

バーチャルリアリティを伴った呼吸法が 心理・生理的な反応に及ぼす影響

深見将志*・高井秀明**・楠本恭久***

The Psychological and Physiological Effects of Breathing Exercise Accompanying Virtual Reality

Masashi FUKAMI*, Hideaki TAKAI**, and Yasuhisa KUSUMOTO***

The present study intended to examine the effect of breathing exercise in a stable room environment and also in a stable room with a virtual reality technology added to the breathing exercise. The university students' archery athletes were classified into 3 groups: i.e., Virtual Reality Mental Training Group, Mental Training Group and Control Group and they performed relaxation based on a respiratory method after having given TSST stress stimuli. We made comparison and examination of their emotional conditions and autonomic nerve activities during the session by using psychological and physiological indexes. As a result, we confirmed that the breathing exercise under a virtual reality environment increased a subjective level of activity, although it had obtained a relaxing effect by breathing exercises.

key words: the Trier Social Stress Test, two-dimensional mood scale, vitality, ECG R-R intervals

問題と目的

優れたスポーツ選手は、身体的に優れた能力を持っているだけではなく、試合状況を読む予測能力や的確な判断力、ここ一番での集中力などの優れた精神的能力を持っている。しかし、優れたスポーツ選手であったとしても、競技場面においてはさまざまな心理的プレッシャーを受け、その結果として緊張や不安、あきらめ、怒り、悲しみなどの情動が喚起されパフォーマンスが妨害されることがある。ス

ポーツ選手が競技場面に体験する情動の中で、最も頻繁に体験されるものが緊張であり、覚醒水準が高すぎる場合に喚起される。そのためスポーツ選手は、競技場面において実力を発揮するために覚醒水準をコントロールすることが重要な要素となる（猪俣, 1986; 下中, 2006; 鈴木, 2008)。スポーツ選手のなかには、高まった覚醒水準を最適な覚醒水準へ推移させるリラクゼーション技法として、呼吸法を用いている。それは、呼吸法が身体的リラクセスと精神的リラクセスを同時に行えるため、実用性の

* 日本体育大学大学院体育科学研究科

Graduate School of Health and Sport Science, Nippon Sport Science University, 7-1-1 Fukasawa, Setagaya-ku, Tokyo 158-8508, Japan

e-mail:12n0005@nittai.ac.jp

** 日本体育大学体育学部体育学科

Nippon Sport Science University, Faculty of Sport Science, Department of Physical Education, 7-1-1 Fukasawa, Setagaya-ku, Tokyo 158-8508, Japan

*** 日本体育大学体育学部武道学科

Nippon Sport Science University, Faculty of Sport Science, Department of Martial Arts, 7-1-1 Fukasawa, Setagaya-ku, Tokyo 158-8508, Japan

ある技法とされているためである(春木, 1993)。人は、恐れや怒り、緊張の状態では「胸式呼吸」になり吸気と呼気の間が短くなる傾向があるため、呼吸法により意図的に「腹式呼吸」を行い、吸気よりも呼気を2倍程度長くし、吸気と呼気の間2—3秒の間を取ってから息を吐くことで、リラックスした状態をつくり出すことができる(春木, 1993; 山中, 2005)。

スポーツ選手が実力を発揮するため、情動をコントロールすることや集中力を高めるために必要とされるスキルを心理的スキルといい、心理的スキルを獲得するためのトレーニングをメンタルトレーニング(Mental Training: 以下MT)という。MTとは、呼吸法によるリラクゼーションやサイキングアップ、イメージ、注意集中などの心理的スキルを習得し、実力発揮できる心理状態をつくることを目的とした運動練習法である(鈴木, 2008)。日本におけるスポーツ心理学研究の発展に伴い、スポーツ選手の競技力向上を目的としたMTの重要性や必要性が強く意識されるようになり、関心が高まってきている(鈴木, 1997)。ナショナルレベルのスポーツ選手を対象としたメンタルチェックに関する報告によると、45.8%の選手が現在メンタルサポートを希望し、22.9%の選手が現在は必要としないがメンタルサポートの内容には興味があると回答しており、その一端を担うMTに潜在的なニーズがあることがうかがえる(今井・立谷・山崎・菅生・石井, 2002)。さらに、体育大学の学生を対象としたMTの実態調査では、学生の95%はMTについて名称もしくはその内容について認知しており、学習意欲も高く、MTの必要性が訴えられている(立谷, 1999)。現在、そのような訴えに応えるべく、MTを指導できる専門家の育成や、選手を対象としたMTの講習会も実施されるようになり、そのような機会も年々増加している(石井, 2006)。

MTの効果については、一般的に心理的側面、生理的側面から検討されており、これまでの研究により数多くのエビデンスが存在している。高妻・石井(2008)は、大学生スポーツ選手を対象にMTを実施し、その効果についてMT前後に行った質問紙調査から検討した。その結果、心理的スキル得点の増加が認められ、MTが心理的に良い影響を与えていることを報告している。また、水泳選手を対象とした

研究では、皮膚電位活動から覚醒水準を検証し、MTの頻度が高くなれば高くなるほど効果が認められている(児玉・高松, 1989)。しかしながら、これらの研究によるエビデンスは、実験統制下で行われた実験室内実験の結果に基づくものであり、実際の競技大会においてもMTの効果を示すのかについては明らかではない。一般的に実験室内実験は生態学的妥当性が低く、実際の場面に汎化することが難しいとされる。実験室内と競技場面で実施するMTでは、同じ心理的スキルを用いたとしても、MT環境の違いがその効果に大きな影響を及ぼす可能性があり、実験室内実験による知見を競技大会の場で有効活用するには、ギャップを埋める手続が必要になる。

このようなMT環境の違いによる効果量の低下を埋めるために期待されるのが、バーチャルリアリティ技術によって提供される環境である。バーチャルリアリティ(Virtual Reality: 以下VR)とは人工的な手段を用いて生成された現実のことを指し、この技術を使えば、実際には存在しないものを眼前に創出し、疑似体験することができる(廣瀬, 1994, 1997)。近年では、社交不安障害やPTSDなどの精神疾患患者を対象にエクスポージャー法にVR技術を用いたVRエクスポージャー法の研究が行われるようになり、その効果が実証されている(Hartanto, Kampmann, Morina, Emmelkamp, Neerincx & Brinkman, 2014)。また、スポーツ領域においては、ハンドボールのゴールキーパーを対象に研究が行われ、VRにより作成されたハンドボール選手の投球に対する反応動作について検証されている(Bideau, Mutton, Kulpa, Fradet & Arnaldi, 2004)。その結果、現実の選手の投球と同じ反応動作であったことが実証され、VR技術が運動スキル獲得の一助となることが報告され、VR技術のスポーツへの応用可能性についても検討が進められている。これらの研究から、VR技術を用いて運動スキルの獲得の可能性が示唆されたが、心理的スキルの獲得を目的とした研究はみられず、その実用性についての基礎的検討から進める必要がある。VR技術を用いて競技場面に近似した環境下でMTを実施することができれば、MT環境を実際の競技環境に近づけることになるため、MT効果の増大が期待できる。つまり、VR技術の導入は、室内の安定した環境と実際の競技場面との

大きな段差に1つのステップをつくることになる。実験室内環境であったとしても、VR技術を用いたMTによって競技場面への汎化を容易にし、習得した心理的スキルを実際の競技場面においても発揮しやすくなるものと考えられる。

これまでのMTによる心理的スキル習得効果を検証する研究の多くは、安定した環境で実施され、心理・生理的側面からMT効果が実証されている(高妻・石井, 2008; 児玉・高松, 1989)。しかし、VR技術を用いたMTの心理的スキル習得効果は明確ではない。さらには、従来のMTとVR技術を用いたMTの効果を比較・検討した研究もみられない。そこで、本研究では、すでに心理的スキル獲得の効果が確認されている安定した室内環境で、MTの一技法である呼吸法を行い、従来の呼吸法と実際の競技実践場面に近似したVR技術に基づく環境を付加した環境下で行う呼吸法について心理生理的な反応から比較を行う。そして、VR技術を用いた呼吸法が従来の呼吸法と同様かそれ以上の効果があることを検証し、VR技術を用いた呼吸法のMTへの応用可能性の基礎的研究とすることを目的とした。

方 法

実験参加者

実験参加者は、A大学学友会アーチェリー部25名とし、これまでにVRに関する実験に参加した経験がなく、継続的な呼吸法の指導を受けた経験がない者を対象とした。すべての実験参加者には、実験の主旨を把握できるよう研究の概要、目的、そして個人情報保護に関する内容を明記した紙面を用いて説明し、実験参加の同意を得た。なお、呼吸運動を測定するための装置を装着するにあたって、不快感を示した者1名を除いた24名(男性11名、女性13名、平均年齢 19.7 ± 0.7 歳)を分析対象とした。

実験参加者は、バーチャルリアリティメンタルトレーニング群(VR空間において視覚・聴覚刺激を用いて実際の競技場面に似せた環境下で呼吸法を行う群)8名(男性4名、女性4名、平均年齢 19.6 ± 0.5 歳)(以下、VRMT群)、メンタルトレーニング群(VRによる視覚・聴覚刺激を提示せず呼吸法のみを行う群)8名(男性3名、女性5名、平均年齢 19.9 ± 1.0 歳)(以下、MT群)、統制群(VRによる

視覚・聴覚刺激を提示せず呼吸法を行わない統制群)8名(男性4名、女性4名、平均年齢 19.8 ± 0.7 歳)(以下、CO群)の3群に分けた。群分けは、アーチェリー競技におけるシングルラウンド(1440点満点)の今年度最高得点を基準とした。競技レベルの高い選手は、スポーツ選手に必要な試合場面での心理的能力(知的操作能力・精神的能力)が優れている(円田・村本・平田, 2000)ことから、群間の競技レベルの違いによる心理的能力の差が実験時の反応として生起しないように配慮したためである。

群分けの手続きは、実験参加者を男性と女性に分け、男性は得点の高い者からCO群、MT群、VRMT群の順に割り振り、女性は得点の高い者からVRMT群、MT群、CO群の順に割り振った。VRMT群(1258.1 ± 28.7 点)、MT群(1251.5 ± 40.3 点)、CO群(1247.1 ± 34.4 点)のシングルラウンド平均得点の差を対応のない一要因分散分析により検定した結果、3群間に有意な主効果は認められなかった。よって、3群間の競技レベルが同等であるといえる。なお、本実験は日本体育大学倫理委員会により審査、承認(第013-H42号)を得て実施された。

実験計画

VR空間の構築 VR空間(Figure 1)を構築するにあたり、村井(2008)を参考にしてスポーツシミュレーションに望ましいとされる、二次元映像の投映法を採用した。本実験で使用した投影映像は、デジタルビデオカメラ(SONY HDR-PJ790V)により撮影された第52回全日本学生アーチェリー男子王座決定戦(静岡県)の映像(Figure 2)であった。映像は、実験参加者が出場もしくは応援のために参加した試合であり、試合時の緊張や不安が喚起されやすいも

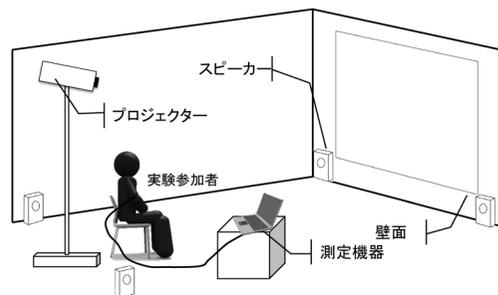


Figure 1 VR空間



Figure 2 実験に使用した投影映像

のを使用した。本研究における実験は、A大学スポーツカウンセリングルーム内にあるシールドルームで行い、映像はプロジェクター (EPSON EB-436WT) より壁面へ投影 (2.3 m(W)×1.3 m(H)) した。標的の大きさは、実際のアーチェリー競技の実射時に相当するよう実験者が調節し、実験参加者から壁面までの距離は2.3 mとした。また、実際の競技場面に近似させるため、映像に記録されているブザー音や会場の音響 (43.4-111.3 dB) などはスピーカー (SONY BDV-N1WL) から発した。

心理指標

二次元気分尺度の改訂版 (Two-Dimensional Mood Scale: TDMS) TDMS (坂入・征矢, 2003) は心理状態 (気分) を「快適度」, 「覚醒度」, 「活性度」, 「安定度」の4因子から測定する質問紙である。また、8項目と非常に少ない質問項目で構成されていることから、短時間で実施可能なため、心理状態の変化を継時的に繰り返し測定できる。本研究では、信頼性と妥当性が確認されている快適度、活性度、安定度の3因子の得点を分析対象とした。

POMS (Profile of Mood States) 短縮版 POMS短縮版 (横山, 2005) は、実験参加者がおかれた条件により変化する一時的な気分、感情の状態を測定できるという特徴を有している。「緊張—不安」(5項目)、「抑うつ—落込み」(5項目)、「怒り—敵意」(5項目)、「活気」(5項目)、「疲労」(5項目)、「混乱」(5項目)の6因子 (30項目) から構成されている。性別による差を考慮する必要があるため、各因子の素得点から標準化得点 (T得点) を算出し検討した。本研究では、回答欄の説明文において「過去1週間のあいだ」を「現在」に置き換えて実施した。

内省調査 実験終了後には、実験を終えた感想や

映像に対する印象、呼吸法によるリラックス効果についてインタビュー形式による内省調査を行った。インタビュー内容は、「実験を終えた感想をお聞かせください」や「実験課題で感じたことをお聞かせください」であった。

生理指標

心電図 R-R 間隔 心電図は、胸部双極誘導法により導出し、増幅器を介してサンプリング周波数1 kHzでA/D変換 (Power Lab, AD Instruments社) して記録した。心電図 R-R 間隔は、Lorentz plot法 (Toichi, Sugiura, Murai, & Sengoku, 1997) を用いて分析を行った。交感神経機能の指標であるCSI (cardiac sympathetic index) 値の増加 (減少) は交感神経機能の亢進 (抑制) を示し、副交感神経機能の指標であるCVI (cardiac vagal index) 値の増加 (減少) は副交感神経機能の亢進 (抑制) を示している。

呼吸運動 本実験では、呼吸運動モニタピクアップ (久我・三村, 2007) を用いて、呼吸運動を腹部より導出し、増幅器を介してサンプリング周波数1 kHzでA/D変換 (Power Lab, AD Instruments社) して記録した。呼吸運動モニタピクアップは、伸縮性部材を備えたベルト部と、伸縮性部材の伸縮を長さの単位で計測するセンサ部の2つの異なる機能的要素で構成されている。リセットボタンを設けることにより、装着の様態が実験者間あるいは実験者内で異なっても、計測時の初期値を正確に設定し読み取ることができる。

実験手順

本実験を開始するにあたり、まず実験参加者25名を対象に呼吸法を指導した。指導実施日は、2013年11月下旬から12月上旬であり、A大学の静寂な教室にて行った。呼吸法を選定した理由は、競技場面でのあがりや緊張に対する対処として呼吸の調節が行われていることやリラックス効果に関するエビデンスが十分に存在しているため、実用性のある技法とされているためである (春木, 1993)。指導内容は、単純椅子姿勢にて腹式呼吸を行い、吸気よりも呼気を2倍程度長くし、吸気と呼気の間には2-3秒の間を取ってから息を吐くこと、苦しくない程度に呼吸を行うことであった。呼吸法によるリラックス効果の有無については、口頭にて確認した。その結果、全ての実験参加者がリラックス効果を感じていた。上記の指導により、実験参加者は呼吸法の実

Table 1 実験計画表

群	POMS	実験前安静	TDMS	ストレス課題	TDMS	実験課題	TDMS	実験後安静	TDMS	POMS
VRMT 群										
MT 群	Q1	R1	Q2	ST	Q3	ET	Q4	R2	Q5	Q6
CO 群										

施方法と効果を体感し、呼吸法に対する理解を深めたことが示された。指導には、日本スポーツ心理学会認定スポーツメンタルトレーニング指導士の資格を有している者が、日本スポーツ心理学会編のスポーツメンタルトレーニング教本改訂増補版（山中，2005）を参考に行った。

実験は、2014年の1月下旬から3月上旬にかけてA大学スポーツカウンセリングルーム内のシールドルーム（室温23.5-27.5℃）で行った。実験参加者には、シールドルーム内に移動して単純椅子姿勢をとらせ、心電図R-R間隔と呼吸運動を測定するために胸部にディスポ電極と腹部に呼吸運動モニタビックアップを装着した。本実験では、実験前安静、ストレス課題、実験課題（VRMT群：VR環境下での呼吸法、MT群：従来の呼吸法、CO群：統制）、実験後安静の4つのセッションから構成されている（Table 1）。まず、実験環境に慣れさせるため実験前に15分間の安静状態（実験前安静：R1）を保持させた。次に、実験課題前のBaselineとなるストレス状態を操作的に導くため、The Trier Social Stress Test (Kirschbaum, Pirke, & Hellhammer, 1993: TSST)による20分間のストレス課題(ST)を行った。TSSTは、10分間の安静の後、5分間のスピーチ、5分間の暗算を評定者2名の前で行う。スピーチは、テーマ1.「あなた自身のことを上手に紹介して下さい」、2.「将来の自分について具体的に話して下さい」、3.「あなたの学生生活について」の3つからランダムに1つを与え、暗算は2023から17刻みに減算させた。その後、それぞれの実験群で与えられた課題（実験課題：ET）を5分間行った。最後に5分間の安静状態（実験後安静：R2）を保持させ、ディスポ電極と呼吸運動モニタビックアップを取り外して実験を終了した。実験終了後に内省調査を行った。なお、すべてのセッションを開眼安静状態で行わせた。実験参加者には、心理指標としてセッション終了ごとにTDMSの質問紙(Q2, Q3, Q4, Q5)と、実験の前後にPOMS短縮版の質問

紙(Q1, Q6)を記入させた。さらに実験参加者には、シールドルームという閉鎖的な環境によるストレス反応が実験時に生起しないよう、本実験の1週間前にシールドルーム内にて、実験時間に相当する50分間の開眼安静状態を保持させた。

心理指標と生理指標のデータ処理

心理指標であるTDMSの3因子（快適度、活性度、安定度）は、実験群（VRMT群、MT群、CO群；3）におけるセッション(Q2, Q3, Q4, Q5; 4)ごとの得点の平均値を算出した。POMS短縮版の6因子（緊張—不安、抑うつ—落込み、怒り—敵意、活気、疲労、混乱）は、実験群（VRMT群、MT群、CO群；3）における実験前後(Q1, Q6; 2)のT得点の平均値を算出した。

生理指標であるCSIとCVIは、実験群（VRMT群、MT群、CO群；3）におけるセッション(R1, ST, ET, R2; 4)ごとの平均値を算出した。呼吸運動は、吸気と呼気を1呼吸とし、実験群（VRMT群、MT群、CO群；3）におけるセッション(R1, ST, ET, R2; 4)ごとの1分間あたりの呼吸数の平均値を算出した。なお、呼吸数はセッションの時間内に吸気から呼気までが完結している呼吸を分析対象とした。また、シールドルーム入室直後は環境要因によるストレス反応が生起していることが推察されることから、R1のみ測定時間後半の5分間の値を分析対象とした。

結 果

心理指標

TDMS Table 2に、VRMT群、MT群、CO群のTDMSの3因子（快適度、活性度、安定度）の各セッション終了時における因子得点の平均値を示した。3因子の平均値について、実験群(3)×セッション(4)で対応なし—ありの二要因分散分析を行った。その結果、快適度はセッション要因の主効果($F(3, 63)=48.74, p<.001$)のみ有意であり、交互作用($F(6, 63)=0.64, n.s.$)は有意ではなかった。そこ

Table 2 各実験群におけるセッションごとの TDMS3 因子の得点平均値

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	実験 群	セッ ション	交互 作用	多重比較
快適度	VRMT 群	8.38 (±3.02)	-3.00 (±3.78)	2.63 (±4.84)	5.63 (±2.26)				Q3<Q2; Q4<Q2;
	MT 群	7.00 (±1.85)	-1.63 (±4.27)	3.75 (±3.65)	4.38 (±4.24)	n.s.	***	n.s.	Q5<Q2; Q3<Q4;
	CO 群	6.63 (±3.02)	-2.50 (±5.26)	3.38 (±4.72)	4.13 (±4.64)				Q3<Q5.
活性度	VRMT 群	1.25 (±2.25)	0.50 (±1.31)	2.75 (±3.49)	0.00 (±1.31)				VRMT 群, Q3<Q4;
	MT 群	-0.13 (±1.81)	0.38 (±1.60)	-0.50 (±1.07)	-0.88 (±1.46)	n.s.	**	**	Q5<Q4.
	CO 群	0.50 (±2.00)	1.13 (±3.14)	-1.13 (±3.09)	-2.25 (±3.88)				CO 群, Q4<Q3;
									Q5<Q2; Q5<Q3.
									Q4, CO 群<VRMT 群.
安定度	VRMT 群	7.13 (±1.96)	-3.50 (±3.74)	-0.13 (±4.32)	5.63 (±1.51)				Q3<Q2; Q3<Q4;
	MT 群	7.13 (±2.64)	-2.00 (±3.42)	4.25 (±3.62)	5.25 (±4.62)	n.s.	***	n.s.	Q3<Q5; Q4<Q2;
	CO 群	6.13 (±2.90)	-3.63 (±4.27)	4.50 (±3.21)	6.38 (±2.83)				Q4<Q5.

注) カッコ内標準偏差

, $p < .01$, *, $p < .001$

で、セッション要因について Bonferroni 法による多重比較検定を行ったところ、Q2 が Q3 ($p < .001$), Q4 ($p < .01$), Q5 ($p < .05$) より有意に高い値を示し、Q3 が、Q4 ($p < .001$), Q5 ($p < .001$) より有意に低い値を示した。Q2 では比較的快適でポジティブな気分状態であり、Q3 では比較的不快でネガティブな気分状態であった。

活性度では、セッション要因の主効果 ($F(3, 63) = 6.28, p < .01$) および交互作用 ($F(6, 63) = 3.64, p < .01$) が有意であった。そこで、単純主効果検定を行ったところ、実験群要因では VRMT 群 ($F(3, 63) = 4.77, p < .01$), CO 群 ($F(3, 63) = 7.83, p < .001$) の 2 水準で有意な単純主効果が認められ、セッション要因では Q4 ($F(2, 21) = 4.53, p < .05$) に有意な単純主効果が認められた。そこで、各水準について Bonferroni 法による多重比較検定を行ったところ VRMT 群では、Q4 が Q3 ($p < .01$), Q5 ($p < .01$) より有意に高い値を示した。CO 群では、Q3 が Q4 ($p < .01$) より有意に高い値を示し、Q5 が Q2 ($p < .01$), Q3 ($p < .01$) より有意に低い値を示した。Q4 では VRMT 群が CO 群 ($p < .05$) より有意に高い値を示した。すなわち、VRMT 群は比較的 Q4 においてイキイキして活力がある気分状態であったといえる。他方、CO 群は Q2 から Q5 にかけて、イキイキして活力がある気分状態から不快でネガティブな気分状態へ推移した。また、VRMT 群は CO 群に比べて比較的イキイキして活力がある気分状態であった。

安定度では、セッション要因の主効果 ($F(3, 63) = 49.37, p < .001$) のみ有意であり、交互作用 ($F(6, 63)$

$= 1.74, n.s.$) は有意ではなかった。そこで、セッションについて Bonferroni 法による多重比較検定を行ったところ、Q3 が Q2 ($p < .001$), Q4 ($p < .01$), Q5 ($p < .001$) よりも有意に低い値を示し、Q4 が、Q2 ($p < .01$), Q5 ($p < .001$) よりも有意に低い値を示した。Q3 では、比較的イライラして緊張した気分状態にあった。また、Q2 と Q5 は Q4 に比べ比較的ゆったりと落ち着いた気分状態であった。

POMS 短縮版 Table 3 に、3 群の POMS 短縮版 6 因子 (緊張—不安, 抑うつ—落込み, 怒り—敵意, 活気, 疲労, 混乱) T 得点の実験前後の平均値を示した。それぞれの因子の平均値について、実験群 (3) × 実験前後 (2) で対応なし—ありの二要因分散分析を行った。その結果、緊張—不安は、実験前後要因の主効果 ($F(1, 21) = 6.01, p < .05$) のみ有意であり、交互作用 ($F(2, 21) = 0.63, n.s.$) は有意ではなかった。Q1 が Q6 ($p < .05$) よりも有意に低い値を示し、Q6 では Q1 よりも緊張および不安感が高まっていた。

活気では、実験前後要因の主効果 ($F(1, 21) = 23.77, p < .001$) のみ有意であり、交互作用 ($F(2, 21) = 1.48, n.s.$) は有意ではなかった。Q1 が Q6 ($p < .001$) よりも有意に高い値を示し、Q6 では Q1 よりも活気が低下していた。

混乱では、実験前後要因の主効果 ($F(1, 21) = 8.29, p < .01$) のみ有意であり、交互作用 ($F(2, 21) = 0.09, n.s.$) は有意ではなかった。Q1 が Q6 ($p < .01$) よりも有意に低い値を示し、Q6 では Q1 よりも思考力が低下していた。

内省調査 実験終了後のインタビュー形式による

Table 3 各実験群における実験前後の POMS 短縮版 6 因子 T 得点の平均値

		Q1	Q6	実験群	実験前後	交互作用	多重比較
緊張—不安	VRMT 群	42.00 (±9.27)	52.13 (±14.18)	n.s.	*	n.s.	Q1<Q6
	MT 群	39.88 (±10.01)	42.50 (±11.64)				
	CO 群	45.88 (±11.09)	55.13 (±12.31)				
抑うつ—落込み	VRMT 群	44.25 (±4.30)	46.25 (±9.90)	n.s.	n.s.	n.s.	
	MT 群	45.25 (±11.39)	44.88 (±11.08)				
	CO 群	45.00 (±3.93)	47.38 (±8.33)				
怒り—敵意	VRMT 群	38.00 (±1.93)	39.75 (±5.52)	n.s.	n.s.	n.s.	
	MT 群	39.00 (±5.66)	39.25 (±6.36)				
	CO 群	38.00 (±1.93)	38.38 (±2.88)				
活気	VRMT 群	49.00 (±10.38)	35.50 (±10.86)	n.s.	***	n.s.	Q6<Q1
	MT 群	37.38 (±6.41)	31.75 (±4.33)				
	CO 群	47.13 (±6.77)	38.63 (±6.48)				
疲労	VRMT 群	42.00 (±4.96)	45.63 (±9.44)	n.s.	n.s.	n.s.	
	MT 群	42.38 (±5.55)	43.38 (±7.73)				
	CO 群	44.88 (±10.44)	46.88 (±8.27)				
混乱	VRMT 群	50.75 (±10.04)	59.13 (±21.36)	n.s.	**	n.s.	Q1<Q6
	MT 群	49.50 (±8.18)	57.75 (±9.63)				
	CO 群	54.25 (±8.10)	65.38 (±13.86)				

注) カッコ内標準偏差

*: $p < .05$, **: $p < .01$, ***: $p < .001$

Table 4 各実験群におけるセッションごとの CSI 値, CVI 値の平均値と 1 分間あたりの平均呼吸数

		R1	ST	ET	R2	実験群	セッション	交互作用	多重比較
CSI	VRMT 群	4.10 (±0.87)	5.05 (±2.11)	4.12 (±0.70)	3.89 (±0.97)	n.s.	***	n.s.	R1<ST; ET<ST; R2<ST.
	MT 群	3.22 (±1.62)	4.87 (±1.46)	3.45 (±1.22)	3.01 (±0.74)				
	CO 群	2.90 (±1.11)	5.64 (±1.54)	2.98 (±0.83)	3.17 (±0.84)				
CVI	VRMT 群	4.34 (±0.40)	4.38 (±0.32)	4.62 (±0.42)	4.30 (±0.35)	n.s.	***	n.s.	R1<ET; R2<ET
	MT 群	4.52 (±0.41)	4.59 (±0.41)	4.68 (±0.46)	4.41 (±0.55)				
	CO 群	4.46 (±0.25)	4.48 (±0.20)	4.46 (±0.30)	4.39 (±0.27)				
呼吸数	VRMT 群	14.25 (±2.96)	14.66 (±1.73)	7.93 (±4.77)	11.48 (±3.71)	*	***	***	VRMT 群, R2<R1; ET<R1; ET<ST; ET<R2; R2<ST. CO 群, ET<R1; ET<ST; ET<R2; R2<ST. ET, VRMT 群<CO 群; MT 群<CO 群.
	MT 群	14.33 (±1.69)	15.40 (±1.76)	6.68 (±2.40)	12.38 (±1.77)				
	CO 群	15.35 (±4.49)	16.48 (±3.17)	14.95 (±3.80)	15.45 (±4.11)				

注) カッコ内標準偏差

*: $p < .05$, ***: $p < .001$

内省調査の結果, VRMT 群は「臨場感があった」「大会を思い出し, 緊張した」と振り返り, 映像に対する印象を述べていた。MT 群は「落ち着いた」「リラックスできた」と振り返り, 呼吸法によるリラックス効果を感じていた。CO 群は, 「特になにも感じなかった」「疲れた」と振り返っていた。

生理指標

心電図 R-R 間隔 Table 4 に, 3 群における CSI と

CVI の各セッションの平均値, および各セッションの 1 分間あたりの平均呼吸数を示した。CSI 値, CVI 値の平均値について, 実験群 (3) × セッション (4) で対応なし—ありの二要因分散分析を行った。その結果, CSI 値では, セッション要因の主効果 ($F(3, 63) = 26.57, p < .001$) のみ有意であり, 交互作用 ($F(6, 63) = 2.12, n.s.$) は有意ではなかった。そこで, セッション要因について Bonferroni 法による多重比

較検定を行ったところ、STがR1 ($p < .001$), ET ($p < .001$), R2 ($p < .001$)よりも有意に高い値を示した。よって、STはR1, ET, R2に比べて交感神経活動が亢進した。

CVI値では、セッション要因の主効果 ($F(3, 63) = 10.52, p < .001$)のみ有意であり、交互作用 ($F(6, 63) = 1.96, n.s.$)は有意ではなかった。そこで、セッション要因についてBonferroni法による多重比較検定を行ったところ、ETがR1 ($p < .001$), R2 ($p < .001$)よりも有意に高い値を示した。よって、ETはR1とR2に比べて副交感神経活動が亢進した。

呼吸運動 平均呼吸数について、実験群(3)×セッション(4)で対応なし—ありの二要因分散分析を行った。その結果、実験群要因の主効果 ($F(1, 21) = 3.91, p < .05$)およびセッション要因の主効果 ($F(3, 63) = 46.95, p < .001$), 交互作用 ($F(6, 63) = 8.26, p < .001$)が有意であった。そこで、単純主効果検定を行ったところ、実験群要因ではVRMT群 ($F(3, 63) = 24.34, p < .001$), MT群 ($F(3, 63) = 38.06, p < .001$)の2水準で有意な単純主効果が認められ、セッション要因ではET ($F(2, 21) = 11.12, p < .01$)に有意な単純主効果が認められた。そこで、各水準についてBonferroni法による多重比較検定を行ったところ、VRMT群は、R1がR2 ($p < .01$)よりも有意に高い値を示し、ETがR1 ($p < .001$), ST ($p < .001$), R2 ($p < .01$)よりも有意に低い値を示し、STがR2 ($p < .01$)よりも有意に高い値を示した。MT群は、ETがR1 ($p < .001$), ST ($p < .001$), R2 ($p < .001$)よりも有意に低い値を示し、STがR2 ($p < .01$)よりも高い値を示した。ETでは、CO群がVRMT群 ($p < .01$), MT群 ($p < .01$)よりも有意に高い値を示した。よって、ETにおいてVRMT群とMT群はCO群に比べ呼吸数が減少しており、呼吸法による呼吸調整が適正に実施されていることが確認された。

考 察

本研究では、VR環境下で実施するMTの一技法である呼吸法の効果を検証するため、大学生アーチェリー選手を実際の試合の映像と音響によって構築したVR環境下で呼吸法を行うVRMT群、呼吸法のみを行うMT群、および統制群の3群に分けた。そして、実験前後あるいは実験前安静、ストレス課題、実験課題、実験後安静の4セッションにお

ける3群の心理・生理的反応を比較した。

4つのセッション直後の気分状態を評価したTDMSの得点をみると、各実験群の快適度因子では、実験前安静に比べて実験の後半に有意な低下がみられた。また、実験前後の気分状態を評価したPOMS短縮版の得点では、緊張—不安と混乱の2因子において、実験前に比べて実験後に増加し、逆に活気因子は低下した。本実験において、実験参加者は心理社会的ストレス課題であるTSSTを含めた一連の実験課題に対して45分以上の対処が求められた。そのため、実験参加者にはTSSTによる心理的ストレスに加えて比較的長い時間の拘束ストレスが作用して、少なからず精神的疲労が生じたと考えられる。

次に、本実験で採用したストレス課題であるTSSTが、それぞれの実験群に同様のストレス反応を喚起したのかについて確認した。ST前後(Q2—Q3)のTDMS快適度と安定度因子をみると、いずれもST後の得点が低下していた。このことから、TSSTによるストレス刺激は、実験参加者に対して不快でネガティブかつイライラして緊張した気分状態を増強させたといえる。したがって、TSSTは、VR環境下で実施される呼吸法のリラックス効果を検討するための実験課題前のBaseline(基準点)となるストレス状態を操作的に導いたことになる。この結果は、TSSTが適切なストレス課題であったことを示している。さらに、TDMSの活性度因子をみると、VR環境で呼吸法を行ったET前後でVRMT群は有意に高まり、そのときに安静状態を保ったCO群は有意に低下し、ET後の両群間にも有意な差が認められた。そして、呼吸法のみを行ったMT群にはET前後の変化がみられなかった。VRMT群の内省調査から、投影映像に対して「臨場感があった」「大会を思い出し、緊張した」などの報告があった。この報告から、VRMT群は視覚・聴覚情報を利用して競技場面に近似した環境を具体的にイメージすることが容易となり、そのことが心理的な興奮状態をもたらして活性度を高めたものと推察される。

心電図R-R間隔から求めたCSI値とCVI値は、いずれのセッションにおいても実験群間に有意な差は認められなかった。セッション間の変化から、CSI値は、STで有意に増加してETで有意に低下し

ており、TSSTによるストレス刺激で交感神経活動が亢進し、その後の安静状態あるいは呼吸法によるリラクゼーションで抑制されていることがうかがえる。このTSSTによるストレス反応としての自律神経活動の変化について、井澤(2010)は、TSSTによるストレス刺激によってストレスホルモンであるコルチゾールの分泌増加が観察されたことを報告している。コルチゾールが分泌されると交感神経に刺激・緊張をもたらすことから、TSSTは生理的側面からみても適切なストレス課題といえよう。他方、CVI値は、R1とR2に比べてETで増加しており、副交感神経活動の亢進がうかがえる。つまり、ストレス課題後の安静あるいは呼吸法によるリラクゼーションで、副交感神経活動が亢進して比較的リラクゼーション状態に導き、その後の安静で前値に戻ったことが示されている。したがって、心拍変動から評価される強いストレス状態から、ストレス刺激が消滅すると、呼吸法の有無に関係なく副交感神経活動の亢進によるリラクゼーション効果をもたらす可能性がある。生理的反応としての自律神経活動の変化は、TSSTのようなストレス刺激に対しては交感神経活動の亢進として認められたが、その後はVRによる投影映像や呼吸調整の有無という実験室内環境の違いに関わらず、実験室内環境での安静は、主に副交感神経活動の亢進によって容易にリラクゼーション状態をもたらした可能性が示された。安静状態を保持することは、そのこと自体が活動性を低下させてリラクゼーション状態に導く(大平・永見・二村・斎藤・村本, 2009)とされており、主観的な快適度と安定度の気分上昇をともなう自律神経活動にみられる生理的変化は、主に安静状態の保持によるものと考えられる。呼吸運動についてみると、ETにおいて呼吸法を行ったVRMT群とMT群の呼吸数は、CO群よりも有意に少なかった。呼吸数の増加は、交感神経活動の上昇、つまり覚醒水準の上昇を意味し、対照的に呼吸数の減少は副交感神経の活性化、つまりRelaxationの指標になるといわれている(児玉・佐久田, 1994)。このことから、VRMT群とMT群は、作為的に行った呼吸法ではあるが、呼吸数の減少からリラクゼーション状態に導く一助になったものと推察される。実験参加者は継続的な呼吸法を行ったことがないため、1回の呼吸法の指導だけで、十分な心理的スキルの獲得に裏

づけされた効果が発揮されなかった可能性がある。本実験の呼吸法においては、継続的な呼吸法トレーニングを行うことでスキル獲得が進めば副交感神経活動の変化も大きくなるかもしれない。

以上のことから、VR技術により競技実践場面に近似した環境下で呼吸法を実施することは、実験室内環境で実施する呼吸法と同様の生理的効果をもたらすことが認められた。さらに特徴的な現象として、VR環境下で呼吸法を行ったVRMT群にのみ、呼吸法後に活性度が上昇してCO群に比べて高い値を示したことである。VRMT群は、スポーツ選手にとって臨場感のある環境が提供されて主観的には活性度は高まったが、その環境下で呼吸法によって生理的なリラクゼーション効果は得られていると推測される。VR環境下での心理的スキル獲得は、競技場面での活用を考慮すると、従来のMTによる心理的スキル獲得と同等かそれ以上の有効性を示したことが、実験室実験により確認されたことになる。今後は、VR環境下での心理的スキル獲得が競技実践場面においても有効に発揮されるかどうかについて検討することを課題としたい。

本研究は、継続的なMTの経験のない大学生アーチェリー選手を対象とした実験により得られたデータをもとに、心理・生理的指標からVR環境下で行う呼吸法の効果について検討を行った。その結果、VR環境における呼吸法は、スポーツ選手にとって有用な効果をもたらす可能性を示したが、継続的な呼吸法によるMTが心理・生理的側面に与える影響については検討していない。したがって、今後は継続的な呼吸法の介入実験を行うなど、さらにVR環境における呼吸法の効果について詳細に検討する必要があるだろう。

結 論

本研究は、安定した室内環境における呼吸法とこれにVR技術を付加した環境下における呼吸法の効果について検証するため、大学生アーチェリー選手を対象に実験を行った。実験時の気分状態と自律神経活動について比較・検討した結果、スポーツ選手はVR環境により自覚的な活性度が高められたが、呼吸法によるリラクゼーション効果は得られていると推測された。

付 記

本研究は平成25年度日本体育大学学術研究補助費「バーチャルリアリティ技術に基づくメンタルトレーニング・システムの開発」の一部として実施されたものである。

引用文献

- Bideau, B., Multon, F., Kulpa, R., Fradet, L., & Arnaldi, B. 2004 Virtual reality applied to sports: Do handball goalkeepers react realistically to simulated synthetic opponents? *Proceedings of the ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI '04)*, 210-216.
- 円田善英・村本和世・平田大輔 2000 スポーツ選手の競技力と心理的能力の関係—レギュラー群と非レギュラー群の比較— 日本体育大学体育研究所雑誌, **25**, 175-187.
- Hartanto, D., Kampmann, I. L., Morina, N., Emmelkamp, P. G. M., Neerincx, M. A. & Brinkman, W. P. 2014 Controlling Social Stress in Virtual Reality Environments. *PLoS One*, **9**(3), e92804.
- 春木 豊 1993 呼吸法の積極的活用 体育の科学, **43**, 800-805.
- 廣瀬通孝 1994 バーチャルリアリティと人間工学 人間工学, **30**, 367-371.
- 廣瀬通孝 1997 仮想現実から複合現実へ 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 情報システム, (2), 449-450.
- 今井恭子・立谷泰久・山崎史恵・菅生貴之・石井源信 2002 ソルトレークシティー五輪代表(候補)選手を対象としたメンタルチェックに関する報告(1): 心理面に関する意識調査 日本体育学会大会号, **53**, 275.
- 猪俣公宏 1986 競技場面におけるストレスマネジメントの問題 スポーツ心理学研究, **12**(1), 93-94.
- 石井源信 2006 メンタルトレーニング—何がどのように役立つか—スポーツメンタルトレーニング指導士の現状と課題 トレーニングジャーナル, **28**(2), 45-47.
- 井澤修平 2010 唾液中ストレスバイオマーカーを用いた人の注意機能の評価 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, **40**, 159-162
- Kirschbaum, C., Pirke, K.-M., & Hellhammer D. H. 1993 The 'Trier Social Stress Test'—A Tool for Investigating Psychobiological Stress Responses in a Laboratory Setting. *Neuropsychobiology*, **28**, 76-81.
- 児玉昌久・佐久田祐子 1994 音楽提示が生体に及ぼす効果の検討 早稲田大学人間科学研究, **7**(1), 43-52.
- 児玉昌久・高松美佳子 1989 メンタルトレーニングのスポーツに及ぼす効果の検討: 自律訓練法とバイオフィードバック訓練について 早稲田大学人間科学研究, **2**(1), 69-74.
- 高妻容一・石井 聡 2008 講習会形式メンタルトレーニングプログラムの効果について(その4) 東海大学スポーツ医科学雑誌, **20**, 49-59.
- 久我隆一・三村 覚 2007 呼吸運動モニタビックアップ 特願, 2007-123938.
- 村井 剛 2008 スポーツシミュレーションにおける研究の動向とバーチャルリアリティ関連技術の利用可能性 中京大学体育研究所紀要, **22**, 27-36.
- 山中 寛 2005 スポーツメンタルトレーニング教本改訂増補版 日本スポーツ心理学会(編)大修館書店, 96-100.
- 大平肇子・永見桂子・二村良子・斎藤 真・村本淳子 2009 成熟期女性の月経周期と呼吸法による主観的効果に関する研究 母性衛生, **49**(4), 476-483.
- 坂入洋右・征矢英昭 2003 新しい感性指標—運動時の気分測定 体育の科学, **53**, 845-850.
- 下中直人 2006 最新スポーツ科学辞典 平凡社.
- 代蔵 巧・棟方 渚・小野哲雄 2013 ExciTube: 鑑賞者の興奮を共有する動画鑑賞システム 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, **18**(3), 247-254.
- 鈴木一行 2008 スポーツ心理学辞典 大修館書店.
- 鈴木荘夫 1997 選手とコーチのためのメンタルマネジメント・マニュアル 大修館書店.
- 立谷泰久 1999 メンタル・トレーニングの実態と課題—日本体育大学の学生に対する調査から— 日本体育大学紀要, **28**(2), 171-180.
- Toichi, M., Sugiura, T., Murai, T., & Sengoku, A. 1997 A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of variation of R-R interval. *Journal of the Autonomic Nervous*, **62**(1-2), 79-84.
- 横山和仁 2005 POMS 短縮版手引と事例解説 金子書房.

(受稿: 2014.7.18; 受理: 2014.11.12)