

(19)



(11)

EP 1 586 353 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
10.01.2007 Bulletin 2007/02

(51) Int Cl.:
A63B 69/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04405233.0**

(22) Date de dépôt: **15.04.2004**

(54) **Procédé et dispositif de mesure de l'efficacité d'un geste sportif**

Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Wirksamkeit einer Sportbewegung

Method and device for measuring efficacy of a sportive activity

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(43) Date de publication de la demande:
19.10.2005 Bulletin 2005/42

(73) Titulaire: **CSEM Centre Suisse d'Electronique et
de
Microtechnique S.A. - Recherche et
Développement
2007 Neuchâtel (CH)**

(72) Inventeurs:
• **Onillon, Emmanuel
2208 Les Hautes-Geneveys (CH)**

• **Vetter, Rolf
1025 Monnaz (CH)**
• **Cornuz, Jérôme
1110 Morges (CH)**

(74) Mandataire: **GLN
Rue du Puits-Godet 8a
2000 Neuchâtel (CH)**

(56) Documents cités:
**WO-A-01/42809 WO-A-01/87426
DE-A- 4 141 109 US-A- 4 409 992
US-A- 5 458 548 US-A- 5 899 963
US-A- 6 013 007 US-A- 6 021 351
US-B1- 6 397 151 US-B1- 6 585 622
US-B1- 6 632 158**

EP 1 586 353 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention se rapporte au domaine des activités physiques. Elle concerne, plus particulièrement, un procédé et un dispositif pour la mesure de l'efficacité d'un geste sportif.

[0002] Pour tout sportif, compétiteur ou amateur, qui cherche à progresser, l'entraînement vise à améliorer son efficacité, ou rendement, qui peut être définie par le rapport entre l'énergie dépensée et le coût énergétique requis par le mouvement et/ou le déplacement du sportif.

[0003] Si l'on prend l'exemple du skieur de fond, on comprend bien, en effet, que sur un parcours donné, un sportif doit, pour être plus performant, soit augmenter l'énergie qu'il dépense, soit améliorer sa technique et sa qualité de glisse.

[0004] De manière classique, l'entraînement se focalise sur l'augmentation du numérateur du rapport mentionné ci-dessus, c'est-à-dire l'énergie dépensée. De nombreux travaux sur la physiologie du sport ont permis de développer des théories et des exercices pour améliorer les capacités physiques du sportif. Ils sont basés sur un critère essentiel, facilement accessible : la fréquence cardiaque. Cependant, cet entraînement physique implique des efforts importants pour des progrès généralement lents.

[0005] L'amélioration de l'efficacité passe aussi par une diminution du dénominateur du rapport « énergie dépensée / coût énergétique ». Pour ce qui concerne le coût énergétique du mouvement ou déplacement, le problème repose essentiellement sur des aspects matériels de l'équipement du sportif. Par contre, le coût énergétique du mouvement passe par une amélioration de la maîtrise technique du geste en question. Son efficacité est directement liée à des paramètres difficiles à quantifier (orientation des appuis, relâchement des muscles antagonistes dans les phases de travail et des muscles agonistes dans les phases de repos, mouvements parasites...).

[0006] L'analyse de ces paramètres nécessite, le plus souvent, la présence d'une personne extérieure avisée, capable d'analyser le geste du sportif et de prodiguer les conseils adéquats. Mais ceci repose, généralement, davantage sur le coup d'oeil et l'expérience de l'observateur que sur de réelles mesures scientifiques.

[0007] Le document US-A-6397151 décrit un procédé et un dispositif de mesure de l'efficacité du geste d'un sportif.

[0008] La présente invention a pour but de permettre à un sportif d'évaluer l'efficacité de sa technique, sans avoir besoin d'un regard extérieur. L'invention fournit aussi, particulièrement pour les entraîneurs, un moyen rationnel permettant de quantifier les progrès techniques du sportif.

[0009] De façon plus précise, l'invention concerne un procédé de mesure de l'efficacité du geste d'un sportif. Il comprend les étapes suivantes :

- extraction d'au moins un attribut A du signal fourni par un accéléromètre placé sur le sportif de manière à capter l'accélération liée à ce geste,
- comparaison de cet attribut avec la valeur moyenne $\bar{A}$ du même attribut, obtenue pour une population de référence et stockée dans une mémoire, et
- production d'une représentation de l'efficacité du geste.

[0010] Selon l'invention, la comparaison s'effectue entre :

- l'attribut A , et
- sa valeur moyenne $\bar{A}$, obtenue pour une population de référence, correspondant au pourcentage de la fréquence cardiaque maximale fourni par un cardiofréquencemètre porté par le sportif.

[0011] Avantageusement, l'attribut A est l'écart-type du signal fourni par l'accéléromètre.

[0012] L'invention concerne également un dispositif pour la mesure de l'efficacité d'un geste sportif. Il comprend :

- un accéléromètre placé sur un sportif de manière à fournir un signal représentatif de ce geste,
- un circuit de traitement doté d'un microprocesseur et d'une mémoire, recevant le signal, le microprocesseur étant programmé pour effectuer, à intervalles déterminés, les opérations suivantes :

- extraction d'au moins un attribut A du signal de l'accéléromètre,
- comparaison de l'attribut A avec la valeur moyenne $\bar{A}$ du même attribut, obtenue pour une population de référence et stockée dans ladite mémoire, et
- production d'une représentation de l'efficacité du geste, et

- des moyens de signalisation pour transmettre au sportif cette représentation.

[0013] De manière avantageuse, le dispositif comporte, en outre, un appareil de mesure de la fréquence cardiaque destiné à fournir au circuit de traitement des informations relatives à la fréquence cardiaque du sportif. Ce circuit de

traitement est programmé pour effectuer l'opération de comparaison entre :

- l'attribut A , et
- sa valeur moyenne $\bar{A}$, obtenue pour une population de référence, correspondant au pourcentage de la fréquence cardiaque maximale fourni par un cardiofréquencemètre porté par le sportif.

[0014] La comparaison est effectuée selon l'équation :

$$d_{(fc)} = (\theta - \mu_{ref})^T \times C_{fc} \times (\theta - \mu_{ref})$$

dans laquelle :

- $d_{(fc)}$ est l'écart entre le coureur et la population de référence pour un pourcentage donné fc de la fréquence cardiaque maximale,
- θ est la valeur de l'attribut déterminé pour le coureur ou, dans le cas général, un vecteur dont les composantes sont les différents attributs mesurés pour ce dernier,
- μ_{ref} est la moyenne de l'attribut déterminé pour la population de référence ou, dans le cas général, le vecteur dont les composantes sont les valeurs moyennes des attributs pour ladite population de référence,
- C_{fc} est la matrice de covariance des valeurs moyennes des attributs de la population de référence, et
- T indique que la matrice correspondante est transposée.

[0015] Le dispositif peut comporter encore l'une ou l'autre des caractéristiques suivantes :

- le circuit de traitement et les moyens de signalisation sont logés dans une montre portée par le sportif,
- les moyens de signalisation sont sonores et sont agencés de manière à produire un son intermittent dont la fréquence est corrélée à la représentation de l'efficacité du geste.

[0016] D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite en référence au dessin annexé dans lequel :

- les figures 1a et 1 b sont des représentations schématisques du dispositif selon l'invention ; et
- la figure 2 illustre la méthode de traitement de données utilisée dans un tel dispositif.

[0017] Pour décrire l'invention, on prendra l'exemple d'un coureur à pied, représenté sur la figure 1, dont on cherche à évaluer l'efficacité de la foulée.

[0018] Selon les théories de la course à pied, l'efficacité de course est déterminée par les points suivants. Le coureur doit :

- se tenir pratiquement perpendiculaire au sol ;
- axer ses mouvements dans la direction du déplacement ;
- choisir un angle d'atterrissage approprié pour que l'énergie de l'appui soit recyclée au maximum ;
- avoir une fréquence de foulée élevée ;
- coordonner les mouvements de ses bras et de ses jambes ;
- conserver ses hanches en ligne avec ses épaules et sa tête ; et
- avoir un pivotement rapide de la cheville après la pose du pied de manière à avoir une meilleure poussée.

[0019] Tous ces paramètres, ou attributs, peuvent être évalués ou quantifiés, mais ils sont complexes à réunir dans une seule équation. Dans ce qui suit, par souci de simplification, la foulée est modélisée par le biais du centre de gravité du coureur, qui a un mouvement sinusoïdal. L'efficacité de la foulée se traduit par une vitesse constante et une accélération minimisée du centre de gravité, selon une direction verticale.

[0020] Comme l'illustre la figure 1, le sportif est équipé d'un dispositif selon l'invention, comprenant un appareil de

mesure de la fréquence cardiaque ou cardiofréquencemètre 10 de type connu comme, par exemple, celui commercialisé par la firme Polar®. La mesure se fait par l'intermédiaire d'une sonde incorporée dans une ceinture pectorale 12 disposée sur le thorax du sportif. Elle émet un signal reçu par une montre bracelet 13 équipée pour le traiter et afficher la fréquence cardiaque instantanée, y compris sous forme d'un pourcentage de la fréquence cardiaque maximale du sportif.

[0021] Le dispositif selon l'invention comprend, en outre, un accéléromètre 14 solidaire de la poitrine du coureur. Il est, par exemple, fixé à la ceinture 12 du cardiofréquencemètre. Avantageusement, le capteur utilisé est du type ADXL 202E commercialisé par la firme Analog Devices et fournit un signal représentatif de l'accélération que le centre de gravité du coureur subit dans les trois directions de l'espace.

[0022] Un circuit de traitement 15 reçoit le signal de l'accéléromètre 14 acheminé par des moyens de transmission, constitués d'un émetteur 16a et d'un récepteur 17, respectivement associés à l'accéléromètre 14 et au circuit de traitement 15. Pour éviter toute perturbation induite par un bruit de fond ou par un artéfact, le signal est corrigé par un filtre 18 de type passe-bande avant d'arriver au circuit de traitement 15. Ce dernier reçoit aussi d'un émetteur 16b des informations venant du cardiofréquencemètre 10 relatives à la fréquence cardiaque instantanée et au pourcentage de fréquence cardiaque maximale.

[0023] Le circuit 15 traite ces informations de manière à évaluer l'efficacité du geste du sportif, de la manière qui sera décrite ci-après.

[0024] Avantageusement, le circuit de traitement 15 est logé dans la montre 13 et les moyens de transmission 16 et 17 sont sans fil. Bien entendu, dans ce cas, les fréquences d'émission des signaux de la sonde du cardiofréquencemètre 10 et de l'accéléromètre 14 sont protégées l'une de l'autre pour éviter toute perturbation.

[0025] Enfin, le dispositif comprend encore, placé à la sortie du circuit de traitement 15, des moyens de signalisation 19 pour renseigner le sportif sur l'efficacité de son geste. La signalisation peut être sonore et les moyens 19 sont alors constitués d'un haut-parleur également logé dans la montre 13.

[0026] Comme le montre la figure 2, le circuit de traitement 15 est doté, de manière classique, d'un microprocesseur 20 et d'une mémoire 21. Le microprocesseur 20 est programmé pour traiter les informations de fréquence cardiaque fournies par le cardiofréquencemètre 10 et le signal d'accélération fourni par l'accéléromètre 14, en effectuant, à intervalles déterminés, les opérations suivantes :

- en 22, extraction d'au moins un attribut A du signal de l'accéléromètre 14,
- en 23, normalisation de l'attribut afin de s'affranchir de l'influence de la variabilité inter-sujets,
- en 24, comparaison de l'attribut normalisé A avec une valeur de référence $\bar{A}$ stockée dans la mémoire 21 et correspondant à la mesure de fréquence cardiaque délivrée par le cardiofréquencemètre 10, et
- en 25, fourniture aux moyens de signalisation 19 d'une représentation de l'efficacité du geste.

[0027] De manière plus précise, l'attribut A extrait en 22 est l'écart-type du signal d'accélération du torse délivré par l'accéléromètre 14. Toutes les 5 secondes, cet écart-type est estimé sur la base des mesures effectuées pendant les 10 dernières secondes.

[0028] La normalisation 23 de l'attribut A est nécessaire en vue de la comparaison ultérieure. La fréquence de la foulée ayant un impact direct sur l'accélération subie par le torse du coureur, cette normalisation est effectuée par rapport à cette fréquence, directement extraite du signal fourni par l'accéléromètre 14, avantageusement par la méthode des passages par zéro du signal. En effet, selon la modélisation sinusoïdale du déplacement du centre de gravité du coureur, il y a deux passages par zéro du signal dans chacune des périodes.

[0029] La valeur de référence utilisée pour l'opération de comparaison 24, contenue dans la mémoire 21, est la moyenne $\bar{A}$ de l'attribut, obtenue pour une population de référence. Or, il est évident que l'efficacité de la foulée n'est pas la même au cours d'un simple footing ou d'une compétition. Il faut donc comparer les attributs du sujet et des coureurs de référence à une intensité d'effort semblable.

[0030] En pratique, la moyenne $\bar{A}$ de l'attribut est enregistrée dans la mémoire, en usine, pour différentes valeurs d'un paramètre d'effort P_i , qui est un pourcentage de la fréquence cardiaque maximale. Les attributs de la population de référence sont obtenus en faisant courir ses membres à des intensités-seuils stables, typiquement de 60%, 70%, 80%, 85% de leur fréquence cardiaque maximale. Ces pourcentages, donnés à titre d'exemple, correspondent à un public de coureurs d'endurance. Pour chacun des seuils, la moyenne des valeurs obtenues, $\bar{A}P_1 = \bar{A}60\%$, $\bar{A}P_2 = \bar{A}70\%$, $\bar{A}P_3 = \bar{A}80\%$ et $\bar{A}P_4 = \bar{A}85\%$, est enregistrée dans la mémoire 21.

[0031] Lors de l'opération de comparaison 24, le microprocesseur 20 recherche dans la mémoire 21 la valeur de référence $\bar{A}$ correspondant au pourcentage de la fréquence cardiaque maximale indiqué par le cardiofréquencemètre 10. Cette valeur est, soit directement extraite de la mémoire si le pourcentage correspond à une intensité-seuil, soit calculée par interpolation si le pourcentage est compris entre deux valeurs du paramètre P_i .

[0032] La comparaison entre l'attribut mesuré A et sa valeur moyenne de référence $\bar{A}$ est avantageusement effectuée, typiquement toutes les cinq secondes, au moyen de la formule de Mahalanobis. Celle-ci permet, dans le cas où plusieurs attributs sont pris en compte dans la comparaison, de pondérer le calcul par l'influence de chaque attribut en fonction

de sa fiabilité. Pour ce faire, elle fait intervenir une normalisation par la matrice de covariance des attributs moyens de la population de référence.

[0033] La formule s'écrit :

$$d_{(fc)} = (\vec{p} - \vec{\mu}_{ref})^T \times C_{fc} \times (\vec{p} - \vec{\mu}_{ref})$$

- 10 - dans laquelle: $d_{(fc)}$ est l'écart entre le coureur et la population de référence pour un pourcentage donné fc de la fréquence cardiaque maximale,
- $\vec{p}$ est la valeur de l'attribut déterminé pour le coureur ou, dans le cas général, le vecteur dont les composantes
- 15 sont les différents attributs mesurés,
- $\vec{\mu}_{ref}$ est la moyenne de l'attribut déterminé pour la population de référence ou, dans le cas général, le vecteur dont les composantes sont les valeurs moyennes des attributs pour ladite population de référence,
- 20 - C_{fc} est la matrice de covariance des valeurs moyennes des attributs de la population de référence,
- T indique que la matrice correspondante est transposée.

[0034] Dans le mode de réalisation décrit, un seul attribut, l'écart-type du signal fourni par l'accéléromètre, est pris en compte, mais la formule permet d'utiliser plusieurs attributs.

25 **[0035]** L'écart d , issu de la comparaison 24, constitue un indice de l'efficacité de la foulée. Il est transcrit, en 25, au coureur par les moyens de signalisation 19. Une échelle de corrélation est stockée à cet effet dans la mémoire 21 pour rendre significatif l'indice calculé en lui associant une fréquence d'un signal sonore intermittent. Ainsi, par exemple, plus l'écart calculé au moyen de la formule de Mahalanobis est grand, plus la fréquence du signal est élevée. L'indice peut aussi être affiché numériquement sur l'écran de la montre 13.

30 **[0036]** Bien entendu, les coureurs constituant la population de référence ont été choisis en fonction de leurs performances et de la qualité de leur foulée, jugée par des experts de la discipline selon les critères traditionnels. Un coureur ayant un style peu académique ne sera pas pris en compte dans cet échantillonnage, de manière à ne pas fausser les valeurs de référence.

[0037] L'exemple qui vient d'être donné n'est aucunement limitatif et d'autres modes de réalisation peuvent être proposés, sans sortir du cadre de l'invention. Par exemple, pour examiner les divers points propres à la course à pied évoqués ci-dessus, on peut utiliser plusieurs accéléromètres fournissant plusieurs attributs intégrés dans la formule de Mahalanobis. Par ailleurs, des capteurs autres que des accéléromètres peuvent être envisagés pour donner des signaux à partir desquels les attributs représentatifs de l'efficacité sont mesurés.

35 **[0038]** Le dispositif peut aussi être adapté à d'autres sports que la course à pied en modifiant la position de l'accéléromètre. Notamment, en cyclisme, il est intéressant d'analyser le pédalage en disposant un capteur sur le pied ou sur la cheville du cycliste. Les gymnastes peuvent aussi avoir recours à un appareil selon l'invention pour étudier leur rotation au cours d'acrobaties. Dans ce cas, l'utilisation d'un cardiofréquencemètre et la prise en compte de l'intensité de l'effort pour effectuer la comparaison ne sont pas obligatoires.

40 **[0039]** Le cardiofréquencemètre mis en oeuvre dans le dispositif peut également fonctionner sur la base de tout autre système de mesure, comme, par exemple, une mesure optique décrite dans le document EP 1 297 784 A1.

Revendications

50 **1.** Procédé de mesure de l'efficacité du geste d'un sportif, comprenant les étapes suivantes :

- extraction (22) d'au moins un attribut (A) du signal fourni par un accéléromètre (14) placé sur le sportif de manière à capter l'accélération liée à ce geste,
- comparaison (24) de cet attribut avec la valeur moyenne ($\bar{A}$) du même attribut, obtenue pour une population
- 55 de référence, correspondant au pourcentage de la fréquence cardiaque maximale fourni par un cardiofréquencemètre (10) porté par le sportif, et stockée dans une mémoire (21), et
- production (25) d'une représentation de l'efficacité du geste.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'attribut (A) est l'écart-type du signal fourni par l'accéléromètre (14).
3. Procédé selon la revendication 2, destiné à mesurer l'efficacité de la foulée d'un coureur à pied, **caractérisé en ce que** l'attribut est normalisé par la fréquence de la foulée (23).
4. Dispositif pour la mesure de l'efficacité d'un geste sportif par le procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'il** comprend :

- un accéléromètre (14) placé sur un sportif de manière à fournir un signal représentatif dudit geste,
- un appareil de mesure de la fréquence cardiaque (10) destiné à fournir au circuit de traitement (15) des informations relatives à la fréquence cardiaque du sportif,
- un circuit de traitement (15) doté d'un microprocesseur (20) et d'une mémoire (21), recevant ledit signal, ledit microprocesseur (20) étant programmé pour effectuer, à intervalles déterminés, les opérations suivantes :

- extraction (22) d'au moins un attribut (A) du signal de l'accéléromètre,
- comparaison (24) dudit attribut (A) avec la valeur moyenne ($\bar{A}$) du même attribut, obtenue pour une population de référence, correspondant au pourcentage de la fréquence cardiaque maximale fourni par un cardiofréquencemètre (10) porté par le sportif et stockée dans ladite mémoire (21), et
- production (25) d'une représentation de l'efficacité du geste, et

- des moyens de signalisation (19) pour transmettre au sportif ladite représentation.

5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ledit circuit de traitement est programmé pour effectuer ladite comparaison selon l'équation:

$$d_{(fc)} = (\vec{\theta} - \vec{\mu}_{ref})^T \times C_{fc} \times (\vec{\theta} - \vec{\mu}_{ref})$$

dans laquelle :

- $d_{(fc)}$ est l'écart entre le coureur et la population de référence pour un pourcentage donné fc de la fréquence cardiaque maximale,
- $\vec{\theta}$ est la valeur dudit attribut déterminé pour le coureur ou, dans le cas général, un vecteur dont les composantes sont les différents attributs mesurés pour ce dernier,
- $\vec{\mu}_{ref}$ est la moyenne de l'attribut déterminé pour la population de référence ou, dans le cas général, le vecteur dont les composantes sont les valeurs moyennes des attributs pour ladite population de référence,
- C_{fc} est la matrice de covariance des valeurs moyennes des attributs de la population de référence, et

6. Dispositif selon l'une des revendications 4 et 5, **caractérisé en ce que** ledit circuit de traitement (15) est logé dans une montre (13) portée par le sportif.
7. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de signalisation (19) sont logés dans ladite montre (13).
8. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de signalisation (19) sont sonores et **en ce qu'ils** sont agencés de manière à produire un son intermittent dont la fréquence est corrélée à ladite représentation.

Claims

1. Method of measuring the effectiveness of the movement of a sportsperson, comprising the following steps:

- extraction (22) of at least one attribute (A) from the signal supplied by an accelerometer (14) placed on the sportsperson so as to capture the acceleration associated with this movement,
- comparison (24) of this attribute with the average value ($\bar{A}$) of the same attribute, obtained for a reference population, corresponding to the percentage of the maximum heart rate supplied by a heart-rate meter (10) worn by the sportsperson, and stored in a memory (21), and
- production (25) of a representation of the effectiveness of the movement.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the attribute (A) is the standard deviation of the signal supplied by the accelerometer (14).

3. Method according to Claim 2, intended to measure the effectiveness of the stride of a runner, **characterized in that** the attribute is standardized by the stride rate (23).

4. Device for measuring the effectiveness of a sporting movement by the method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** it comprises:

- an accelerometer (14) placed on a sportsperson so as to provide a signal representative of said movement,
- an instrument for measuring the heart rate (10) intended to supply the processing circuit (15) with information concerning the heart rate of the sportsperson,
- a processing circuit (15) equipped with a microprocessor (20) and a memory (21), receiving said signal, said microprocessor (20) being programmed to perform, at predetermined intervals, the following operations,

- extraction (22) of at least one attribute (A) from the signal from the accelerometer,
- comparison (24) of said attribute (A) with the average value ($\bar{A}$) of the same attribute, obtained for a reference population, corresponding to the percentage of the maximum heart rate supplied by a heart-rate meter (10) worn by the sportsperson and stored in said memory (21), and
- production (25) of a representation of the effectiveness of the movement, and

- signalling means (19) for transmitting to the sportsperson said representation.

5. Device according to Claim 4, **characterized in that** said processing circuit is programmed to perform said comparison according to the equation:

$$d_{(fc)} = (\vec{\theta} - \vec{\mu}_{ref})^T x C_{fc} x (\vec{\theta} - \vec{\mu}_{ref})$$

in which:

- $d_{(fc)}$ is the deviation between the runner and the reference population for a given percentage fc of the maximum heart rate,
- $\vec{\theta}$ is the value of said predetermined attribute for the runner or, in the general case, a vector of which the components are the different attributes measured for the latter,
- $\vec{\mu}_{ref}$ is the average of the attribute determined for the reference population or, in the general case, the vector of which the components are the average values of the attributes for said reference population,
- C_{fc} is the covariance matrix of the average values of the attributes of the reference population, and

6. Device according to one of Claims 4 and 5, **characterized in that** said processing circuit (15) is housed in a watch (13) worn by the sportsperson.

7. Device according to one of Claims 4 to 6, **characterized in that** said signalling means (19) are housed in said watch (13).

8. Device according to one of Claims 4 to 7, **characterized in that** said signalling means (19) are audible and **in that** they are arranged so as to produce an intermittent sound at a rate that is correlated with said representation.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Wirksamkeit der Bewegung eines Sportlers, das die folgenden Schritte aufweist:

- Gewinnung (22) mindestens eines Attributs (A) des Signals, das von einem Beschleunigungsmesser (14) geliefert wird, der am Sportler angeordnet ist, um die mit dieser Bewegung verbundene Beschleunigung zu erfassen,
- Vergleich (24) dieses Attributs mit dem für eine Bezugspopulation erhaltenen Mittelwert ($\bar{A}$) des gleichen Attributs, der dem Prozentsatz der maximalen Herzfrequenz entspricht, der von einem vom Sportler getragenen Herzfrequenzmesser (10) geliefert wird und in einem Speicher (21) gespeichert ist, und
- Erzeugung (25) einer Darstellung der Wirksamkeit der Bewegung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Attribut (A) die typische Abweichung des vom Beschleunigungsmesser (14) gelieferten Signals ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, das zur Messung der Wirksamkeit der Schrittlänge eines Läufers bestimmt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Attribut durch die Schrittfrequenz (23) standardisiert wird.

4. Vorrichtung zur Messung der Wirksamkeit einer sportlichen Bewegung durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aufweist:

- einen Beschleunigungsmesser (14), der an einem Sportler angeordnet ist, um ein für die Bewegung repräsentatives Signal zu liefern,
- ein Messgerät für die Herzfrequenz (10), das dazu bestimmt ist, an die Verarbeitungsschaltung (15) Informationen bezüglich der Herzfrequenz des Sportlers zu liefern,
- eine Verarbeitungsschaltung (15), die mit einem Mikroprozessor (20) und mit einem das Signal empfangenden Speicher (21) versehen ist, wobei der Mikroprozessor (20) programmiert ist, um in bestimmten Intervallen die folgenden Vorgänge durchzuführen:

- Gewinnung (22) mindestens eines Attributs (A) des Signals des Beschleunigungsmessers,
- Vergleich (24) dieses Attributs (A) mit dem für eine Bezugspopulation erhaltenen Mittelwert ($\bar{A}$) des gleichen Attributs, der dem Prozentsatz der maximalen Herzfrequenz entspricht, der von einem vom Sportler getragenen Herzfrequenzmesser (10) geliefert wird und in einem Speicher (21) gespeichert ist, und
- Erzeugung (25) einer Darstellung der Wirksamkeit der Bewegung, und

- Anzeigemittel (19), um die Darstellung zum Sportler zu übertragen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verarbeitungsschaltung programmiert ist, um den Vergleich gemäß der folgenden Gleichung durchzuführen:

$$d_{(fc)} = (\bar{\theta} - \bar{\mu}_{ref})^T \times C_{fc} \times (\bar{\theta} - \bar{\mu}_{ref})$$

in der:

- $d_{(fc)}$ die Abweichung zwischen dem Läufer und der Bezugspopulation für einen gegebenen Prozentsatz fc der maximalen Herzfrequenz ist,
- $\bar{\theta}$ der Wert des für den Läufer bestimmten Attributs, oder im allgemeinen Fall ein Vektor ist, dessen Komponenten die verschiedenen für diesen letzteren gemessenen Attribute sind,
- $\bar{\mu}_{ref}$ der Mittelwert des für die Bezugspopulation bestimmten Attributs, oder im allgemeinen Fall der Vektor ist, dessen Komponenten die Mittelwerte der Attribute für die Bezugspopulation sind,
- C_{fc} die Kovarianzmatrix der Mittelwerte der Attribute der Bezugspopulation ist, und

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 und 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verarbeitungsschaltung (15)

EP 1 586 353 B1

in einer Uhr (13) untergebracht ist, die vom Sportler getragen wird.

- 5
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzeigemittel (19) in der Uhr (13) angeordnet sind.
- 10
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzeigemittel (19) akustische Mittel und so ausgelegt sind, dass sie einen intermittierenden Ton erzeugen, dessen Frequenz mit der Darstellung gekoppelt ist.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

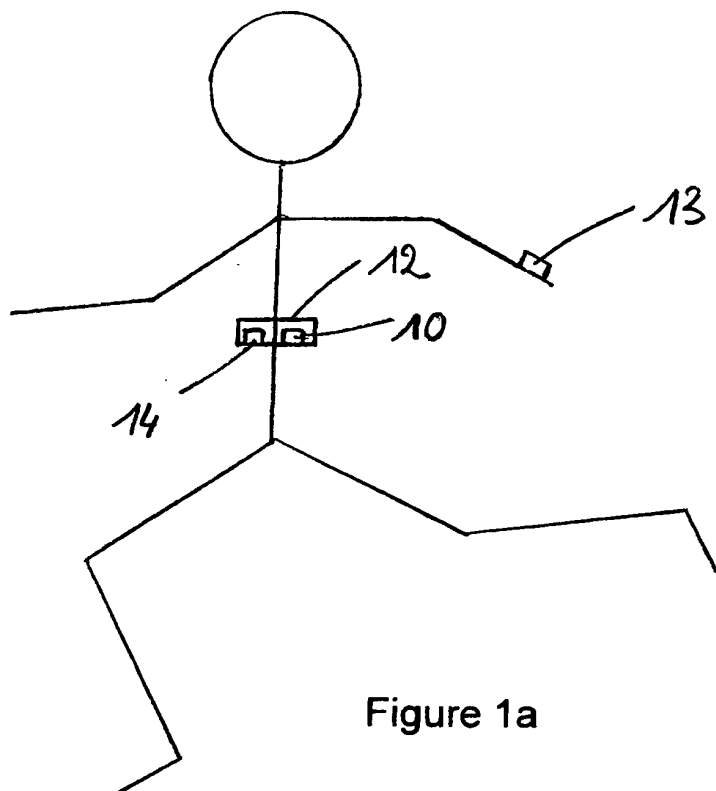


Figure 1a

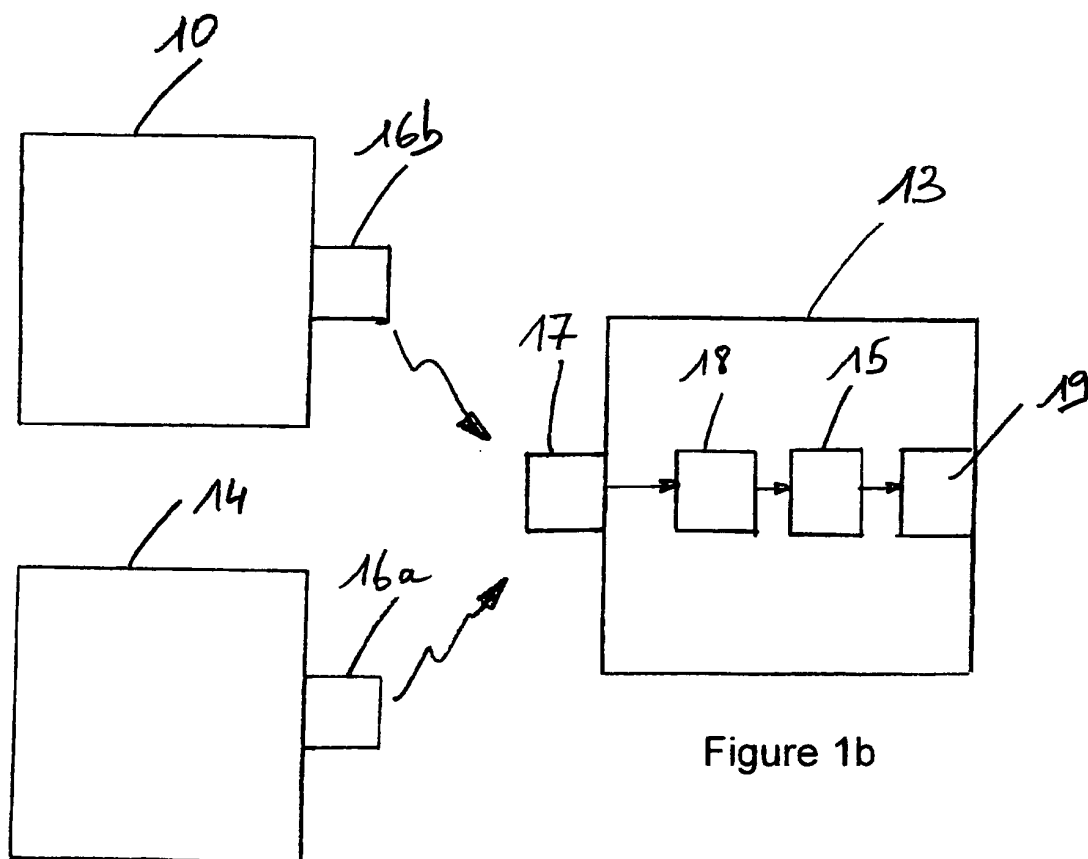


Figure 1b

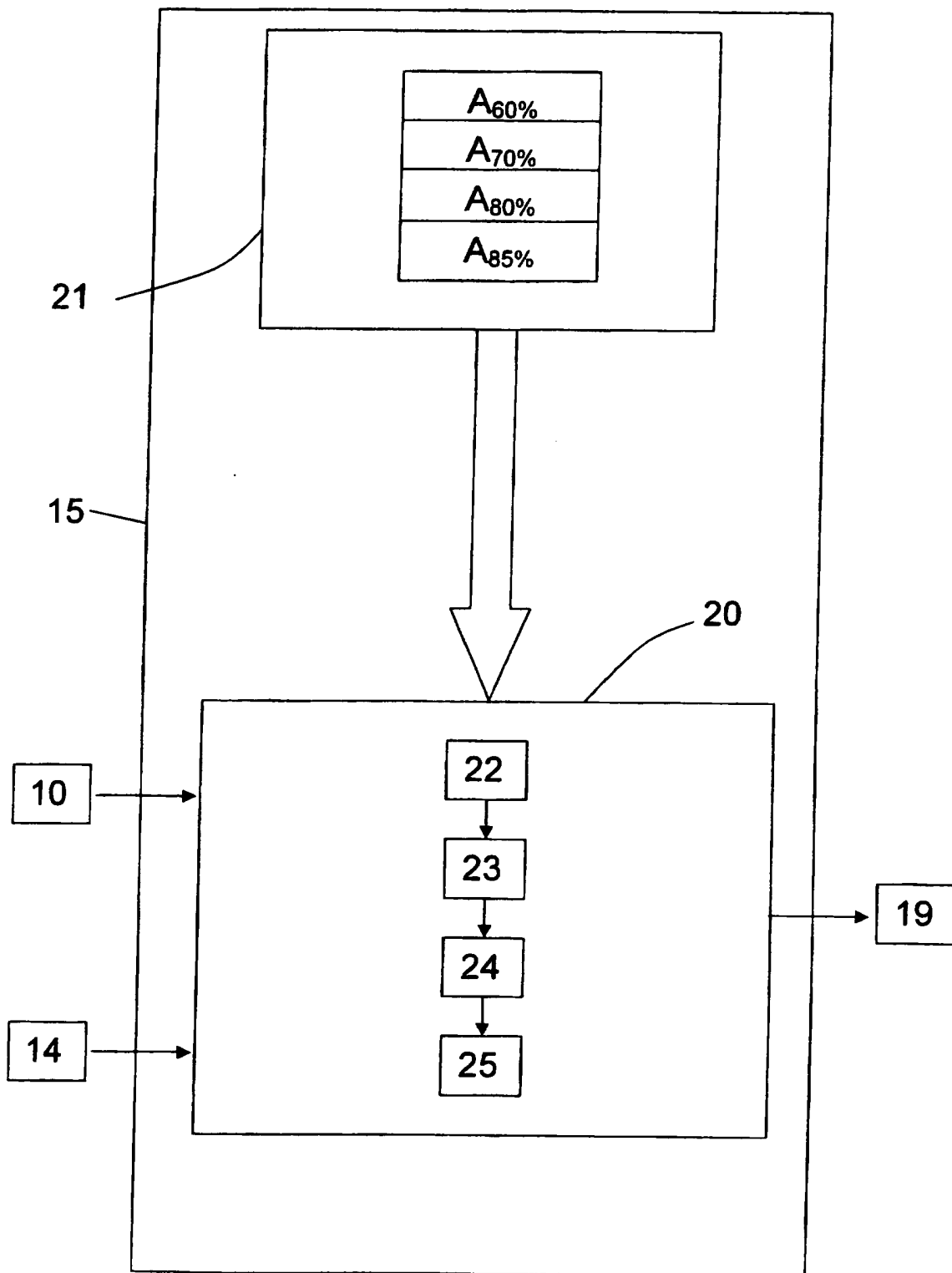


Figure 2