



## Psyche und Sport

# Bewegungstherapie als dritte Säule der Behandlung

Thomas Lukowski, München

Nicht nur in der somatischen Medizin, sondern zunehmend auch im Fachbereich Psychiatrie und Psychosomatik setzt sich die Erkenntnis von Sport als Medizin durch. Dieser Artikel erläutert neuropsychologische und -biologische Grundlagen zum Wirkprinzip von Bewegung, Grundbegriffe der Trainingslehre und stellt exemplarisch störungsspezifische Studien zu Depression und Schizophrenie vor. Die Depression stellt die größte Gruppe psychischer Erkrankungen, die Schizophrenie vielleicht die am schwierigsten zu behandelnde. Deshalb kommt jeder effektiven und einfachen Behandlungsmöglichkeit eine enorme Bedeutung zu.

**S**eit Jahrzehnten ist der somatischen Medizin bekannt, wie wichtig Sport und Bewegung für ein funktionierendes Herz-Kreislauf-System, für das gesamte Muskel-Skelett-System, endokrine Vorgänge und vieles mehr sind. In Untersuchungen zur Auswirkung von körperlicher Aktivität auf gesunde Menschen finden neben den „üblichen“ physiologischen Parametern (Cholesterin, HDL, LDH, Entzündungsparameter,

Blutzucker, Blutdruck etc.) zunehmend psychologische Effekte Beachtung [1, 2, 3]. Auch im Fachbereich der Psychiatrie und Psychosomatik liegen inzwischen eine Fülle von Studien vor, die den positiven Effekt von Sport und körperlicher Betätigung zur Prophylaxe und Therapie seelischer Erkrankungen und Belastungen mannigfach belegen. Konnte ich aus der Literaturrecherche zu meinem Artikel in 2013 [4] insgesamt 17 wichtige

und grundlegende Arbeiten aus den vorherigen 14 Jahren zum Thema extrahieren, erbrachte die aktuelle Literaturrecherche eine wahre Flut an Veröffentlichungen zum Thema seit 2013. Die Auswahl und Auswertung von rund 200 interessanten Veröffentlichungen fiel nun deutlich schwerer.

Meine Schlussfolgerung aus 2013, die Bewegungstherapie als dritte Säule in der Behandlung von psychischen Störungen anzusehen, wird inzwischen durch ein amerikanisches Konsensuspapier bestätigt, das eine deutliche Ausweitung von Bewegungsprogrammen für psychisch kranke Menschen im öffentlichen Gesundheitswesen fordert, da diese als therapie- und kosteneffektiv angesehen werden [5]. Auch in Deutschland setzt sich diese Erkenntnis durch [6]. Eine Initiative „Sport auf Rezept“ wurde von Mitgliedern des Referates „Sportpsychiatrie und Sportpsychotherapie“ der Deutschen Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde e. V. (DGPPN) gestartet.

Interessante Fortschritte im Studiendesign, die erheblich zur wissenschaftlichen Aussagekraft und Güte der Studienergebnisse beitragen, bestehen in der Durchführung aufwendiger laufbandergometrischer Untersuchungen mit Atemmaske und im vermehrten Einsatz von Aktivitätssensoren.

Die Verwendung von Aktivitätssensoren ist inzwischen als Standard zu fordern, da diese den früher verwendeten Selbsteinschätzungsfragebögen oder Interviews zur physischen Aktivität überlegen sind. Interessanterweise scheint bereits das Tragen eines Aktivitätssensors oder einer Pulsuhr motivierend auf Patienten zu wirken, Bewegungsprogramme durchzuführen oder die tägliche körperliche Aktivität zu steigern [7]. Testpsychologische Untersuchungen können, je nach Fragestellung, zusätzlich eingesetzt werden. Ein weiterer, spannender Ansatz ist die Messung von Parametern der Stressachse (Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse, HPA) und der Sympathikusaktivierung mittels Speichelkortisol und -amylase in der Grundlagen- und Anwendungsforschung der Bewegungstherapie [8, 9].

### Neurobiologische- und -psychologische Grundlagen

Warum treiben wir überhaupt Sport? Warum bewegen wir uns gerne? Weil wir uns, falls wir uns nicht total verausgaben, hinterher eindeutig wohler fühlen. Dieses Wohlfühlen ist die Summe aus mehreren, von Mensch zu Mensch unterschiedlich gewichteten Einzeleffekten, wie eine angenehme, entspannte Wachheit, ein leicht euphorisiertes Gefühl, ein Gefühl der Zufriedenheit mit sich und der Welt, Glücksgefühle. Alltags Sorgen relativieren sich oder treten völlig in den Hintergrund, der Kopf wird klar, die Konzentrationsfähigkeit steigt, Schmerzen (z. B. am Rücken) verschwinden. Diese Effekte werden in bestimmten Hirnarealen generiert und von Neurobotenstoffen ausgelöst. Und genau diese Hirnareale und Neurotransmitter spielen eine große Bedeutung in der Entstehung psychischer Störungen.

Was Bewegung und deren Auswirkung auf die Psyche angeht, gelten als wichtige Substanzen neben Nervenwachstumsfaktoren die Neurotransmitter Endorphine, Endocannabinoide, Serotonin und Dopamin [10]. Weitere Substanzen sind in den Fokus der Forschung gerückt (z. B. Orexin = Hypokretin,

Insulin-like growth factor und die mitogenen aktivierten Proteinkinasen). Eine sportliche Betätigung induziert zudem vielfältige Veränderungen im ZNS: Verdickung von Synapsen, Veränderung der Synapsenstruktur, Veränderung im Aktivierungsniveau der Synapsen, erhöhte Anzahl an Synapsen pro Neuron, Verlängerung und Stabilisierung von Dendriten [4, 11].

Schon vor über 16 Jahren wurde nachgewiesen, dass bereits langsames Gehen auf einem Laufbandergometer mit geringer Belastung (25 Watt) eine Durchblutungssteigerung im Frontal-, Präzentral-, Postzentral-, Parietal- und Okzipitallappen des Gehirns (um 10–20 %) auslöst. Der physiologische „Sinn“ dieses Effekts besteht im besseren Transport der oben genannten Substanzen an den Ort der gesteigerten zerebralen Aktivität [12]. Diese Neurobotenstoffe entfalten ihre Wirkung insbesondere im limbischen System und dem präfrontalen Kortex, also in Regionen, die in der Entstehung und Aufrechterhaltung psychischer Störung eine wichtige Rolle spielen.

### Limbisches System

Das limbische System besteht aus sehr alten Gehirnregionen und kann mit seinen Verbindungen zur entwicklungsgeologisch jüngeren Großhirnrinde vielleicht als Schnittstelle zwischen „bewusst“ und „unterbewusst“ verstanden werden. Mammillarkörper und der Gyrus cinguli verbinden das limbische System mit dem Thalamus und anderen Bereichen des Mittel- und Großhirns [13]. Das limbische System umfasst darüber hinaus Areale im präfrontalen Kortex, die für die Integration von Erinnerung, deren emotionale Bewertung und lebensnotwendige psychologische Funktionen, die exekutiven Kontrollfunktionen (kurz: exekutive Funktionen, EF), zuständig sind.

Ein wichtiger Bestandteil des limbischen Systems ist der Hippocampus. Er reagiert, sobald eine Information aufgenommen wird. Wird eine bereits bekannte Information leicht variiert oder in einem anderen Kontext präsentiert, aktiviert der Hippocampus bereits vorhandene Gedächtnisspuren, um sie mit der neuen Verknüpfung erneut im Langzeitgedächtnis abzulegen. So werden mit jedem Erinnern bereits vorhandene Gedächtnisinhalte reaktiviert und weiterbearbeitet.

Leidet ein Depressionskranker an ständigem Grübeln, zum Beispiel über vermeintliche Fehler, individuelle Verfehlungen, belastende Ereignisse und Misserfolge, ist durch die hippocampale Fehlfunktion keine Engrammierung neuer Ereignisse und Erlebnisse im Gedächtnis der betreffenden Person mehr möglich. Negative Gedankenschleifen verstärken sich, es können keine neuen, positiven Ereignisse mehr gespeichert werden können.

Zusammen mit der Amygdala repräsentiert der Hippocampus das emotionale Gedächtnis. Dies macht den Hippocampus anfällig für starke emotionale Reize und Stressoren. So führen psychische Traumata zu einem reduzierten Hippocampusvolumen (Atrophie) ebenso wie anhaltende Depressionen, Angst- und Essstörungen [14, 15]. Ein verkleinerter Hippocampus kann Prädiktor für die Ausbildung einer schizophrenen Erkrankung sein [6]. Faszinierend ist die Tatsache, dass es durch sportliche Betätigung zur Neubildung von Neuronen im

Hippocampus kommt. Ein Effekt, der lange im zentralen Nervensystem als unmöglich galt [11].

Weitere Aufgaben des limbischen Systems sind: Emotionsregulierung, Ausbildung eines räumlichen Vorstellungsvermögens und die räumliche Orientierung. Das limbische System erhält modulierende Reize aus fast allen Hirnregionen und beeinflusst wiederum deren Funktion. Es ist eng verknüpft mit dem dopaminergen Belohnungssystem.

### Dopaminerges Belohnungssystem

Das dopaminerge Belohnungssystem (Brain Reward System, BRS) moduliert mit seinem Hauptagens Dopamin den präfrontalen Kortex (Schnittstelle zum limbischen System und EF).

Das BRS wird durch körperliche Betätigung, Hunger, Kälte und sexuelle Aktivität stimuliert, leider auch durch Alkohol, Nikotin, Schokolade und verschiedene Drogen (Kokain, Heroin, Amphetamine). Deshalb spielt es eine zentrale Rolle in der Entstehung von Suchterkrankungen. Es ist eng mit dem dopaminabhängigen Bewegungssystem verknüpft, das sich unter anderem in den Basalganglien repräsentiert [16, 17]. Das BRS triggert und wird getriggert durch das Opioidsystem (Endorphine) und das Endocannabinoidsystem (ECBS).

► **Endorphine** vermindern die Schmerzwahrnehmung oder heben diese gänzlich auf. Sie wirken angenehm euphorisierend. Eine Triggerung des Endorphinsystems durch sportliche Aktivität wurde wiederholt bestätigt [18, 19, 20, 21]. So lässt sich auch erklären, warum Sportler bei erzwungener Inaktivität unter ganz ähnlichen Entzugssymptomen (Craving, missmutige Stimmung, Verlust der Lebensfreude) leiden, wie Menschen im Entzug bei einer stoffgebundenen Substanzabhängigkeit [22].

► **Endocannabinoide** entfalten endorphinunabhängig eine schmerzlindernde/schmerzbefreiende sowie leicht euphorisierende Wirkung und sorgen für einen angenehm wachen und aufmerksamen Zustand. Es sind hochwirksame Botenstoffe mit modulierender Wirkung auf das Belohnungssystem, die Schmerzwahrnehmung, die Kognition, das emotionale Verhalten, die Neuroneogenese und auf die Ausschüttung von Brain-derived-neurotrophic-factor.

Die Rezeptoren des Endocannabinoidsystems, CB1 und CB2, finden sich ubiquitär im Gehirn verteilt, jedoch mit einer auffallenden Häufung im limbischen System, dem Hippocampus, dem periaquäduktalen Grau (Nozizeption) und präfrontalem Kortex. Eine Blockierung des ECBS oder eine Down-Regulation der Rezeptoren im Tierversuch führten zu einer Verminderung spontaner physischer Aktivität.

Körperliche Betätigung führt zu einer Erhöhung des Endocannabinoids Anandamid (im Sanskrit „Ananda“: Abwesenheit von Unglück) (= N-arachidonaethylethanolamin/AEA) und des BDNF im Blut. Die Aktivierung des ECBS, zum Beispiel durch Arachidonoylglycerol (2-AG) als Ligand, scheint mit der Intensität der körperlichen Aktivität positiv zu korrelieren und führt zu einer Verminderung von Symptomen wie Angst, innere Anspannung und Depressivität [23, 24].

► **Der Brain-derived neurotrophic factor (BDNF)** ist ein potentes Agens in der Neuroprotektion, -proliferation und -neogenese. So wurde festgestellt, dass der Hippocampus bei anhaltenden Depressionen oder schweren traumatischen Erlebnissen



© AlexBrylov/Getty Images/Stock (Symbolbild mit Fotomodell)

**Bei Depressionen und Angststörungen kann das therapeutische Klettern als Zusatzangebot eine Psychotherapie unterstützen.**

schrumpft. Das bedeutet, Nervenzellen gehen zugrunde. BDNF bewirkt die erwähnte Neubildung von Nervenzellen im Hippocampus. Er wirkt also neurotroph und ist ein wichtiger Botenstoff bei überdauernden Lernprozessen, der unmittelbar die Synapsenstruktur der Neurone beeinflusst [11, 25].

Plasma- und Serumwerte von BDNF sind bei depressiven Menschen vermindert. Angeleitetes, moderates körperliches Training im aeroben Bereich führt – auch bei mit Antidepressiva vorbehandelten Patienten – zu einer zusätzlichen Erhöhung von BDNF im Serum.

Im Tierversuch senken Übergewicht und eine hohe, fettreiche Kalorienzufuhr den BDNF-Spiegel und führen zu inflammatorischen Vorgängen im Hippocampusbereich. Eine Schlüsselrolle hierfür scheint die gesteigerte Expression der neuronalen Stickoxidsynthase (neuronal Nitric Oxid Synthase, nNOS) im Hippocampus bei erhöhter Kalorienzufuhr zu spielen. Im Tierversuch wurde gezeigt, dass eine erhöhte physische Aktivität zur Verminderung der nNOS-Aktivität in den entsprechenden Gehirnregionen führt. Dies entspricht dem gleichen Effekt den Argmatin, ein Argininderivat, auf die nNOS-Aktivität auslöst. Eine Schlüsselrolle hierfür spielt das NMDA-Rezeptorsystem [26, 27, 28].

### Exekutive Funktionen

Wir benötigen die exekutiven Funktionen (EF) (morphologische Repräsentation im präfrontalen Kortex und limbischen System), um unser Verhalten und unsere emotionale Verfassung an die ständig wechselnden Herausforderungen des Lebens anzupassen, und um diese erfolgreich zu bewältigen. Die EF versetzen uns in die Lage, unsere Aufmerksamkeit auf eine relevante Problemlösungsstrategie oder die Planung und Durchführung einer Handlung zu konzentrieren und irrelevante (innere oder äußere) Informationen und Einflüsse aus-



© WavebreakMediaMicro / Fotolia (Symbolbild mit Fotomodell)

**Durch Radfahren kommt es zu einer Steigerung der Alpha-Aktivität und gleichzeitiger Abnahme der hochfrequenten Hirnaktivität (Beta-Aktivität) – das kommt ADHS-Kindern zugute.**



© fotos4people / Fotolia (Symbolbild mit Fotomodell)

**Aerobes Fahrradergometertraining zeigt (nicht nur) bei Älteren einen positiven Effekt auf Lebensqualität und kognitive Leistungen.**

zublenden. Die EF bilden also die Grundlage für Urteils-, Entscheidungs-, Planungs- und Organisationsfähigkeit und der Intelligenz (Konzept der fluiden Intelligenz) des Menschen. EF helfen uns, Entscheidungen zu treffen, Ziele zu setzen, diese aber auch zu überdenken und gegebenenfalls zu revidieren, Handlungen zu planen und bei Misserfolg zu modifizieren sowie ablenkende und negative Umwelteinflüsse beim Realisieren eines Ziels auszublenden. EF beeinflussen die Emotionsregulation, die Impuls- und Verhaltenskontrolle, die Frustrationstoleranz und sind ausschlaggebend für Lernleistungen und den IQ.

Im Kern werden den exekutiven Funktionen die Inhibition, die kognitive Flexibilität und das Arbeitsgedächtnis zugeordnet [25, 29, 30, 31]. Bei allen psychischen Erkrankungen sind die EF gestört:

- Auf der emotionalen Ebene kommt es beispielsweise zu Ambivalenz, Entschluss- und Entscheidungslosigkeit bis hin zur absoluten Passivität.
- Auf der kognitiven Ebene kommt es zu Konzentrationsstörungen, einer deutlich eingeschränkten Merkfähigkeit, Gedankenkreisen und Grübeln. Dies bewirkt eine Unfähigkeit, selbst einfache Probleme zu durchdenken und zielgerichtet zu lösen.
- Auf der sozialen Ebene fühlen sich die erkrankten Menschen wie ein Spielball äußeren Einflüssen oder sogar Beeinflussungen ausgesetzt, ohne unterscheiden zu können, was für den Heilungsprozess oder sogar nur für die Bewältigung einfacher alltäglicher Verrichtungen wirklich relevant ist.

2011 wurde gezeigt, dass bereits „kurzes“ (15 Minuten langes), moderates Fahrradfahren bei Grundschulern präfrontale Gehirnareale, in denen die bereits erwähnten emotionalen und kognitiven Prozesse verknüpft werden, aktiviert (gesteigerte Alpha-Aktivität). Gleichzeitig kommt es zu einer Abnahme

hochfrequenter Hirnaktivität (Beta-Aktivität) in Arealen des medialen und superioren Gyrus temporalis, die an Wahrnehmung, Erinnerungsbildung sowie Sprachprozessierung beteiligt sind. Auf einen kurzen Nenner gebracht, bedeutet das: Die Konzentrationsfähigkeit steigt und der „Zappelphillip“ wird ruhiger [32].

Zusätzlich ist belegt, dass ADHS-Kinder mit schlechteren motorischen Fähigkeiten (Handgeschicklichkeit, Ballfertigkeiten, Balance) auch schlechtere Leistungen besonders im Bereich „Arbeitsgedächtnis“ und „Inhibitor“ zeigten. Bei gesunden Menschen/Kindern ist die Korrelation zwischen einer Steigerung der körperlichen Aktivität und Verbesserung der EF nachgewiesen. In Untersuchungen, zum Beispiel an ADHS-Kindern, wurde dieser Zusammenhang weniger ausgeprägt bestätigt. Es scheint noch eine zusätzliche kognitive Beanspruchung während oder nach der Bewegungsaktivität nötig zu sein, um die positiven Effekte auf die EF zu verstärken [33].

Eine ausführliche Übersichtsarbeit zeigt, dass körperliche Aktivität (schon auf niedrigem Niveau) und Ausdauerfähigkeit bei älteren Menschen zu einer Zunahme der grauen Substanz insbesondere im Bereich des präfrontalen Kortex, des Hippocampus und zur Verbesserung der EF führt. Dieser Effekt scheint vom Alter abhängig zu sein und unterstreicht den Wert von Sport in der Prophylaxe sowie in der Therapie bei demenziellen Erkrankungen. Die Zunahmen im Volumen wurden mittels Kernspinnresonanz erfasst und ließen sich teilweise noch sechs bis zwölf Monate nach Beendigung der entsprechenden Bewegungsprogramme nachweisen. Hier könnte eine Verminderung von NOS zu einer verstärkten Neurogenese und Neuroproliferation beitragen. NOS inhibiert diese Vorgänge. Im Tierversuch wurde eine Reduktion von NOS im Zerebrum bei gesteigerter physischer Aktivität nachgewiesen [27, 34].

## Sport und Schizophrenie

Zwischen 1980 und 1986 wurden in Finnland an Kindern und Jugendlichen Daten zu Lebensstil und -gewohnheiten sowie über Freizeit- und Sportaktivitäten erhoben, um Zusammenhänge mit einem gesteigerten Risiko für eine kardiovaskuläre Erkrankung zu identifizieren. In 2012 wurde alle Probanden (n = 3.596) mit einem zentralen Register bezüglich psychiatrischer Erkrankungen abgeglichen. Als häufigste Krankheitsentitäten wurden schizophreniforme Psychosen, Persönlichkeitsstörungen und affektive Störungen festgestellt. In verschiedenen statistischen Analysen wurde ein erhöhtes Risiko durch mangelnde körperliche Aktivität in Kindheit und Jugend eine Psychose zu entwickeln, festgestellt [35]. Die Autoren weisen auf eine mögliche protektive Wirkung des Sports auf die Neuroplastizität des Gehirns bei der Gehirnentwicklung und -reife und gegenüber neurodegenerativen Vorgängen als Ursache einer schizophreniformen Störung hin [35].

Das Risiko, eine kardiovaskuläre Erkrankung zu entwickeln und daran zu versterben, ist für schizophrene Patienten deutlich erhöht. Diese Patiengruppe entwickelt im Vergleich zur Normalbevölkerung häufiger ein metabolisches Syndrom und/oder einen Typ II-Diabetes. Gründe hierfür sind Medikamente, die ein metabolisches Syndrom auslösen oder verstärken können (z. B. Olanzapin), aber auch Bewegungsmangel und eine erhöhte Kalorienzufuhr. Eine erhöhte Kalorienzufuhr und ein ausgeprägtes Übergewicht führen wiederum zu einer Verschlechterung der Hippocampusfunktion und atrophischen

Vorgängen in dieser Gehirnregion. Bereits ein einfaches Bewegungsprogramm (das Tragen eines Schrittzählers für sieben Tage als Motivationssteigerung sich etwas mehr zu bewegen) senkte einen gesteigerten Nüchternblutzuckerspiegel und erhöhte die HDL-Fraktion des Cholesterins.

Eine Studie mit 80 schizophrenen Patienten, die ein ergometrisches Lauftraining absolvierten, erbrachte eine deutliche Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit. Die Autoren betrachten körperliches Training als ein wertvolles Behandlungsverfahren auch bezüglich dieses Kernsymptoms der Schizophrenie [7, 25]. Metaanalysen einer Reihe weiterer Studien, bereinigt von Variablen wie zum Beispiel Alter, Geschlecht, Body-Mass-Index (BMI), Nikotinkonsum, Erkrankungsdauer, Ausbildungsstand, bestätigen die positive Beeinflussung kognitiver Defizite (EF, Verarbeitungsgeschwindigkeit etc.) durch Ausdauertraining bei Schizophrenen. Das heißt, die körperliche Fitness korreliert positiv mit neurokognitiven Funktionen (Verarbeitungsgeschwindigkeit, Aufmerksamkeit, Wachheit, Arbeitsgedächtnis, verbales und visuelles Lernen und dem Problemlösungsvermögen) [36].

Die Effektstärke scheint von der Trainingsintensität abhängig zu sein (siehe unten **Grundbegriffe der Trainingslehre**). Die untere Grenze scheint bei 3 × 30 Minuten/Woche (präventiver Belastungsbereich) zu liegen. Eine professionelle Trainingssteuerung scheint einer Trainingsdurchführung durch Laien oder selbstangeleitetem Training überlegen. Die Bereiche „Verarbeitungsgeschwindigkeit“ und „Aufmerksamkeit“

### Grundbegriffe der Trainingslehre

Kenngrößen der körperlichen Leistungsfähigkeit im aeroben und im anaeroben Bereich sind die maximale Sauerstoffaufnahmekapazität ( $VO_{2max}$ ) und die maximale Herzfrequenz ( $HF_{max}$ ) unter Belastung. Die dritte Kenngröße, die Laktat Spiegelbestimmung, ist nur für den Profi- oder ambitionierten Amateursportbereich als relevant anzusehen. Da sich Bewegungsprogramme bei psychisch erkrankten Menschen im aeroben Trainingsbereich abspielen sollten, wird an dieser Stelle nicht auf weitere wichtige Begriffe der Trainingslehre (Laktatschwelle, Sauerstoffschuld etc.) eingegangen.

Mithilfe der ersten beiden Kennzahlen lässt sich der Trainingszustand eines Menschen und die nötige Belastungsintensität ( $\% VO_{2max}$  und/oder  $\% HF_{max}$ ) eines Trainings zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit und für ein Studiendesign ausreichend beschreiben.

Die  $HF_{max}$  kann zum Beispiel durch ein bis zwei Kilometern maximal schnelles Laufen (nach fünf- bis zehnminütigem Einlaufen) oder durch zwei bis drei Kilometer maximal schnelles Radfahren (nach zehn Minuten Einfahren) oder durch vier- bis sechsminütige sportartspezifische Ausbelastung (nach adäquatem Aufwärmen) mittels einer Pulsuhr ermittelt werden.

Die weit verbreitete Formel

$$\text{Trainingsherzfrequenz} = 220 - \text{Lebensalter}$$

ist zur Trainingssteuerung ungeeignet, da weder individuelle, noch altersbedingte, noch geschlechtsspezifische Einflussgrößen in die Ermittlung der Belastbarkeit einfließen.

Die Ermittlung von  $VO_{2max}$  bedarf einer spiroergometrischen Messung. Diese muss nicht zwingend durchgeführt werden, da eine gute Korrelation zwischen  $\% HF_{max}$  und  $\% VO_{2max}$  besteht.

**Beispiel:** 50%  $VO_{2max}$  entsprechen etwa 67%  $HF_{max}$   
80%  $VO_{2max}$  entsprechen 80 bis 100%  $HF_{max}$

Im Lauftraining entsprechen

- 90 – 95%  $HF_{max}$  dem Tempo- oder Wettkampfbereich, was subjektiv als extrem anstrengend empfunden wird,
- 80 – 90%  $HF_{max}$  einer großen Anstrengung, dem Training der intensiven Grundlagenausdauer,
- 75 – 80%  $HF_{max}$  der extensiven Grundlagenausdauer (anstrengend),
- 50 – 70%  $HF_{max}$  der regenerativen Ausdauer (etwas anstrengend).

Im Präventionssport gilt [41, 42]:

**50%  $VO_{2max}$  = 65–70%  $HF_{max}$   
für 20 bis 30 Minuten, 3 × die Woche**

Das subjektive Anstrengungsempfinden wird mittels der BORG-Skala evaluiert. Die Einteilung erfolgt entweder durch den Arzt (Patienten-Interview) oder durch den Patienten selbst (Fragebogen). Erfasst wird die während der Belastung und nach Belastungsende empfundene Erschöpfung (als Summe verschiedener Einzelaspekte) in einer Skala von 6 bis 20 (z. B. 6 = keine Anstrengung; 11 = leichte Anstrengung; 15 = große Anstrengung; 20 = maximale Anstrengung) [43, 44].

zeigten sich auch drei Monate nach Trainingsende noch verbessert [6].

Schließlich vermindern auch einfach anzuleitende Walking-Programme nachweisbar die körperliche Inaktivität, sie verbessern die Lebensqualität, psychische Symptome und die soziale Interaktion schizophrener Patienten. Dies zeigte eine Pilotstudie, bei der ein zehnwöchiges, professionell geleitetes Walking-Programm in einem ambulanten Setting durchgeführt wurden. Die Autoren der Studie unterstrichen den niedrigen finanziellen Aufwand pro Teilnehmer (10 Dollar), ein wichtiges Argument in der öffentlichen Gesundheitsfürsorge [37].

### Sport und Depression

In einer großen holländischen Studie (n = 2.932 Probanden, 18 bis 65 Jahre) wurde eine verminderte sportliche Aktivität als Risikofaktor für die Entstehung von Depression und Angststörungen bestätigt. Im Sinne eines Circulus vitiosus bewegen sich die erkrankten Menschen weniger, die körperliche Belastbarkeit sinkt, die psychischen Symptome verstärken sich, das Risiko einer Chronifizierung der Erkrankung nimmt zu.

Außerdem wurde festgestellt, dass eine verminderte körperliche Aktivität, das Auftreten stärkerer Symptome bei der Erstmanifestation der Erkrankung wahrscheinlich macht [26, 38].

An Alterspatienten, die an einer gesicherten Depression litten (Basisbehandlung mit Sertralin), wurden die Auswirkungen zweier verschiedener Bewegungsprogramme auf krankheitsbedingte Einschränkungen im Alltag untersucht. Ein aerobes Fahrradergometertraining und ein Bewegungsprogramm zur Verbesserung von Gleichgewicht, Rumpfstabilität und muskulärer Kraft (Belastungsintensität unter 70% der maximalen Herzfrequenz [70% HFmax]) zeigten im Vergleich zur reinen Kontrollgruppe (solitäre Behandlung mit Sertralin) einen positiven Effekt auf Lebensqualität und kognitive Leistungen. Diese Effekte waren jedoch nur beim aeroben Training signifikant.

Es scheint sich herauszukristallisieren, dass Bewegungsprogramme inklusive einer medikamentösen antidepressiven Therapie hinsichtlich der zu erzielenden Verbesserungen im kognitiven Bereich einem reinen Bewegungsprogramm überlegen sind, wenn die Probanden unter einer Altersdepression leiden. Wichtig scheint eine ausreichende Dauer des Programms (hier sechs Monate, 3 × pro Woche, á 60 Minuten) zu sein, um Effekte, insbesondere auf exekutive Funktionen zu erzielen [39].

Auch ist Bewegung wirksame Prophylaxe bezüglich der Ausbildung einer Altersdepression. Dies zeigte eine prospektive Kohortenstudie an 285 Teilnehmern [40]. Physische Aktivität (gemessen mit Aktivitätssensoren) war negativ korreliert mit der Ausbildung depressiver Symptome, Inaktivität positiv korreliert. Der Beobachtungszeitraum betrug zwei Jahre. Die Ergebnisse zeigten sich von Geschlecht, Schulbildung und sozialer Status unbeeinflusst.

### Fazit für die Praxis

Bewegung hilft! Die Studienlage bezüglich Depression und Schizophrenie kann als ausreichend bezeichnet werden, um die Sport- und Bewegungstherapie als gleichberechtigte dritte Säule

in der Behandlung psychisch erkrankter Menschen zu etablieren.

Bereits eine Zunahme der körperlichen Aktivität auf niedrigem Niveau und für kurze Zeit verbessern Symptomatologie und Lebensqualität.

Länger dauernde Bewegungsprogramme (sechs Monate und länger), besonders im aeroben Trainingsbereich, führen zu noch besseren Ergebnissen in der Langzeittherapie psychischer Erkrankungen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der Einführung des „Sport auf Rezept“ auch für psychische Erkrankungen und die wertvolle Arbeit punktueller Initiativen, wie zum Beispiel der Laufgruppe des Münchner „Bündnis gegen Depression“.

### Literatur

[www.springermedizin.de/dnp](http://www.springermedizin.de/dnp)



#### Dr. med. Thomas Lukowski

Facharzt Psychiatrie und Psychotherapie (VT/TP),  
Trainer C: Sportklettern im Breitensport  
(DOSB – DAV),  
Berg- und Höhenmedizin (UIAA, ISMM)  
Zieblandstr. 19, 80799 München  
E-Mail: [praxis@dr-lukowski.com](mailto:praxis@dr-lukowski.com)

### Interessenkonflikt

Der Autor erklärt, dass er sich bei der Erstellung des Beitrages von keinen wirtschaftlichen Interessen leiten ließ und dass keine potenziellen Interessenkonflikte vorliegen.

Der Verlag erklärt, dass die inhaltliche Qualität des Beitrags von zwei unabhängigen Gutachtern geprüft wurde. Werbung in dieser Zeitschriftenausgabe hat keinen Bezug zur CME-Fortbildung. Der Verlag garantiert, dass die CME-Fortbildung sowie die CME-Fragen frei sind von werblichen Aussagen und keinerlei Produktempfehlungen enthalten. Dies gilt insbesondere für Präparate, die zur Therapie des dargestellten Krankheitsbildes geeignet sind.

# CME-Fragebogen

## Psyche und Sport

### Teilnehmen und Punkte sammeln können Sie

- als e.Med-Abonnent von springermedizin.de
- als registrierter Abonnent dieser Fachzeitschrift
- zeitlich begrenzt unter Verwendung der abgedruckten FIN

FIN gültig bis 22.8.2018:

**DN1804Q4**

Dieser CME-Kurs ist zwölf Monate auf CME.SpringerMedizin.de verfügbar. Sie finden ihn am Schnellsten, wenn Sie die FIN oder den Titel des Beitrags in das Suchfeld eingeben. Alternativ können Sie auch mit der Option „Kurse nach Zeitschriften“ zum Ziel navigieren.

https://doi.org/10.1007/s15202-018-1882-0

### ? Welche Aussage ist falsch?

#### Die Sport- und Bewegungstherapie ...

- hebt die Attraktivität einer Klinik für die Patienten.
- kann zu einem produktiveren therapeutischen Klima, ambulant wie stationär, beitragen.
- verbessert die Patientenzufriedenheit.
- dient in erster Linie zur Beschäftigung der Patienten in sonst therapiefreien Zeiten während eines Klinikaufenthalts.
- ist als dritte Säule in der Behandlung von psychisch kranken Menschen von großem Nutzen.

### ? Welche Aussage trifft zu?

- Sporttherapeutische Interventionen müssen mindestens sechs Monate andauern und professionell angeleitet sein, um einen echten therapeutischen Effekt zu erzielen.
- Sporttherapeutische Interventionen sollten eine Belastungsintensität von mindestens 90 % HF<sub>max</sub> aufweisen, um therapeutische Effekte zu erzielen.
- Bereits das Tragen eines Aktivitätssensors steigert die Motivation zur körperlichen Bewegung psychisch kranker Menschen.
- Bereits zwei Wochen nach Ende einer sporttherapeutischen Intervention sind die erzielten positiven Effekte rückläufig.
- Sporttherapeutische Interventionen bedürfen eines hohen personellen und logistischen Aufwands.

### ? Welche Aussage ist falsch?

BDNF (Brain-derived neurotrophic factor) scheint eine Schlüsselrolle in der Neuroproliferation, -neogenese und -protektion durch Bewegung zu spielen.

- Im Tierversuch senken Inaktivität und eine hohe Kalorienzufuhr den BDNF (Brain-derived neurotrophic factor)-Spiegel und führen zu inflammatorischen Prozessen im Hippocampusbereich.
- Plasma- und Serumwerte von BDNF (Brain-derived neurotrophic factor) sind bei depressiven Menschen vermindert.
- Angeleitetes, moderates körperliches Training im aeroben Bereich führt auch bei mit Antidepressiva vorbehandelten Patienten zu einer zusätzlichen Erhöhung von BDNF (Brain-derived neurotrophic factor) im Serum.
- Eine erhöhte nNOS-Aktivität korreliert positiv mit regenerativen Vorgängen im Hippocampus.

### ? Welche Aussage ist richtig?

- Zur Ermittlung der HF<sub>max</sub> sollte nach einer Aufwärmphase, sportartspezifisch, eine maximale Belastung für 4 bis 6 Minuten durchgeführt werden.
- HF<sub>max</sub> korreliert nicht mit VO<sub>2max</sub>. Deshalb ist eine spirometrische Untersuchung zur Trainingssteuerung unabdingbar.

- Im Reha-Sport ist eine 80 %-ige HF<sub>max</sub> als Minimum für eine therapeutische Belastungsintensität zu fordern.
- Laktatmessungen sind auch im Freizeit- und Reha-Sportbereich unabdingbar, um eine verlässliche Aussage zum Trainingszustand und -fortschritt des jeweiligen Klienten treffen zu können.
- Nur ein anerobes Training erzielt in der Sport- und Bewegungstherapie anhaltende Effekte.

### ? Welche Aussage ist falsch?

- Körperliche Aktivität auch im Alter ist ein protektiver Faktor bezüglich der Ausbildung einer Altersdepression.
- Sobald ein Patient auf ein Antidepressivum eingestellt ist, lassen sich mit bewegungstherapeutischen Interventionen keine zusätzlichen positive Effekte mehr erzielen.
- Je höher das Niveau körperlicher Aktivität bereits in Kindheit und Jugend ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit im Lebensverlauf eine psychische Erkrankung zu entwickeln.
- Ein niedriges Niveau körperlicher Aktivität macht das Auftreten stärkerer Symptome bei der Erstmanifestation einer psychischen Erkrankung wahrscheinlicher.
- Bereits einfache Walking-Programme verbessern die Lebensqualität schizophrener Patienten.



Dieser CME-Kurs wurde von der Bayerischen Landesärztekammer mit zwei Punkten in der Kategorie I zur zertifizierten Fortbildung freigegeben und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungs-fähig.

Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70 % der Fragen richtig beantwortet werden. Pro Frage ist jeweils nur eine Antwortmöglichkeit zutreffend. Bitte beachten Sie, dass Fragen wie auch Antwortoptionen online abweichend vom Heft in zufälliger Reihenfolge ausgespielt werden.

Bei inhaltlichen Fragen erhalten Sie beim Kurs auf CME.SpringerMedizin.de tutorielle Unterstützung. Bei technischen Problemen erreichen Sie unseren Kundenservice kostenfrei unter der Nummer 0800 7780-777 oder per Mail unter kundenservice@springermedizin.de.

**? Welche Aussage ist falsch?**

- Die Rezeptoren des Endocannabinoidsystems (ECBS), CB1 und CB2, finden sich ubiquitär im Gehirn verteilt und haben deswegen keinen nachweisbaren, spezifischen Einfluss auf das dopaminerge Belohnungssystem BRS (Brain Reward System).
- Das dopaminerge Belohnungssystem BRS (Brain Reward System) moduliert mit seinem Hauptagens Dopamin den präfrontalen Kortex (Schnittstelle zum limbischen System, exekutive Funktionen).
- Körperliche Betätigung führt zu einer Erhöhung des Endocannabinoids Anandamid und des BDNF (Brain-derived neurotrophic factor) im Blut.
- Das dopaminerge Belohnungssystem BRS (Brain Reward System) wird durch körperliche Betätigung, Hunger, Kälte und sexuelle Aktivität stimuliert.
- Die Aktivierung des Endocannabinoidsystems (ECBS), mit Arachidonoylglycerol (2-AG) als Ligand, scheint mit der Intensität der körperlichen Aktivität positiv zu korrelieren und führt zu einer Verminderung von Symptomen wie Angst, innere Anspannung und Depressivität.

**? Welche Aussage ist richtig?**

- Die Theorie der exekutiven Funktionen (EF) beruht auf psychodynamischen Überlegungen, die auch zur Entstehung der verschiedenen psychoanalytischen Schulen (Freud, Adler, Jung) geführt haben.
- Eine Beeinträchtigung der exekutiven Funktionen (EF) wird bis dato nur bei schizophrenen Patienten (halluzinatorisches Erleben) postuliert.
- Exekutive Funktionen (EF) bilden die Grundlage für Urteils-, Entscheidungs-, Planungs-, Organisationsfähigkeit und der Intelligenz (Konzept der fluiden Intelligenz) des Menschen.
- Es gibt kein funktionelles hirnrorganisches Korrelat für die exekutiven Funktionen (EF).
- Eine Verbesserung der exekutiven Funktionen (EF) bedingt keine Verbesserung der Symptomatologie psychisch kranker Menschen.

**? Welche Aussage ist richtig?**

- Im Sinne eines Circulus vitiosus bewegen sich die erkrankten Menschen weniger, die körperliche Belastbarkeit sinkt, die psychischen Symptome verstärken sich.
- Es gibt keine Hinweise auf ein erhöhtes Risiko durch mangelnde körperliche Aktivität in Kindheit und Jugend eine Psychose zu entwickeln.
- Metaanalysen bereinigt durch Faktoren wie Alter, Geschlecht, BMI, Nikotinkonsum, Erkrankungsdauer, Ausbildungsstand etc. verneinen die positive Beeinflussung kognitiver Defizite (Exekutivfunktionen, Verarbeitungsgeschwindigkeit, etc.) durch Ausdauertraining bei Schizophrenen.
- Das Risiko eines schizophrenen Patienten, ein metabolisches Syndrom zu entwickeln, ist im Vergleich zur Normalbevölkerung nicht erhöht.

**? Welche Aussage ist falsch?**

- Auch durch Laien angeleitete Bewegungsprogramme, beispielsweise der Laufgruppe des Münchener „Bündnis gegen Depression“ stellen ein wertvolles Behandlungsinstrument für psychisch kranke Menschen dar.
- Bewegungsprogramme sind effektiv und kostengünstig. Sie sollten also einen größeren Umfang im Behandlungsangebot, stationär wie ambulant, einnehmen.
- Fragebogen-Tests liefern nach wie vor ausreichend valide Aussagen. Auf den Einsatz teurer Aktivitätssensoren im Studiendesign kann deshalb verzichtet werden.
- In den letzten 15 Jahren hat sich die Datenlage zur positiven Auswirkung von Bewegungsprogrammen auf die psychische Gesundheit enorm verbessert.
- „Sport auf Rezept“ sollte auch für psychisch kranke Menschen im Gesundheitswesen ermöglicht werden.

**? Welche Aussage ist richtig?**

- Die Korrelation zwischen einer Steigerung der körperlichen Aktivität und Verbesserung der exekutiven Funktionen (EF) gilt als äußerst fraglich.

- Eine Neuroneogenese im Hippocampus lässt sich nur pharmakologisch induzieren.
- Im Kern werden den exekutiven Funktionen (EF) die Inhibition, die kognitive Flexibilität und das Arbeitsgedächtnis zugeordnet.
- Die körperliche Fitness schizophrener Patienten hat keinen Einfluss auf kognitive Funktionen (Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis, verbales und visuelles Lernen etc.).
- Anhaltende Depressionen, schwere Traumatisierungen oder eine schizophrene Erkrankung haben keine messbaren hirnrorganischen Auswirkungen.



## Literatur

1. Matsugaki R et al. Effectiveness of workplace exercise supervised by a physical therapist among nurses conducting shift work: A randomized controlled trial. *J Occup Health* 2017; 59: 327-35
2. Loprinzi PD et al. Cross-sectional association of exercise, strengthening activities, and cardiorespiratory fitness on generalized anxiety, panic and depressive symptoms. *Postgraduate Medicine* 2017; 129(7):676-85
3. Mourady D et al. Associations between quality of life, physical activity, worry, depression and insomnia: A cross-sectional designed study in healthy pregnant women. *PLoS ONE* 2017; 12(5): e0178181
4. Lukowski T. Sport und Psyche. *DNP - Der Neurologe und Psychiater* 2013; 14(7-8):48-54
5. Pratt SI et al. Increasing US health plan coverage for exercise programming in community mental health settings for people with serious mental illness: a position statement from the Society of Behavioral Medicine and the American College of Sports Medicine. *Transl Behav Med* 2016; 6(3):478-81
6. Falkai P et al. Aerobic exercise and its effects on cognition in schizophrenia. *Curr Opin Psychiatry* 2017; 30:171-5
7. Stubbs, B et al. Physical activity ameliorates the association between sedentary behavior and cardiometabolic risk in people with Schizophrenia: A comparison versus controls using accelerometry. *Comprehensive Psychiatry* 2017; 74:144-50
8. Nater U, Skoluda N, Strahler J. Biomarkers of Stress in Behavioural Medicine. *Current Opinion in Psychiatry* 2013; 26(5): 440-5
9. Plag J et al. Effect of combined cognitive-behavioural therapy and endurance training on cortisol and salivary alpha-amylase in panic disorder. *J Psychiatr Res* 2014; 58: 12-9
10. Heijnen S et al. Neuromodulation of Aerobic Exercise - A Review. *Front Psychol* 2015; 6: 1890
11. Knöchel, C. et al. Cognitive and behavioural effects of physical exercise in psychiatric patients. *Progress in Neurobiology* 2012; 96: 46-68
12. Hollmann W, Strüder H. Brain, psyche, mind and muscular activity. In: Hollmann, W., D. Kurz, J. Mester (eds.): *Current results on health and physical activity. Series Club of Cologne Vol. 2*, Hofmann-Schattauer-Verlag, Stuttgart 2001, 87-113.
13. Nieuwenhuys R, Voogd J, van Huijzen Chr. *Das Zentralnervensystem des Menschen*. Springer-Verlag, 1991; S. 308-37
14. Sämann PG et al. Bildgebende Verfahren bei der Posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS). *Psychotherapie* 2010; 15(2): 232-48
15. Schmaal L et al. *Molecular Psychiatry* 2016; 21: 806-12
16. Kelley A und Kent C. The Neuroscience of Natural Rewards: Relevance to Addictive Drugs. *J Neuroscience* 2002; 22(9):3306-11
17. Kitabatake Y, Hikida T, Watanabe D, Pastan I, Nakanishi S. Impairment of reward-related learning by cholinergic cell ablation in the striatum. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 2003; 100( 13): 7965-70
18. Bidari A et al. The acute effect of maximal exercise on plasma beta-endorphin levels in fibromyalgia patients. *Korean J Pain* 2016; 29(4): 249-54
19. Angelopoulos TJ et al. Endogenous opioids may modulate catecholamine secretion during high intensity exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995; 70:195-9
20. Jonsdottir IH et al. Physical exercise, endogenous opioids and immune function. *Acta Physiol Scand Suppl* 1997; 640:47-50
21. Cohen E, Eismond-Frey R, Knight N, Dunbar R. Rowers' High: Behavioural Synchrony is Correlated with Elevated Pain Thresholds. *Biology Letters* 2010; 6 (1): 106-8
22. Heirene RM, Shearer D, Roderique-Davies G, Mellalieu SD. Addiction in Extreme Sports: An Exploration of Withdrawal States in Rock Climbers. *J Behaviour and Addiction* 2016; 5(2): 332-41
23. Heyman E, Gamelin F, Goekint M, Piscitelli F, Roelands B, Leclair E, Di Marzo V, Meeusen R. Intense exercise increases circulating endocannabinoid and BDNF levels in humans - Possible implications for reward and depression. *Psychoneuroendocrinology* 2012; 37:844-51
24. Brellenthin AG et al. Endocannabinoid and Mood Responses to Exercise with varying Activity Levels. *Med Sci Sports Exerc* 2017; 49(8):1688-96
25. Boriss K. Lernen und Bewegung im Kontext der individuellen Förderung. *Förderung exekutiver Funktionen in der Sekundarstufe I (Bildung und Sport)*. Wiesbaden 2015; Springer VS.
26. Kerling A et al. Exercise increases serum brain-derived neurotrophic factor in patients with major depressive disorder. *J Affect Disord* 2017; 215:152-5
27. Tomiga Y et al. Exercise training rescues high fat diet-induced neuronal nitric oxide synthase expression in the hippocampus and cerebral cortex of mice. *Nitric Oxide* 2017; 66:71-7
28. Mohseni G et al. Agmatine enhances the antidepressant-like effect of lithium in mouse forced swimming test through NMDA pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2017; 88: 931-8
29. Boriss K. Lernen und Bewegung - Auswirkungen körperlicher Aktivität auf kognitive Fähigkeiten und Konsequenzen für die individuelle Förderung. In N. Neuber & M. Pfitzner (Hrsg.), *Individuelle Förderung im Sport. Pädagogische Grundlagen und didaktisch-methodische Konzepte (Begabungsforschung - Schriftenreihe des ICBF Münster/ Nijmegen*, 2012; S. 123-47
30. Konrad C, Losekam S, Zavorotnyy M. Kognitive Störungen bei unipolarer Depression. *Der Nervenarzt* 2015; 86: 99-115
31. Zierys S. Motorische Fähigkeiten und exekutive Funktionen bei Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung. *Dissertation, Institut für Sportwissenschaften, Universität Regensburg*, 2014
32. Schneider S, Guarderia P. Bildung braucht Bewegung, neurophysiologische Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und Lernleistung im Schulltag. *Sportunterricht* 2011; 60(10):317-21
33. Zierys S. Effekte von Bewegung auf exekutive Funktionen bei Kindern mit ADHS. *DNP - Der Neurologe und Psychiater* 2016; 17(4): 30-3
34. Erickson KI et al. Physical activity, fitness, and gray matter volume. *Neurobiol Aging* 2014; 35 Suppl 2: 20-8
35. Sormunen E et al. Effects of childhood and adolescence physical activity patterns on psychosis risk - a general population cohort study. *NPJ Schizophr* 2017; 3:5
36. Holmen TL et al. The association between cardio-respiratory fitness and cognition in schizophrenia. *Schizophr Res* 2017; <http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2017.07.015>
37. Browne J et al. Work out by Walking, A Pilot Exercise Program for Individuals With Schizophrenia Spectrum Disorders. *J Nerv Ment Dis* 2016; 204: 651-7
38. Hiles AS et al. Sit, step, sweat: longitudinal associations between physical activity patterns, anxiety and depression. *Psychological Medicine* 2017; 47: 1466-77
39. Neviani F et al. Physical exercise for late life depression: effects on cognition and disability. *Int Psychogeriatr* 2017; 29(7):1105-12
40. Ku PW et al. Prospective relationship between objectively measured light physical activity and depressive symptoms in later life. *Int J Geriatr Psychiatry* 2017; 33(1):58-65
41. Hottenrott K, Neumann G. *Trainingswissenschaften*. Verlag Meyer & Meyer Aachen, 2016, Band 7, S. 131-40
42. Bärtsch P. *Trainingssteuerung im Ausdauerbereich*. Vortrag beim „Höhenmedizinischen Intensivkurs für Ärzte“, CH-Sustenpass, 2016
43. Borg G. Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Dtsch Arztebl* 2004; 101(15): A 1016-21
44. Division of Nutrition, Physical Activity, and Obesity, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. *Perceived Exertion (Borg Rating of Perceived Exertion Scale)*, 2015; [www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/exertion.htm](http://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/exertion.htm)