

Gehirnpotenziale und psychophysische Prozesse bei Eiskunstläufern – Eine Untersuchung der Angstemotion mittels Biofeedbackverfahren

Masterarbeit

Eingereicht am Fachhochschul-Studiengang Training und Sport von

Christina Grill, Matrikelnummer: 1310677006,

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science in Natural Sciences

Abgabedatum: 27. Mai 2015

Begutachter: MMag. Karin Leonhardt

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit,

1. dass ich die vorliegende Masterarbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe,
2. dass ich diese Masterarbeit bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe, sowie
3. dass die in Papierform vorliegende Variante mit der digitalen Variante ident ist.

Wiener Neustadt, _____

Datum

Unterschrift

Danksagung

Ich bedanke mich hiermit für die tolle Unterstützung des „*PcE Effect Project (PEP)*, Verein zur mentalen Potenzialentwicklung“, insbesondere bei *Markus Eggetsberger* und *Thomas Fischer* für ihre Hilfe, ohne die die Durchführung der Studie nicht möglich gewesen wäre.

Außerdem ein großes Danke an meine lieben *Probanden*, die so nett waren und sich bereit erklärten bei der Studie mitzumachen und an die *Trainer* für ihre Mitwirkung bei der Trainingseinheit auf dem Eis.

Desweiteren bedanke ich mich recht herzlich bei meiner Betreuerin *MMAg. Karin Leonhardt* für ihr großzügiges Entgegenkommen, ihr Engagement und die gute Zusammenarbeit trotz der räumlichen Entfernung.

Und zu guter Letzt natürlich danke an meine *Familie*, ohne deren Beistand und finanziellem Rückhalt ich meiner Leidenschaft, dem Eiskunstlauf, neben einer hochschulischen Ausbildung nie nachgehen hätte können.

DANKE!

Zusammenfassung

Angst kann als ein nicht zu unterschätzender, leistungsbeeinträchtigender Parameter im Sport gesehen werden, denn Angst verhindert, dass Athleten Spitzenleistungen bringen können. Das Ziel dieser Studie war vor allem einen ersten Einblick in Gehirnaktivität und in psychophysische Prozesse von Eiskunstläufern, sowohl unter Laborbedingungen, als auch direkt beim Training, zu gewähren. Desweiteren sollten mögliche Zusammenhänge zwischen Angst und Leistung im Eiskunstlauf erforscht werden.

An der Studie nahmen sieben Eiskunstläuferinnen und ein Eiskunstläufer teil. Die Probanden waren zwischen 14 und 23 Jahre alt. Als Einschlusskriterien galten das Beherrschen von Doppelsprüngen und die regelmäßige Teilnahme an Wettkämpfen. Bei einer Laboruntersuchung wurden während der Durchführung von Stresstests die Gehirnpotenziale des präfrontalen Hirnlappens, Amygdalawerte, EMG-Werte, Hautleitwert und Temperaturwerte abgenommen. Bei einem zweiten Teil der Studie erfolgten weitere Messungen der Amygdalae während eines Sprung-Techniktrainings im Eiskunstlauf. Zur Unterstützung wurde ein standardisierter Fragebogen, das „Wettkampf-Angst-Inventar-Trait“ von Brand et al. (2009), eingesetzt.

Die Ergebnisse wurden hauptsächlich deskriptiv dargestellt. Aufgrund der geringen Probandenzahl und der Komplexität des Testablaufs konnten keine präzisen, statistischen Berechnungen durchgeführt, sondern nur Tendenzen aufgezeigt werden. Die Messwerte der Labordiagnostik zeigten im Mittel für Angst typische, physiologische Reaktionen, aber auf ähnliche Stressreaktionen unter Trainingsbedingungen konnte nicht geschlossen werden, da sich die Aktivität der Amygdalae sehr unterschiedlich verhielt. Die Gehirnpotenzialmessungen ergaben allgemein relativ hohe Aktivität, vermehrt aber in der rechten Hemisphäre. Bei den Trainingsmessungen erreichten einige Probanden eine sehr hohe Aktivität in der rechten Amygdala. Der WAI-T lieferte eher wenig zufriedenstellende Zusammenhänge mit den Biofeedbackmessungen.

Schlagworte (3-6)

Biofeedback, Angst, Sport, Eiskunstlauf, Sprünge

Abstract

The main purpose of the study was to gain some insight into brain activity and psychophysiological actions of figure skaters using biofeedback. Under laboratory conditions and during jump class in figure skating the intention was to consider the role of anxiety.

Previous authors have examined, for example, the heart rate variability and extensive EEG values to confirm that biofeedback training increases the efficiency in sport. This study mainly uses values of ultra slow cortical potentials and does not focus on the training effect after a certain time but explores emotional reactions of figure skaters in a current situation. The paper investigated anxiety as a performance-impairing factor in figure skating. The methodology section describes a sample of eight 14 to 23-year old figure skaters, which are all competitive sportsmen and are able to do double jumps on ice at least. The sample was asked to complete the WAI-T questionnaire from Brand et al. (2009). Then they took part in a laboratory biofeedback check-up, where they had to pass stress tests. In the second part of the study the participants had to finish a jumping practice session on ice. In both segments of the study, biofeedback parameters like ultra slow cortical potentials, amygdale potentials, galvanic skin response, temperature and electromyogram of the frontalis muscle were measured and recorded.

The descriptive analysis was carried out with “IBM SPSS Statistics Version 22 (SPSS Inc. Chicago, IL)” and “Microsoft Excel”. The small number of subjects and the complexity of the conducted study didn’t allow precise calculations but the findings could reveal some trends. The measured values in laboratory showed typical, physiological responses of anxiety, but the amygdale potentials in laboratory and practice were completely different. On average the subjects showed more activity in the right hemisphere. The WAI-T and the biofeedback values revealed no convincing relations.

Keywords (3-6)

biofeedback, anxiety, sport, figure skating, jumps

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
1. Einleitung	13
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	13
1.2 Aufbau und Methodik	14
2. Biofeedback	15
2.1 Begriffserklärung	15
2.2 Von der klinischen Therapie zum Einsatz im Leistungssport.....	16
2.3 Biofeedback im Eiskunstlauf.....	18
3. Angst	19
3.1 Begriffsbestimmungen	19
3.2 Angst und sportliche Leistung.....	21
3.3 Angst und Biofeedback im Sport.....	22
4. Messung von Angst mittels Biofeedbackverfahren	25
4.1 Gehirnaktivität	25
4.1.1 Potenzialmessungen bei Angst	25
4.1.2 Ultralangsame Potenziale (ULP).....	27
4.1.3 Das Frontalhirn/Der präfrontale Cortex	27
4.1.4 Die Amygdala	28
4.2 Muskelspannung.....	29
4.3 Hautleitwert	30
4.4 Temperatur	31
4.5 Vegetatives Nervensystem und Stresstyp	32
4.6 Zwischenresümees	33
5. Fragestellungen und Hypothesen.....	34

6. Planung und Durchführung der Studie.....	36
6.1 Probanden.....	36
6.2 Material und Methoden.....	36
6.2.1 Ablauf.....	36
6.2.2 WAI-T Fragebogen.....	37
6.2.3 Check-up im Labor.....	38
6.2.4 Messungen beim Eiskunstlauftraining.....	39
7. Deskriptive Statistik und erste Ergebnisse.....	40
7.1 Auswertung des WAI-T.....	40
7.2 Auswertung der Labordaten.....	42
7.3 Auswertung der Trainingsdaten.....	46
7.4 Auswertung der Daten der einzelnen Probanden.....	48
7.4.1 Proband 1.....	48
7.4.2 Proband 2.....	50
7.4.3 Proband 3.....	53
7.4.4 Proband 4.....	55
7.4.5 Proband 5.....	57
7.4.6 Proband 6.....	59
7.4.7 Proband 7.....	61
7.4.8 Proband 8.....	63
7.5 Bilanz für die Überprüfung der Hypothesen.....	65
8. Ergebnisse und Hypothesenüberprüfungen.....	66
8.1 Hypothese 1.....	66
8.2 Hypothese 2.....	68
8.3 Hypothese 3.....	69
8.4 Hypothese 4.....	70
8.5 Hypothese 5.....	72

8.6 Nachsatz	73
9. Diskussion	75
Literaturverzeichnis	78
Anhang	83

1. Einleitung

„Es kommt nicht auf die Lebensumstände an, sondern darauf wie wir auf sie reagieren.“

(G. H. Eggetsberger & Eder, 1994, p. 57)

Reagieren wir auf Bedrohung mit Angst, kann uns dies vor gefährlichen Situationen schützen. Im Sport kann ein gesundes Maß an Angst motivieren und die Leistung sogar fördern. Angst in zu hohem Ausmaß wirkt jedoch leistungshemmend und hindert den Sportler sein im Grunde vorhandenes Potenzial voll zu entfalten. Nicht nur eine gute konditionelle Basis, koordinative Fähigkeiten und technische Fertigkeiten bestimmen die Leistungen im Sport. Letztendlich entscheidet die psychische Verfassung darüber, ob ein Sportler seine maximale Leistungsfähigkeit ausschöpfen kann oder nicht. Schiedek (2003, p. 1) beschreibt in diesem Zusammenhang Angst sachgemäß als einen wesentlichen, leistungsbestimmenden Faktor.

Oft ist den Athleten gar nicht bewusst, dass sich hinter ihren Leistungsstagnationen und Blockaden grundlegende Ängste befinden könnten, die sie daran hindern weiterzukommen. Biofeedback bietet eine gute Möglichkeit Bewusstseinszustände und Verhaltensweisen von Sportlern sichtbar zu machen und zu verstehen, ein erster wichtiger Schritt um anschließend geeignete Interventionen zur Leistungssteigerung setzen zu können. Nicht nur für den Sportler selbst ist es wichtig ein Verständnis für seine mentalen Prozesse und Leistungsreserven zu erlangen, sondern auch für einen Trainer ist das Wissen über den psychischen Zustand seiner Athleten von Bedeutung um besser auf ihn eingehen und so die Steuerung des Trainings optimieren zu können. Hufnagl (1990, pp. 121-122) lieferte erste Untersuchungsergebnisse über den Einsatz von Biofeedback zur Leistungssteigerung im Eiskunstlauf und stellt sich *„eine Erweiterung des Biofeedback-Verfahrens auf den Trainingsplatz in allen Sportarten sinnvoll vor, um durch Meßwerte während eines Trainings wettkampfrelevante Ergebnisse zu erhalten.“*

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich nun neben Labormessungen auch mit einer ersten Erhebung von Messwerten mittels Biofeedback während eines Trainings im Eiskunstlauf. Dabei soll aufgezeigt werden wie die individuellen, psychophysischen Prozesse und das jeweilige Verhalten der Eiskunstläufer im Techniktraining zusammenspielen. Gerade in einer Sportart wie dem Eiskunstlauf, wo koordinativ hoch anspruchsvolle Elemente gefragt sind, ist eine stabile Psyche, eine innere Ausgeglichenheit und Ruhe von großer Bedeutung.

Ein Grund für häufig auftretende Probleme im Training, wie zum Beispiel Sprungblockaden oder sogar Leistungsrückgänge, könnte Angst darstellen. Deshalb soll das

Thema Angst in dieser Arbeit besonders hervorgehoben werden. Mit den Biofeedbackmessungen wird eine leistungssportliche Entwicklungsmöglichkeit einmal nicht aus rein physiologischer, sondern vor allem aus psychophysischer Perspektive beleuchtet, fernerhin mit dem Ziel, sowohl Sportler als auch Trainer darauf zu sensibilisieren wie wichtig der Einbezug psychologischer Prozesse für das Erreichen sportlicher Höchstleistungen ist. „*Eine überlegene Psyche ist immer auch eine überlegene Physis*“ (Hufnagl, 1990, p. 127).

1.2 Aufbau und Methodik

Der Hauptfokus dieser Arbeit liegt also in der Untersuchung der Angst bei Eiskunstläufern durch den Einsatz geeigneter Biofeedbackverfahren.

Zu Beginn sollen, als Einführung in die Thematik, Definitionen zu den Themengebieten Biofeedback (Kapitel 2) und Angst (Kapitel 3) gegeben werden. Aktuelle Forschungsergebnisse erklären die Möglichkeiten des Einsatzes von Biofeedback bei Angst und auch bei Angst im Sport. Im vierten Kapitel werden die in der vorliegenden Arbeit eingesetzten Messverfahren vorgestellt und erklärt. Anschließend, in Kapitel 5, sind die grundlegenden Fragestellungen und Hypothesen nachzulesen. In Kapitel 6 folgt die Beschreibung der Planung und Durchführung der Studie, welche dann in den nächsten beiden Kapiteln deskriptiv dargestellt und ausgewertet wird. Letztendlich sollen im 9. Kapitel zusammenfassend noch einmal die wichtigsten Punkte der Arbeit herausgehoben und diskutiert, und ein Ausblick zu weiteren Untersuchungsmöglichkeiten gegeben werden.

Die vorliegende Arbeit basiert auf einer Literaturrecherche zum aktuellen Forschungsstand der Themen Angst und Biofeedback, insbesondere bezogen auf den Sport. Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit einer empirischen Untersuchung, bei der Biofeedbackmesswerte von Eiskunstläufern ausgewertet werden, um einen Einblick in die psychophysischen Prozesse der Sportler zu erlangen und eventuell Zusammenhänge zwischen Angst und Leistung im Eiskunstlauf aufzudecken. Speziell über Biofeedback im Eiskunstlauf gibt es noch kaum Literatur. Die vorliegende Studie stellt einen ersten Versuch dar, sich mit dieser Thematik ausführlicher auseinanderzusetzen. Allerdings können aufgrund der geringen Teilnehmerzahl und der Kompliziertheit des Testablaufs vorerst nur gewisse Tendenzen ermittelt werden.

2. Biofeedback

2.1 Begriffserklärung

Biofeedback beschreibt grundsätzlich die Rückmeldung von biologischen Vorgängen mit Hilfe von Messgeräten. Der Begriff Biofeedback stammt aus dem Jahre 1969 und basiert auf der von Norbert Wiener begründeten Kybernetik. Mittels Biofeedback können bisher unbewusste Körperfunktionen aufgezeichnet und willentlich beeinflusst werden (G. H. Eggetsberger & Eder, 1994, p. 28). Die Einsatzgebiete beschäftigen sich hauptsächlich mit Entspannung, Abbau von Stress und Konzentrationssteigerung. Biofeedback kann zu einem besseren Verständnis unseres Körpers und seinem „Inneren“ führen, es sensibilisiert das Körperbewusstsein und ermöglicht dadurch Kontrolle über bestimmte Körperfunktionen zu erlernen (R. Eggetsberger, 2013).

„Biofeedback ist also als ein aktiver Prozess zu sehen, mit dem durch Bewusstmachung physiologischer Zusammenhänge die (Wieder-) Erlangung einer willentlichen Kontrolle über (unbewusste) physiologische Funktionen ermöglicht werden kann.“ (Crevenna, 2010, p. 48)

Durch Biofeedback können sehr viele Funktionen des Körpers aufgezeichnet und beeinflusst werden: Muskelaktivität, Herzfrequenz, Blutdruck, Aktivität der Schweißdrüsen, Haut- und Körpertemperatur, elektrophysiologische Gehirnprozesse, periphere Durchblutung, Durchmesser von Blutgefäßen, Atemfunktionen u.v.m. Für therapeutische Zwecke kann Biofeedback als Behandlungsmethode, ohne jegliche Nebenwirkungen, genau dort im Körper wirken, wo eine Genesung erforderlich ist. (Rief & Birbaumer, 2000, pp. 1-2)

Im Sport findet Biofeedback vor allem als trainingserweiternde Maßnahme Anwendung, mit dem Ziel eine Leistungssteigerung der Sportler zu erreichen. Biofeedback hilft die Prozesse im Körper und im Gehirn besser verstehen zu lernen und kann die Athleten motivieren, da sie mit Hilfe der Darstellung der Messwerte auf dem Computerbildschirm den Sinn mancher Übungen besser verstehen können und selbst sehen, welche Auswirkungen etwa die Ausführung einer Entspannungsübung zeigt (G. H. Eggetsberger & Eggetsberger, 2006, p. 36).

Der Begriff Biofeedback, in Folge auch häufig mit BFB abgekürzt, steht also einerseits für die reine Rückmeldung von körperlichen Funktionen, andererseits spricht man aber auch von Biofeedback als Therapiemaßnahme oder im Sport als Trainingsform. Mit der Bezeichnung Biofeedback ist dann eigentlich die gesamte Biofeedbacktherapie oder das Biofeedbacktraining gemeint, also die Rückmeldung der physiologischen Vorgänge in Verbindung mit deren Bewusstmachung und desweiteren deren Beeinflussung durch verschiedenste Methoden. Denn erst durch das Bewusstmachen kann Biofeedback Wirkung zeigen. Zu beachten ist, dass die

meisten, veröffentlichten Studien Biofeedbackbehandlungen bzw. –trainings erprobten, während in der vorliegenden, empirischen Untersuchung dieser Arbeit (ab Kapitel 6) Biofeedback lediglich als Rückmeldungsinstrument eingesetzt wurde.

...

5. Fragestellungen und Hypothesen

Die folgende, deskriptive Studie widmet sich nun der Anwendung von Biofeedback bei Leistungssportlern im Eiskunstlauf. Biofeedback wird meist unter Laborbedingungen angewendet, kann aber auch direkt bei der Sportausübung eingesetzt werden. Das Ziel dieser Studie ist vor allem einen ersten Einblick in Gehirnaktivität und in psychophysische Prozesse von Eiskunstläufern, sowohl unter Laborbedingungen, als auch direkt beim Training, zu gewähren. Desweiteren soll möglichen Zusammenhängen zwischen Angst und Versagen im Training von Sprüngen im Eiskunstlauf nachgegangen werden. Da Biofeedback im Eiskunstlauf noch sehr wenig erforscht ist, wurde zusätzlich zu den Messungen auch ein standardisierter Fragebogen eingesetzt.

Hierfür ergeben sich nun folgende forschungsleitenden Fragestellungen:

- (1) Welche psychophysischen Reaktionen lassen sich bei den Eiskunstläufern feststellen und welche Annahmen können mit Hilfe von Biofeedback über das Persönlichkeitsmerkmal Ängstlichkeit und die Angst im Eiskunstlauftraining getroffen werden? Lassen sich Zusammenhänge zwischen den BFB-Werten der Probanden und deren Trainingsleistungen erkennen und welche Rolle spielt dabei die Ängstlichkeit der Athleten?
- (2) Gibt es Tendenzen, die mögliche Zusammenhänge zwischen den erhobenen BFB-Messwerten und den Ergebnissen des Fragebogens „Wettkampf-Angst-Inventar-Trait“ (WAI-T), also der Wettkampfangstlichkeit der Sportler, vermuten lassen?

Die aufgestellten Hypothesen zur Untersuchung lauten wie folgt:

- 1) Es wird angenommen, dass Probanden, deren BFB-Werte bereits bei den Vormessungen tendenziell mehr Ängstlichkeit vermuten lassen, wahrscheinlich auch zu höheren Messwerten am Eis neigen, als ihre Trainingskollegen (und vermutlich auch mehr Probleme beim Sprungtraining haben, was direkt zur 3. Hypothese führt). (Anm.: Mit höheren Messwerten sind bei den Gehirnpotenzialen immer mehr im Minusbereich liegende Werte gemeint.)
- 2) Es lassen sich Tendenzen erkennen, dass ein Zusammenhang zwischen den Amygdalawerten des Trainings und den Amygdalawerten der Labormessungen existieren könnte, bzw. dass sich die Werte unter Laborbedingungen ähnlich verhalten wie bei einem körperlichen Training.

- 3) Probanden mit einer schlechteren Trainingsleistung, d.h. jene, bei denen häufiger Stürze oder die Verweigerung von Sprüngen beobachtet werden können, erreichen tendenziell höhere Messwerte als die Probanden, die ihr Training erfolgreicher absolvieren. Das heißt, eine stärkere Verschiebung der Amygdala-Messwerte in den Negativbereich wird beim Training sichtbar.
- 4) Vergleicht man die Auswertung des WAI-T Fragebogens mit den erhobenen BFB-Werten, so werden die Probanden, die beim WAI-T tendenziell „auffällig höhere“ Summenwerte aufzuweisen haben, auch bei den BFB-Messungen als verhältnismäßig ängstlich eingestuft werden können bzw. erhöhte Stresswerte zeigen.
- 5) Es wird ein gewisser Zusammenhang zwischen einer verstärkten Aktivität in der rechten Gehirnhälfte und der Trait-Angst einer Person vermutet.

Bei der Überprüfung der Hypothesen muss beachtet werden, dass sich diese statistisch nicht exakt überprüfen lassen. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sämtliche Ergebnisse in Form von reinen Vermutungen und erkennbaren Tendenzen erläutert werden, da mit lediglich 8 Probanden keine verallgemeinernden Aussagen getroffen werden können. Die einzelnen Probanden werden demnach eher als Einzelfälle beleuchtet und alle erhobenen Daten vor allem deskriptiv dargestellt, um einen ersten, groben Einblick in Biofeedbackmessungen bei Eiskunstläufern zu gewähren.

...

Literaturverzeichnis

- Bar-Eli, M., & Blumenstein, B. (2004). Performance enhancement in swimming: the effect of mental training with biofeedback. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(4), 454-464.
- Baumeister, J., Reinecke, K., Schnittker, R., & Weiß, M. (2007). Auswirkungen von physischer Belastung auf den Hautleitwert als Abbild psychischer Beanspruchung. *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung*, 2007/08.
- Bender, R. (2011). *Handlungskontrolle und Angst im Stabhochsprung: eine empirische Analyse des Durchlaufens*: Meyer & Meyer.
- BISp, o. V. (o. J.). WAI-T. Retrieved March, 15, 2015, from http://www.bisp-sportpsychologie.de/SpoPsy/DE/Diagnostikportal/Angst/Sportlerfragebogen/Aengstlichkeit/Aengstlichkeit_einfuehrung.html?nn=3014672
- Blumenstein, B. (2002). Biofeedback Applications in Sport and Exercise: Research Findings. In B. Blumenstein, M. Bar-Eli & G. Tenenbaum (Eds.), *Brain and Body in Sport and Exercise: Biofeedback Applications in Performance Enhancement* (pp. 37-54). Chichester: John Wiley & Sons Inc.
- Brand, R., Ehrlenspiel, F., & Graf, K. (2007). Sportpsychologische Eingangsdiagnostik: Bereich Affektive Belastungen. *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung*, 2007/08, 223-226.
- Brand, R., Ehrlenspiel, F., & Graf, K. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfangst, Wettkampfangstlichkeit und Angstbewältigungsmodus im Sport*. Bonn: Sportverlag Strauß.
- Carvalho-Garten, A., & Garten, H. (2008). Posttraumatische Belastungsreaktion: Therapie mit NFA und NLP. *Medical Journal of Applied Kinesiology*, 34, 21-28.
- Christen, J. H., Sturm, H.-J., & Nitsch, J. R. (1979). Sportbezogene Anwendungsmöglichkeiten von Biofeedback. *Leistungssport*, 9, 188-201.
- Christl, A. (1998). *Gehirnpotentiale bei Karatetechniken*. (Master's Thesis), Johann Wolfgang Goethe-University Frankfurt/Main.
- Ciampi, L. (1997). *Die emotionalen Grundlagen des Denkens: Entwurf einer fraktalen Affektlogik*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Coombs III, G., Loggia, M. L., Greve, D. N., & Holt, D. J. (2014). Amygdala Perfusion Is Predicted by Its Functional Connectivity with the Ventromedial Prefrontal Cortex and Negative Affect. *Public Library of Science (PLOS one)*, 9(5), 1-10.
- Costa, A., Bonaccorsi, M., & Scrimali, T. (1984). Biofeedback and control of anxiety preceding athletic competition. *International Journal of Sport Psychology*, 15(2), 98-109.

- Costafreda, S. G., Brammer, M. J., David, A. S., & Fu, C. H. (2008). Predictors of amygdala activation during the processing of emotional stimuli: a meta-analysis of 385 PET and fMRI studies. *Brain research reviews*, 58(1), 57-70.
- Cram, J. R. (1990). *Clinical EMG for surface recordings*. 2.
- Crevenna, R. (2010). *Biofeedback: Basics und Anwendungen*. Wien: Wilhelm Maudrich.
- Davis, M. (1992). The role of the amygdala in fear and anxiety. *Annual review of neuroscience*, 15, 353-375.
- Davis, M., Walker, D. L., Miles, L., & Grillon, C. (2010). Phasic vs sustained fear in rats and humans: role of the extended amygdala in fear vs anxiety. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 105-135.
- Eggetsberger, G. H. (2004a). Das PcE Hautleitwert Training. Hautleitwert- bzw. Hautwiderstand-Training mit dem PcE-Trainer. Retrieved March, 18, 2015, from <http://www.ipn.at/ipn.asp?BTG>
- Eggetsberger, G. H. (2004b). ULP-Messung. Eine kurze Beschreibung einer neuen Meß- und Biofeedbacktechnik. Retrieved March, 17, 2015, from <http://www.ipn.at/ipn.asp?AJL>
- Eggetsberger, G. H., & Eder, K.-H. (1994). *Das neue Kopftraining der Sieger. Die Entdeckung und Nutzung des psychogenen Hirnfeldes zur Aktivierung verborgener mentaler und psychischer Kräfte* (4 ed.). Wien: Orac.
- Eggetsberger, G. H., & Eggetsberger, M. (2006). *Vorstellung eines neuen Trainingskonzeptes: Die IBF-Trainingstechnik. Interactive – Brain – Feedback* Retrieved from <http://www1.ipn.at/down/eggetsberger-ibf.pdf>
- Eggetsberger, R. (2013). Biofeedback - Messungen und die Messung der ultralangsamem Potenziale. Retrieved February, 2, 2015, from http://www.eggetsberger.net/PDF/ULP_Messung1.pdf
- Eggetsberger, R. (2015). Entdecken sie ihr Potenzial: Potenzial-Messgeräte für jede Anwendung. Retrieved March, 15, 2015, from <http://www.pce.at/PDF/Geraeteprospekt-A4.pdf>
- Ehrlenspiel, F., Graf, K., Kühn, C., & Brand, R. (2011). Stabilität und Variabilität von Wettkampfangst. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 18(1), 31-43.
- Funayama, E. S., Grillon, C., Davis, M., & Phelps, E. A. (2001). A double dissociation in the affective modulation of startle in humans: effects of unilateral temporal lobectomy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(6), 721-729.
- Gevensleben, H., Moll, G. H., & Heinrich, H. (2010). Neurofeedback-Training bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS). *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 38(6), 409-420.

- Gold, A. L., Morey, R. A., & McCarthy, G. (2015). Amygdala–Prefrontal Cortex Functional Connectivity During Threat-Induced Anxiety and Goal Distraction. *Biological Psychiatry*, 77(4), 394-403.
- Hackfort, D., & Birkner, H.-A. (2006). Funktionen von Emotionen. In M. Tietjens & B. Strauß (Eds.), *Handbuch Sportpsychologie* (pp. 165-177). Schorndorf: Hofmann.
- Han, D., Kim, B., Cheong, J., Kang, K., & Renshaw, P. (2014). Anxiety and Attention Shifting in Professional Baseball Players. *International journal of sports medicine*, 35(8), 708-713.
- Heuser, J. (2000). Biofeedback bei chronischen Rückenschmerzen. In W. Rief & N. Birbaumer (Eds.), *Biofeedback-Therapie: Grundlagen, Indikation und praktisches Vorgehen* (pp. 7-25). Stuttgart: F. K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH.
- Horn, A. (2004). *Diagnostik der Herzfrequenzvariabilität in der Sportmedizin– Rahmenbedingungen und diagnostische Möglichkeiten*. (Doctoral Thesis), Ruhr-University, Fakultät für Sportwissenschaft, Bochum.
- Hufnagl, C. (1990). *Biofeedback-Methoden zur Leistungssteigerung im Sport. Beispiele aus der Praxis in den Sportarten Sportschiessen, Badminton und Eiskunstlauf*. (Master's Thesis), University of Vienna.
- Kim, M. J., Loucks, R. A., Palmer, A. L., Brown, A. C., Solomon, K. M., Marchante, A. N., & Whalen, P. J. (2011). The structural and functional connectivity of the amygdala: from normal emotion to pathological anxiety. *Behavioural brain research*, 223(2), 403-410.
- Knobloch, J. (1977). *Streß und Streßanfälligkeit*. (Doctoral Thesis), Freiburg.
- Knoll, K. (2003). Komplexe prozessbegleitende Trainings- und Wettkampfforschung in den technisch-kompositorischen Sportarten unter besonderer Berücksichtigung des Eiskunstlaufens. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 10(1), 42-55.
- Kroymann, R. (2000). Biofeedback in der Therapie von Angststörungen. In W. Rief & N. Birbaumer (Eds.), *Biofeedback-Therapie: Grundlagen, Indikation und praktisches Vorgehen* (pp. 91-119). Stuttgart: F. K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH.
- Lagos, L., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P., Bates, M., & Pandina, R. (2008). Heart rate variability biofeedback as a strategy for dealing with competitive anxiety: A case study. *Biofeedback*, 36(3), 109.
- Law, B., & Ste-Marie, D. M. (2005). Effects of self-modeling on figure skating jump performance and psychological variables. *European Journal of Sport Science*, 5(3), 143-152.

- LeDoux, J. (2000). Cognitive-emotional interactions: Listen to the brain. In R. D. Lane & L. Nadel (Eds.), *Cognitive neuroscience of emotion* (pp. 129-155). New York: Oxford University Press, Inc.
- LeDoux, J. (2007). The amygdala. *Current Biology*, 17(20), R868-R874.
- Markowitsch, H. J. (1999). Differential contribution of right and left amygdala to affective information processing. *Behavioural neurology*, 11(4), 233-244.
- Martin-Sölch, C. (2004). Neurowissenschaftliche Aspekte der Emotionsregulation. *Psychotherapie Forum*, 12(2), 71-78.
- Maxeiner, J. (2010). Biofeedbacktraining zur Verbesserung der Leistung beim Elfmeterschießen. *Sportwissenschaft*, 40(2), 95-102.
- Morschitzky, H. (2013). *Angststörungen: Diagnostik, Erklärungsmodelle, Therapie und Selbsthilfe bei krankhafter Angst*: Springer-Verlag.
- Paul, M., Garg, K., & Sandhu, J. S. (2012). Role of biofeedback in optimizing psychomotor performance in sports. *Asian journal of sports medicine*, 3(1), 29.
- Phelps, E. A. (2006). Emotion and cognition: insights from studies of the human amygdala. *Annual Review of Psychology*, 57, 27-53.
- Phelps, E. A., O'Connor, K. J., Gatenby, J. C., Gore, J. C., Grillon, C., & Davis, M. (2001). Activation of the left amygdala to a cognitive representation of fear. *Nature neuroscience*, 4(4), 437-441.
- Pop-Jordanova, N., & Demerdzieva, A. (2010). Biofeedback training for peak performance in sport-case study. *Macedonian journal of medical sciences*, 3(2), 113-118.
- Rethorst, S. (2006). Angst. In M. Tietjens & B. Strauß (Eds.), *Handbuch Sportpsychologie* (pp. 146-155). Schorndorf: Hofmann.
- Rief, W., & Birbaumer, N. (2000). Biofeedback - ein Weg zur Beeinflussung von Körperfunktionen. In W. Rief & N. Birbaumer (Eds.), *Biofeedback-Therapie: Grundlagen, Indikation und praktisches Vorgehen* (pp. 1-6). Stuttgart: F. K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH.
- Schiedek, S. (2003). *Angst und Leistung im Rahmen der Katastrophentheorie - Untersuchungen zum optimalen Erregungsniveau bei Fallschirmspringern*. (Doctoral Thesis), University of Göttingen, Sozialwissenschaftliche Fakultät, Göttingen.
- Schrode, M. (1986). *Psychophysiologie sportlicher Belastung: mit einer empirischen Studie an Marathonläufern* (Vol. 20). Schorndorf: Hofmann.
- Shackman, A. J., McMenamin, B. W., Maxwell, J. S., Greischar, L. L., & Davidson, R. J. (2009). Right dorsolateral prefrontal cortical activity and behavioral inhibition. *Psychological Science*, 20(12), 1500-1506.

- Singer, K. (2004). The effect of neurofeedback on performance anxiety in dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 8(3), 78-81.
- Smith, R. E., Smoll, F. L., & Schutz, R. W. (1990). Measurement and correlates of sport-specific cognitive and somatic trait anxiety: The Sport Anxiety Scale. *Anxiety research*, 2(4), 263-280.
- Soumendra, S., Srilekha, S., Debashis, C., Nazmul, A., Mohammed, S., & Tajul, A. (2014). Differential Psychobiological Pathways Explaining Agile Reactions in World-class and Mediocre Cricket Players. *Health and the Environment Journal*, 5(1), 83-97.
- Spielberger, C. D. (1972). Anxiety as an emotional state. In C. D. Spielberger (Ed.), *Anxiety: Current trends and theory* (Vol. 1, pp. 24-49). New York: Academic Press.
- Studer, R. K., Danuser, B., Wild, P., Hildebrandt, H., & Gomez, P. (2014). Psychophysiological Activation During Preparation, Performance, and Recovery in High-and Low-Anxious Music Students. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 39(1), 45-57.
- Thompson, T., Steffert, T., Ros, T., Leach, J., & Gruzelier, J. (2008). EEG applications for sport and performance. *Methods*, 45(4), 279-288.
- Tranel, D., Gullickson, G., Koch, M., & Adolphs, R. (2006). Altered experience of emotion following bilateral amygdala damage. *Cognitive neuropsychiatry*, 11(3), 219-232.
- Tremayne, P., & Barry, R. J. (2001). Elite pistol shooters: physiological patterning of best vs. worst shots. *International journal of psychophysiology*, 41(1), 19-29.
- Veigl, C. (2006). *Ein universelles System zur Anwendung von Biosignalen im Biofeedback und als Human Computer Interface*. (Diploma Thesis), Institut "integriert studieren".
- Vytal, K. E., Overstreet, C., Charney, D. R., Robinson, O. J., & Grillon, C. (2014). Sustained anxiety increases amygdala–dorsomedial prefrontal coupling: a mechanism for maintaining an anxious state in healthy adults. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 39(5), 321.
- Zaichkowsky, L. D., & Fuchs, C. Z. (1988). Biofeedback applications in exercise and athletic performance. *Exercise and sport sciences reviews*, 16(1), 381-422.
- Ziegler, M., Ehrlenspiel, F., & Brand, R. (2009). Latent state–trait theory: An application in sport psychology. *Psychology of Sport and Exercise*, 10(3), 344-349.