

ヘッドマウント型ディスプレイを用いた競泳選手の内的映像視聴が 泳パフォーマンスに及ぼす効果

林 享¹⁾, 草薙健太²⁾, 水上拓也³⁾, 松井 健⁴⁾

¹⁾東海学園大学,

²⁾中京大学,

³⁾中京大学大学院体育学研究科,

⁴⁾追手門学院大学

キーワード: 競泳選手, ヘッドマウント型ディスプレイ, 液晶ディスプレイ, 血中乳酸濃度, 心拍数

【要 旨】

本研究の目的は, 競泳選手における自由形泳内的映像(視線の映像)がヘッドマウント型ディスプレイ(HMD)と液晶モニター(LCD)の 2 つのデバイスで視聴した際にどちらが有効であるか, 生理応答と視聴後のパフォーマンスより比較検討することであった. 本実験には男性競泳選手 11 名が参加した. 被験者は HMD を用いての内的映像の視聴(HMD 条件), LCD で視聴(LCD 条件)および内的映像を視聴しない Control を試行し, それぞれの視聴直後に 100m 全力自由形泳を行った. 測定項目は, 100m 自由形泳タイム, 血中乳酸濃度, 心拍数であった. 実験の結果, 100m 自由形泳タイムは HMD 条件が LCD 条件や Control に比べて有意に速く($p<0.01$), ピーク血中乳酸濃度値においても HMD 条件が Control に比べて有意に高かった($p<0.01$). 内的映像視聴中における平均心拍数は HMD 条件が Control に比べて有意に高く($p<0.05$), 映像視聴に伴う血中乳酸濃度の変化においても, HMD 条件が内的映像視聴後に有意に増加した($p<0.05$). 以上の結果から, 100m 自由形泳は HMD を用いて内的映像を視聴することによってタイムが速くなり, ピーク血中乳酸濃度値が上昇することが明らかになった. また, HMD 内的映像を視聴するだけで平均心拍数が上昇し, 血中乳酸濃度値も上昇することが明らかとなった.

スポーツパフォーマンス研究, 10, 114-126, 2018 年, 受付日: 2017 年 12 月 19 日, 受理日: 2018 年 6 月 14 日

責任著者: 林 享 東海学園大学 470-0207 みよし市福谷町西ノ洞 21-233 hayashia@tokaigakuen-u.ac.jp

* * * *

Effects on the swimming performance of competitive swimmers of viewing a head-mounted display and a liquid-crystal display

Akira Hayashi¹⁾, Kenta Kusanagi²⁾, Takuya Mizukami³⁾, Takeshi Matsui⁴⁾

¹⁾Tokai Gakuen University

²⁾Chukyo University

³⁾ Graduate School, Chukyo University

⁴⁾ Otomon Gakuin University

Key words: competitive swimmers, head-mounted display, liquid-crystal display, blood lactate concentration, heart rate

【Abstract】

The purpose of the present study was to compare effectiveness of a head-mounted display (HMD) and a liquid-crystal display (LCD) viewed" (internal video footage) by competitive freestyle swimmers, by assessing the swimmers' performance in the 100-meter swim and their physiological responses. The participants were eleven male competitive swimmers. Effects of three conditions (head-mounted display, liquid-crystal display, and no-display-assistance (control)) were compared. Each condition was followed by a 100-m freestyle all-out swim. The measures included 100-m freestyle time, blood lactate concentration, and heart rate. The results indicated that the 100-m freestyle time of the swimmers in the head-mounted display condition was significantly faster than that of the swimmers in the liquid-crystal display and control conditions ($p < 0.01$). The swimmers in the head-mounted display condition also showed a significantly higher peak blood lactate concentration ($p < 0.01$). The mean heart rate of the swimmers in the head-mounted display condition while viewing the images was also significantly higher ($p < 0.05$). Moreover, the blood lactate concentration of the swimmers in the head-mounted display condition increased significantly after viewing the images, compared to that of the swimmers in the other conditions ($p < 0.05$). The swimmers' viewing images with the head-mounted display was associated with improvement in their 100-m freestyle time and also increased peak blood lactate concentration after swimming. The head-mounted display by itself was associated with an increase in the swimmers' mean heart rate while viewing the images and their blood lactate concentration after viewing.

I. 緒言

スポーツ選手の競技力向上を目的として、体力や技術のトレーニングに加えて、精神面のトレーニングであるイメージトレーニングが注目されている。イメージを行う上で必要な能力は、イメージの鮮明性に関する能力、およびイメージの見方(内的イメージ・外的イメージ)である。これまで、スポーツ心理学領域においては内的および外的イメージのどちらが有効であるかの議論が盛んになされてきた。そのような中、内的イメージを「筋感覚的アプローチ」、外的イメージを「視覚的アプローチ」と位置付け、内的イメージの方が相対的にパフォーマンスレベルの向上に有効であることが報告されている(Epstein, 1980; Harris & Robinson, 1986)。また、競泳選手の内的イメージは、実際の練習によって得られる運動感覚をイメージとして円滑に想起できることが示されている(伊藤, 1980)。実際に、優秀な選手は、そうでない選手より内的イメージを利用し、身体の筋運動感覚を伴う具体的な動作をイメージしていることが明らかになっている(Hall & Erffmeyer, 1983; Hall et al., 1990; Mahoney & Avenier, 1977; Rotella, et al., 1980)。特に, Glisky, et al(1996), Harris & Bobinson, (1986)および林ら(2001)は内的イメージを想起している時の筋の活動電位を報告しており、内的イメージの際の筋運動感覚イメージが筋活動電位をもたらすことを明らかにしている。以上のことから、内的イメージは、視覚的情報とともに筋運動感覚への影響をもたらすイメージであるといえる。しかし、これまでのイメージトレーニングに関する研究においては、諸研究間で効果における違いがあり、時には効果が認められない場合もある(Fansler et al., 1985; Yadolazadeh et al., 2011)。その理由の一つとして、イメージの鮮明性およびイメージの見方における個人の能力の違いがあると考えられる。つまり、頭の中でイメージを鮮明に描くことができる選手ほど、大脳皮質の運動関連領域を賦活させる(堀内ら, 2016; 松田ら, 2011)ことができると考えられ、このイメージ能力の違いがイメージトレーニングの効果に影響を及ぼしていると推察できる。しかし、被験者が実際に想起している主観的なイメージや体験を直接測り、その鮮明性の度合を把握することは困難である。

そのような中、従来のイメージトレーニングと同様な選手のイメージ想起を鮮明かつ主観的な実際の映像によって促す、没入型シミュレーターが用いられるようになった。このシミュレーターでは、体験者自身の視線の映像(内的映像)を大型モニターで視聴することで、実際に運動を行っているような感覚を得ることができる。この没入型シミュレーターを利用することで、鮮明な視覚および聴覚情報からトレーニング環境を再現することが可能であると考えられ、実際にスポーツが行われる環境や期間が限定されるマリンスポーツやウィンタースポーツなどの大掛かりな設備を必要とする種目では、その効果が期待されている(Huffma & Hubbard, 1996; Kelly & Hubbard, 2000; 宮尾ほか, 2002; 萩野ほか, 2006)。本研究で対象とする競泳も同様なスポーツの一つであり、プール設備に限られた水の中でのパフォーマンスとなるため、実際にトレーニングができる場所と時期は限定されている。そのため、競泳競技においても、簡易的にトレーニング現場で活用できる没入型シミュレーターのデバイスが必要であると考えられる。そこで、本研究では大型モニターを視聴しているような没入感を得ることができるヘッドマウント型ディスプレイ(HMD)に注目した。HMDを用いて内的映像を視聴することは泳いでいるような感覚を得ることができるため、通常の液晶ディスプレイ(LCD; liquid crystal display)の視聴との比較において、その後の泳パフォーマンスの改善をもたらすことが予想される。近年では、心理的要因が生理応答に及ぼす影響も報告されており、特に、血中乳酸濃度および心拍数に影響があることが明らかとなっている

(Harkins et al., 1992; Hoshikawa & Yamamoto, 1998; Morgan, 1985; Williamson et al., 2001). 視聴ディスプレイの違いは、映像による臨場感や没入感の差、すなわち心理的影響をもたらし、結果として生理応答に影響すると考えられる。

以上のことから、本研究の目的は、競泳選手における自由形泳内の映像が HMD と LCD の 2 つのデバイスで視聴した際にどちらが有効であるか、生理応答と視聴後のパフォーマンスより比較検討することであった。

II. 方法

1. 被験者

本研究に参加した被験者は、日常的に競泳競技の短・中距離の専門的トレーニングを行っている鍛錬された男子学生 11 名 (年齢, 20.9 ± 1.8 歳; 身長, 169.1 ± 5.8 cm; 体重, 58.0 ± 5.2 kg; 100m 自由形自己ベスト, 54.4 ± 2.3 秒) とした。

2. 研究倫理

本実験は東海学園大学倫理委員会の承認を得て行った。各被験者に文章を用いて実験内容および予想される苦痛や危険性などを説明した。特に、井野 (2001) の報告に従い、音声と映像のズレから起きる VR 酔いで気分が悪くなった場合には、直ちに実験を中止すると伝えた。説明後に各被験者から実験参加への同意書を取得した。

3. HMD 内的映像および LCD 内的映像装置の構成

本研究における内的映像の視聴は、HMD (サンコー社製, EYE THEATER FHDWRK5H) と LCD (Panasonic 社製, CF-SX1) を用いた二つの試行で行った。HMD を用いた試行においては、パーソナルコンピュータ (PC) LCD に映しだされた内的映像を HDMI ケーブル経由で出力し、HMD 内に映し出して視聴を行った。HMD 内のモニターの表示解像度は、 1280×800 dpi とし、映像の再生には Windows Media Player アプリケーション (マイクロソフト社) を使用した。また、音声においては、ノイズキャンセル機能付きヘッドホン (Bose 社製, 35 WLSS SLV) を被験者は着用し、マッサージベット上に伏臥位姿勢で 100m 自由形全力泳の内的映像を 5 回繰り返し視聴した (約 5 分間)。また、LCD 試行においては、PC の LCD による視聴を行った。HMD 試行と同様に表示解析度は 1280×800 dpi とし、同じアプリケーションで再生した。ヘッドホンの着用と視聴時の姿勢は HMD 試行と同一の条件とし、同様に 100m 自由形全力泳の内的映像を 5 回繰り返して視聴した。なお、二つの試行における画面の大きさを同等にして視聴するため、LCD から目の位置までの距離を約 40cm とした。HMD を用いた内的映像装置の実験風景は図 1 に示した。また、LCD のみの視聴風景を図 2 に示した。



図 1. HMD 内的映像実験風景



図 2. LCD 内的映像実験風景

また、各視聴条件の実験に先立って、内的映像の視聴で使用する被験者 11 名の自由形泳の映像撮影を行った。その際に使用した小型防水ビデオカメラ(Panasonic 社製, HX-A1H-K)の装着写真を図 3 に示した。内的映像の撮影は、以下の(1)から(4)の手順で行った。なお、100m 自由形泳の内的映像の撮影は、被験者の視聴時に好影響を与えられるよう、日にちを変え撮影を 4 回行い、最高タイムで泳いだ時の内的映像を採用した(平均 100m 自由形泳タイム: 56.15 ± 3.54)。

- (1) 被験者は、小型防水ビデオカメラを頭部に装着し、スマートフォンにダウンロードされたアプリケーション(Panasonic Image App)によりズームの倍率や録画等の操作を行った。
- (2) 小型防水ビデオカメラで撮影された映像の中心が被験者の焦点に合うようにカメラ位置を調整した。具体的には、陸上にて、被験者が直立姿勢の状態で 2 メートル離れたマーカーに焦点が合うように調節を行った。
- (3) 被験者は、100m の全力自由形泳を行い、その際の内的映像を撮影した。
- (4) 撮影後、被験者に対し、自由形泳中の視線の映像を視聴させ、実際の視覚ビジョンとの違いがないか確認を行った。違いがあれば、再度(1)から(4)の手順を繰り返して撮影を行った。



図 3. 小型防水ビデオカメラ装着写真

4. HMD 内的映像および LCD 内的映像視聴の実験手順

実験は T 大学の 25m 室内プールで行った。室内プールにおけるコンディションは、室温、湿度および水温で実験日に大きな違いがないように行った（室温： 31.3 ± 0.5 度，湿度 60.5 ± 3.4 ，水温 $\pm 29.0 \pm 0.2$ ）。また，被験者には各試行を行う前に，体調およびコンディションのチェックを行った。被験者は各条件で映像を視聴した直後，100m 全力自由形泳を行った。前述したように，視聴条件は 2 条件とし，各被験者の泳いでいる際の視線映像を HMD で視聴する条件（HMD 条件）および同様の内的映像を LCD で視聴する条件（LCD 条件）の 2 種類とした。また，Control は，映像を視聴せずに同じ姿勢を保つ条件とした。本実験は日にちを変えて，試行を 3 回に分けてランダムに実施した。被験者は 3 日以上空けて各実験に参加した。また，実験を行う前 24 時間以内のトレーニングおよび激しい運動は行わず，全力泳前のウォーミングアップも行わなかった。なお，実験のバイアスの回避のため，被験者には事前の実験説明会において実験方法および危険性事項については伝えたが，実験の予想される効果については説明を行わず，全ての試行において全力で 100m 自由形を行うように伝えた。

各内的映像視聴の手順については図 4 に示したとおりである。被験者が室内プールに集合後，心拍数が上がらない程度でストレッチを行わせた。その後，マッサージベット上に伏臥位姿勢にて血中乳酸濃度および心拍数の安静値の測定（測定 1）を行った。なお，安静値における血中乳酸濃度値のベースラインは 2.0 mmol/l 以下とした。次に，HMD 条件におけるゴーグル内ディスプレイの視聴または LCD 条件の LCD 視聴を伏臥位姿勢で約 5 分間行った。Control を含め，3 条件をランダムに，日を変えて実施した。なお，Control については映像の視聴を行わず，マッサージベット上に伏臥位姿勢で 5 分間安静状態を保つのみとした。各条件を遂行した後，直ちに血中乳酸濃度および心拍数の測定（測定 2）を行った。そして，水泳用ゴーグルおよびスイミングキャップを装着し 100m 全力自由形泳を行った。なお，水着については，各被験者のレース用水着を着用して行った。また，ピーク血中乳酸濃度を定めるための血中乳酸濃度の測定は，全力泳の直後（測定 3），3 分後（測定 4），5 分後（測定 5）および 10 分後（測定 6）に行った。

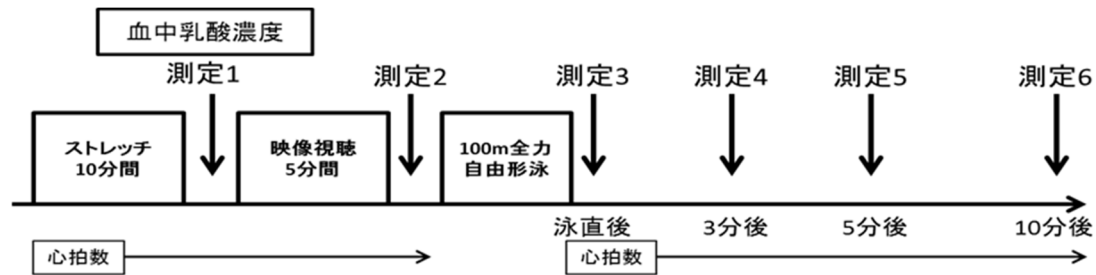


図 4. 実験プロトコルの模式図

5. 測定項目および用具について

測定項目は、100m 全力自由形泳の泳タイム、血中乳酸濃度および心拍数の 3 種類であった。泳タイムはビデオカメラ(ソニー社製, CX470)で撮影された映像を PC ソフト(Dartfish 社製, Dartfish Soft 7.0)のタイムカウンターを用いて計測した。血中乳酸濃度は簡易血中乳酸測定器(ARKRAY 社製, ラクテートプロ 2・ラクテートプロセンサー)および BD ウルトラファインランセット(ガンマ線滅菌・ディスプレイ採血針)を使用し測定した。なお、血中乳酸濃度の測定は、被験者自身で採血を行い、被験者および検者は事前に医師の指導を受けた。また、心拍数はハートレートモニター(POLAR 社製, V800)を用いて 100m 全力自由形泳時以外は連続的に測定を行った。また、実験終了後において被験者は、各条件における内的視聴後の 100m 全力自由形泳の感想をアンケート用紙に記述した。

6. 統計処理

測定値は平均値±標準偏差で示した。各測定項目における HMD 条件, LCD 条件および Control の平均値の比較は、繰り返しのある一元配置分散分析を用いて行った。等分散性の確認ができた 100m 自由形泳タイムおよび血中乳酸濃度について Bonferoni 法による多重比較検定を実施した。また、視聴効果による血中乳酸濃度変化量の検定には、HMD 条件または LCD 条件の平均値にそれぞれ Control 条件を加え、繰り返しのある二元配置分散分析法(条件×視聴前後)を用い、各条件と視聴前後の変化量の差を Wilcoxon のノンパラメトリック検定を用いて比較した。全ての測定データは Shapiro-Wilk 検定(解析ソフト IBM SPSS Statistics 24)を用いて正規性の適合度を確認した。

III. 結果

1. 泳タイムおよび血中乳酸濃度

各条件における 100m 全力自由形泳の平均タイムは HMD 条件で 55.49 ± 2.61 秒, LCD 条件で 56.23 ± 2.53 秒および Control では 56.49 ± 2.54 秒であった(図 5)。また、ピーク血中乳酸濃度の値は HMD 条件で 16.02 ± 2.84 mmol/l, LCD 条件で 14.68 ± 2.23 mmol/l および Control では 13.75 ± 1.96 mmol/l であった(図 6)。統計分析の結果、100m 自由形泳タイムは HMD 条件が LCD 条件および Control に比べて有意に速かった($p < 0.01$)。一方、LCD 条件と Control の間には有意差はなかった。ピーク血中乳酸濃度の値は HMD 条件が Control に比べて有意に高かった($p < 0.01$)。しかし、HMD 条件と LCD 条件の間、および LCD 条件と Control の間には有意な差は見られなかった。

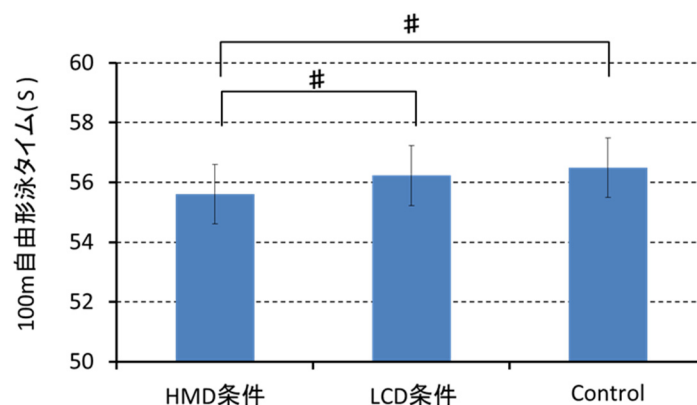


図 5. 各条件における泳タイムの比較(#:p<0.01)

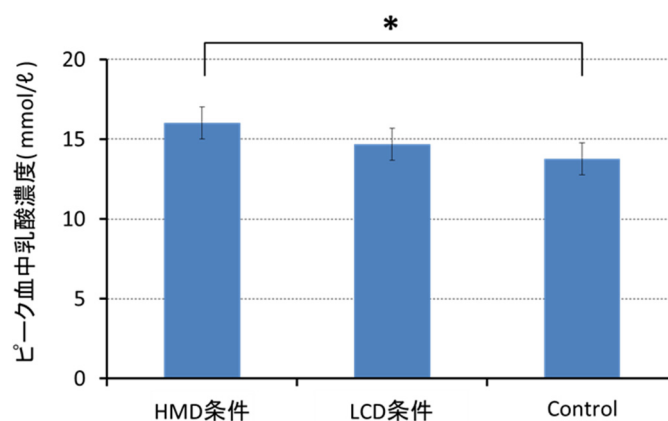


図 6. 各条件における全力泳後のピーク血中乳酸濃度の比較(*:p<0.05)

2. 映像視聴による血中乳酸度の変化量

統計分析の結果, HMD 条件および LCD 条件における視聴前後の血中乳酸濃度の平均変化量は HMD 条件で 0.78 ± 1.03 mmol/l, LCD 条件で 0.25 ± 0.48 mmol/l および Control では 0.03 ± 0.14 mmol/l であった(図 7). LCD 条件と Control 条件の交互作用は見とれなかったものの HMD 条件と Control 条件の交互作用は認められた($p < 0.05$). HMD 条件による血中乳酸濃度変化量は, コントロール条件より有意に高値を示した. 一方, LCD 条件と Control 条件には有意な差が認められなかった.

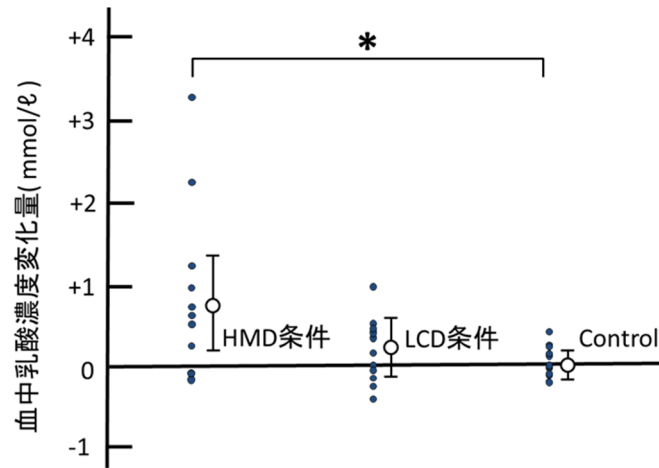


図 7. 各条件における映像視聴前後の血中乳酸濃度の変化量 (*:p<0.05)

3. 各条件における映像視聴の平均心拍数

HMD 条件および LCD 条件における視聴中の平均心拍数は HMD 条件で 68.9 ± 7.4 bpm, LCD 条件で 57.3 ± 5.5 bpm および Control では 57.1 ± 5.4 bpm であった(図 8). 統計分析の結果, 映像視聴中の平均心拍数は HMD 条件が LCD 条件および Control に比べ有意に高かった(p<0.01). 一方, LCD 条件と Control の間には有意な違いはなかった.

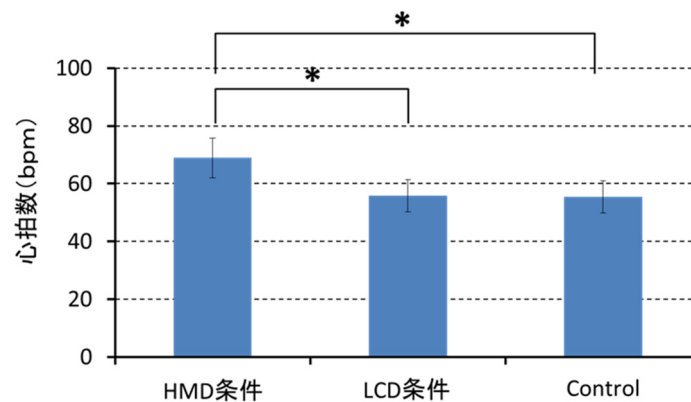


図 8. 各条件における平均心拍数の比較 (*:p<0.05)

IV. 考察

本研究の目的は, 競泳選手における自由形泳内の映像が HMD と LCD の 2 つのデバイスで視聴した際にどちらが有効であるか, 生理応答と視聴後のパフォーマンスより比較検討することであった. その結果, LCD より HMD を用いて内的映像を視聴することで 100m 自由形泳タイムが速くなることが明らかになった. また, HMD を用いることで内的映像視聴中の平均心拍数は LCD 視聴時より高くなり, 視聴後に血中乳酸濃度が有意に上昇することも明らかになった.

ここで検討すべきことは, 内的映像の視聴において HMD は LCD よりも高い没入感をもたらし, 生理的指標に影響を与えたということである. Meehan et al.(2002)は複数の仮想環境における臨場感の違

いを被験者に与えながら心拍数の測定を行った。その結果、臨場感の低い仮想環境群に比べて臨場感の高い仮想環境群の心拍数が有意に高くなったことを報告している。本研究においても、実験後の被験者へのアンケートにおいて「視野周辺が暗いHMD内のモニターで視聴することで、視野周辺の情報が入るLCDの視聴環境よりも映像に集中できた」といったコメントがあり、実際に泳いでいる感覚が引き起こされ、臨場感が高まったと考える。この臨場感の高まりから心理的な影響が生じ、その結果として心拍数の増加から交感神経活動が賦活されたことが推察される。また、Kubera et al. (2012) は人前でスピーチを行う社会的ストレスを与えながら、被験者の血中乳酸濃度値およびカテコールアミンの測定を行った。その結果、ストレスのないControl群に比べてストレス環境群(スピーチを行った群)で血中乳酸濃度値が有意に高くなることを報告している。加えて、カテコールアミンおよびACTH(副腎皮質刺激ホルモン)も、ストレス環境群の方がControl群に比べて有意に高くなることを報告している。また、長谷川ら(2011)、飯塚ら(1998)、村岡ら(1984)、Smith & Nutt (1996)によって、交感神経活動の賦活による心拍数の増加およびカテコールアミンの分泌が、興奮作用と密接な関連することが報告されている。本研究においても、LCDを視聴するより臨場感のあるHMDで視聴することで、カテコールアミンの分泌が促進され、適度な興奮作用になりパフォーマンスが向上し、さらにエネルギー供給機構の解糖系の利用が促進されて血中乳酸濃度が増加したことが考えられる。しかし、本研究ではカテコールアミン濃度の測定を行っていないため、臨場感からの心理的影響とカテコールアミンとの関連は今後の研究による実証が待たれるところである。

また、Hashimoto et al. (2010) は、実際の運動と比較して、運動イメージ中の脳波(EEG)と前脛骨筋の筋活動電位(EMG)の関係を調べた。その結果、脳波の波形値と筋活動電位の波形値においては、交互作用分析による有意な相関があったと報告している。また、Hashimoto et al. (2010) は運動イメージ中の脳活動においては、実際の運動時と同様なレベルであることを脳波によって示しており、運動イメージが脳に及ぼす刺激が十分なものであることが推察できる。しかし、イメージすることによって生じる筋活動電位においては、個人差が顕著であり、実際の動作時の波形に比べれば非常に小さなものである。そのためイメージ中の筋活動は乳酸が産生されるほど大きなものではないと推測できる。一方、本研究においては、単なるイメージ想起ではなく、ディスプレイ視聴に伴う視覚および聴覚からの情報入力によって、より鮮明な主観的イメージを描くことができる条件設定とした。HMD条件は、LCD条件に比べて心拍数の増加が顕著であったことから、中枢神経系からの自律性遠心性線維を介した心臓への情報伝達が活発に行われていたことが推察できる。本研究では、筋電図の計測を行っていないため、中枢神経系からの運動性遠心性線維を介した骨格筋への情報伝達については、状況を把握できていない。しかし、視聴中にびくつきが観察された被験者がいたため、運動性経路での情報伝達と骨格筋の活動がHMDでの視聴によって起きていた可能性もある。内的映像の視聴と脳波および筋活動電位の関連においては、今後の研究による検証が必要であると考えられる。

Hashimoto et al. (2010) は、運動のイメージ想起と実際の運動は共通の機能的ニューラルネットワークを用いていると推察している。このことから、イメージ想起は、脳から末端の骨格筋までの神経伝達機能を実際の場面と同様に働かせることができ、選手が用いる有用なトレーニング手法になると考えられる。特に、HMDデバイスによる内的映像の視聴は、没入感を高めることができ、生理学的な変化をもたらすことができるため、より効果的であると判断できる。さらに、HMDデバイスによる内的映像視聴後の

パフォーマンスが他の条件に比べて高いことから、試合時のウォーミングアップ手法としても活用できることが明らかとなった。競技開始直前まで視聴して、イメージを高め、生理学的な機能も高めておくことができる有用な手法として、実際の試合現場における活用とその効果が期待される。

V. まとめ

本研究の目的は、競泳選手における自由形泳内の映像が HMD と LCD の 2 つのデバイスで視聴した際どちらが有効か、視聴後の生理応答とパフォーマンスより比較検討することであった。

統計分析の結果、100m 自由形泳の泳タイムは HMD 条件が LCD 条件と Control に比べて有意に速く、ピーク血中乳酸濃度の値においても HMD 条件が LCD 条件と Control に比べて有意に高かった。また、内的映像視聴中の平均心拍数は HMD 条件が LCD 条件と Control に比べて有意に高く、内的映像視聴後の血中乳酸濃度においては、HMD 条件でのみ安静値からの有意な上昇が認められた。

以上の結果から、100m 自由形泳の泳タイムが LCD 条件より HMD 条件で速くなった主な要因としては、内的映像視聴における平均心拍数の増加および内的映像視聴後の血中乳酸濃度の値の増加が考えられる。その理由として、HMD の映像は視野周辺が暗く映像に集中できることで、臨場感のある内的映像の視聴を可能とし、実際に泳んでいる感覚をもたらしめていることなどが推察できる。実際の泳感覚に近いことは、LCD 条件に比べて、心臓交感神経活動の賦活による心拍数の上昇と、カテコールアミンの増加によるエネルギー供給系の解糖系促進とそれに伴う血中乳酸濃度の増加を引き起こすと考えられる。また、HMD 視聴後にパフォーマンスレベルが向上したことから、LCD に比べて HMD 視聴によって高まった筋感覚的アプローチからウォーミングアップ効果があったと考えられる。

以上のことから、著者らは、水泳競技における試合や練習の前に PC モニターやタブレットなどを用いての視聴からイメージを行うより、臨場感が得られる HMD を用いて視聴することで、その後のパフォーマンスが向上すると水泳指導現場へ提言する。また、水泳競技会においてプールでのウォーミングアップができない場合、もしくは時間が経過してウォーミングアップ効果が減弱した場合でも、HMD を用いての内的映像を視聴することで陸上においてもウォーミングアップの代わりとして活用できると考えられる。また、本研究の結果からイメージや映像視聴によって、血中乳酸濃度値が上昇することが明らかになった。この結果は、今後のトレーニング現場におけるイメージトレーニングや映像視聴が血中乳酸濃度値との関係がその後のパフォーマンスへの効果への研究分野においても貢献できると考えられる。

【文献】

- ・ Epstein, M. (1980) The relationship of mental imagery and mental rehearsal on performance of a motor task. *Journal of Sport Psychology*, 2: 211-220.
- ・ Fansler, C. L., Poff, C. L., Shepard, K. F. (1985) Effects of mental practice on balance in elderly women. *Physical Therapy*. 65(9): 1332-1338.
- ・ Glisky, M. L., Williams, J.M., Kihlstrom, J. F. (1996) Internal and external mental imagery perspectives and performance on two tasks. *Journal of Sport Behavior*, 19(1): 3-18.

- ・ Hall, C. R., Rodgers, W. M. and Barr, K. A (1990) The use of imagery by athletes in selected sports. *The Sport Psychology*, 5: 343-346.
- ・ Hall, E. G. and Erffmeyer, E. S. (1983) The effect of visuo-motor behavior rehearsal with videotaped modeling on free throw accuracy of intercollegiate female basketball players. *Journal of Sport Psychology*, 5: 343-346.
- ・ Harkins, J. D., Kamerling, S. G., Church, G. (1992) Effect of competition on performance of thoroughbred racehorses. *Journal of Applied Physiology*. 72: 836-841.
- ・ Harris, D. V., and Robinson, W. J. (1986). The effect of skill level on EMG activity during internal or external imagery. *Journal of Sports Psychology*. 8: 105-111.
- ・ 長谷川弓子, 矢野円郁, 小山哲, 猪俣公宏 (2011) プレッシャー下のゴルフパッティングパフォーマンス: 不安の強度とパッティング距離の影響, *スポーツ心理学研究*, 38(2): 85-98.
- ・ Hashimoto, Y., Ushiba, J., Kimura, A., Liu, M., Tomita, T. (2010) Correlation between EEG-EMG coherence during isometric contraction and its imaginary execution. *Acta Neurobiologiae Experimentalis Journal*. 70(1): 76-85.
- ・ 林司佳子, 長谷川善輝, 矢作晋, 笠井達哉 (2001) 運動イメージによる運動誘発電位の出現動態: 剣道の鍛錬者と非鍛錬者の運動誘発電位 (MEP) による検討, *体育学研究*. 46: 47-59.
- ・ Hoshikawa, Y., and Yamamoto, Y. (1998). Mental stress test induced additional increase in physiological response during aerobic exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 30(Suppl): 119.
- ・ 堀内彩花, 櫻井武, 李虎奎, 米田隆志 (2016) 下肢リハビリテーション機器を用いた感覚フィードバック提示が感覚運動野の脳血流に与える影響. *バイオエンジニアリング講演会演習会論文集*, 29: 376-378.
- ・ Huffma, K., and Hubbard, M. (1996) A motion based virtual reality training simulator for bobsled drivers. *The Engineering of Sport (Balkema Rotterdam)*: 195-24.
- ・ 飯塚太郎, 星川佳広 (1998) 競走が持久力のパフォーマンスに及ぼす影響. *日本体育学会大会号*. 49: 245
- ・ 井野秀一 (2001) VR 刺激の生体への影響. *日本バイオメカニクス学会誌*. 25(2): 75-80.
- ・ 伊藤政展 (1980) 水泳技能の観察学習における能動的および受動的イメージ・リハーサルの効果に関するフィールド・リサーチ. *体育学研究*. 24 (4): 291-299.
- ・ Kelly, A., and Hubbard, M. (2000) Design and construction of a bobsled driver training simulator. *Sports Engineering*. 3: 13-24.
- ・ Kubera, B., Hubold, C., Otte, S., Lindenberg, A. S., Zeiss, I., Krause, R., Steinkamp, M., Klement, J., Entringer, S., Pellerin, L., Peters, A. (2012) Rise in plasma lactate concentrations with psychosocial stress: A possible sign of cerebral energy demand. *Obesity Facts*. 5: 384-392.
- ・ Mahoney, M. and Avenier, M. (1977) Psychology of the elite athlete: An explorative study. *Cognitive Therapy and Research*, 1: 135-141.

- ・ 村岡功, 吉田敬義, 吉野貴順, 玉木啓一 (1984) パフォーマンスおよび最大運動時の呼吸循環機能に及ぼす β -アドレナリン受容体遮断の影響, 体力科学, 33(6): 354.
- ・ 宮尾芳一, 青木博夫, 芳賀武, 小林光征 (2002) コンピュータグラフィックスを用いたリュージュ滑走訓練装置. スポーツ産業学研究. 12(2): 13-19.
- ・ 松田雅弘, 渡邊修, 来間弘展, 村上仁之, 渡邊壘, 妹尾淳史, 米本恭三 (2011) 非利き手による箸操作の運動時イメージ時, 模倣時の脳内機構の比較—機能的 MRI の検討—. 理学療法科学, 26(1): 117-122.
- ・ Meehan, M., Insko, B., Whitton, M., Frederick, B. P. (2002) Physiological measures of presence in stressful virtual Environments. ACM Transactions on Graphics. 21(3): 645-652.
- ・ Morgan, W. P. (1985) Psychogenic factors and exercise metabolism: a review. Medicine & Science in Sports & Exercise. 17: 309-316.
- ・ 萩野雅敏, 瀧剛志, 大塚勝也, 北島章雄, 宮崎真也, 長谷川純一 (2006) ボブスレー競技のための体感型トレーニングシミュレータの構築. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌. 11(4): 469-478.
- ・ Rotella, R. J., Gansneder, B., Ojala, D., Billing, J. (1980) Cognitions and coping strategies of elite skiers: An exploratory study of young developing athletes. Journal of Sport Psychology, 2: 109-125.
- ・ Smith A, & Nutt D (1996) Noradrenaline and attention lapses, Nature 380: 291.
- ・ Williamson, J. W., McColl, R., Mathews, D., Mitchell, J. H., Raven, P. B., Morgan, W. P. (2001) Hypnotic manipulation of effort sense during dynamic exercise: cardiovascular response and brain activation. Journal of Applied Physiology. 90: 1392-1399.
- ・ Yadolazadeh, A., Salehian, M. H., Karbalaie, M., Behaeen, B., Piruzfar, M., Khodaparast, M. (2011) The effect of mental practice as a practical supplementary on performance and learning of basketball free shot in male and female university students. Annals of Biological Research. 2(5): 8-5.