



(10) **DE 10 2010 034 055 A1** 2011.09.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 034 055.3**

(22) Anmeldetag: **11.08.2010**

(43) Offenlegungstag: **22.09.2011**

(51) Int Cl.: **A61B 5/0456** (2006.01)

A61B 5/0402 (2006.01)

A61B 5/22 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2010 012 196.7 **19.03.2010**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Dr.-Ing. W. Bernhardt Dr. R.
Bernhardt Dipl.-Phys. Partnerschaft, 66123,
Saarbrücken, DE**

(71) Anmelder:

**Wittling, Werner, 66540, Neunkirchen, DE;
Wittling, Ralf Arne, 66540, Neunkirchen, DE**

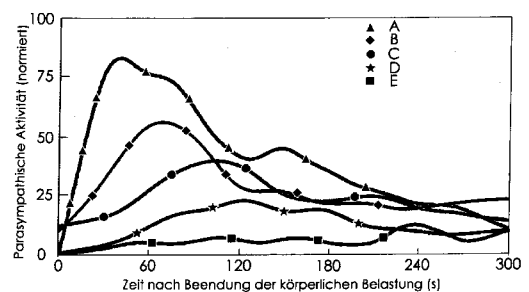
(72) Erfinder:

gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Beurteilung der Gesundheit eines Lebewesens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beurteilung der Gesundheit eines Lebewesens, insbesondere eines Menschen, bei dem eine Folge von Herzschlägen des Lebewesens aufgezeichnet wird und unter Analyse der zeitlichen Abstände zwischen den Herzschlägen eine Aktivität des Parasympathikus des autonomen Nervensystems des Lebewesens in Abhängigkeit von der Zeit bestimmt wird. Zur Messung der Schlagfrequenz wird ein Elektrokardiogramm erstellt und die Schlagfrequenz mittels der Methode der komplexen Demodulation analysiert. Die Aktivität des Parasympathikus wird in einem Zeitraum vor, während und/oder nach einer Stimulation des Lebewesens wie körperliche Anstrengung, therapeutischer, medikamentöser und/oder elektrischer Stimulation, psychischer Belastung und/oder Schmerz bestimmt. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beurteilung der Gesundheit eines Lebewesens, insbesondere eines Menschen, bei dem eine Folge von Herzschlägen des Lebewesens aufgezeichnet wird und unter Analyse der zeitlichen Abstände der Herzschläge eine Aktivität des Parasympathikus des autonomen Nervensystems des Lebewesens bestimmt wird.

[0002] Die Gesundheit eines Lebewesens wird u. a. durch sein Vermögen bestimmt, sich an Belastungen anzupassen und diesen standzuhalten. Eine solche Anpassung erfolgt über das autonome Nervensystem, das die Schlagfrequenz, Atmung, Blutdruck, Verdauung und Stoffwechsel abhängig von der jeweiligen Belastung reguliert. Ein Zweig des autonomen Nervensystems, dessen Aktivierung Leistungs- und Reaktionsbereitschaft und die Aktivierung von Energiereserven fördert, wird als Sympathikus bezeichnet. Die Aktivierung eines weiteren, als Gegenspieler zum Sympathikus wirkenden Zweigs des autonomen Nervensystems fördert Ruhe und Erholung sowie Energiespeicherung und wird Parasympathikus genannt. Es ist aus zahlreichen Studien bekannt, dass die Aktivität von Sympathikus und Parasympathikus zur Beurteilung einer Leistungsfähigkeit von Menschen dienen kann. Da sich Auswirkungen von Aktivitäten des Sympathikus oder Parasympathikus Schwankungen der zeitlichen Abstände zwischen den Herzschlägen zuordnen lassen, kann durch ihre Messung die jeweilige Aktivität bestimmt werden.

[0003] Bei einem durch Benutzung bekannten Verfahren der eingangs genannten Art wird über einen Zeitraum von mehreren Minuten ein Elektrokardiogramm (EKG) einer Person in Ruhe erstellt. Anschließend werden die zeitlichen Abstände mittels schneller Fourier-Transformation (Fast Fourier Transformation, FFT) analysiert und ein Frequenzspektrum erstellt. Ein niederfrequenter Bereich dieses Frequenzspektrums, nämlich 0,04 bis 0,15 Hz, lässt sich der Aktivität des Sympathikus zuordnen, da eine Beeinflussung des Herzschlages durch den Sympathikus in einem verhältnismäßig langsamen Rhythmus erfolgt. Ein Bereich höherer Frequenz, nämlich 0,15 bis 0,4 Hz, ist einer Aktivität des Parasympathikus zuzuordnen, der den Herzschlag in einem schnelleren Rhythmus beeinflusst. Durch Auswertung des Frequenzspektrums lassen sich die Aktivitäten des Sympathikus und des Parasympathikus im Verhältnis zueinander bestimmen und es können Rückschlüsse auf körperliches und geistiges Wohlergehen des Lebewesen geschlossen werden.

[0004] Bei einem weiteren bekannten Verfahren, das zur Bestimmung von Fitness eingesetzt wird, wird gemessen, wie lange das Lebewesen braucht, bis der Puls nach einer körperlichen Belastung wieder unter

eine bestimmte Grenzfrequenz sinkt (Pulserholzeit). Dieses weit verbreitete Verfahren ist allerdings ungenau.

[0005] Genauere, aber sehr aufwendige Verfahren sind Lactatleistungsdiagnostik und Sauerstoffsättigungsanalyse.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit dem die Gesundheit des Lebewesens schnell und einfach zu beurteilen ist.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die Aktivität des Parasympathikus in Abhängig von der Zeit bestimmt wird.

[0008] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird es möglich, Änderungen der Aktivität des Parasympathikus aufgrund einer Stimulation, beispielsweise körperlicher Anstrengung, therapeutischer, medikamentöser und/oder elektrischer Stimulation, psychischer Belastung und/oder Schmerz, bestimmten Zeitpunkten zuzuordnen. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf körperliches Regenerationsvermögen und somit auf die Gesundheit des Lebewesens, insbesondere seine körperliche Leistungsfähigkeit, ziehen.

[0009] Zweckmäßigerweise wird ein Elektrokardiogramm erstellt und der Herzschlag vorzugsweise anhand von ersten positiven Ausschlägen einer Herzkammerregung (R-Ausschlag) bestimmt. Vorzugsweise werden, beispielsweise durch Bewegung des Lebewesens verursachte, Fehlsignale der Messung korrigiert. Alternativ kann zur Bestimmung des Herzschlags optisch oder mechanisch ein Puls abgenommen werden.

[0010] In einer Ausgestaltung der Erfindung werden die zeitlichen Abstände, insbesondere ihre Schwankungen, mittels einer Methode der komplexen Demodulation (Complex Demodulation Method, CDM) analysiert.

[0011] Diese ist eine nicht lineare Zeitbereichsmethode für eine Zeitreihenanalyse. Während es mit der eingangs genannten schnellen Fourier-Transformation lediglich möglich ist, sich überlagernde Frequenzen aus der Messung über einen längeren Zeitraum zu bestimmen, lassen sich mit der CDM auch instationäre und un stetige Signale analysieren. Als Ergebnis erhält man die Amplitude und die Phase einer Frequenzkomponente als eine Funktion der Zeit.

[0012] Eine Zeitserie $X(t)$ kann wie folgt dargestellt werden:

$$X_t = A_t \cdot \cos[f_0 t + P_t] \quad (1)$$

mit A_t = sich langsam ändernde Amplitude

P_t = sich langsam ändernde Phase

[0013] Bei bekannter Frequenz f_0 kann (1) mit der Euler-Gleichung ersetzt werden:

$$X_t = (1/2)A_t\{\exp[i(f_0t + P_t)] + \exp[-i(f_0t + P_t)]\}$$

[0014] Wenn $Y_t = X_t 2 \exp(-if_0t)$,
dann $Y_t = A_t[\exp(iP_t) + \exp(-i\{2f_0t + P_t\})]$

[0015] Nach einer low-pass-Filterung von Y_t ergibt sich

$$y_t = (1/2)A_t \exp(iP_t)$$

mit $A_t = 2|y_t|$

$$P_t = \tan^{-1}[\text{imag}(h)/\text{real}(h)]$$

mit $h = y_t/|y_t|$

[0016] Vom Frequenzbereich aus betrachtet wird das zu analysierende Frequenzband auf Null verschoben und dann low-pass gefiltert. Die Variation der Amplitude der komplexen Demodulation bildet dann die Intensität des Signals um die Frequenz f_0 ab. Die Variation der Phase beschreibt die relative Frequenzabweichung von der Frequenz f_0 .

[0017] Während für ein genügend aussagekräftiges Ergebnis die Bestimmung lediglich der Aktivität des Parasympathikus ausreichend ist, wird in einer Ausgestaltung der Erfindung auch eine Aktivität des Sympathikus, vorzugsweise anhand mittels der Methode der komplexen Modulation bestimmter Frequenzen von 0,04 bis 0,15 Hz und den Frequenzen zugeordneter Amplituden, bestimmt. Es lässt sich eine Reaktion des Sympathikus auf die Stimulation bestimmen und in Beziehung zu der Aktivität des Parasympathikus setzen. Ferner ist vorstellbar, auch Aktivitäten bei Frequenzen von 0,003 bis 0,04 Hz zu bestimmen. Eine noch genauere Beurteilung wird ermöglicht.

[0018] Die Aktivität des Parasympathikus kann zwar in einem Zeitraum vor, während und/oder nach einer Stimulation des Lebewesens bestimmt werden, in einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird sie aber unter Analyse der zeitlichen Abstände innerhalb eines sich an eine Änderung, vorzugsweise eine Beendigung oder eine Abschwächung, der Stimulation anschließenden Zeitraums bestimmt, der vorzugsweise zumindest 40 Sekunden beträgt. Die Abschwächung der Stimulation kann z. B. bei körperlicher Anstrengung darin bestehen, dass im Anschluss an eine verhältnismäßig große Leistung, beispielsweise > 300 W, nur noch eine wesentlich geringere Leistung, beispielsweise < 70 W, oder keine Leistung mehr erbracht wird.

[0019] Es hat sich gezeigt, dass sich anhand der Änderung der Aktivität des Parasympathikus im Anschluss an die Änderung der Stimulation die Gesundheit beurteilen lässt. Durch Wiederholung des erfindungsgemäßen Verfahrens in größeren zeitlichen Abständen, z. B. regelmäßig nach mehreren Tagen, lässt sich ferner eine Entwicklung der Gesundheit, beispielsweise nach Einnahme von Medikamenten, oder von Fitness, beispielsweise nach Training mit einer bestimmten Trainingsmethode, beurteilen. Ergebnisse der Bestimmung der Aktivität des Parasympathikus werden zweckmäßigerweise unter Berücksichtigung des Alters des Lebewesens beurteilt und/oder können in ein Verhältnis zu Normwerten gesetzt werden.

[0020] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Stimulation in Abhängigkeit von der Aktivität des Parasympathikus und/oder des Sympathikus. Die Dauer und/oder die Stärke der Stimulation lässt sich auf diese Weise an eine Reaktion des Lebewesens auf die Stimulation anpassen. Die Wechselwirkung zwischen der Stimulation und der Aktivität des Parasympathikus und/oder des Sympathikus kann für die Beurteilung herangezogen werden.

[0021] Zweckmäßigerweise wird die Stimulation beendet, wenn der Parasympathikus und/oder der Sympathikus eine bestimmte Aktivität aufweist bzw. aufweisen. Es ist vorstellbar, die Stimulation zu beenden, wenn die jeweilige Aktivität während einer bestimmten Dauer, vorzugsweise während 10 Sekunden, einen bestimmten Wert aufweist. Vorzugsweise wird die Stimulation beendet, wenn der Parasympathikus während der Dauer nicht aktiv ist.

[0022] Alternativ kann die Stimulation nach einem vorgegebenen Ablauf durchgeführt werden, wobei das Lebewesen vorzugsweise durch körperliche Anstrengung auf einem Ergometer belastet wird. Die zu erbringende Leistung wird dabei, vorzugsweise stufenweise, in an sich aus Belastungs-EKGs bekannter Weise, bis zu einer bestimmten Maximalleistung erhöht.

[0023] Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Beurteilung der Fitness eines Lebewesens, insbesondere Menschen, die Mittel zur Aufnahme von Herzschlägen des Lebewesens, vorzugsweise ein EKG-Gerät, und ein mit dem Mittel verbundenen Computer aufweist, der zur Bestimmung einer Aktivität eines Parasympathikus eines autonomen Nervensystems des Lebewesens aus den zeitlichen Abständen zwischen den Herzschlägen vorgesehen ist.

[0024] Bei solchen durch Benutzung bekannten Vorrichtungen werden die mit dem EKG-Gerät erstellten Messungen an den Computer übertragen und nach der Messung mittels einer Software Messungsergeb-

nisse mittels der schnellen Fourier-Transformation analysiert und, wie eingangs beschrieben, das Frequenzspektrum der Aktivität des Sympathikus oder des Parasympathikus zugeordnet.

[0025] Erfindungsgemäß ist der Computer, vorzugsweise mittels eines entsprechenden Programms, zu einer zeitabhängigen Bestimmung der Aktivität des Parasympathikus vorgesehen.

[0026] Zweckmäßigerweise ist der Computer ferner zur Bestimmung einer Aktivität des Sympathikus vorgesehen.

[0027] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Computer zur Bestimmung der Aktivität mittels einer Methode der komplexen Demodulation (CDM), vorzugsweise anhand von Frequenzen von 0,15 bis 0,4 Hz und ggf. 0,04 bis 0,15 Hz und von diesen Frequenzen zugeordneten Amplituden, vorgesehen.

[0028] Ferner kann der Computer zur Bestimmung von Aktivitäten bei Frequenzen von 0,003 bis 0,04 Hz eingerichtet sein.

[0029] Zweckmäßigerweise umfasst die Vorrichtung eine Einrichtung zur Stimulation des Lebewesens, bevorzugt ein Ergometer, das vorzugsweise mit dem Computer verbunden ist. Mit dem Ergometer kann von dem Lebewesen erbrachte körperliche Arbeit bestimmt und/oder dem Lebewesen eine zu erbringende körperliche Arbeit vorgegeben werden. Die mit dem Ergometer gemessenen Daten sind auf den Computer übertragbar und der Computer ist ggf. eingerichtet, das Ergometer zu steuern und insbesondere die zu erbringende körperliche Arbeit einzustellen.

[0030] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Einrichtung zur Stimulation und insbesondere die Stärke der Stimulation in Abhängigkeit von der Aktivität des Parasympathikus und/oder des Sympathikus steuerbar. Insbesondere die zu erbringende körperliche Arbeit lässt sich an die Aktivität des Parasympathikus anpassen.

[0031] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Computer zur Bestimmung der Aktivität des Parasympathikus und ggf. des Sympathikus aus der Messung der Schlagfrequenz in einem sich an eine Beendigung der Stimulation des Lebewesens anschließenden Zeitraum, der vorzugsweise mindestens 40 Sekunden dauert, vorgesehen.

[0032] Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen und der beiliegenden, sich auf diese Ausführungsbeispiele beziehenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0033] Fig. 1 schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

[0034] Fig. 2 in einem Diagramm Ergebnisse von Messungen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, und

[0035] Fig. 3 bis Fig. 5 in Diagrammen Ergebnisse einer Studie, in der das erfindungsgemäße Verfahren verwendet wurde.

[0036] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die ein Fahrradergometer **1**, ein EKG-Gerät **2**, einen Computer **3** mit Bildschirm **4** umfasst, ist in Fig. 1 gezeigt. Zur Veranschaulichung ist schematisch ferner eine auf dem Fahrradergometer sitzende Person **5** dargestellt.

[0037] Der Computer **3** ist mit dem Fahrradergometer **1** derart verbunden, dass von der Person **5** erbrachte körperliche Leistung über den Bildschirm **4** angezeigt und zeitabhängig gespeichert werden kann. Ferner ist es möglich mit dem Computer **3** der Person **5** eine zu erbringende Leistung vorzugeben. Dazu kann der Computer **3** auch die am Fahrradergometer **1** zu erbringende Leistung, beispielsweise durch Erhöhung eines an Pedalen des Fahrradergometers **1** anliegenden Widerstandes einstellen.

[0038] Alternativ zu dem Fahrradergometer können andere Ergometertypen wie beispielsweise Crosstrainer, Ruderergometer, Laufbänder sowie Heimtrainer eingesetzt werden.

[0039] Das EKG-Gerät **2** umfasst an der Körperoberfläche der Person **5** angeordnete Elektroden und ist ebenfalls mit dem Computer **3** verbunden. Ein mit dem EKG-Gerät **2** erstelltes Elektrokardiogramm wird auf den Computer **3** übertragen und dort gespeichert.

[0040] Alternativ kann die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Einrichtung zur optischen und/oder mechanischen Pulsabnahme aufweisen. Dabei kommen insbesondere bekannte Einrichtungen wie beispielsweise ein Brustgurt oder an den Griffen des Fahrradergometers angeordnete Sensoren in Frage.

[0041] Es ist vorstellbar, sowohl das EKG-Gerät **2** bzw. die genannten Einrichtungen zur Pulsabnahme sowie den Computer **3** und den Bildschirm **4** in das Fahrradergometer oder die anderen genannten Ergometer zu integrieren.

[0042] Auf dem Computer wird bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Programm ausgeführt, das zur Speicherung und Auswertung von Messergebnissen und Anzeige der Messergebnisse und Auswertungen eingerichtet ist. Ferner führt es die Person **5** durch das Verfahren.

[0043] Zunächst erbringt die Person **5** in an sich aus Belastungs-EKGs bekannter Weise durch Treten der Pedalen auf dem Fahrradergometer **1** eine sich stu-

fenweise steigende Leistung. Innerhalb der ersten Minute werden 30 W erbracht und anschließend die Leistung minütlich bis 150 W erhöht, sodass innerhalb der fünften Minute 150 W erbracht werden. Nach Ablauf der fünften Minute hört die Person 5 auf, zu treten, und bleibt in Ruhe und ihr Herzschlag wird aufgezeichnet. Alternativ kann die Person 5 bei einer wesentlich geringeren Belastung < 70 W, bevorzugt < 50 W, weiter treten. Alternativ kann die Leistung auch kontinuierlich gesteigert werden.

[0044] Ferner kann die Dauer der Belastung, z. B. anhand einer Abschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit der Person 5, geändert werden.

[0045] Um zu einem aussagekräftigen Ergebnis zu gelangen, müssen zumindest 40 Sekunden aufgezeichnet werden. Allerdings lassen sich insbesondere aus Messungen der ersten 300 Sekunden wertvolle Informationen gewinnen.

[0046] Mittels des genannten Programms werden die Messergebnisse gespeichert, das Messergebnis auf möglicherweise auftretende Fehlmessungen untersucht und diese Fehlmessungen korrigiert. Anschließend wird eine Analyse mit der Methode der komplexen Demodulation (CDM) durchgeführt. Es werden sich im Rhythmus der Herzschläge überlagernde Frequenzen und diesen Frequenzen zuzuordnende Amplituden bestimmt und einer Aktivität des Parasympathikus, die im Frequenzbereich von 0,15 bis 0,4 Hz liegt, und ggf. des Sympathikus, die in einem Frequenzbereich von 0,04 bis 0,15 Hz liegt, zugeordnet. Ein Verlauf der jeweiligen Aktivität lässt sich in Abhängigkeit von der Zeit grafisch auf dem Bildschirm 4 darstellen, wie dies beispielsweise in dem Diagramm nach Fig. 2 gezeigt ist. Die Software kann ferner neben den Ergebnissen der Analyse zu körperlichen Merkmalen der Person 5 passende Normwerte anzeigen, im Verhältnis zu welchen sich die Fitness der Person beurteilen lässt.

[0047] In dem Diagramm nach Fig. 2 ist mittels des beschriebenen Verfahrens bestimmte Aktivität des Parasympathikus für unterschiedlich gut trainierte Personen A, B, C, D und E in Abhängigkeit von der Zeit nach Beendigung der oben beschriebenen körperlichen Belastung dargestellt. Person A treibt mehr als 9 Stunden, Person B zwischen 5 und 9 Stunden, Person C zwischen 2 und 5 Stunden, Person D zwischen 0,5 und 2 Stunden und Person E weniger als 0,5 Stunden Sport pro Woche. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, sind zwischen den unterschiedlich gut trainierten Personen deutliche Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Aktivität des Parasympathikus erkennbar. So lässt sich bei der sehr gut trainierten Person A im Verhältnis zu den anderen Versuchspersonen sowohl eine höhere Anstiegsrate als auch eine größere maximale Amplitude feststellen. Es zeigt sich, dass je weniger gut die Personen trainiert

sind, die Anstiegsrate sowie die maximale Amplitude immer geringer werden und die Zeit, während der die Amplitude ansteigt, immer länger wird.

[0048] Bei einer Studie mit 37 Testpersonen im Durchschnittsalter von 26, 22 Jahren, von denen neunzehn weiblich und achtzehn männlich waren, hat sich gezeigt, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren signifikante Unterschiede zwischen den Testpersonen abhängig von ihrer wöchentlichen körperlichen Aktivität bestimmt werden können. Die Testpersonen wurden in drei Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe treibt pro Woche 0 bis 2,5 Stunden, die zweite 3 bis 4 Stunden und die dritte 4,5 bis 7,5 Stunden Sport.

[0049] Wie aus Fig. 3 hervorgeht, ist die oben beschriebene Anstiegsrate bei den Versuchspersonen, die lediglich bis zu 2,5 Stunden pro Woche Sport treiben, wesentlich geringer als diejenige der anderen Versuchspersonen. Ferner ist die Anstiegsrate bei den Versuchspersonen, die 4,5 bis 7,5 Stunden Sport pro Woche treiben, höher als diejenige der Versuchsperson, die lediglich 3 bis 4 Stunden Sport pro Woche treiben.

[0050] Ähnliche Unterschiede lassen sich auch für die in Fig. 4 dargestellte maximale Höhe der Amplitude der parasympathischen Aktivität feststellen.

[0051] Anhand des Diagramms nach Fig. 5 lässt sich erkennen, dass auch die genannte Anstiegsdauer für weniger Sport treibende Personen wesentlich höher ist als für die besser trainierten Personen.

[0052] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich sowohl zur einmaligen Beurteilung des körperlichen Zustands einer Person als insbesondere auch zur Überwachung des Zustands über längere Zeiträume, wobei das Verfahren in regelmäßigen Abständen durchzuführen und die Ergebnisse miteinander zu vergleichen sind. So gibt eine zu geringe Aktivierung des Parasympathikus einen frühen Hinweis auf sich einstellende Herz-Kreislaufkrankungen.

[0053] Vorteilhaft lässt sich so beispielsweise die Wirkung von Medikamenten oder Therapien oder die Wirksamkeit einer bestimmten Trainingsmethode beurteilen.

[0054] Es ist vorstellbar, das Verfahren auch zur Beurteilung der Gesundheit von Tieren einzusetzen. Dieses Verfahren kann insbesondere zur Überprüfung der Fitness von Wettkampftieren wie Pferden, Hunden oder Kamelen interessant sein.

[0055] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann an die jeweilige Tierart angepasst werden.

[0056] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Aktivität des Parasympathikus und ggf. des Sympathikus der Person **5** schon während und ggf. vor einer ersten Belastung der Person **5** auf dem Fahrradergometer **1** bestimmt. Die Aktivität des Parasympathikus vor bzw. zu Beginn der Belastung sowie ihre Reaktion auf die körperliche Belastung, insbesondere ihre Änderung und/oder die Dauer bis zum Erreichen einer bestimmten Aktivität, insbesondere in Abhängigkeit von der erbrachten bzw. zu erbringenden Leistung, ist ein Maß für die körperliche Fitness der Person **5**. Ein Maß ist z. B. die Abfallgeschwindigkeit des Parasympathikus, gemessen als Quotient aus der Aktivität vor bzw. zu Beginn der Belastung und der Dauer bis zu einer Inaktivität der Parasympathikus sein.

[0057] Ferner können die auf diese Weise gewonnenen Informationen für die Aktivität des Parasympathikus während der ersten Belastung zur Steuerung der Größe der von der Person **5** zu erbringenden Leistung genutzt werden.

[0058] So kann die eingangs beschriebene stufenweise sich steigernde zu erbringende Leistung auf dem Fahrradergometer **1** beispielsweise genau dann beendet werden, wenn der Parasympathikus über einen Zeitraum von z. B. 10 Sekunden eine bestimmte Aktivität aufweist oder nicht mehr aktiv ist. Die Belastung einer weniger gut trainierten Person wird dann früher beendet als bei einer gut trainierten.

[0059] Alternativ ist vorstellbar, die auf dem Fahrradergometer **1** zu erbringende Leistung in Abhängigkeit von der bei der Belastung gemessenen Aktivität des Parasympathikus zu steuern. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass bei der zu untersuchenden Person während der Belastungsphase der Parasympathikus eine bestimmte Aktivität in Abhängigkeit von der Zeit aufweist. Die von einer gut trainierten Person zu erbringende Leistung wird dann schneller gesteigert als die einer weniger gut trainierten.

[0060] An die erste Belastung kann sich die oben beschriebene Messung in Ruhe oder bei geringer Belastung anschließen.

[0061] Mit der in Abhängigkeit von der Aktivität des Parasympathikus gesteuerten Belastung wird es möglich, die Belastungsphase an die jeweils zu messende Person anzupassen und für die Messung in Ruhe oder bei geringerer Belastung vergleichbare Voraussetzungen zu schaffen.

[0062] Um die zu erbringende Leistung in Abhängigkeit von der Aktivität des Parasympathikus steuern zu können, ist der Computer **3** derart eingerichtet, dass die zu erbringende Leistung anhand der Auswertungen der Messergebnisse, also der aus den Messergebnissen bestimmten Aktivität des Parasympathi-

kus, unmittelbar steuerbar ist. Der Computer **3** bestimmt die Aktivität des Parasympathikus und steuert das Fahrradergometer **1** in Funktion von der Messung also während der Belastung der Person **5** auf dem Fahrradergometer **1**.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beurteilung der Gesundheit eines Lebewesens, insbesondere eines Menschen, bei dem eine Folge von Herzschlägen des Lebewesens aufgezeichnet wird und unter Analyse der zeitlichen Abstände zwischen den Herzschlägen eine Aktivität des Parasympathikus des autonomen Nervensystems des Lebewesens bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktivität des Parasympathikus in Abhängigkeit von der Zeit bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Elektrokardiogramm (EKG) des Lebewesens erstellt und der Herzschlag vorzugsweise anhand erster positiver Ausschläge einer Herzkammerregung (R-Ausschlag) bestimmt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zeitlichen Abstände mittels der Methode der komplexen Demodulation (CDM) analysiert werden und die Aktivität des Parasympathikus vorzugsweise anhand von Frequenzen von 0,15 bis 0,4 Hz und den Frequenzen zugeordneten Amplituden bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Aktivität des Sympathikus, vorzugsweise anhand mittels der Methode der komplexen Demodulation bestimmte Frequenzen von 0,04 bis 0,15 Hz und den Frequenzen zugeordneten Amplituden, bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivität in einem Zeitraum vor, während und/oder nach einer Stimulation des Lebewesens, vorzugsweise körperlicher Anstrengung, einer therapeutischen, medikamentösen und/oder elektrischen Stimulation, psychischer Belastung und/oder Schmerz, bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Stimulation in Abhängigkeit von der Aktivität des Parasympathikus und/oder des Sympathikus erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivität unter Analyse der zeitlichen Abstände innerhalb eines sich an eine Änderung, vorzugsweise eine Beendigung oder eine Abschwächung, der Stimulation anschließenden Zeitraums, vorzugsweise eines Zeitraums von mindestens 40 Sekunden, bestimmt wird.

8. Vorrichtung zur Beurteilung der Gesundheit eines Lebewesens, insbesondere eines Menschen, die Mittel (2) zur Aufnahme von Herzschlägen und einen mit dem Mittel verbundenen Computer (3) aufweist, der zur Bestimmung einer Aktivität des Parasympathikus des autonomen Nervensystems des Lebewesens aus zeitlichen Abständen zwischen den Herzschlägen vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Computer (3) zur Bestimmung der Aktivität des Parasympathikus in Abhängigkeit von der Zeit vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Computer (3) zur Bestimmung der Aktivität mittels der Methode der komplexen Demodulation (CDM), vorzugsweise aus Größen von Zeitintervallen zwischen ersten positiven Ausschlägen einer Herzkammer (R-R-Intervalle), vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Computer (3) zur Bestimmung der Aktivität mittels der Methode der komplexen Demodulation bestimmter Frequenzen von 0,15 bis 0,4 Hz und vorzugsweise aus diesen Frequenzen zugeordneten Amplituden vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Computer (3) zur Bestimmung der Aktivität aus der Folge der Herzschläge innerhalb eines sich an eine Änderung, vorzugsweise eine Beendigung oder eine Abschwächung, einer Stimulation des Lebewesens anschließenden Zeitraums, der vorzugsweise mindestens 40 Sekunden beträgt, vorgesehen ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

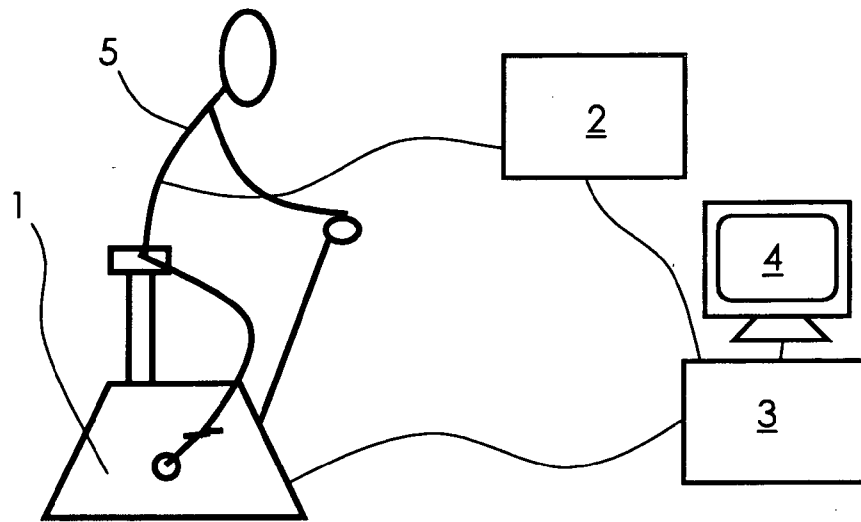


Fig. 1

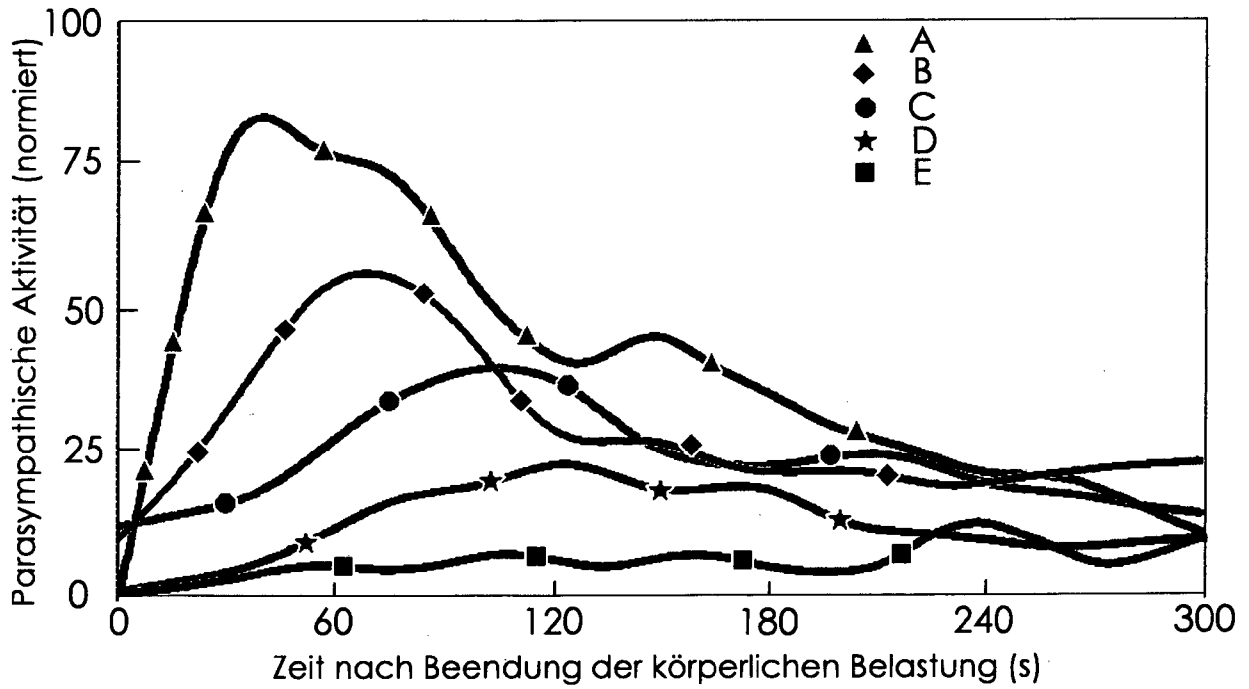


Fig. 2

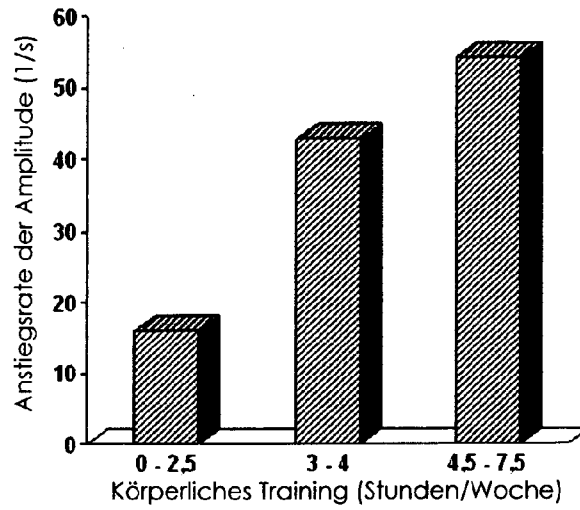


Fig. 3

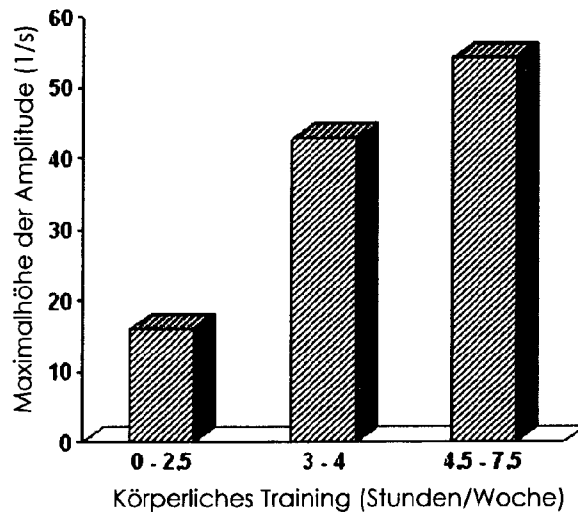


Fig. 4

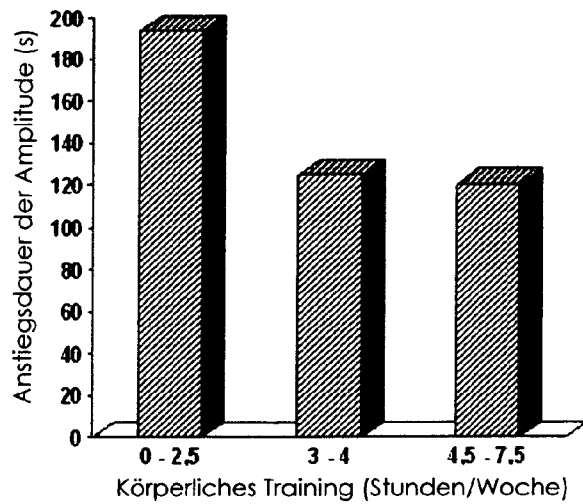


Fig. 5