

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 septembre 2007 (27.09.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/107491 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
A61B 5/22 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2007/052413
- (22) Date de dépôt international : 14 mars 2007 (14.03.2007)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
06111352.8 17 mars 2006 (17.03.2006) EP
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **MY-OTEST SA** [CH/CH]; Place de la Gare 3, CH-1950 Sion (CH).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **FLAC-TION, Patrick** [CH/CH]; Rue de la Roua, CH-1965 Savièse (CH). **PRAZ, Manu** [CH/CH]; Plan-Baar, CH-1994 Baar (Nendaz) (CH).
- (74) Mandataire : **PATENTS & TECHNOLOGY SURVEYS SA**; Rue des Terreaux 7, CH-2001 Neuchâtel (CH).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,

AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

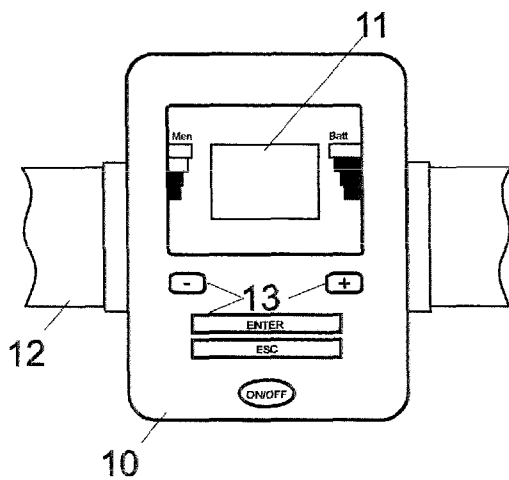
Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ASSESSING MUSCULAR CAPACITIES OF ATHLETES USING SHORT TESTS

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'EVALUATION DES CAPACITÉS MUSCULAIRES D'ATHLÈTES À L'AIDE DE TESTS BREFS



(57) Abstract: The invention concerns a device for measuring (1) muscular capacity, comprising: removable fixing means (12) for fixing the device on the athlete or the displaced load (3; 2), means for self-contained electrical power supply (15), a display (11), a triaxial accelerometer (14) to provide a sequence of accelerations (a(t)) along the load displacement axis, said sequence including at least 100 measurements per second for a period ranging between 1 and 10 seconds, electronic data processing means (16) for determining at the end of the test, based on said sequence of accelerations, at least one quantity representing the athlete's muscular capacity and for displaying said quantity on the display (11).

(57) Abrégé : Dispositif de mesure (1) de la capacité musculaire, comprenant : des moyens de fixation amovible (12) permettant de fixer le dispositif à l'athlète ou à la charge déplacée (3; 2), des moyens d'alimentation électrique autonomes (15), un affichage (11) un accéléromètre tri-axial (14), pour fournir une séquence d'accélérations (a(t)) selon l'axe de déplacement de la charge, ladite séquence comprenant au moins 100 mesures par seconde pendant une durée comprise entre 1 et 10 secondes, des moyens de traitement informatique (16), pour déterminer au

terme du test, à partir de ladite séquence d'accélérations, au moins une grandeur représentative de la capacité musculaire de l'athlète et pour afficher cette grandeur sur ledit affichage (11).

Procédé et dispositif d'évaluation des capacités musculaires d'athlètes à l'aide de tests brefs

Domaine technique

La présente invention concerne le domaine des procédés et des dispositifs d'évaluation de la capacité musculaire, notamment pour le sport et la réhabilitation. La présente invention concerne en particulier les
5 dispositifs d'évaluation des valeurs physiologiques musculaires, par exemple de la force et la puissance musculaire, basés sur des mesures d'accélération.

Etat de la technique

L'entraînement sportif des athlètes et la réhabilitation après accident font de plus en plus souvent appel à des appareils de mesure de performance. Par exemple, en entraînement cardiovasculaire (jogging, vélo, etc), l'usage de dispositifs de mesure de la fréquence cardiaque
10 (« pulsomètres ») et de pedomètres s'est largement répandu depuis quelques années. Ces appareils portables effectuent des mesures au cours de l'effort qui permettent à l'athlète d'adapter l'entraînement à l'aide de données objectives. Les grandeurs fournies indiquent typiquement le rythme cardiaque, la distance parcourue, la durée d'entraînement, la
15 vitesse moyenne ou maximale, etc. Ils ne fournissent cependant aucune mesure directe de la puissance musculaire de l'athlète ou d'une chaîne musculaire de l'athlète.

US5788655 (Omron) décrit un appareil destiné à être fixé sur le corps et muni d'un accéléromètre et d'un afficheur LCD. L'appareil mesure en permanence les déplacements du porteur pour déterminer son niveau d'activité physique et des d'autres grandeurs dépendant du métabolisme, par exemple la consommation de calorie journalière de l'utilisateur. Ce type
20 d'appareil est utile pour mesurer de manière plus objective le niveau de sédentarité de patients. Il est cependant inadapté à l'entraînement musculaire et à la mesure d'efforts brefs, et ne permet pas de déterminer par exemple la puissance maximale d'un groupe musculaire de l'athlète.

WO2005074795 (Nokia) décrit un terminal de mesure muni d'un accéléromètre et attaché sur le corps d'un athlète. Les données de mesure sont évaluées pour fournir une grandeur représentative de l'intensité de l'effort fourni. A nouveau, le but est de déterminer le niveau d'activité sur
5 une longue période, par exemple une journée ou une semaine.

WO03/032826 (Philips) décrit un système comparable et muni d'un accéléromètre à trois axes pour déterminer le niveau d'activité physique d'un patient. Le dispositif proposé affiche des grandeurs telles que le taux métabolique quotidien, la dépense énergétique quotidienne ou
10 la dépense d'énergie induite par l'exercice. Cet appareil permet donc utile de mesurer des accélérations sur une période de plusieurs heures, voire de plusieurs jours.

Les dispositifs du type décrit ci-dessus conviennent donc essentiellement à la mesure d'activité au cours d'exercices longs, par
15 exemple au cours d'une séance de jogging, d'un match de badminton ou d'une journée ordinaire. Il existe aussi des dispositifs assez similaires pour détecter les chutes de personnes âgées, le temps qu'elles passent assis, debout ou couchées, etc.

Il existe cependant aussi un besoin pour la mesure de paramètres
20 au cours d'efforts musculaires brefs ou même très brefs. Par exemple, l'entraînement musculaire et la mesure de la capacité musculaire des athlètes font souvent appel à des mouvements très courts, par exemple un seul lever de charge sur une machine de musculation, ou un saut en hauteur. La fréquence d'échantillonnage employée par les dispositifs ci-
25 dessus ne permet généralement pas de les employer à la mesure de paramètres cinématiques au cours d'efforts aussi brefs. Par ailleurs, les données calculées à partir des accélérations mesurées sont de peu d'intérêt pour des efforts brefs ; il est par exemple peu utile de connaître la quantité de calories brûlées au cours d'un seul mouvement. Il existe en revanche un
30 besoin pour des appareils adaptés notamment à la musculation, qui permettent de mesurer par exemple le gain de force ou de puissance sur un muscle ou un groupe musculaire entraîné.

On connaît déjà dans l'art antérieur certains dispositifs de mesure spécifiquement destinés à l'entraînement et la mesure de mouvements brefs. Par exemple, US5474083 décrit un système destiné à surveiller les mouvements de levé de charge par un patient. Le système emploie des électrodes pour mesurer l'activité des muscles du patient au cours du mouvement, ainsi qu'un détecteur de mouvement de la charge. Une alarme est déclenchée en cas de mouvement inapproprié. Ce système est utile pour empêcher les accidents provoqués par le lever de charges incorrect, ou pour exercer des personnes à soulever des charges sans se blesser. Il est cependant inapproprié à la mesure de la performance musculaire du sportif. Par ailleurs, l'usage d'électrodes rend son emploi peu pratique.

US6397151 décrit une montre-bracelet comportant un accéléromètre pour mesurer une séquence d'accélérations de l'avant-bras lors d'un coup dans un sport martial. La force exercée est ensuite calculée. L'accéléromètre mesure une accélération selon un seul axe qui doit être parfaitement aligné avec la direction de déplacement de l'avant-bras. Si la montre bouge lors du coup, l'accéléromètre mesure uniquement la composante de la force selon la direction de l'accéléromètre.

US2004/134274 décrit un dispositif pour mesurer la force musculaire. Le dispositif comprend un inclinomètre pour mesurer son inclinaison et obtenir la force selon une direction choisie. Les inclinomètres sont des dispositifs mécaniques coûteux et sensibles.

US6148280 (Virtual Technologies) décrit un dispositif muni d'accéléromètres et de gyroscopes disposés sur tout le corps d'un athlète. Les données fournies par plusieurs capteurs sont transmises à un ordinateur personnel qui permet d'analyser la trajectoire et d'autres caractéristiques du mouvement. Ce système est complexe, car il met en œuvre plusieurs capteurs, y compris des goniomètres coûteux, relativement fragiles. La connexion des capteurs entre eux et vers l'ordinateur externe renchérit le dispositif, et rend son installation malaisée. Il est adapté à l'entraînement de mouvements précis, par exemple un swing de golf, mais ne permet pas

de déterminer directement la capacité musculaire développée par le sportif au cours de ce mouvement.

DE446302 décrit un accéléromètre utilisé dans les sports de combat pour la mesure de l'accélération de la surface de frappe. L'appareil
5 n'est pas portable et convient uniquement aux sports de combat tels que box, karaté, etc. Un ordinateur externe doit être employé pour évaluer les résultats de mesure et les afficher.

D'autres dispositifs basés sur des accéléromètres et des gyroscopes existent qui permettent par exemple de vérifier la trajectoire
10 d'un swing au golf, afin d'améliorer le mouvement. US5056783 décrit par exemple une batte de baseball munie d'un accéléromètre tri-axe pour spécifier le mouvement de la batte dans l'espace. Ce type de dispositifs fournit un grand nombre de données, par exemple la position et la vitesse du capteur en chaque instant, qui nécessitent souvent un écran de grande
15 taille ou un dispositif externe pour les visualiser. Ils ne permettent cependant pas de calculer et d'afficher immédiatement sur le dispositif une ou plusieurs grandeurs représentatives de la capacité musculaire de l'athlète.

Bref résumé de l'invention

La présente invention a pour but un procédé et un dispositif de
20 mesure permettant d'évaluer les capacités musculaires des athlètes. La présente invention vise à proposer un test rapide avec un instrument simple à utiliser, autonome, économique, et apte à fournir immédiatement des données représentatives des qualités musculaires des athlètes, par exemple de leur explosivité, puissance, détente musculaire, etc.

25 Un but de la présente invention est de proposer un appareil de mesure de performance sportive spécifiquement destiné à l'entraînement et à la réhabilitation musculaire, en faisant par exemple appel à des tests musculaires connus comme des sauts ou de levers de charge. En particulier, le dispositif doit permettre d'évaluer la détente, l'explosivité, le taux

d'accroissement de force (TAF) des athlètes, au moyen de tests brefs et non invasif.

- Selon l'invention, ces buts sont notamment atteints au moyen d'un procédé d'évaluation des capacités musculaires d'athlètes à l'aide de
- 5 tests brefs tels que levers et/ou sauts, comprenant les étapes suivantes :
- fixation à une charge en mouvement au cours du test d'un dispositif de mesure amovible et autonome électriquement, ledit dispositif de mesure étant basé sur un accéléromètre tri-axial,
- détermination d'une séquence de valeurs d'accélération successive de
- 10 ladite charge au cours dudit test,
- au terme dudit test, indication sur ledit affichage d'au moins une grandeur représentative de ladite capacité musculaire et déterminée à partir de ladite séquence de valeurs d'accélération.

- La capacité musculaire peut être calculée et affichée au terme du
- 15 test par exemple sous la forme de puissance maximale, de taux d'accroissement de la force, etc.

- L'accéléromètre tri-axe permet de déterminer la direction de la gravité verticale, et donc d'obtenir la direction de l'accélération selon cette direction ou selon n'importe quelle direction choisie correspondant de
- 20 préférence à la direction de déplacement d'une charge. Dans une variante préférentielle, la grandeur représentative de la capacité musculaire est déterminée à partir d'une séquence de valeurs d'accélération selon un seul axe, par exemple selon l'axe vertical lors d'un saut vertical, ou selon l'axe de déplacement de la charge. La direction verticale et l'orientation de
- 25 l'accéléromètre dans l'espace sont de préférence déterminées à l'avance, par exemple lors d'une phase de calibration au cours de laquelle l'accéléromètre doit être maintenu immobile. Des signaux visuels et/ou sonores peuvent être émis au cours de cette phase de calibration, afin de demander à l'utilisateur de tenir l'accéléromètre immobile et orienté
- 30 comme au début de l'exercice.

Le dispositif est adapté à la mesure de l'accélération en fonction du temps, et à l'évaluation des résultats, par exemple lors de l'exécution des tests suivants :

- lever de charge ;
- 5 squat jump et/ou countermovement jump ;
- drop jump.

D'autres tests, y compris des tests de gainage (abdominaux), de développer-couché, de pliométrie, etc, peuvent être employés.

- Le calcul des grandeurs affichées tient compte de la connaissance
- 10 a priori de la forme de la fonction d'accélération au cours de ces tests musculaires standardisés. Le dispositif utilise cette connaissance préalable pour déterminer des grandeurs qu'un dispositif générique ne pourrait pas mesurer. Par exemple, le dispositif de l'invention peut dans un mode de réalisation décomposer un mouvement en phases clés et calculer la
 - 15 puissance maximale au cours d'une phase particulière. Par exemple, un saut peut comporter une phase d'extension musculaire suivie d'une phase de flexion ; le dispositif peut segmenter les données mesurées pour déterminer le début et la fin de ces deux phases, puis calculer par exemple la puissance lors de l'extension et la vitesse maximale lors de la flexion.
 - 20 Typiquement, le dispositif doit être capable d'acquérir des données d'accélération selon trois axes, au moins tous les 1/100e de seconde, au cours d'un effort bref, c'est-à-dire un effort dont la durée est typiquement inférieure à 10 secondes, mais peut éventuellement aller jusqu'à plusieurs minutes.
 - 25 L'utilisation d'un accéléromètre à trois axes permet de calculer l'accélération selon n'importe quelle direction, notamment selon la direction de déplacement de la charge, par exemple la direction verticale lors d'un saut. Dans une variante préférentielle, seule une séquence d'accélération selon cette direction préférentielle est utilisée pour le calcul
 - 30 des grandeurs affichées.

Brève description des dessins

Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles :

La figure 1 illustre de manières schématiques différentes phases des mouvements d'un athlète au cours d'un lever de charge de type
5 « développer-couché ».

La figure 2 illustre la hauteur de la charge soulevée en fonction du temps ($h(t)$) au cours de l'exercice de « développer-couché » illustré sur la figure 1.

La figure 3 illustre la vitesse de la charge soulevée en fonction du
10 temps ($v(t)$) au cours de l'exercice de « développer-couché » illustré sur la figure 1.

La figure 4 illustre l'accélération de la charge soulevée en fonction du temps ($a(t)$) au cours de l'exercice de « développer-couché » illustré sur la figure 1.

La figure 5 illustre la force maximale, la vitesse maximale et la
15 puissance maximale que peut déployer un athlète en fonction de la charge déplacée.

La figure 6 illustre l'accélération $a(t)$ en fonction du temps au cours d'un exercice.

La figure 7 illustre un test de squat jump.
20

La figure 8 illustre un test de countermovement jump.

La figure 9 illustre un test de drop jump.

La figure 10 illustre un dispositif d'évaluation de capacité musculaire selon l'invention.

La figure 11 est un schéma-bloc des principaux composants électroniques du dispositif de la figure 10.

5 La figure 12 est un diagramme de flux illustrant le paramétrage du dispositif.

La figure 13 est un diagramme de flux illustrant le test de capacité musculaire au cours du procédé

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

Les figures 1 à 4 illustrent l'évolution de différents paramètres
10 cinématiques au cours d'un mouvement de lever de charge de type « développer-couché ». Ce mouvement, très utilisé en musculation, consiste à soulever une charge 2 avec les deux bras, à partir d'une position couchée sur le dos. La charge est soulevée le plus haut possible en combinant une adduction de l'épaule et une extension du coude. La figure 1 illustre cinq
15 instants clés du test. Le test démarre en T1, dans la position initiale illustré sur la première image à gauche de la figure 1. La charge est à son point le plus bas, les coudes de l'athlète 3 sont pliés.

Au cours de la phase A, entre les instants T1 et T2, l'athlète 3 soulève la charge dont la vitesse augmente constamment, comme indiqué
20 sur les figures 2 à 4. La force de poussée déployée au cours de cette phase est maximale et les bras s'étendent.

Au cours de la phase B, entre les instants T2 et T3, la poussée se poursuit, mais la vitesse de lever diminue ; l'accélération devient donc négative, comme on le voit sur la figure 4. La hauteur de la charge est
25 maximale au point T2.

L'athlète relâche ensuite son effort au cours de la phase C entre les instants-clés T3 et T4. La charge redescend légèrement, en sorte que sa vitesse devient négative. Cette étape est suivie par une phase D de stabilisation, entre les instants T4 et T5, au cours de laquelle l'athlète
 5 maintient ses bras en extension, mais tend à abaisser les épaules. L'accélération subie par la charge 2 au cours de cette phase tend progressivement vers 1G (gravitation terrestre).

Les instants-clés T1 à T5 peuvent être déterminés sans ambiguïtés à partir des données $a(t)$, $v(t)$ et $h(t)$. Comme on le verra, ces grandeurs
 10 peuvent être mesurées au cours de l'effort au moyen d'un dispositif 1 lié à la charge, placé idéalement au centre de masse ; elles seront utilisées pour déterminer et afficher la capacité musculaire de l'athlète.

La figure 5 illustre de manière schématique une évolution possible de la force maximale $F_{\max}$, de la vitesse maximale $V_{\max}$ et de la
 15 puissance maximale $P_{\max}$ que peut déployer un athlète soulevant une charge de masse variable. La force gravitationnelle ($m \cdot g$) exercée sur la charge déployée augmente linéairement avec la masse de la charge.

Par contre la force ($m \cdot a$) exercée par l'athlète pour arracher cette masse à la gravité dépend directement de la force de l'athlète dans le
 20 déplacement de la charge. L'athlète a en effet la possibilité de modifier l'accélération imposée à la charge.

La vitesse de lever maximale $V_{\max}$ tend à diminuer avec l'augmentation de la masse soulevée ; l'athlète soulève plus rapidement des masses légères. La puissance maximale P déployée par l'athlète au cours de
 25 l'effort est déterminée par la formule :

$$P = \frac{dE}{dt} = F \cdot v = m \cdot a \cdot v$$

Cette formule est valable dans le cas où l'accélération et la vitesse sont parallèles, par exemple lors de déplacements purement verticaux. En cas de vecteurs non parallèles, le calcul doit être effectué vectoriellement.

La puissance maximale $P_{\max}$ au cours de l'effort passe généralement par un optimum pour une valeur donnée de m . Une barre très lourde pour un athlète va l'engager essentiellement dans des contraintes d'opposition, pour s'opposer à la force gravitationnelle mg , et
5 peu dans des contraintes d'accélération ma (la barre s'élève plus lentement). On voit ainsi que la connaissance de la puissance maximale, telle qu'elle peut être obtenue en mesurant l'accélération et la vitesse de la charge, permet de déterminer la charge optimale avec laquelle doit s'exercer un athlète pour maximiser la puissance déployée lors de l'exercice.

10 La figure 6 illustre la variation d'accélération $a(t)$ au cours du temps lors d'un effort bref typique, par exemple un lever ou un saut. Au cours de la première phase de durée ΔT entre les instants T_0 et T_1 , l'accélération augmente de Δa . Si la masse soulevée est constante, l'accélération est proportionnelle à la force. On a donc que le taux
15 d'augmentation de la force (TAF, ou explosivité), employé en mesure sportive, est simplement proportionnel à $\Delta a/\Delta t$. Le taux d'augmentation de la force est également proportionnel à la puissance déployée par l'athlète, du moins lorsque la distance h parcourue par la charge est constante.

Il est également possible de déterminer la puissance instantanée
20 $P(t)$ à partir de la valeur da/dt en chaque point de la courbe $a(t)$, et de déterminer la puissance maximale $P_{\max}(t) = \max(P(t))$. Cette valeur est cependant plus sensible aux erreurs et au bruit de mesure ; un lissage de la courbe $a(t)$ à l'aide d'un filtre anti-bruit est utile pour réduire les influences parasites.

25 La figure 7 illustre un autre test employé pour déterminer la capacité musculaire d'un athlète 3. Ce test, appelé « squat jump », vise notamment à évaluer la détente des athlètes, en particulier la détente sèche, sans étirement, et leur aptitude à développer beaucoup de force en un temps très court (explosivité). L'athlète part avec les genoux fléchis à 90°
30 et les mains sur les hanches, puis tente de sauter le plus haut possible. Une bonne accélération initiale est indispensable pour atteindre une hauteur élevée.

Un test similaire, le counter-movement jump, est illustré sur la figure 8. Dans ce test, l'athlète part avec les jambes tendues et est autorisé à effectuer une flexion avant l'extension et le saut. La différence entre le résultat obtenu en squat jump et la hauteur normalement plus élevée
5 obtenue en counter-movement jump dépend de la qualité d'élasticité musculaire de l'athlète et/ou de sa capacité à développer une force plus importante lors de l'amortissement.

Des tests similaires peuvent être effectués en autorisant l'athlète à s'aider des bras lors du saut, afin notamment de vérifier la coordination
10 des bras et des jambes. La qualité de rebond peut être mesurée par des multisauts, généralement effectués sur place, avec l'aide des bras. On effectue parfois aussi des tests de squat jump et de counter-movement jump avec une charge sur les épaules de l'athlète.

Le drop jump illustré sur la figure 9 consiste en un saut en
15 hauteur après une chute depuis une hauteur connue. L'impulsion est donc précédée d'une mise en tension importante qui provoque l'allongement des tendons et une sollicitation musculaire différente. Les meilleurs athlètes augmentent ainsi leur performance de saut. En général on effectue le test à 20 cm, 40 cm, 60 et 80 cm de chute pour déterminer la bonne hauteur de
20 travail pour chaque sujet.

Les sauts évoqués ci-dessus peuvent être décomposés en phases distinctes, séparées par des instants clés. Typiquement, un squat jump comporte les phases suivantes : départ, appel, impulsion, vol, contact, amorti au retour, fin.

25 Les tests ci-dessus peuvent être répétés, par exemple en effectuant une série de 10 sauts ou de 20 levers, afin de mesurer par exemple l'évolution des performances musculaires et la résistance à la fatigue de l'athlète. Un mode d'emploi et/ou des indications sur l'affichage du dispositif indiquent de préférence le nombre de tests à effectuer ; le
30 dispositif peut ensuite, selon le test, effectuer des calculs basés soit sur la moyenne des tests successifs dans une série, soit sur le ou les meilleurs tests

de la série, soit sur certains tests prédéterminés dans la série, par exemple en éliminant le ou les premiers et/ou le ou les derniers.

Il est aussi possible d'effectuer des mesures d'asymétrie musculaire, sur les bras ou les jambes, par exemple en effectuant d'abord
5 un lever avec le bras ou la jambe gauche, puis avec le membre droit correspondant. Enfin, certains tests permettent de mesurer des déséquilibres entre muscles ou groupes de muscles, par exemple une différence de force anormale entre biceps et triceps. Ces différents tests impliquent plusieurs mesures consécutives qui peuvent être stockées en mémoire puis comparées
10 entre elles. Le résultat de la comparaison peut être affiché par exemple sous forme de pourcentage, par exemple 20% de différence de puissance entre jambe gauche et jambe droite. Dans l'art antérieur, les performances des athlètes dans les tests de saut décrits ci-dessus sont souvent déterminés à l'aide d'un tapis de contact qui déclenche un chronomètre lorsque
15 l'athlète quitte le tapis, et l'interrompt lorsqu'il retourne sur le sol. Le temps de suspension permet d'évaluer la hauteur atteinte par l'athlète. Ces dispositifs sont cependant encombrants, coûteux et permettent d'obtenir les données recherchées uniquement de manière indirectes, à partir de mesures de durées.

20 L'écran de petite dimension du dispositif ne permet pas d'afficher des résultats calculés très détaillés. Dans un mode de réalisation, seuls des résultats résumés sont affichés sur le dispositif, par exemple la puissance maximale. Des résultats plus détaillés, y compris par exemple la séquence de valeurs d'accélération selon la direction de déplacement de charge, ou
25 selon n'importe quelle autre direction, peuvent être visualisées et traitées en connectant le dispositif à un ordinateur externe, par exemple au travers d'une connexion USB ou similaire.

Selon le procédé de l'invention, une mesure plus significative est obtenue en associant à l'athlète 3 un dispositif 1 muni d'un accéléromètre
30 tri-axe, qui permet de mesurer l'accélération verticale de l'athlète au cours du lever de charge ou du saut. De manière générale, l'accéléromètre tri-axe

permet de mesurer la composante de l'accélération selon la direction de déplacement de la charge.

Un exemple de dispositif 1 approprié est illustré sur la figure 10. Le dispositif 1 comporte un boîtier, par exemple un boîtier en plastique de moins de 100 grammes, de préférence moins de 50 grammes (y compris le contenu), que l'athlète peut fixer, selon l'exercice effectué, sur son corps ou sur la charge soulevée à l'aide de moyens de fixation amovible 12, par exemple d'une bande velcro, d'une sangle, etc. Dans une variante, le dispositif est simplement glissé dans une poche du vêtement prévue à cet effet et suffisamment étroite pour maintenir le dispositif ; les moyens de fixation sont alors simplement constitués par la forme et la dimension du boîtier externe. Le boîtier est de préférence étanche et permet une utilisation en plein air et en résistant à la sueur de l'athlète. Les moyens de fixation 12 comportent de préférence une ceinture pour fixer le dispositif près du centre de masse de l'athlète, par exemple à la hanche, à la taille ou de préférence au niveau du sacrum, dans une position peu inclinée lors de l'effort. Des essais ont en effet montré qu'une ceinture 12 arrangée pour un porter du dispositif sur le sacrum permet de minimiser l'influence des mouvements du tronc dans la direction antéropostérieure. La largeur maximale de la ceinture est de préférence importante, par exemple supérieure à 10 centimètres, afin d'améliorer son maintien et d'éviter qu'elle ne soit entraînée par les mouvements de la peau et des chairs sur le squelette.

Dans une variante, les moyens de fixation permettent de fixer le dispositif sur une ceinture existante. Il est cependant indispensable de veiller à employer une ceinture qui ne bouge pas lors des exercices. Une fixation au poignet est en revanche peu adaptée pour la plupart des tests de musculation, notamment les tests décrits plus haut, parce que les accélérations des bras ou du poignet s'ajoutent aux accélérations du corps, et parce que le poignet ne reste pas vertical au cours de la plupart des efforts.

Le dispositif comporte en outre un affichage 11, par exemple un écran à cristaux liquides alphanumérique ou matriciel, qui permet d'afficher des menus de commande, l'état de la mémoire, de la batterie, ainsi que les grandeurs numériques déterminées au cours ou à l'issue du test. Des organes de commande 13, par exemple des boutons et/ou des organes de déplacement de curseur permettent de naviguer dans les menus affichés, de sélectionner des options, d'introduire des données, et de sélectionner les résultats affichés. Dans une variante préférentielle, le dispositif comprend quatre boutons pour naviguer dans les menus et disposés autour d'un bouton de confirmation central.

La figure 11 est un schéma-bloc illustrant les principaux composants électroniques du dispositif 1. Outre les organes externes déjà décrits en relation avec la figure 10, il comporte un accéléromètre tri-axial 14, par exemple un accéléromètre réalisé sous forme de composant MEMS et lié à un convertisseur analogique-numérique 140, ou intégrant directement un tel convertisseur, pour fournir des séquences de mesures d'accélération selon trois axes. L'accéléromètre 14 peut comporter un ou plusieurs axes privilégiés, offrant une précision, une résolution et/ou une plage de mesure supérieure aux autres axes. Cet axe privilégié sera de préférence aligné verticalement lorsque le dispositif se trouve dans sa position d'utilisation habituelle, afin d'améliorer la mesure selon la direction verticale. La plage de mesure du ou des axes privilégiés est de préférence supérieure à $\pm 8G$, voire $\pm 10G$; la résolution de cet axe est de préférence supérieure à 10, voire 12 bits. De préférence, le dispositif est dépourvu de gyroscope afin de réduire son coût, sa consommation et le volume de données produites ; l'usage d'un gyroscope à un axe, ou même à trois axes, pourrait cependant être envisagé pour certains types de test de capacité musculaire, ou pour calibrer de manière plus certaine la position verticale.

Le dispositif 1 est de préférence autonome électriquement et alimenté par exemple à l'aide d'une batterie 15 ou d'un accumulateur rechargeable, par exemple au travers de la prise USB 19 ou en le sortant du boîtier. La batterie 15 alimente notamment un microprocesseur 16 ou un

microcontrôleur muni d'une mémoire 160 RAM et/ou EEPROM. Le microprocesseur exécute un programme de préférence chargé en EEPROM, et remplaçable au travers d'une des interfaces, pour analyser les données de mesure fournies par l'accéléromètre 14 et commander l'affichage 11 afin
5 d'afficher les grandeurs désirées. Une mémoire externe, par exemple une RAM et/ou une mémoire Flash, peut aussi être employée. Il est aussi possible d'employer des mémoires Flash interchangeables, par exemple de type CompactFlash, SD, MemoryStick, etc, afin de transférer plus rapidement des données ou des programmes entre le dispositif et un
10 ordinateur externe.

Le dispositif 1 comporte encore une horloge en temps réel (RTC) 20 qui permet notamment de mesurer des intervalles de temps Δt , ainsi qu'un buzzer 17 ou un haut-parleur pour générer des signaux d'alarme ou d'autres sons. Un module d'entrée-sortie (UART) 162 permet au
15 microprocesseur 16 d'échanger des données avec des dispositifs externes, par exemple pour le reprogrammer ou pour transmettre des résultats de mesure à un ordinateur personnel, un téléphone mobile ou un autre dispositif externe de traitement de données. Le module 162 permet également d'introduire en tout temps les paramètres de nouveaux types de
20 test, et de déterminer la manière dont les données de mesure pour ces nouveaux tests seront exploitées pour en extraire les grandeurs représentatives souhaitées.

Le module 162 est lié à une interface 19, par exemple une prise USB ou mini-USB, une interface sans-fil de type Bluetooth ou autres, etc.
25 L'interface 19 permet notamment de recharger la batterie, de connecter le dispositif à un ordinateur externe, de reprogrammer (reflasher) le firmware du microcontrôleur et/ou de charger de nouveaux tests et de nouveaux exercices physiques dans le dispositif.

La figure 12 est un diagramme de flux du programme « setup »
30 qui est automatiquement exécuté lors de la première utilisation du dispositif, ou sur appel de l'utilisateur. Le programme setup est de préférence mémorisé dans la mémoire EEPROM 160 et exécuté par le

microprocesseur 16. Il démarre à l'étape 100 avant d'exécuter la routine 101 au cours de laquelle l'utilisateur a la possibilité d'introduire des informations stockées de manière permanente dans le dispositif. Au cours de l'étape 102, l'utilisateur peut introduire son identification (UserId ou
5 nom) et éventuellement un mot de passe optionnel pour rendre le dispositif inutilisable pour un éventuel voleur. Au cours de l'étape 103, il peut introduire les unités de mesure préférées (kg/cm ou lb/inch), qui lui permettent de définir lors de l'étape 103 sa masse employée pour le calcul de la force, du travail et de la puissance dans les exercices de saut
10 notamment.

L'utilisateur peut ensuite introduire la date et l'heure actuelle, qui seront ensuite modifiées en permanence par l'horloge 20.

D'autres données permanentes pouvant être introduites à ce stade comprennent par exemple la langue préférée des menus, le type de
15 résultat affiché, le type d'exercice par défaut, etc.

Les données numériques peuvent être introduites par exemple par incrémentation de valeurs au moyen des touches + et -, ou à l'aide d'un clavier numérique non représenté, ou par n'importe quel autre moyen d'entrée de données approprié.

20 La procédure de setup se termine à l'étape 106, et passe de préférence immédiatement en mode de test pour tester les capacités musculaires de l'athlète. La procédure de test est illustrée avec le diagramme de flux de la figure 13.

Au cours de l'étape 201, l'utilisateur est invité à choisir dans un
25 menu le type de test qu'il souhaite effectuer. Cette étape peut être implicite si un choix par défaut est mémorisé dans les paramètres permanents du dispositif ; il est aussi possible de proposer par défaut le dernier test effectué. Dans une variante préférentielle, l'utilisateur est invité à choisir parmi entre les options suivantes, ou à confirmer un choix
30 proposé parmi ces options :

1. Lever de charge
2. Saut (squat jump ou countermovement jump)
3. Drop jump.

5 L'utilisateur est aussi invité à sélectionner ou à confirmer des paramètres dépendant du type de test. En cas de lever, il devra ainsi indiquer le poids de la charge, dans l'unité par défaut du dispositif. En cas de saut, il pourra être amené à confirmer son poids. En cas de drop jump, le dispositif l'invitera à introduire ou à confirmer la hauteur de saut, ainsi que son propre poids.

10 Le test proprement dit commence à l'étape 203, au cours de laquelle l'utilisateur (l'athlète) presse une touche, par exemple une touche « ENTER » ou « START » (non représentée). Le dispositif détermine ensuite au cours de l'étape de calibration 204 son orientation par rapport à la verticale. Pour cela, l'athlète est invité par exemple par un message sur
15 l'affichage 11 à se tenir immobile pendant un intervalle, par exemple au moins deux secondes. Dans cette position, seule la gravitation impose une accélération sur l'accéléromètre triaxial 14. Une matrice de conversion de référentiel est calculée au cours de cette étape pour convertir les mesures des trois axes dans un référentiel correctement orienté par rapport à la
20 verticale. Si l'accéléromètre détecte que l'utilisateur bouge durant l'intervalle de calibration 204, la calibration est refusée, et un message d'erreur visuel et/ou sonore est émis sur l'affichage 11 et/ou par le buzzer 17. L'utilisateur est alors invité à recommencer la calibration. Il peut en aller de même si l'orientation de l'appareil est trop inclinée par rapport à la
25 position verticale idéale, par exemple si la mesure de l'accélération verticale dépend trop largement des résultats des axes non préférentiels de l'accéléromètre.

D'autres méthodes de calibration et de détermination de la position verticale peuvent être envisagées, y compris des méthodes basées
30 sur une action de l'utilisateur qui peut être invité à poser le dispositif sur

une surface rigoureusement horizontale, ou contre un mur vertical, ou des procédés mettant en œuvre des capteurs supplémentaires, par exemple un goniomètre pour déterminer l'inclinaison du corps de l'athlète, un gyroscope multi-axes, un géorécepteur satellitaire de type GPS, etc.

- 5 En cas de calibration réussie, un bip sonore est émis au cours de l'étape 206 pour inviter l'utilisateur à effectuer le test. Le signal sonore produit peut dépendre du test choisi et peut en outre être accompagné d'un message sur l'affichage 11. L'acquisition d'une séquence de données d'accélération commence ensuite immédiatement à l'étape 207 et se
- 10 termine à l'étape 208, après une durée prédéterminée (par exemple 10 secondes), lorsque la mémoire du dispositif est pleine ou lorsque l'utilisateur appuie sur une touche du dispositif, par exemple une touche marquée « END » ou « START/STOP ». Il est aussi possible d'interrompre l'acquisition des données automatiquement en fonction des données
- 15 mesurées, par exemple lorsque le dispositif détermine que l'athlète a rejoint le sol après un saut et que son accélération verticale est à nouveau nulle ou égale à 1G.

- L'accélération est de préférence mesurée selon trois axes, au moins tous les 100^e de secondes ou de préférence toutes les 2 millisecondes. Les
- 20 trois séquences de valeur d'accélération sont stockées dans la mémoire du microprocesseur 16, puis converties en une seule séquence d'accélération selon l'axe de déplacement de la charge (généralement l'axe vertical) en employant la matrice de conversion de référentiel déterminée lors de la calibration.

- 25 Dans une variante, les données d'accélération selon les trois axes sont converties au fur et à mesure par le processeur ou même directement par des moyens logiques sur l'accéléromètre en une séquence d'accélération verticale stockée dans la mémoire. Une conversion des données avant stockage nécessite une puissance de calcul plus importante,
- 30 mais permet de réduire la taille de la mémoire de stockage, ou d'augmenter la durée maximale d'acquisition possible pour un espace mémoire donné.

Au terme de l'acquisition, ou éventuellement déjà au cours de l'acquisition, le processeur 16 exécute une routine 209 de calcul d'au moins une grandeur représentative de la capacité musculaire de l'athlète. La grandeur calculée et le mode de calcul peuvent dépendre du type de test
5 sélectionné au cours de l'étape 201. A titre d'exemple, les grandeurs suivantes peuvent être déterminées :

- 10 ▪ La puissance instantanée maximale ($\max(P_{\text{inst}})$) au cours de l'exercice ou d'une phase particulière de l'exercice (par exemple lors de la phase initiale d'accélération verticale lors d'un saut).
- La puissance maximale pendant un intervalle de temps (ΔT) de durée prédéterminée, par exemple la puissance maximale pendant n instants d'échantillonnages.
- 15 ▪ La puissance maximale au cours d'une phase du test prédéterminée entre deux instants clés T_i , par exemple la puissance développée lors de la poussée, lors d'une flexion, ou pour maintenir la charge levée.
- Le taux maximal d'accroissement de la force TAF (indice d'explosivité), au cours de l'ensemble du test ou d'une
20 phase déterminée du test.
- La force maximale déployée selon la direction verticale, au cours de l'ensemble du test ou d'une phase déterminée du test.
- 25 ▪ L'énergie dépensée selon la direction verticale durant l'ensemble du test, ou durant une phase du test, par exemple en joules ou en calories.
- La vitesse maximale atteinte durant l'ensemble du test, ou durant n'importe quelle phase du test.

- La hauteur maximale atteinte lors d'un saut (tests II et III)
 - La durée de certaines phases du test, par exemple la durée de contact au sol lors d'un « drop jump », ou la durée de vol lors d'un saut.
- 5
- Le rendement énergétique, par exemple sous forme de rapport entre le travail fourni par l'athlète et l'énergie cinétique de la charge déplacée.
- 10
- La différence entre des valeurs mesurées ou calculées au terme de plusieurs tests, par exemple afin de déterminer la fatigue au cours d'un exercice répété, une disbalance entre muscles, une dissymétrie gauche-droite, une amélioration des performances de l'athlète, etc. La grandeur calculée au terme d'une série d'exercice peut par exemple être exprimée et affichée en pour-cents.
- 15
- Etc

Il est aussi possible d'afficher plusieurs grandeurs au terme du test. Afin de réduire le volume et le poids du dispositif, on veillera cependant à employer un affichage numérique ou alphanumérique de petite dimension et à consommation réduite, par exemple un affichage

20 alphanumérique à quatre lignes. L'affichage de multiples grandeurs peut alors être obtenu en naviguant entre plusieurs écrans de résultats.

Le calcul de certaines de ces grandeurs peut impliquer la détermination de la position temporelle de certains instants clés, et de la durée de la période entre deux instants clés. Des exemples d'instants clés T1

25 à T5 sont indiqués sur les figures 1 à 4 dans le cas d'un lever de charge. Dans le cas d'un drop jump, les instants clés seront par exemple le départ, le premier contact avec le sol, l'instant où l'athlète qui rebondit quitte le sol, l'instant où la hauteur maximale est atteinte, et l'instant où l'athlète rejoint pour la deuxième fois le sol après le rebond. La détermination automatique

des instants clés à partir des données d'accélération dépend donc du type d'exercice sélectionné et de la connaissance a priori de la forme de la séquence de données d'accélération, ou d'au moins une portion de cette séquence. Fréquemment, les instants clés d'un mouvement sont des instants
5 lors desquels l'accélération, la vitesse ou la position passent par un point particulier, par exemple un minimum, un maximum, un passage par zéro, un passage par une valeur particulière (par exemple 1G d'accélération) ou un point d'inflexion.

Il est aussi possible de déterminer les phases à partir desquelles
10 les grandeurs affichées sont déterminées à partir du signe de certaines valeurs dérivées de l'accélération. Par exemple, on peut choisir de déterminer l'accélération maximale de tous les instants au cours desquels la vitesse est positive, c'est-à-dire orientée vers le haut. La détermination des instants-clés et des phases du mouvement peut aussi dépendre des données
15 d'accélération selon des directions non verticales.

Les instants clés, et/ou la durée entre deux instants clés (« durée clé ») peuvent aussi être affichés au terme du test, comme grandeur supplémentaire représentative de la capacité musculaire de l'athlète.

La mesure peut être refusée par exemple si la forme de la
20 séquence d'accélération obtenue ne correspond pas au modèle attendu selon le type de test sélectionné, et qu'elle ne permet pas d'obtenir les grandeurs recherchées. Dans ce cas, un signal d'erreur visuel et/ou sonore est de préférence émis pour inviter l'athlète à recommencer le test.

Au terme d'un test concluant, une ou plusieurs grandeurs ci-
25 dessus sont immédiatement affichées au cours de l'étape 210 sur l'affichage 11. Plusieurs données peuvent être affichées sur plusieurs lignes ou sur plusieurs écrans entre lesquels l'utilisateur peut naviguer. Des grandeurs calculées peuvent aussi être mémorisées dans le dispositif pour comparaison avec des grandeurs calculées au cours d'autres tests.

L'utilisateur est ensuite invité à valider le test au cours de l'étape 211, par exemple en pressant une touche « ENTER » ou « OK ». S'il refuse de valider le test, il est invité au cours de l'étape 212 à recommencer en retournant à l'étape 203, ou à interrompre le test en passant directement à l'étape 213. Le programme passe directement à l'étape 213 lorsque l'utilisateur valide les résultats.

Au cours de l'étape 213, les résultats de tests validés sont stockés dans une mémoire semi-permanente 160, en les associant de préférence avec l'identification d'utilisateur, la date et l'heure du test, et une identification de type de test. Dans une première variante, adaptée à des dispositifs disposant d'une mémoire importante, toute la séquence de données d'accélération selon un axe, ou même selon les trois axes, est stockée en mémoire.

Cette variante permet de calculer ultérieurement d'autres grandeurs à partir de cette séquence, ou de la transférer via l'interface 162 et 19 vers une unité de traitement externe (PC, PDA, téléphone mobile, etc) pour exploitation ultérieure ou pour calculer et afficher d'autres grandeurs et d'autres graphiques. Le transfert peut être effectué automatiquement dès qu'une connexion est établie avec un dispositif externe, ou en sélectionnant une commande dans un menu ou par une autre action délibérée de l'utilisateur du dispositif 1.

Une application logicielle peut être chargée et exécutée dans le dispositif externe afin de calculer d'autres grandeurs, de les représenter différemment, d'en tirer des informations plus complètes que les informations de base immédiatement affichées sur le dispositif. Le logiciel permet par exemple d'afficher des grandeurs sous forme graphique, ou de les mettre en relation avec des mesures précédentes du même athlète, ou d'autres athlètes, ou avec les objectifs d'un plan d'entraînement qui peut être téléchargé depuis Internet. Cette application peut aussi effectuer des suggestions d'entraînement personnalisées en fonction des résultats de mesure de chaque athlète et en tenant compte des progrès de l'athlète en

plusieurs tests datés. Le plan d'entraînement proposé peut tenir compte des résultats obtenus au cours de différents tests et à différentes dates.

Le logiciel permet aussi de préférence de classer et d'ordonner différents résultats de test à l'aide des métadonnées transmises par le
5 dispositif, y compris la date et l'heure du test, l'identification d'athlète, l'identification de type de test, une identification éventuelle du dispositif employé, et/ou à l'aide de données supplémentaires introduites par l'opérateur pour classer et regrouper les résultats.

Les anciens tests qui ne sont plus pertinents ou qui ont été
10 transférés sur l'unité de traitement externe peuvent de préférence être effacés de la mémoire du dispositif 1, soit automatiquement lors du transfert ou du stockage de nouveaux résultats, soit par une commande explicite introduite par l'utilisateur.

Dans le procédé ci-dessus, l'acquisition d'une nouvelle série de
15 données d'accélération est reprise à chaque test, par exemple à chaque saut ou à chaque lever. Il est cependant fréquent d'effectuer un test plusieurs fois de suite et de prendre en compte uniquement le meilleur résultat. Par exemple, de nombreux entraîneurs sportifs recommandent de mesurer le « best squat jump », c'est-à-dire le meilleur saut dans une série de
20 typiquement 3 sauts au cours d'une brève période. Si la mémoire du dispositif le permet, il est possible de programmer le dispositif de manière à saisir au cours d'une seule acquisition les données de plusieurs tests consécutifs ; le dispositif peut ensuite être programmé pour distinguer les trois sauts au cours de la séquence de mesure, et déterminer par exemple
25 automatiquement le meilleur. Ce type de test permet en outre de déterminer à l'aide d'une seule séquence de données d'accélérations la fatigue ou au contraire le gain de détente entre tests consécutifs rapprochés, et d'afficher ainsi d'autres informations intéressantes relatives à la musculation de l'athlète.

30 La présente invention concerne aussi un système comprenant un dispositif de mesure 1 tel que décrit ci-dessus, associé à un support de

- données informatiques comprenant un programme informatique pour l'unité externe tel que ordinateur, PDA ou téléphone. Le support de donnée informatique peut être constitué par un CD-ROM, une mémoire semi-permanente (Flash, EEPROM, etc), un disque dur etc. Le programme
- 5 informatique exécuté permet, comme indiqué plus haut, de communiquer avec le dispositif de mesure 1 et d'effectuer des calculs supplémentaires et d'afficher des informations additionnelles à partir des données reçues.

Revendications

1. Procédé d'évaluation des valeurs physiologiques musculaires d'athlètes (3) à l'aide de tests courts tels que levers et/ou sauts, comprenant les étapes suivantes :
 - 5 fixation à une charge en mouvement (3 ; 2) au cours du test d'un dispositif de mesure (1) amovible et autonome électriquement, ledit dispositif de mesure étant basé sur un accéléromètre tri-axe (14),
détermination d'une séquence de valeurs d'accélération (a(t)) successive de ladite charge (3 ; 2) au cours dudit test,
 - 10 immédiatement au terme dudit test, indication sur un affichage (11) du dispositif d'au moins une grandeur représentative de ladite capacité musculaire et déterminée à partir de ladite séquence de valeurs d'accélération.
2. Le procédé de la revendication 1, comprenant une étape de
15 conversion de la séquence d'accélération selon trois axes fournie par ledit accéléromètre tri-axe (14) en une séquence d'accélération selon la direction de déplacement présumée de ladite charge.
3. Le procédé de l'une des revendications 1 ou 2, comprenant une étape (201) de sélection initiale du type de test dans une liste
20 comprenant au moins :
 - lever de charge ;
 - saut de l'athlète ;la détermination de ladite grandeur affichée dépendant du choix du type de test.
- 25 4. Le procédé de la revendication 3, dans lequel ladite liste comporte au moins les tests suivants :
 - lever de charge ;
 - squat jump et/ou countermovement jump ;
 - drop jump.

5. Le procédé de l'une des revendications 1 à 4, comprenant une étape (201) d'introduction d'au moins un paramètre du test parmi les paramètres suivants :
- 5 poids de ladite charge,
 hauteur de saut,
 poids du sportif.
6. Le procédé de la revendication 5, dans lequel le paramètre à introduire dépend du type de test sélectionné.
7. Le procédé de l'une des revendications 3 à 6, dans lequel le
10 choix de la grandeur affichée dépend du type de test sélectionné.
8. Le procédé de l'une des revendications 3 à 7, dans lequel le mode de calcul de la grandeur affichée dépend du type de test sélectionné.
9. Le procédé de l'une des revendications 1 à 8, dans lequel ladite grandeur affichée est déterminée en tenant compte d'une
15 connaissance a-priori de la forme d'au moins une portion de ladite séquence d'accélération ($a(t)$).
10. Le procédé de l'une des revendications 1 à 9, dans lequel ladite au moins une grandeur affichée comprend au moins une grandeur proportionnelle à la puissance maximale déployée par ledit athlète (3) au
20 cours du test.
11. Le procédé de la revendication 10, ladite puissance maximale étant une puissance instantanée (da/dt) maximale.
12. Le procédé de la revendication 10, ladite puissance maximale étant une puissance maximale pendant un intervalle de temps (ΔT) de
25 durée prédéterminée correspondant à plusieurs instants d'échantillonnages.

13. Le procédé de la revendication 10, ladite puissance maximale étant une puissance maximale pendant un intervalle de temps (ΔT) entre deux instants clés (T_i) du test.
14. Le procédé de l'une des revendications 1 à 13, comportant
5 une étape (209) de détermination automatique d'au moins un instant clé (T_i) ou une durée clé (ΔT) du test à partir de ladite séquence de valeurs d'accélération ($a(t)$),
ladite grandeur affichée étant déterminée en tenant compte d'au moins un dit instant clé ou durée clé.
- 10 15. Le procédé de la revendication 14, dans lequel la détermination dudit instant clé ou de ladite durée clé dépend du type de test sélectionné.
16. Le procédé de la revendication 14, dans lequel ledit instant clé (T_i) ou ladite durée clé (ΔT) sont affichés sur ledit affichage.
- 15 17. Le procédé de l'une des revendications 10 à 16, comprenant une étape de calcul (209) et d'affichage (210) au terme dudit test du taux maximal d'accroissement de la force.
18. Le procédé de l'une des revendications 1 à 17, dans lequel
20 ladite au moins une grandeur affichée comprend au moins une grandeur proportionnelle à la vitesse maximale de ladite charge au cours du test.
19. Le procédé de l'une des revendications 1 à 18, dans lequel une
séquence de valeurs d'accélération ($a(t)$) et/ou des données calculées à partir de ces valeurs d'accélération sont transmises à un dispositif de traitement externe pour calcul et affichage d'autres grandeurs ou
25 graphiques représentatifs de ladite capacité musculaire.
20. Le procédé de l'une des revendications 1 à 19, comprenant une étape de détermination (204) de la direction verticale à l'aide des indications fournies par ledit accéléromètre tri-axial (14).

21. Le procédé de l'une des revendications 1 à 20, dans lequel ledit test est un saut, dans lequel un paramètre proportionnel à la masse (m) de l'athlète (3) est introduit dans ledit dispositif (1), dans lequel ledit dispositif (1) est fixé à la taille ou au tronc de l'athlète (3), dans lequel la direction verticale est déterminée avant le saut à partir des indications dudit accéléromètre (14) à l'arrêt avant le saut, et dans lequel ladite grandeur affichée vise à estimer l'explosivité de l'athlète.

22. Le procédé de l'une des revendications 1 à 21, dans lequel ledit test est un lever de charge (2), dans lequel un paramètre proportionnel à la charge levée est introduit dans ledit dispositif, dans lequel ledit dispositif est monté de manière amovible de manière à se déplacer avec ladite charge, dans lequel la direction verticale est déterminée avant le lever à partir des indications dudit accéléromètre à l'arrêt, et dans lequel ladite grandeur affichée vise à estimer la puissance de l'athlète.

23. Le procédé de l'une des revendications 1 à 22, dans lequel la durée dudit test est inférieure à 10 secondes, et dans lequel une dite valeur d'accélération est mesurée au moins tous les 1/100e de seconde.

24. Dispositif de mesure (1) pour la mise en œuvre du procédé de l'une des revendications précédentes, comprenant :
des moyens de fixation amovible (12) permettant de fixer ledit dispositif à la charge déplacée (3 ; 2),
des moyens d'alimentation électrique autonomes (15),
un affichage (11)
un accéléromètre tri-axial (14), pour fournir une séquence d'accélération (a(t)) selon l'axe de déplacement de la charge, ladite séquence comprenant au moins 100 mesures par seconde pendant une durée comprise entre 1 et 10 secondes,
des moyens de traitement informatique (16), pour déterminer au terme du test, à partir de ladite séquence d'accélération, au moins une grandeur représentative de la capacité musculaire de l'athlète et pour afficher cette grandeur sur ledit affichage (11).

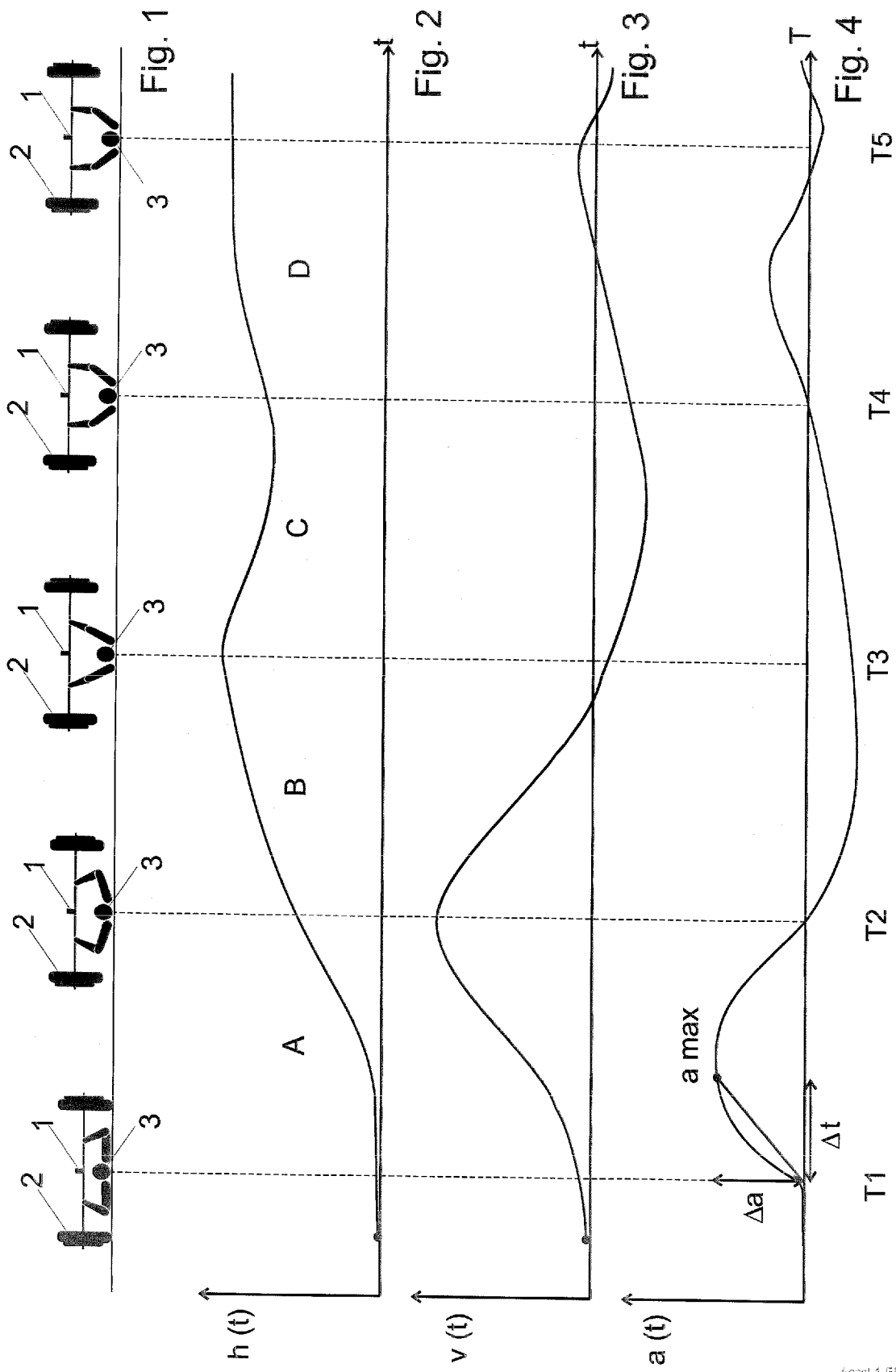
25. Le dispositif de la revendication 24, comprenant en outre des moyens de liaison amovibles (162, 19) vers un ordinateur, un PDA et/ou un ordinateur externe.

26. Le dispositif de l'une des revendications 24 ou 25, comprenant
5 en outre des moyens de sélection du type d'exercice effectué parmi une liste de plusieurs exercices possibles.

27. Le dispositif de l'une des revendications 24 à 26, dans lequel lesdits moyens de fixation amovible (12) sont destinés à fixer ledit dispositif à la taille et/ou au tronc de l'athlète.

10 28. Le dispositif de la revendication 27, ledit accéléromètre tri-axe (14) ayant au moins un axe de mesure privilégié dont les résultats de mesure sont entachés d'une erreur moins importante que ceux du moins bon des deux autres axes,
lesdits moyens de fixation amovibles (12) étant agencés pour
15 fixer ledit dispositif (1) en alignant substantiellement ledit axe de mesure privilégié avec la direction verticale.

29. Système comprenant un dispositif selon l'une des revendications 1 à 24 et un support de données informatiques comprenant un programme informatique destiné à être exécuté par une unité de
20 traitement externe pour afficher des grandeurs supplémentaires à partir des données mesurées par ledit dispositif.



2/7

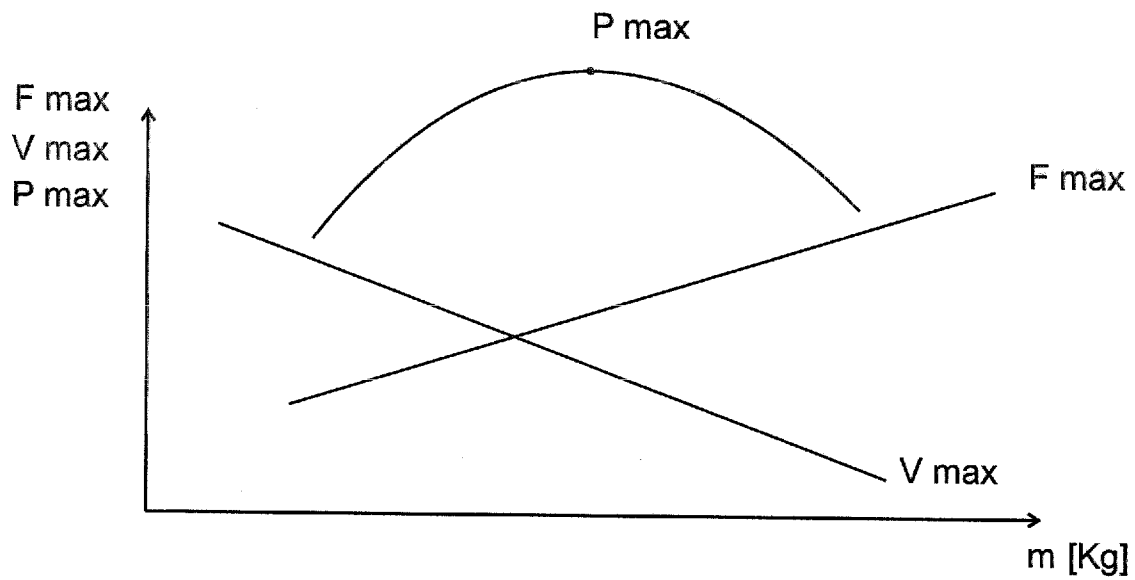


Fig. 5

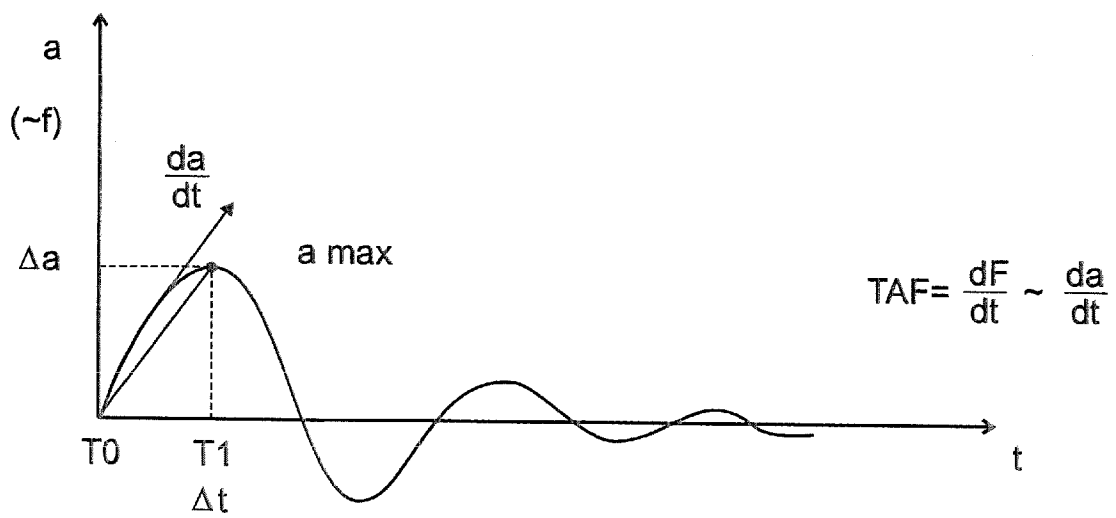


Fig. 6

3/7

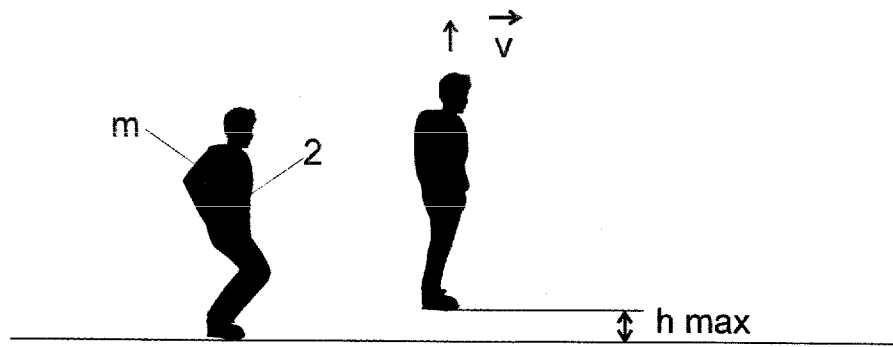


Fig. 7

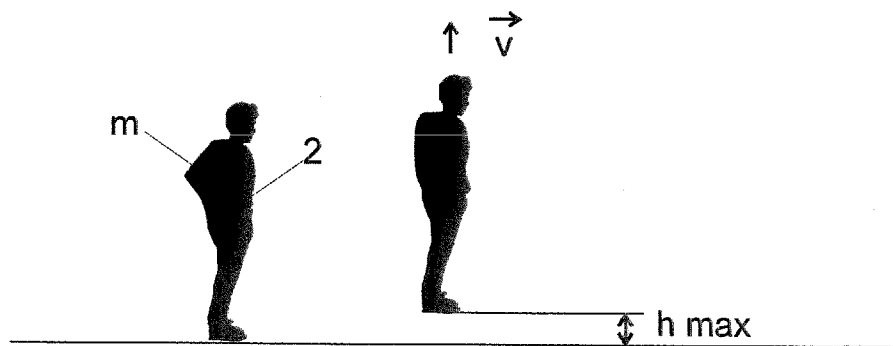


Fig. 8

4/7

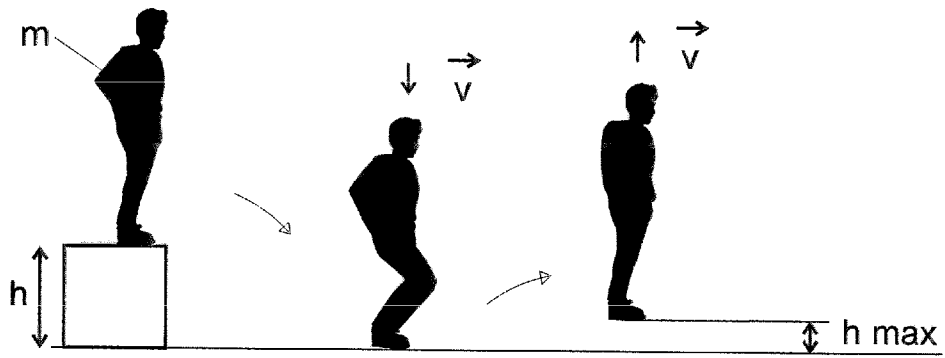


Fig. 9

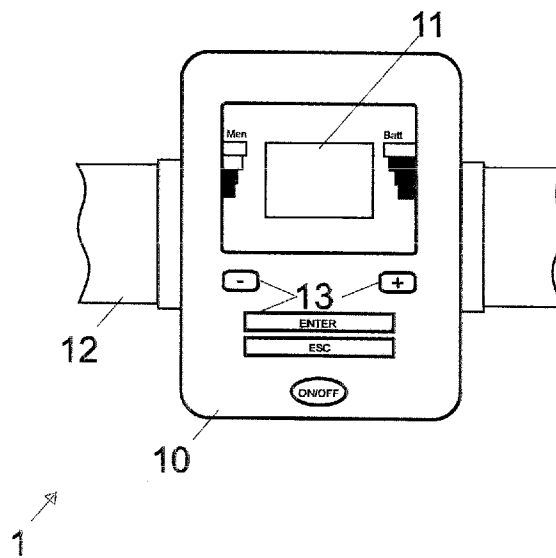


Fig. 10

5/7

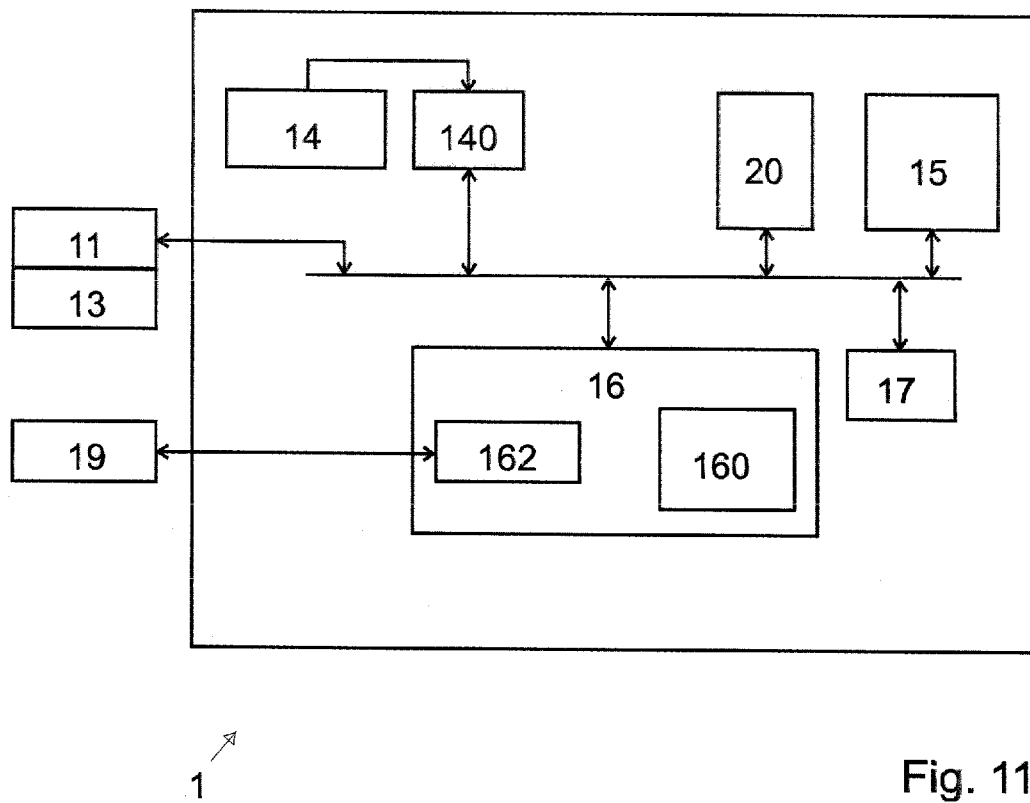


Fig. 11

6/7

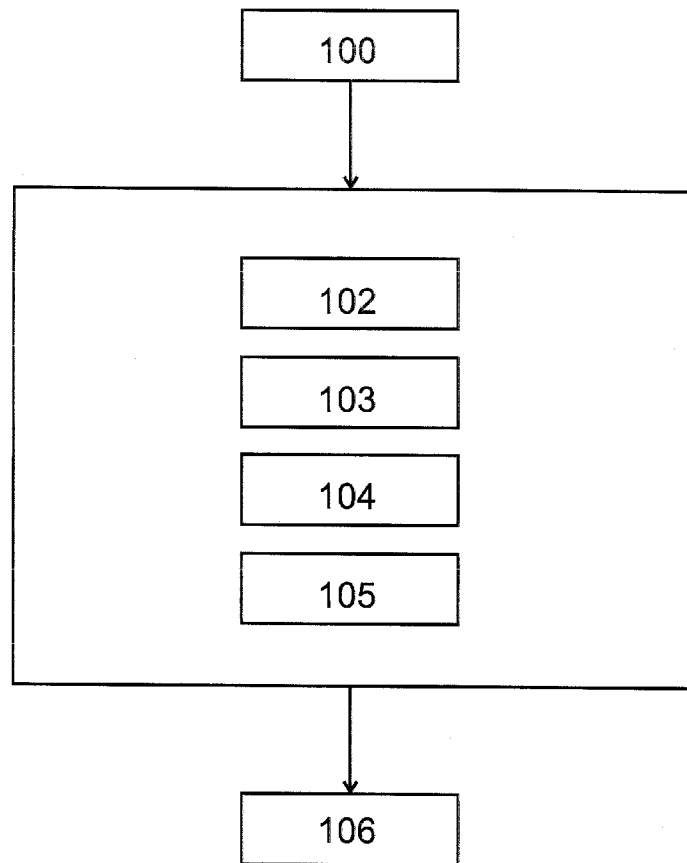


Fig. 12

7/7

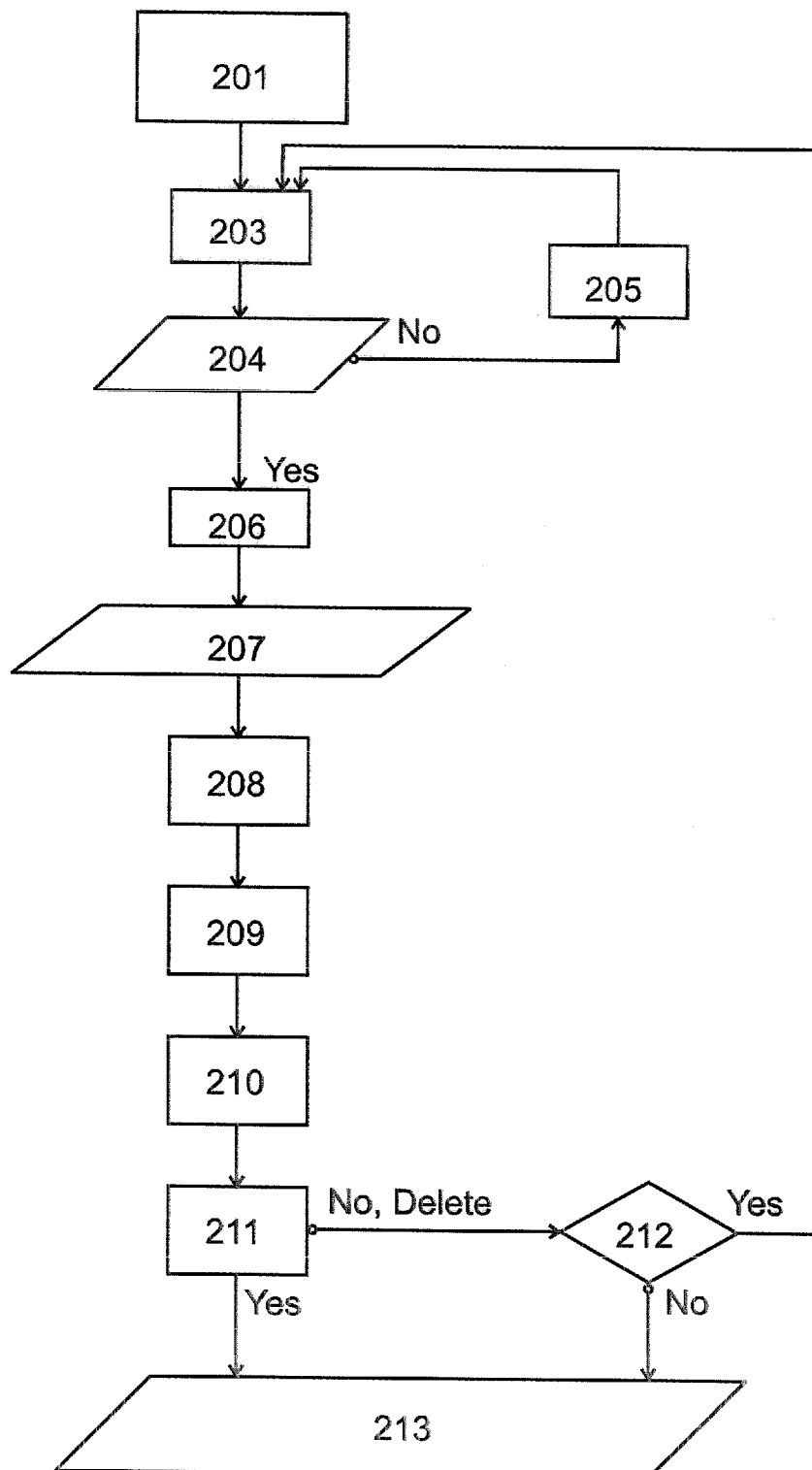


Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/052413

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. A61B5/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 397 151 B1 (YAMAGISHI MASAKATSU ET AL) 28 May 2002 (2002-05-28)	1,9-14, 17-19,24
Y	column 2, line 26 - column 5, line 67	19
Y	US 5 056 783 A (MATCOVICH ET AL) 15 October 1991 (1991-10-15)	1,9-14, 17-19,24
A	column 4, line 13 - column 7, line 66	1-29
A	US 2004/134274 A1 (HOGGAN LYNN D ET AL) 15 July 2004 (2004-07-15) paragraphs [0027] - [0040]	1,24
A	US 5 474 083 A (CHURCH ET AL) 12 December 1995 (1995-12-12) cited in the application column 2, line 54 - column 6, line 50	1,24



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 June 2007

Date of mailing of the international search report

16/07/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rivera Pons, Carlos

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/052413

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6397151	B1	28-05-2002	CN 1229473 A EP 0929817 A1 HK 1022740 A1 WO 9857183 A1 JP 11002574 A	22-09-1999 21-07-1999 22-07-2005 17-12-1998 06-01-1999
US 5056783	A	15-10-1991	CA 2027853 A1 WO 9106348 A1	19-04-1991 16-05-1991
US 2004134274	A1	15-07-2004	NONE	
US 5474083	A	12-12-1995	NONE	

TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire ACCEL-1-PCT	POUR SUITE À DONNER voir le formulaire PCT/ISA/220 et, le cas échéant, le point 5 ci-après.	
Demande internationale n° PCT/EP2007/052413	Date du dépôt international (jour/mois/année) 14/03/2007	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 17/03/2006
Déposant MYOTEST SA		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base

- ☒ de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée
☐ d'une traduction de la demande internationale dans la langue suivante _____, qui est la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (règles 12.3.a) et 23.1.b))

b. ☐ En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale, (le cas échéant), voir le cadre n° I.

2. ☐ **Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche** (voir le cadre n° II).

3. ☐ **Il y a absence d'unité de l'invention** (voir le cadre n° III).

4. En ce qui concerne le **titre**,

- ☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant
☐ le texte a été établi par l'administration chargée de la recherche internationale et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'**abrégié**,

- ☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant
☐ le texte, reproduit dans le cadre n° IV, a été établi par l'administration chargée de la recherche internationale conformément à la règle 38.2(b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration chargée de la recherche internationale dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

6. En ce qui concerne les **dessins**,

a. La figure **des dessins** à publier avec l'abrégié est la figure n° 10

- ☒ proposée par le déposant
☐ proposée par l'administration chargée de la recherche internationale, parce que le déposant n'a pas proposé de figure
☐ proposée par l'administration chargée de la recherche internationale, parce que cette figure caractérise mieux l'invention

b. ☐ Aucune des figures n'est publiée avec l'abrégié

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2007/052413

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. A61B5/22

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
A61B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 6 397 151 B1 (YAMAGISHI MASAKATSU ET AL) 28 mai 2002 (2002-05-28)	1,9-14, 17-19,24
Y	colonne 2, ligne 26 - colonne 5, ligne 67	19
Y	US 5 056 783 A (MATCOVICH ET AL) 15 octobre 1991 (1991-10-15)	1,9-14, 17-19,24
A	colonne 4, ligne 13 - colonne 7, ligne 66	1-29
A	US 2004/134274 A1 (HOGGAN LYNN D ET AL) 15 juillet 2004 (2004-07-15)	1,24
A	alinéas [0027] - [0040]	
A	US 5 474 083 A (CHURCH ET AL) 12 décembre 1995 (1995-12-12)	1,24
	cité dans la demande	
	colonne 2, ligne 54 - colonne 6, ligne 50	

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 juin 2007

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

16/07/2007

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Rivera Pons, Carlos

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2007/052413

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6397151	B1	28-05-2002	CN 1229473 A 22-09-1999 EP 0929817 A1 21-07-1999 HK 1022740 A1 22-07-2005 WO 9857183 A1 17-12-1998 JP 11002574 A 06-01-1999
US 5056783	A	15-10-1991	CA 2027853 A1 19-04-1991 WO 9106348 A1 16-05-1991
US 2004134274	A1	15-07-2004	AUCUN
US 5474083	A	12-12-1995	AUCUN