポーツビジョンに対する鍼の効果に関する基礎的研究 —運動習慣を有する健常成人男性を対象として—

城田 健吾*

明治国際医療大学大学院鍼灸学研究科博士後期課程

要 旨 【目的】 アスリートにおいて視覚（スポーツビジョン）は非常に重要な機能の一つである。本研究の目的は、運動負荷が視覚機能に及ぼす影響と鍼刺激の効果を検討した。
【方法】 対象は運動習慣を有する健常成人男性 20 名（23±2 歳）とした。視覚機能の評価には、静止視力、動体視力、視覚探索反応時間、フリッカー値を、身体的疲労感には Visual analogue scale を、運動負荷にはトレッドミルを用いた。視覚機能と身体的疲労感の評価は、運動負荷前と負荷終了直後および負荷後 15 分の時点に行った。鍼刺激群は 10 分間の置鍼術（太陽穴、合谷穴、光明穴）を負荷直前に行い、無刺激群は安静とした。
【結果】 運動負荷は、静止視力と動体視力を有意に低下させ、視覚探索反応時間、フリッカー値、身体的疲労感を有意に増加させた（各 $P < 0.001$ ）。鍼刺激は、運動負荷による静止視力と動体視力の低下および身体的疲労感の増加を有意に抑制したが（各 $P < 0.01$ ）、視覚探索反応時間とフリッカー値に影響を及ぼさなかった。
【結論】 鍼は運動負荷による視力低下の予防に有用であることが示唆されたが、その作用機序や眼と手の共同運動のような高次機能に対する鍼の効果は、さらなる検討が必要であると考えられた。

Key words 鍼 acupuncture, 静止視力 static visual acuity, 動体視力 dynamic visual acuity, Advanced trail making test, フリッカー検査 flicker fusion frequency

Received October 30; Accepted January 18, 2016

1. はじめに

スポーツ選手は刻々と変化する周囲の状況を把握しながらプレーをしている。石垣らは、競技成績が良好な選手ほど、視覚機能が良いと報告している¹⁾。そのため選手がプレーを的確に行うためには、周囲の情報をしっかりと認識しなければならないが、そのためには視力が良好に保たれていることが必要である²⁾。スポーツ活動と密接に関係する視覚機能は、総じてスポーツビジョンと称される。スポーツビジョンは、視覚と身体機能の結びつきを最大限発揮させることで運動機能やパフォーマンスを向上させ、より良い競技成績を得ることを目的として、競技能力との関連など多角的に研究されている^{3,4)}。

スポーツ選手が良好な競技成績をおさめようとするならば、基本的な要素として優れたスポーツビジョンとそれに応じる身体能力が必要であり、またこれらを維持しておく必要がある⁵⁾。

真下ら⁶⁾は、スポーツビジョンを構成する要素（視覚機能）として、静止視力、動体視力、瞬間視、周辺視、眼球運動、コントラスト感度、深視力、眼と手の協調（共同）運動の 8 項目を挙げている。本論文では、真下ら⁶⁾の表記に習い、眼と手の協調運動を眼と手の共同運動として表現する。静止視力とは静止している物体を眼で捉える能力を言い、動体視力は動く物体を眼で捉える能力、瞬間視は眼の前の状況を瞬時に把握する能力、周辺視は周辺の状態を把握する能力である。また、眼球運動は眼球を素早く動かす能力であり、コントラスト感度は周りの状況を色別する能力、深視力は距離の間隔を把握する能力である。眼と手の共同運動は、眼からの情

* 連絡先：〒 629-0392 京都府南丹市日吉町保野田ヒノ谷 6-1
明治国際医療大学大学院鍼灸学研究科
Email: k_shirota@meiji-u.ac.jp

報を脳で処理し素早く手を動かす能力を言い、これらの要素のなかで特に重要と考えられている。眼と手の共同運動は「スポーツビジョンの総合力」とも称され、能力の高い者がスポーツ選手として優れた資質を有しているとされている⁷⁾。

増山⁸⁾らは、大学選手よりVリーグ選手の方が、視覚機能が優れていると報告している。このように、スポーツビジョンを構成する視覚機能の低下は、競技成績にも影響することから、これを向上させる訓練に関する文献は多数報告されている⁹⁻¹¹⁾。例えば、トレーニングソフトを用いて、ディスプレイ上に高速で赤い点滅を表示しこれを答えさせる方法¹²⁾や、ディスプレイ上に1から20までの数字をランダムに配置し、はやく正確に答えさせる視標が高速に動き答えさせる方法¹³⁾などがある。また、ブルーベリーや鰹節などは視覚機能を向上させる食品として知られている^{14,15)}。

一方、スポーツの世界では、身体能力を薬物によって向上させようとするドーピングが世界的な問題となっている。これに伴い様々な化学物質がドーピングの対象となり、一般的な医薬品(例. 感冒薬)や食品(例. コーヒー)までもが制限されるに至っている。そのため非薬物的治療法が求められている。鍼灸は、補完代替医療として世界的に注目を集めると共に、スポーツ分野においては、代表的な非薬物的治療の一つとして大きな期待が寄せられる。しかし、非薬物療法による研究の多くはスポーツ傷害の予防や治療効果に関するものであり^{16,17)}、また、視覚機能に関する研究^{18,19)}やスポーツビジョンに関するもの^{20,21)}は多数報告されているが、鍼刺激の効果に関する文献は山本ら²²⁾の報告のみである。

近年の報告で山本らは、鍼刺激が運動負荷(自転車エルゴメーター)による静止視力と動体視力の低下および調節近点の延長を有意に抑制し、かつ全身の疲労感を有意に回復したと報告している。しかしながら、山本らの報告では、スポーツビジョンの重要な要素である眼と手の協同運動の検討はなされていない。また、鍼刺激による変化が認められなかった眼の疲労度の評価はVisual analogue scale(以後、VASと称す)法による主観的評価に留まっている。眼と手の共同運動の測定は、パネル上に視標が提示され、制限時間内に手で触れた視標の数を計測する。眼と手の共同運動としてのAdvanced trail making test(以後、ATMTと称す)は、スクリーン上にランダムに表示された任意の数字あるいは文字を被験者が順番にタッチして、課題開始から終了までの時間(視覚探索反応時間)を評価するものである。視覚探索反応時間は、注意力や集中力といった脳の高次

機能を反映するとされ、眼と手の共同運動の評価にも用いられており²³⁾、その時間の延長は、これらの高次機能の低下を反映するとされている²⁴⁾。眼の疲労度としてのフリッカー検査は、光源の出す断続光の点滅周波数を上げてゆき、被験者が連続光と判断したときの周波数(フリッカー値)を測定するもので、視覚感覚閾値、眼の疲労度に用いられている¹⁴⁾。

そこで本研究では、運動負荷が静止視力と動体視力および視覚探索反応時間さらにフリッカー値と身体的疲労感に及ぼす影響について検討すると共に、鍼刺激がこれらに及ぼす効果について検討を行った。なお、予備研究の結果、山本らの用いた自転車エルゴメーターよりトレッドミルによるランニング負荷の方が視覚機能をより低下させたことから、今回、運動負荷はトレッドミルを採用した。また、著者は将来的にトップアスリートを対象とした検討を予定していることから、定期的な運動習慣をもつものを対象として研究を行った。

II. 方法

1. 対象

対象は、1週間に2回以上(2時間以上/回)の定期的な運動習慣(サッカー、フットサル、テニス、バレーボール、野球の競技愛好家)があり、矯正視力を含む静止視力が1.0以上の健常成人男性20名(年齢 23 ± 2 歳、身長 173 ± 4 cm、体重 69 ± 8 kg、静止視力 1.4 ± 0.2 、競技歴 8 ± 3 年)とした。鍼刺激群(10名)、無刺激群(10名)の割り付けは、封筒法を用いて行った。研究は、明治国際医療大学研究倫理委員会の承認(承認番号:27-45)を得て、全ての被験者には研究の主旨と内容、特に予想される危険性や被験者の自由意思にて研究から随時離脱できる旨等について口頭で十分に説明し、同意を得た後に行った。

2. 静止視力と動体視力

静止視力および動体視力の測定には動体視力計(AS-4F, KOWA製)を用い、2回の平均をこれらの測定値とした。

3. 視覚探索反応時間

眼と手の共同運動の評価としてATMTを脳力トレーナー脳年齢 脳ストレス計 アタマスキャン(セガトイズ製)を用いて実現した(図1)。被験者には、スクリーン上にランダムに表示された合計20個の数字の「1」から「20」までの20文字(図1a)と文字の「あ」から「と」までの20文字(図1b)

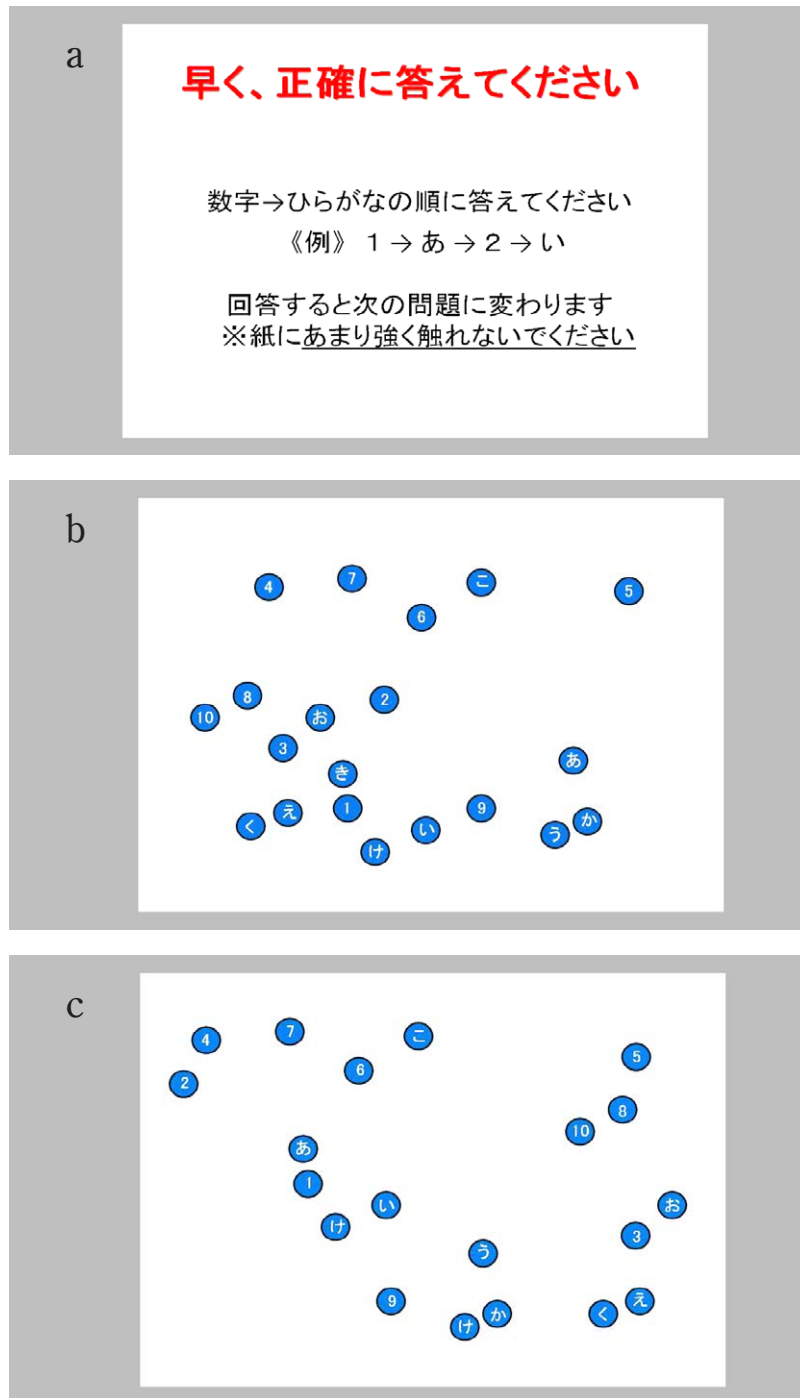


図1 Advanced trail making test

被験者には、課題として、スクリーンに映し出された数字と文字を交互にタッチしていくように指示した。ただし、数字は「1」から順に「20」まで、平仮名は「あ」から順に「と」までタッチすることとした(図1a)。例. 1→あ→2→い→・・・19→て→20→と

スクリーンの画面には「1」から「20」のうち10個の数字と「あ」から「と」までの平仮名うち10個がランダムに表示される(図1b)。被験者が数字もしくは平仮名をタッチすると画面が切り替わり、新たに数字と平仮名がランダムに表示される(図1c)。その際、前の画面で被験者がタッチした次の数字もしくは平仮名が表示される。課題提示(開始)から終了まで時間を視覚探索反応時間とした。

を順番どおり交互に触るようさせた。数字あるいは文字を順番に触っていくと新たに合計20個の数字と文字の課題が提示される。課題は合計40個から

なり、課題開始から終了までの時間(視覚探索反応時間)を計測し、これを評価した。

4. フリッカー検査

眼の疲労度の評価は、中心フリッカー値測定機器（ハンディフリッカー HF-II, ナイツ製）を用いて行った。フリッカー値の測定は、上昇法とし30Hzから3秒間に1Hzの割合で光源の点滅速度を上昇させ、被験者が断続光（ちらついた光）から連続光として認識した時点の光源の周波数をフリッカー値とし、3回の平均を測定値とした。なお、測定中、被験者の眼と測定器との距離は25cmに保つように指示した。

5. 身体的疲労感

身体的疲労感はVAS法を用いた（標準的な100mm）。左端（0mm）を「身体の疲労感が全くない状態」とし、右端（100mm）を「想像し得る最大の身体の疲労感」とした²⁵⁾。

6. 鍼刺激

刺激部位は、山本らと同じく両側の合谷穴（LI4）、光明穴（GB37）、太陽穴（EX-HN5）とした²²⁾。使用鍼は単回使用毫鍼（30mm, 16号, セイリン）を用い、座位にて10分間の置鍼術を行った。なお、鍼の刺入深度は10mmとした。無刺激群は鍼刺激群と同様の座位にて10分間の安静状態を指示した。

7. 運動負荷

運動負荷は、トレッドミル（AUTO RUNNER AR-200, ミナト医科学）を使用し、運動負荷中には、呼吸代謝システム（AERO MONITOR AE300S, ミナト医科学）を用いて、呼吸代謝を記録した。事前に被験者は、運動負荷強度の設定を目的にBruce法を用いた運動を行い、最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_{2max}$ ）を測定した。今回の運動負荷は、安静2分間、ウォーミングアップ2分間とし、その後測定した値をもとに走行速度、角度を設定した運動強度にて20分間行った。

8. 測定プロトコル

図2は、静止視力、動体視力、視覚探索反応時間、フリッカー値、身体的疲労感（VAS）の測定プロトコルを示す。被験者には、研究当日の激しい身体運動、眼を酷使する作業、測定の前3時間からの喫煙、カフェイン、アルコール、食事の摂取をさげさせた。また、測定室に入室後、環境への順応を目的として座位にて、10分間以上の安静を指示した。室内は24°Cに保った。安静座位後1回目の測定を行った。次に鍼刺激を行い、その後、運動負荷を実施した。運動負荷終了直後（以下、運動負荷直後と称す）に

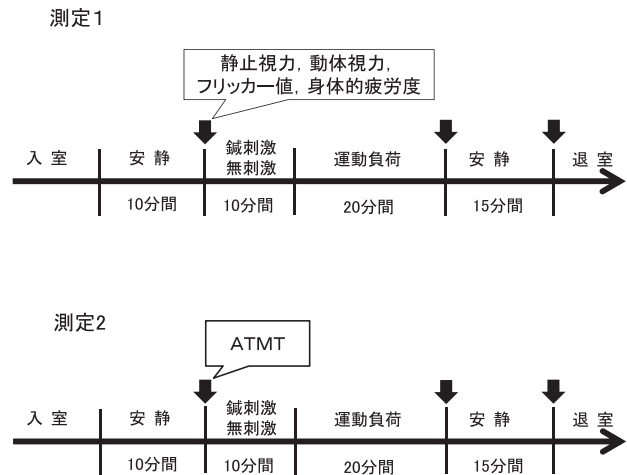


図2 測定プロトコル

被験者には、研究当日の激しい身体運動、眼を酷使する作業、測定の前3時間からの喫煙、カフェイン、アルコール、食事の摂取を避けるように口頭で指示した。また、測定室に入室後、環境への順応を目的として座位にて、10分間以上の安静を指示した。室内は24°Cに保った。

約10分間の安静座位の後、1回目の測定（静止視力、動体視力、フリッカー検査、身体的疲労感）を行った（運動負荷前）。次に、鍼刺激（置鍼術）を10分間行った。その後、トレッドミルによる運動負荷を20分間行い、その終了直後2回目の測定を行った（運動負荷直後）。さらに、運動負荷後15分の時点で3回目の評価を行った（運動負荷後15分）。

視覚探索反応時間のみ同じプロトコルで別日に測定を行った。なお、全ての測定は午後2時から午後8時の間に実施した。

2回目の測定を行い、運動負荷後15分に3回目の評価を行った。なお、静止視力をはじめ測定項目が多数にわたるため、前の測定が次の測定に影響を与える可能性があった。そのため、ATMTによる視覚探索反応時間測定のみ、同じプロトコルで別日に測定を行った。なお、全ての測定は午後2時から午後8時の間に実施した。

9. 統計解析

解析には統計解析ソフト（GraphPad Prism5 for Windows, GraphPad Software）を用いた。無刺激群と鍼刺激群の被験者プロフィール（年齢、身長、体重、静止視力）の比較には、対応のないt検定（unpaired t-test）を用いた。無刺激群の静止視力、動体視力、視覚探索反応時間、フリッカー値および身体的疲労感（VAS）の経時的変化の比較には一元配置分散分析（Repeated-measures one-way ANOVA）を用いた。この分散分析で有意差が認められた場合には、さらに多重比較（Bonferroni法）を行った。無刺激群と鍼刺激群の静止視力、動体視力、視覚探索反応時間、フリッカー値および身体的疲労感（VAS）の比較に

は、繰り返しのある二元配置分散分析法 (Repeated-measures two-way ANOVA) を用いた。この分散分析で有意差が認められた場合には、さらに多重比較 (Bonferroni 法) を行った。有意水準は5%未満 ($P < 0.05$) とし、測定値は全て平均±標準偏差で表した。

III. 結果

1. 被験者の割り付け

無刺激群と鍼刺激群の年齢 ($P=0.65$), 身長 ($P=0.79$), 体重 ($P=0.53$), 静止視力 ($P=0.79$) において無刺激群と鍼刺激群の間に有意差は認められなかった (表 1)。

2. 静止視力

無刺激群の静止視力は、運動負荷前 1.4 ± 0.2 , 運動負荷直後 0.9 ± 0.1 , 運動負荷後 15 分 1.0 ± 0.2 であり、その交互作用 (経時的変化パターン) に有意差が認められた ($P < 0.001$, 図 3)。また、運動負荷による静止視力の有意な低下が、運動負荷直後および運動負荷後 15 分の時点で認められた (各 $P < 0.001$)。

無刺激群と鍼刺激群の交互作用 (経時的変化パターン) に有意差が認められた ($P < 0.001$)。また、運動負荷による静止視力の低下に対する鍼刺激の有意な抑制が運動負荷直後と運動負荷後 15 分の時点において認められた (各 $P < 0.01$)。

3. 動体視力

無刺激群の動体視力は、運動負荷前 0.8 ± 0.2 , 運動負荷直後 0.5 ± 0.1 , 運動負荷後 15 分 0.5 ± 0.1 であり、その経時的変化に有意差が認められた ($P < 0.001$, 図 4)。また、運動負荷による動体視力の有意な低下が、運動負荷直後および運動負荷後 15 分の時点

表 1 各実験群における被験者のプロフィール

	鍼刺激群	無刺激群
人数	10	10
年齢 (歳)	23 ± 4	23 ± 2
身長 (cm)	173 ± 4	173 ± 4
体重 (kg)	66.1 ± 9.2	68.5 ± 9.2
静止視力	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.2
運動歴 (年)	7 ± 3	8 ± 2

平均±標準偏差

無刺激群と鍼刺激群の年齢 ($P=0.65$), 身長 ($P=0.79$), 体重 ($P=0.53$), 静止視力 ($P=0.79$) において無刺激群と鍼刺激群の間に有意差は認められなかった。

で認められた (各 $P < 0.001$)。

無刺激群と鍼刺激群の交互作用 (経時的変化パターン) に有意差が認められた ($P < 0.001$)。また、

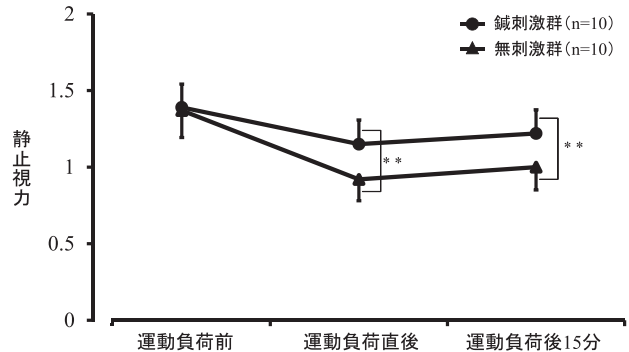


図 3 運動負荷が静止視力に及ぼす影響と鍼刺激の効果
無刺激群の静止視力は、運動負荷前 1.4 ± 0.2 , 運動負荷直後 0.9 ± 0.1 , 運動負荷後 15 分 1.0 ± 0.2 であり、その経時的変化に有意差が認められると共に ($P < 0.001$, 図 3), 運動負荷直後および運動負荷後 15 分の時点で有意差が認められたことから (各 $P < 0.001$), 運動負荷は静止視力を有意に抑制することが示唆された。

一方、無刺激群と鍼刺激群の交互作用 (経時的変化パターン) に有意差が認められると共に ($P < 0.001$), 運動負荷直後と運動負荷後 15 分の時点において両群間に有意差が認められたことから (各 $P < 0.01$), 鍼刺激は運動負荷による静止視力の低下を有意に抑制することが示唆された。

データは平均±標準偏差で表す。*** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$ 。

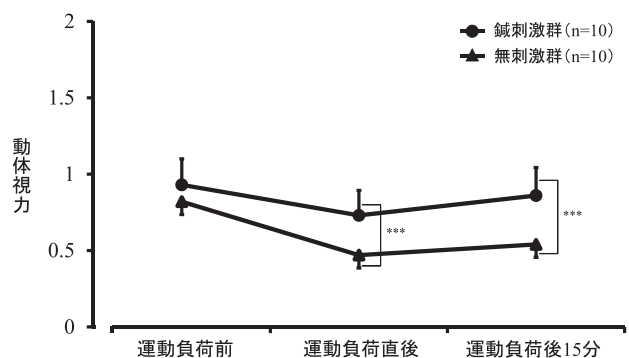


図 4 運動負荷が動体視力に及ぼす影響と鍼刺激の効果
無刺激群の動体視力は、運動負荷前 0.8 ± 0.2 , 運動負荷直後 0.5 ± 0.1 , 運動負荷後 15 分 0.5 ± 0.1 であり、その経時的変化に有意差が認められると共に ($P < 0.001$, 図 4), 運動負荷直後および運動負荷後 15 分に時点間で有意差が認められたことから (各 $P < 0.001$), 運動負荷は動体視力を有意に抑制することが示唆された。

一方、無刺激群と鍼刺激群の交互作用 (経時的変化パターン) に有意差が認められると共に ($P < 0.001$), 運動負荷直後と運動負荷後 15 分の時点において両群間に有意差が認められたことから (それぞれ $P < 0.01$, $P < 0.001$), 鍼刺激は運動負荷による動体視力の低下を有意に抑制することが示唆された。データは平均±標準偏差で表す。*** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$ 。

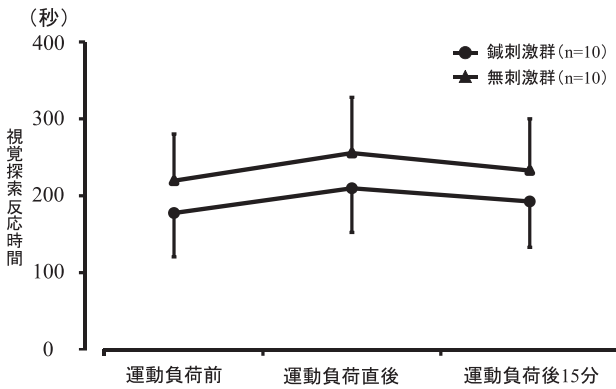


図5 運動負荷が視覚探索反応時間に及ぼす影響と鍼刺激の効果

無刺激群の視覚探索反応時間は、運動負荷前 212±61 秒、運動負荷直後 256±73 秒、運動負荷後 15 分 233±67 秒であり、その経時変化に有意差が認められると共に ($P<0.001$, 図5), 運動負荷前と運動負荷直後の時点間では有意差が認められた ($P<0.001$).

一方、無刺激群と鍼刺激群の間に有意差が認められなかった。データは平均±標準偏差で表す。*** $P<0.001$, ** $P<0.01$.

運動負荷による動体視力の低下に対する鍼刺激の有意な抑制が運動負荷直後と運動負荷後 15 分の時点において認められた (それぞれ $P<0.01$, $P<0.001$).

4. 視覚探索反応時間

無刺激群の視覚探索反応時間は、運動負荷前 212 ± 61 秒、運動負荷直後 256 ± 73 秒、運動負荷後 15 分 233 ± 67 秒であり、その経時変化に有意差が認められた ($P<0.001$, 図5)。また、運動負荷による視覚探索反応時間の有意な延長が運動負荷前と運動負荷直後の時点で認められた ($P<0.001$).

無刺激群と鍼刺激群の間に有意な差は認められなかった ($P=0.651$).

5. フリッカー値

無刺激群のフリッカー値は、運動負荷前 39 ± 4Hz、運動負荷直後 44 ± 4Hz、運動負荷後 15 分 43 ± 3Hz であり、その経時変化に有意差が認められた ($P<0.001$, 図6)。また、運動負荷によるフリッカー値の有意な低下が運動負荷前と運動負荷直後の時点で有意差が認められた (各 $P<0.001$).

無刺激群と鍼刺激群の交互作用 (経時変化パターン) に有意差が認められたが ($P<0.001$), 各時点において有意差は認められなかった ($P=1.493$).

6. 身体的疲労感

無刺激群の身体的疲労感は、運動負荷前 14 ± 2mm、運動負荷直後 78 ± 4mm、運動負荷後 15 分

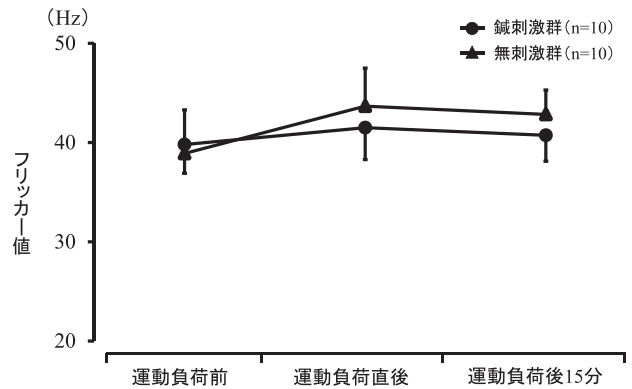


図6 運動負荷がフリッカー値に及ぼす影響と鍼刺激の効果
無刺激群のフリッカー値は、運動負荷前 39±4Hz、運動負荷直後 44±4Hz、運動負荷後 15 分 43±3Hz であり、その経時変化に有意差が認められると共に ($P<0.001$, 図6), 運動負荷前と運動負荷直後の時点間に有意差が認められた (各 $P<0.001$).

一方、無刺激群と鍼刺激群の交互作用 (経時変化パターン) に有意差が認められたが ($P<0.001$), 無刺激群と鍼刺激群の各時点において有意差は認められなかった。

データは平均±標準偏差で表す。*** $P<0.001$, ** $P<0.01$.

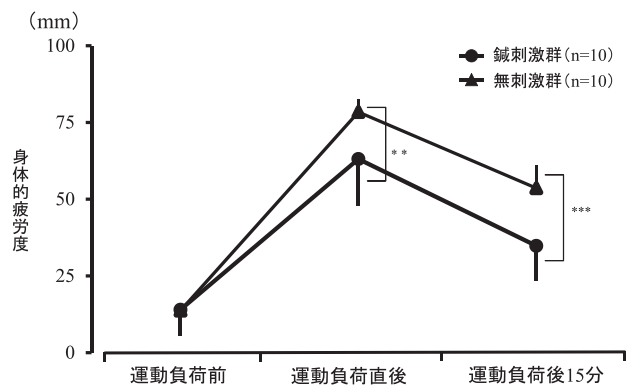


図7 運動負荷が身体的疲労感に及ぼす影響と鍼刺激の効果
無刺激群の身体的疲労感は、運動負荷前 14±2mm、運動負荷直後 78±4mm、運動負荷後 15 分 53±8mm であり、その経時変化に有意差が認められると共に ($P<0.001$, 図7), 運動負荷前と運動負荷直後および運動負荷後 15 分に各時点間にそれぞれ有意差が認められたことから (各 $P<0.001$), 運動負荷は身体的疲労感を有意に抑制することが示唆された。一方、無刺激群と鍼刺激群の交互作用 (経時変化パターン) に有意差が認められると共に ($P<0.001$), 運動負荷直後と運動負荷後 15 分の時点において両群間に有意差が認められたことから (それぞれ $P<0.01$, $P<0.001$), 鍼刺激は運動負荷による身体的疲労感の増加を有意に抑制することが示唆された。

データは平均±標準偏差で表す。*** $P<0.001$, ** $P<0.01$.

53 ± 8mm であり、その経時変化に有意差が認められた ($P<0.001$, 図7)。また、運動負荷による身体的疲労感の有意な低下が、運動負荷直後および運

動負荷後 15 分の各時点で認められた (各 $P < 0.001$)。

無刺激群と鍼刺激群の交互作用 (経時の変化パターン) に有意差が認められた ($P < 0.001$)。また、運動負荷による視覚探索反応時間の延長に対する鍼刺激の有意な抑制が、運動負荷直後と運動負荷後 15 分の時点において認められた (それぞれ $P < 0.01$, $P < 0.001$)。

IV. 考察

1. 被験者

無刺激群と鍼刺激群の被験者において、年齢、身長、体重および静止視力に有意差は認められなかったことから、被験者の割り付けは妥当であったと考えられた。

2. 運動負荷

トレッドミルによる運動負荷は、静止視力と動体視力を有意に低下させ、身体的疲労感を有意に増加させた。山本らは、運動負荷により、静止視力は 1.05 ± 0.08 から 0.94 ± 0.16 へ、動体視力は 0.71 ± 0.22 から 0.69 ± 0.21 へと有意に低下したと報告している²²⁾。一方、本研究では、静止視力は 1.4 ± 0.2 から 0.9 ± 0.1 へ、動体視力は 0.8 ± 0.2 から 0.5 ± 0.1 へと有意に低下し、その程度は山本らの報告よりも大きかった。自転車エルゴメーターはペダリング運動のため主に脚にのみ負荷がかかる一方、トレッドミルはランニング運動であり負荷は全身に及ぶ。そのため、大きな運動負荷を生体に与えかつ視覚機能を低下させたと考えられた。その証拠に、身体的疲労感は、山本らは運動負荷直後 51.0 ± 16.8 mm であったのに対し、今回では 78 ± 4 mm とその程度は大きかった。また、トレッドミルによる運動負荷は視覚探索反応時間を有意に延長させた。

以上のことから、トレッドミルによる運動負荷は視覚機能を有意に低下させる、つまりスポーツビジョンの研究に有用な方法であると考えられた。

3. フリッカー値

身体運動を行うことで交感神経が優位になり、散瞳が起こることが知られ、それによって視力の低下が報告されている^{26,27)}。今回の結果から高強度な運動負荷により、被験者の交感神経が優位となり瞳孔が散大し、視力が低下したものと考えた。Simonsonらは、瞳孔径がフリッカー値に大きく関与することを報告している²⁸⁾。本研究を実施するにあたり、フリッカー値は、静止視力や動体視力と同様に運動負荷により低下すると予想されたが、これに反し有

意に増加を示した。フリッカー値は、眼の疲労だけでなく覚醒状態を反映するとされ、その増加は覚醒状態の高まりを示唆する²⁹⁾。運動負荷は覚醒状態を高めると考えられ、眼の疲労に伴うフリッカー値の低下は、覚醒状態の亢進によるフリッカー値の増加にマスクされた可能性がある。今回の結果から、運動負荷を用いる視覚研究において、フリッカー検査は眼の疲労度を評価する方法としては適当ではなかったと考える。

4. 静止視力および動体視力

鍼刺激は運動負荷による静止視力および動体視力の低下を有意に抑制した。運動負荷法 (強度) が異なるため一概に比較することはできないが、山本の報告と比較して、静止視力の抑制は著者の方が大きかった (山本: 0.13, 著者: 0.5)。運動負荷による静止視力や動体視力といった機能に関与する因子として、過去に眼循環が検討されてきた³⁰⁾。

過去にこれらの因子に対し、鍼刺激による検討を行っている。西田ら³¹⁾は、鍼刺激 (攢竹穴、太陽穴) より調節近点が有意に短縮したことから、鍼刺激は毛様体筋の疲労を軽減したと考察している。大山ら³²⁾は、鍼刺激 (合谷穴) により瞳孔直径が縮小し、さらには、対光反射による最高縮瞳速度および最高散大速度の上昇傾向がみられたと報告している。また、奥田ら³³⁾は、健康成人に鍼刺激を行ったところ、縮瞳率と相関した有意な視力上昇が認められたと報告し、この視力上昇は縮瞳作用によるピンホール効果によるものと推察している。

森ら³⁴⁾は、鍼刺激 (合谷穴) による眼底視神経乳頭周囲網膜血流量の有意な増加を報告している。また、水上ら^{35,36)}は、鍼刺激 (光明穴) による網膜循環血流量の有意な増加を報告している。成瀬ら³⁷⁾は、鍼刺激 (合谷穴) による網膜絡膜血流の増加時に心拍数の低下が認められたことから、この血流増加は鍼刺激による副交感神経優位に起因するものと考察している。

以上の報告から、今回観察された鍼刺激の抑制効果には、縮瞳 (毛様体筋) によるピンホール効果や、網膜循環 (副交感神経系の賦活あるいは優位状態による血流量増加) が関与した可能性はある。しかしながら、今回用いた被験者の視力は、完全矯正視力ではないこと、また鍼刺激が毛様体筋の支配神経である動眼神経や網膜循環を支配する内頸動脈神経や眼神経に及ぼす影響については未だ不明のままである。本研究は運動負荷を被験者に課しており、心拍数を含め全身的に副交感神経が優位になったとは考えにくい。鍼刺激による抑制作用の機序については

さらなる検討が必要であると考えられた。

5. 視覚探索反応時間

運動負荷は、視覚探索反応時間を有意に延長した。この延長は、運動負荷によって視覚機能が低下したことを示唆し、今回行った鍼刺激は、運動負荷による視覚探索反応時間に有意な影響を与えなかった。視覚探索反応時間の延長について有安らは、比較的長時間の身体的・精神的負荷が必要としている²⁴⁾。網膜から得られた視覚情報の処理は、視神経を介し、途中、視交叉で交叉した後、視床（外側膝状体）、後頭葉（第一次視覚野）へと伝えられ高次処理が施される。その情報は視覚連合野で、形態の分析や対象の特徴の分析が行われる。視覚連合野での情報は、高次連合野で貯蔵されている情報と今の情報を掛け合わせる。特に、後頭葉（第一次視覚野）と視覚連合野そして高次連合野は密に情報を共有し合い、処理を行っている。そして、運動野に伝わり、行動の指令が出され、錐体路（皮質脊髄路）から下位運動ニューロンから身体運動が行われる³⁸⁻⁴⁰⁾。

今回の結果から、鍼刺激により視覚機能が回復したにも関わらず、視覚探索反応時間に影響を及ぼさなかった要因として、視覚情報の処理や運動野の行動指令あるいは錐体路以降の運動系の疲労が強く、鍼刺激の視覚機能に対する効果が十分に反映されなかったためではないかと考えられた。

6. 身体的疲労感

運動負荷に伴う疲労は、ATP合成に伴う無機リン酸や H^+ の増加⁴¹⁾、加えて酸化ストレスの増加によって引き起こされるとされている⁴²⁾。特に中枢疲労に酸化ストレスが強く関与することが示唆されている⁴³⁾。鍼刺激が酸化ストレスを軽減するとの報告が散見される^{44,45)}。藤本ら⁴⁶⁾は、運動負荷直前の下肢への鍼刺激が運動負荷に伴う抗酸化力（BAP test）を抑制したと報告し、鍼刺激は抗酸化力を増強すると考察している。

今回の結果から、運動負荷は身体的疲労感を有意に増加し、鍼刺激はこの増加を有意に抑制した。しかしながら、視覚探索反応時間に有意な影響を与えるものではなかったことから、今回の鍼刺激は、身体疲労を予防できなかったのではないかと考える。

7. スポーツビジョンに対する鍼治療と今後の課題

本研究で行った鍼刺激は、前述の過去の報告に準じ、視力の回復・向上に有効な経穴（光明穴、合谷穴、太陽穴）を複数配穴した。その結果、仮説通り、運動負荷による視力低下を有意に抑制した。しかし

ながら、スポーツビジョンの重要な要素である眼と手の共同運動の低下の抑制には寄与しなかった。これは、スポーツビジョンの低下予防の鍼治療には、視力のみならず身体あるいは中枢の疲労を防止するような多角的な鍼刺激が必要であることを示唆する。今後は鍼刺激による視力低下防止の作用機序を明らかにすると共に、今回使用した経穴個々の有効性について検討する必要がある。また、身体あるいは中枢の疲労に対する経穴を組み合わせ、運動負荷による眼と手の共同運動の低下を抑制するような鍼刺激の配穴を構築する必要がある。将来的にトップアスリートを想定し、今回は定期的な運動習慣をもつものを対象として検討を行った。一流のアスリートほど、僅かなコンディション（身体機能）の違いが競技成績に大きな影響を与えると予想される。以上のことから今後の課題として、視覚機能に影響を及ぼす鍼刺激以外にも、コンディショニングの維持を目的とする鍼刺激⁴⁷⁾、競技種目に合わせた鍼刺激を考慮した配穴を構築し、スポーツビジョンに対する鍼の効果に関する検討を行う必要があると考えた。

また各競技種目により、スポーツビジョンの構成されている要素の重要度が異なるため、種目ごとに分けて検討を行うことが重要である。そのため、これらを考慮した配穴も必要であると考え。以上のことから今後の課題として、視覚機能に影響を及ぼす鍼刺激以外にも、コンディションの維持を目的とする鍼刺激、競技種目に合わせた鍼刺激を考慮した配穴を構築し、スポーツビジョンに対する鍼の効果に関する検討を行う必要があると考えた。

V. 結語

スポーツビジョンに対する鍼刺激を構築するために、その基礎研究として運動習慣を有する健康成人男性を対象に、トレッドミルによる運動負荷が視覚機能に及ぼす影響とそれに対する鍼刺激の効果を検討し、以下の結果を得た。

1. トレッドミルによる運動負荷は、静止視力と動体視力を有意に低下させ、視覚探索反応時間を有意に延長させると共に身体的疲労感を有意に増加させた。また、フリッカー値を有意に増加させた。
2. 鍼刺激は、運動負荷による静止視力と動体視力の低下を有意に抑制し、身体的疲労感の増加を有意に抑制した。しかしながら鍼刺激は、視覚探索反応時間とフリッカー値に有意な変化を与えるものではなかった。

これらの結果から、トレッドミルは視覚機能を低下させるための運動負荷として有用な方法であることが示された。鍼は運動による視力低下予防に有用な方法の一つであることが示唆された。しながら、その作用機序として、眼と手の共同運動のような高次機能（視覚機能+認知+運動機能）に対する鍼の効果およびアプローチについてはさらなる検討が必要であると考えられた。

謝辞：稿を終えるにあたり、終始多大なるご指導を賜りました明治国際医療大学鍼灸学部保健・老年鍼灸学講座教授 片山憲史先生に深謝いたします。また、多大なる御指導を賜りました同講座の特任教授 矢野忠先生に深謝いたします。また研究の遂行に御助言いただきました助教 木村啓作先生、助教 山崎翼先生に心より感謝いたします。最後に実験に御協力を賜りました被験者の皆様に感謝いたします。

文献

1. 石垣尚男, 真下一策, 遠藤文夫: トップレベルのスポーツ選手の視覚機能と競技力の関係. 愛知工業大学研究報告, 27: 43-47, 1992.
2. 枝川宏, 原直人, 川原貴ら: スポーツ選手の目に関する意識と視機能. 臨眼, 60(8): 1409-1412, 2006.
3. 小森康加, 榎本至, 前田明ら: 水球選手における競技中の視力矯正方法に関する研究 コンタクトレンズ使用からみた年代別比較. 体力科学, 56(1): 105-114, 2007.
4. 村上博巳, 山本武司, 増田洋: 大学バレーボール選手のスポーツビジョンに関する研究: 性差と貢献度. 奈良女子大学スポーツ科学研究, 16: 41-45, 2014.
5. 枝川宏, 原直人, 河原貴: スポーツ選手の眼に関する意識と視機能. 臨眼, 60(8): 1409-1412, 2006.
6. 真下一策, 石垣尚男, 遠藤文夫: オートバイレーサーと競艇のスポーツビジョン検査. 日臨スポーツ医会誌, 9(1): 97-103, 2001.
7. 石垣尚男: スポーツビジョンの紹介. 日視能訓練士協誌, 43: 21-27, 2014.
8. 増山光洋: バレーボール選手におけるスポーツビジョン能力の検討: Vリーグと大学生選手の比較育英短期大学研究紀遊要, 23, 45-53, 2006.
9. 和田優, 米田悠, 石垣尚男: ジュニアテニス選手の視機能と球技能力に関する研究. 舞鶴工業高等専門学校, 42: 26-32, 2007.
10. 松崎秀隆, 吉里聡, 潮井川修一ら: 大学バレーボール選手におけるスポーツビジョントレーニング効果. 柳川リハビリテーション学院・福岡国際医療福祉学院紀要, 7: 14-21, 2011.
11. 清水安夫, 煙山千尋, 尼崎光洋: スポーツ競技者の視覚認知とパフォーマンスとの関係—バドミントン選手の動体視力とパフォーマンス 変数と指標と検討—. 桜美林論考. 自然科学・総合科学研究, 1(3): 81-95, 2010.
12. 真下一策: 2. スポーツビジョンの測定と評価. スポーツビジョン. スポーツビジョン研究会(編): SPORTS VISION スポーツのための視覚学, ナップ, 東京, pp 55-76, 1997.
13. 中村尚広: 視覚トレーニングの実際—理学療法への活用の観点も含めて—. 理学療法, 30(7): 791-801, 2013.
14. 本多正史, 石崎太一, 黒田素央: 鯉節だし継続摂取による眼精疲労改善効果. 日食科工誌, 53(6): 443-446, 2006.
15. 若菜宣昭, 中林敦代, 本間和宏ら: ブルーベリーの眼機能改善効果. 日健医会誌, 16(2): 44-48, 2007.
16. 近藤宏: 鍼通電が腰痛を有するスポーツ選手の体幹周囲筋の筋活動に及ぼす影響. 筑波技術大学テクノレポート, 21(1): 85-89, 2013.
17. 福田博之, 小俣浩, 菊池友和ら: 本邦におけるスポーツ領域での鍼治療に関する文献的検討 競技現場での円皮鍼の有用性について. 現代鍼灸学, 14(1): 3-8, 2014.
18. 宮本裕子, 梶田雅義, 工藤昌之ら: 球技スポーツ時における1日使い捨てソフトコンタクトレンズ(レンズセンタリング). 眼科, 57(3): 293-302, 2015.
19. Fujiya H, Yatabe K, Yui N, et al.: Effect of Sports Glasses Lens Color on Static and Kinetic Visual Acuity. 日臨生理会誌, 44(3): 113-117, 2014.
20. 黒田真二, 三浦隆行, 清水卓也: アメリカンフットボールにおける外傷発生とスポーツビジョンとの関係. 日臨スポーツ医会誌, 12(3): 488-494, 2004.
21. 真下一策, 石垣尚男, 枝川宏ら: スポーツビジョンの利用方法—スポーツ現場へのフィードバック—. 臨スポーツ医, 14(8): 921-924, 1997.
22. 山本裕太, 林知也, 吉田行宏ら: 運動負荷によって生じるスポーツビジョンに対する鍼刺激の効果. 明治国際医療大学誌, 11: 1-7, 2014.
23. 有安正規, 足立和考, 内田冴子: 事象関連電位と酸化ストレスマーカーによる眼疲労の検討. 眼臨紀, 4(12): 1147-1154, 2011.
24. 有安正規, 足立和考: 事象関連電位と ATMT

- による眼疲労の検討. あたらしい眼科, 27(10): 1459-1465, 2010.
25. 日本疲労学会: 抗疲労臨床評価ガイドライン 日常生活により問題となる疲労に対する抗疲労製品の効果に関する臨床評価ガイドライン. 1-13, 2011.
 26. 坂東武彦: II-2 神経機構. 勝木保次(編): 感覚の生理学 「生理学大系 VI」, 医学書院, 東京, pp 35-45, 1967.
 27. 上田哲生, 池田仁英, 松浦豊明ら: 散瞳による横方向動体視力と縦方向動体視力の変化. 眼臨紀, 3(11): 1133-1135, 2010.
 28. Simonson E, Enzer N: Measurement of fusion frequency of flicker as a test for fatigue of the central nervous system. *J Ind Hyg Toxicol*, 23, 83-89, 1941.
 29. 大島正光: 疲労の研究, フリッカー値の意味. 同文書院, 東京, pp 40-43, 1979.
 30. Watanabe Y: Effect of 15-minute bicycle work load on static and kinetic visual acuities. *J. Sports Med Physical Fitness*, 23: 373-381, 1983.
 31. 西田章通, 中村辰三, 安藤文紀: VDT作業による眼精疲労に対する鍼刺激一眼の調節機能低下に及ぼす影響について一. 臨眼, 42(6): 712-716, 1988.
 32. 大山良樹, 佐々木和郎, 中村辰三: 鍼通電刺激が瞳孔の自律神経機能に及ぼす影響. 全日鍼灸会誌, 45(4): 258-262, 1995.
 33. 奥田一道, 山田潤, 佐々木和郎ら: 上晴明穴への置鍼術による視力上昇とその機序. 眼臨医報, 100(5): 323-326, 2006.
 34. 森和彦, 河嶋昭彦, 片桐ルミら: 鍼刺激に対する局所血流動態変化のレーザードップラー眼底血流計を用いた検討. 臨眼, 51(6): 1037-1040, 1997.
 35. 水上まゆみ, 矢野忠, 山田潤: 光明穴鍼刺激の眼循環動態に及ぼす影響. 日温物理医学会誌, 68(4): 231-240, 2005.
 36. 水上まゆみ, 矢野忠, 山田潤: 下腿外側鍼刺激の眼循環動態に及ぼす影響一外丘穴. 光明穴. 陽輔穴. 非経穴の比較検討一. 日温物理医学会誌, 69(3): 201-212, 2006.
 37. 成瀬繁太, 森和彦, 栗原麻奈ら: 手背部経穴刺激による網脈絡膜小循環動態変化. 日本眼科学会誌, 104(10): 717-723, 2000.
 38. 渡辺郁緒, 新美勝彦: I総論 イラスト眼科第7版, 文光堂, 東京, pp 1-142, 2008.
 39. マティーン F. H, ティモンズ M. J, マッキンリ M. P: 第13-16章 神経系, カラー人体解剖学一構造と機能: ミクロからマクロまで一, 西村書店, 兵庫, 261-346, 2003.
 40. 宇治幸隆: 9. 視神経. 大野重昭, 澤充, 木下茂(編): 標準眼科学 第9版. 医学書院. 東京, pp 141-149, 2013.
 41. 加賀谷淳子: 13章 無酸素性運動と有酸素性運動. 中野昭一(編): スポーツ医科学. 杏林書院, 東京, pp 241-266, 1999.
 42. Lovlin R, Cottle W, Pyke I, et al.: Are indices of free radical damage related to exercise intensity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(3): 313-316, 1987.
 43. 田中喜秀, 脇田慎一: ストレスと疲労とバイオマーカー. 日本薬理学会誌雑誌, 137(4): 185-188, 2011.
 44. 堀之内貴一, 林知也, 木村啓作ら: 鍼通電刺激が反復運動誘発性酸化ストレスに及ぼす影響. 全日鍼灸会誌, 62(1): 38-46, 2012.
 45. 近藤宏, 藤本英樹, 櫻庭陽ら: マラソンにおける酸化ストレスと疲労に対する鍼刺激の影響二重盲検比較試験による検討. 全日鍼灸会誌, 62(1): 55-62, 2012.
 46. 藤本英樹, 片山憲史, 矢野忠ら: 運動誘発性酸化ストレスに対する鍼通電刺激の影響. 全日鍼灸会誌, 58(2): 203-212, 2008.
 47. 古屋英治, 金子泰久, 小川裕雄ら: 国体セーリング選手のコンディション調整に対する鍼治療の検討. 全日鍼灸会誌, 56(2): 166-174, 2006.

The basic study of effects of acupuncture on sports vision in healthy volunteers taking regular exercise

Kengo Shiota

Meiji University of Integrative Medicine, Acupuncture Studies Doctoral Program

Abstract

Aim: Visual function (Sports vision) is very important for athletes. The aim of this study was to investigate effects of acupuncture stimulation on visual functions influenced by exercise stress.

Method: The subject was 20 healthy volunteers taking regular exercise. Treadmill was used as exercise stress. The static visual acuity (SVA), dynamic visual acuity (DVA), reaction time for visual search (RTVS), and critical flicker frequency (CFF) were used for evaluation of the visual functions. The visual analog scale (VAS) was used to evaluate the feeling of physical exhaustion (FPE). These evaluations were conducted before, immediately after, and 15 min after the exercise stress, respectively. Acupuncture stimulation was to retain needles inserted into the bilateral EX-HN5, LI4, and GB37 for 10 minutes immediately before exercise stress.

Result: The exercise stress significantly depressed the SVA, DVA, and RTVS, but significantly increased the CFF and FPE ($P < 0.001$ each). Acupuncture stimulation prevented the depression of the SVA and DVA, and the increase in FPE ($P < 0.01$ each), however did not influence the RTVS and CFF ($P > 0.05$ each).

Conclusion: These results suggest that acupuncture stimulation is effective for prevention of the depressions induced by exercise stress. The further study is necessary to examine the effects and approaches of acupuncture on high-order visual functions such as RTVS.