MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

EVALUATION DE LA FORCE MAXIMALE ISOMETRIQUE DU QUADRICEPS

Rapport de travail écrit personnel
présenté par David KRESSMANN
étudiant en 3ème année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du diplôme d'état
de masseur-kinésithérapeute
1995-1996.

SOMMAIRE

page

RESUME

1. INTRODUCTION.....1

2. MATERIEL ET METHODE.....2

2. 1. Matériel.....2

2. 1. 1. Population.....2
2. 1. 2. Matériel expérimental.....2

2. 2. Méthode.....4

2. 1. 1. Réglages.....5
2. 2. 2. L'échauffement, la préparation.....6
2. 2. 3. La prise de mesure.....7

2. 3. Remarques.....8

3. RESULTATS.....9

3. 1. Evolution de la force sur les 10 essais.....9

3. 2. Répartition du meilleur essai sur les 10 premiers essais.....10

3. 3. Répartition du meilleur essai sur les 9 premiers essais.....10

4. DISCUSSION....11

4. 1. Analyse de l'évolution de la courbe....11

4. 1. 1. Pourquoi un tel dernier essai ?....13
4. 1. 2. Les trois paramètres de la performance....15
4. 1. 2. Existe-t-il un nombre d'essais significatif d'une réussite de la F. M. I.?..16
4. 1. 3. L'influence de l'état psychologique sur la performance....17

4. 2. Pourquoi rechercher la force maximale ?....18

4. 2. 1. Le travail isométrique....18
4. 2. 2. Etablir un programme de renforcement musculaire....19
4. 2. 3. Evaluer les progrès....20

4. 3. L'intérêt du feed-back....21

4. 4. Choix de l'échauffement....21

4. 4. 1. La course....22
4. 4. 2. La chaise en appui unipodal....22

4. 5. La position du sujet....23

4. 6. Les douleurs provoquées....24

4. 6. 1. Lors du test....24
4. 6. 2. Après le test....24

5. CONCLUSION....25

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Sur une chaise à quadriceps permettant un travail statique relié à un dynamomètre électronique, 10 essais ont permis à 30 sujets sains de rechercher leur force maximale.

Mais tout les sujets ont réagit de façon différente au cours du test ne permettant pas de déterminer le nombre d'essais nécessaire et suffisant pour trouver la force maximale.

Cependant, 75% des forces maximales se situent après le 3ème essai.

Enfin, 12 sujets sur 30 réussissent leur meilleur développement au dernier essai confirmant la relation "motivation-performance".

1. INTRODUCTION

Connaître la force maximale est un critère d'évaluation physique et de performance chez un sportif. Elle permet aussi d'évaluer le déficit musculaire suite à un traumatisme.

C'est une référence pour élaborer des programmes de renforcement et pour suivre objectivement la progression d'un patient.

Elle peut être analysée en dynamique (isocinétique ou non) ou en statique. Nous avons choisi le travail statique par simplicité d'utilisation dans le traitement des données.

Il existe différents moyens d'évaluer la force maximale statique : la charge directe et le dynamomètre. C'est ce dernier que nous utilisons à l'aide du Myostatic® (d'autres études ont été faites par ce moyen : le statergomètre de Troisier (9) ou l'anneau d'extensomètrie d'Adam (1)).

Lors de la recherche de la force maximale, il est classique de réaliser 2 ou 3 essais (4, 5, 6, 9), mais pourquoi pas plus ? Notre étude vise donc à savoir s'il existe un nombre d'essais standard pour réaliser le meilleur développement de la force maximale isométrique que nous appellerons F. M. I.

Après un échauffement, 30 sujets sains vont effectuer 10 essais espacés de 2 minutes chacun ce qui nous permettra aussi d'analyser l'évolution de la force développée sur ces 10 essais.

2. MATERIEL ET METHODE

2. 1. Matériel

2. 1. 1. Population

L'étude est faite sur une population de 30 sujets sains (15 femmes et 15 hommes), issus du personnel du centre de rééducation de Sancellmoz (Haute-Savoie), constituée de kinésithérapeutes, ergothérapeutes, infirmiers...

La moyenne d'âge est de 30 ans avec des extrêmes de 21 à 48 ans.

26 personnes ont le pied droit dominant.

Ils ont été choisis sur le simple critère de ne pas avoir de lésions ou de séquelles médico-chirurgicales du membre inférieur dominant.

2. 1. 2. Matériel expérimental

- Un chronomètre
- Le MYOSTATIC ®

C'est une chaise à quadriceps pour un travail statique en chaîne cinétique ouverte contre la résistance d'une chaîne reliée à un capteur de traction à jauge de contrainte (fig. 1). Il est étalonné de 0 à 250 Kg.f. pour une sensibilité à 1 Kg.f. près.

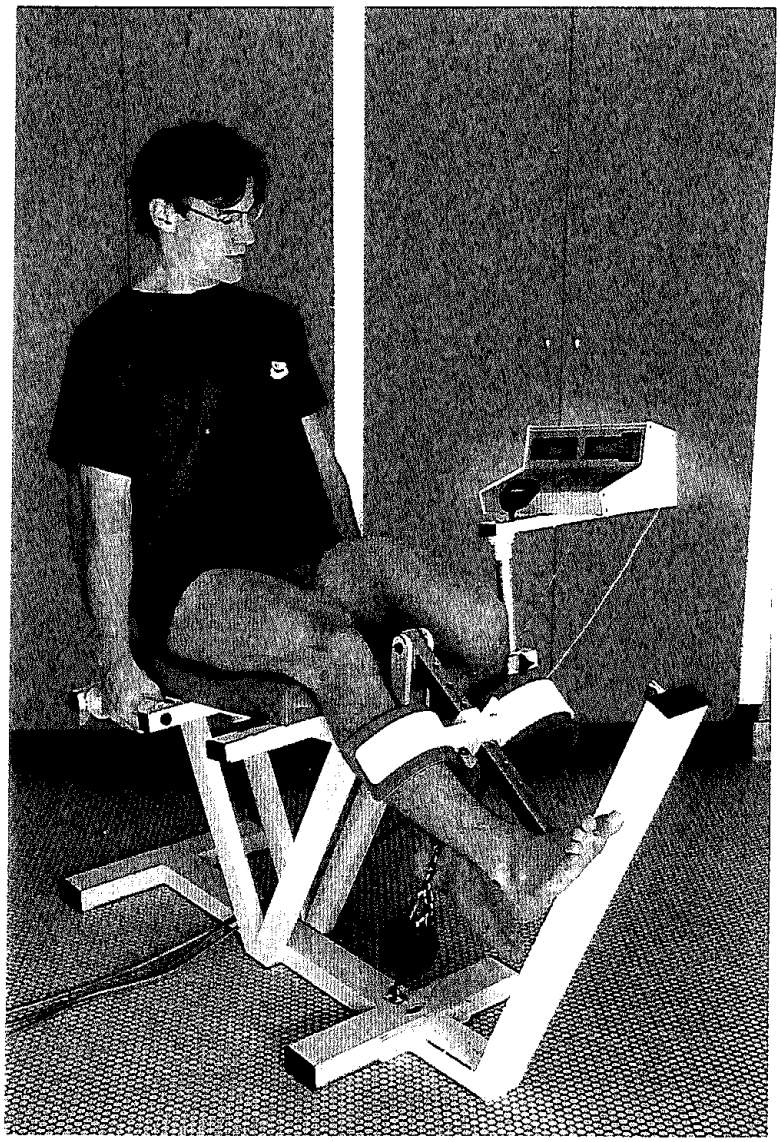

Fig. 1 : LE MYOSTATIC

Seule la fonction de dynamomètre électronique est utilisée.

Deux écrans à affichage digital (fig. 2) retranscrivent la force maximale isométrique (F. M. I.) développée en kilogramme-force (kg.f.) :

- l'un pour la valeur instantanée,
- l'autre mémorise la valeur maximale obtenue lors de l'essai.

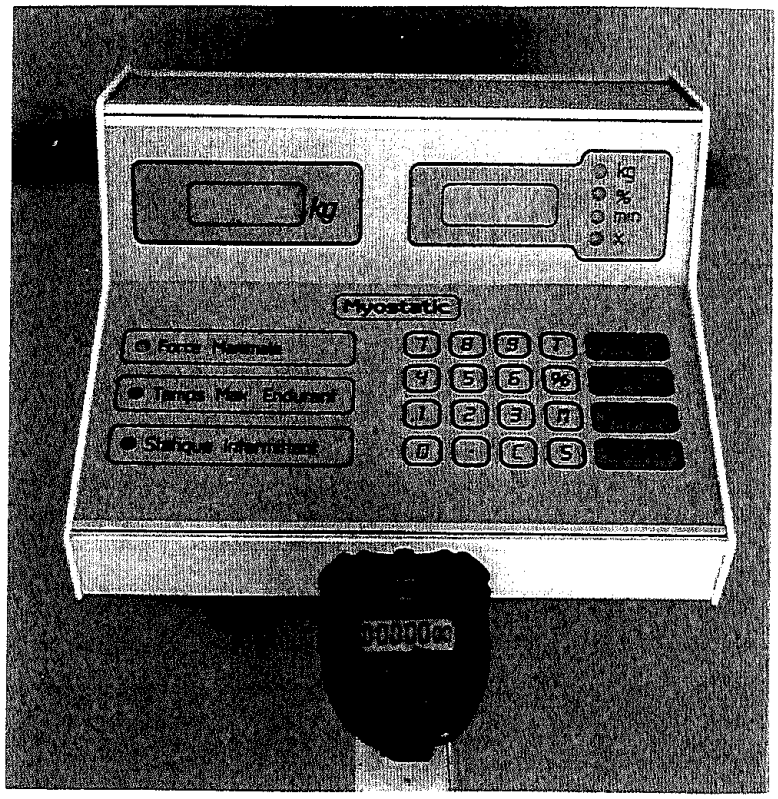

Fig. 2 : L'ECRAN

2. 2. Méthode

Le protocole est expliqué au patient avant la série d'exercices.

Nous lui faisons remplir la "fiche patient" (Ann. I).

Le sujet s'assoit sur la chaise pour faire les réglages afin de ne pas perdre de temps entre l'échauffement et les prises de mesures.

2. 2. 1. Réglages

Le dossier de la chaise, réglable dans un plan antéro-postérieur, est muni d'un renfort lombaire permettant un calage lombo-pelvien. L'assise de la chaise est constituée de mousse de densité différente pour éviter un enfoncement excessif du tiers inférieur de la cuisse dans l'assise lors de la contraction quadricipitale.

Le sujet est assis en flexion de hanche.

Le bras de levier doit être identique pour tout le monde, nous choisissons de placer le cavalier à mi-distance entre l'interligne articulaire du genou et la malléole latérale (fig. 3).

Le nombre de maillons de la chaîne détermine l'angle du travail du genou. Nous choisissons ≈ 30° de flexion, position de fonction du quadriceps en appui unipodal.

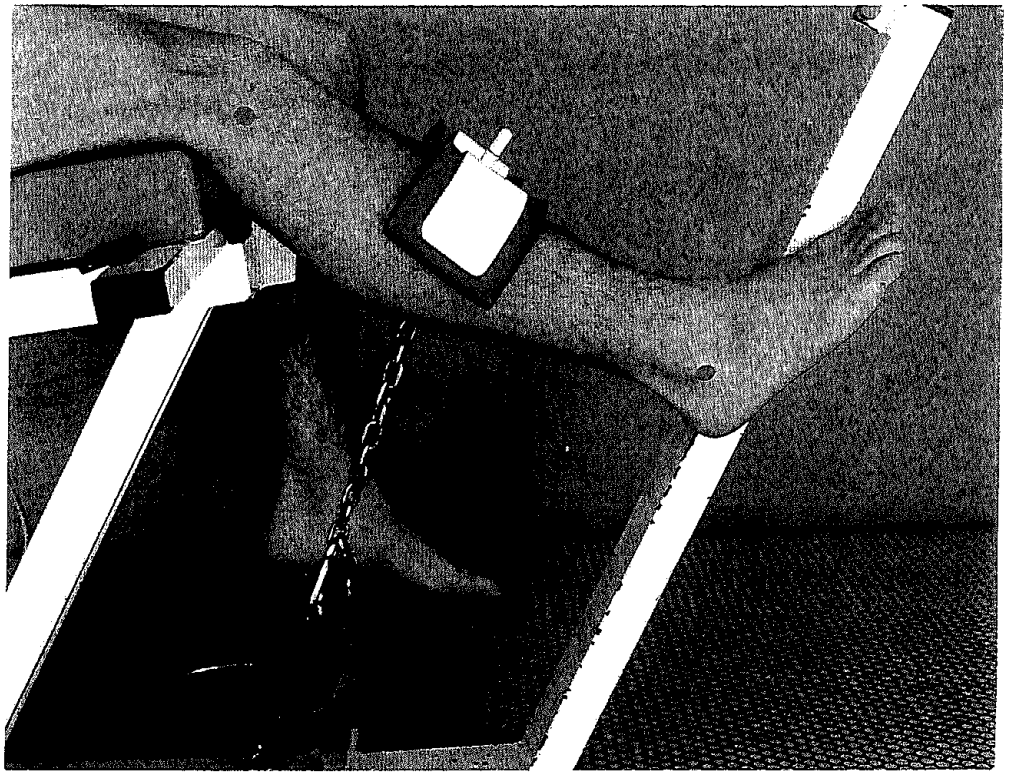

fig. 3 : LES REGLAGES

2. 2. 2. L'échauffement, la préparation

Le sujet descend de la machine et fait ≈ 40 mètres à cloche pied sur le côté dominant (celui avec lequel nous tapons dans un ballon).

Puis travail en statique en faisant "la chaise" contre un mur (hanche et genou à 90°), sur un pied (le dominant), pendant 10 secondes (fig. 4).

Cet exercice est réaliser une seule fois.

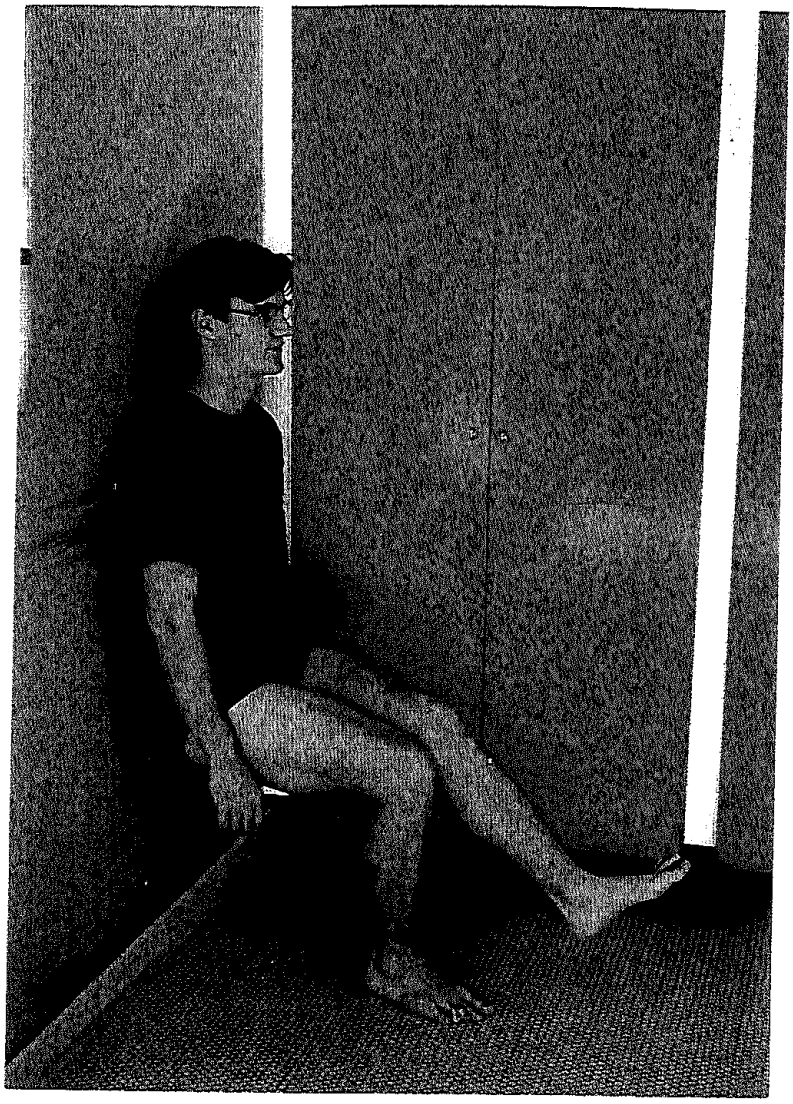

fig. 4 : LA CHAISE EN APPUI UNIPODAL

Le sujet remonte sur le Myostatic ®.

Il fait quelques essais sous-maximaux avec le côté non dominant afin :

- d'enlever une composante d'appréhension pour la série des 10 essais sur le côté dominant.
- de se familiariser avec l'unité de mesure MYOSTATIC ®.
- de le conseiller sur sa position (s'accrocher aux poignées, gainer l'ensemble de son corps...).
- de reposer le côté dominant échauffé.

Lors de la contraction il reçoit :

un feed-back : - visuel : --> affichage digital des kg.f. développés.

- auditif : --> sonorisation d'amélioration des performances.

un stimulus : - verbal : --> motivation du patient par le preneur de mesures (allez, poussez, fort..., fort, allez !!!).

2. 2. 3. La prise de mesure

Dans la bonne position nous lui demandons le développement d'une force maximale non explosive et indolore du côté dominant.

Il réalise 10 essais, chacun séparés de 2 minutes de repos afin de régénérer suffisamment de phosphocréatines (2).

La mesure de chaque essai est inscrite dans la "fiche patient" (Ann. I).

Elle est notée M1 pour le premier essai jusqu'à M10 pour le dernier essai.

Les mesures des 30 sujets testés sont rapportées dans le tableau de l'annexe II et s'expriment en kilogramme-force (kg.f.).

Pour que l'évolution de chaque sujets soit comparable, nous avons exprimé la force développée en "mesure relative" par rapport à la valeur initiale, ainsi M'1= 100.

L'évolution de la force maximale doit se lire en pourcentage de progression (ou de régression) par rapport à la première mesure (M'1).

Les "mesures relatives" des 30 sujets sont rapportées dans l'annexe III.

2. 3. Remarques :

- entre 2 prises de mesures, le sujet reste assis sur la chaise sans faire de flexions/extensions de son genou.
- il n'y a pas de consigne de temps pour le développement de la F. M. I.
- il n'y a aucune modification de la position du corps au cours des 10 essais.

3. RESULTATS

3. 1. Evolution de la force sur les 10 essais

Nous avons calculé la moyenne des "mesures relatives" (Ann. V) pour chaque essai sur l'ensemble de la population (fig. 5). Nous obtenons alors une courbe d'évolution moyenne de la population étudiée.

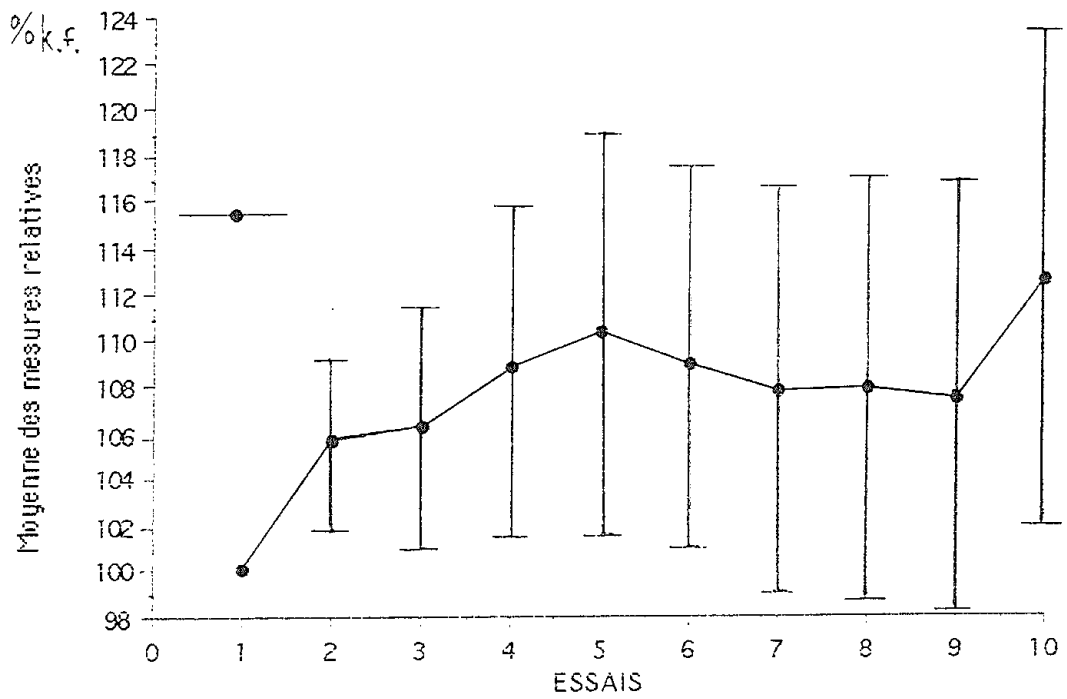

fig. 5 : COURBE D'EVOLUTION MOYENNE

3. 2. Répartition du meilleur essai sur les 10 premiers essais

Nous avons établi un histogramme où, pour chaque essai, nous avons fait correspondre le nombre de personnes ayant réalisé leur force maximale (fig. 6).

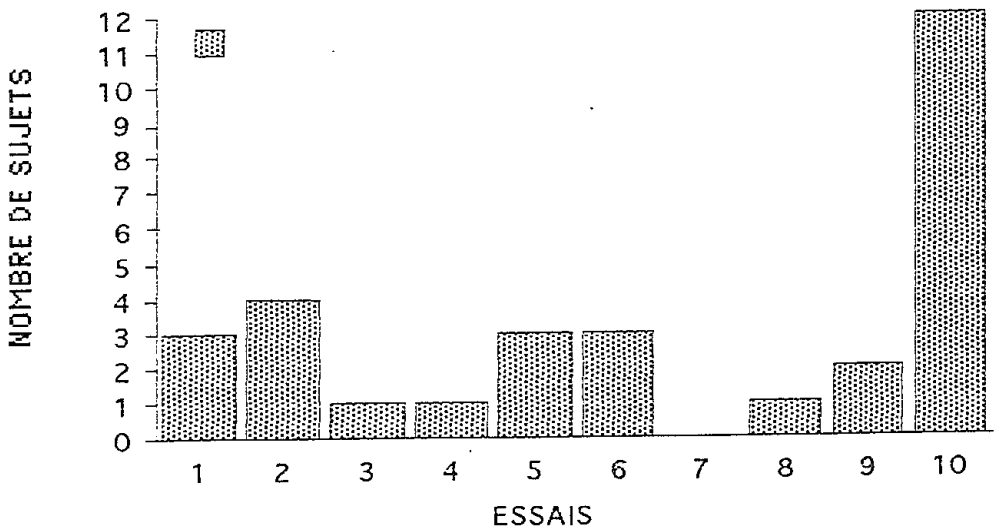

fig.6 : REPARTITION DU MEILLEUR ESSAI

3. 3. Répartition du meilleur essai sur les 9 premiers essais

Nous avons redistribué les 12 personnes ayant réalisé leur maximum au dernier essai sur leur meilleur essai précédent, pour se rendre compte de la répartition de la population sans le phénomène psychologique du dernier essai (fig.7).

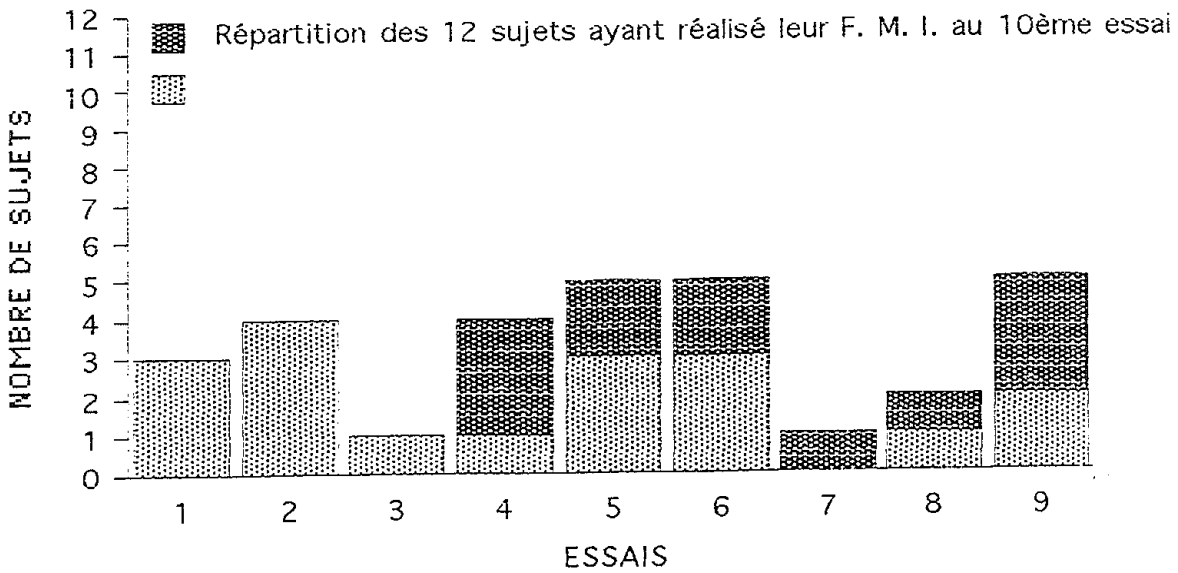

fig. 7 : REPARTITION SUR LES 9 PREMIERS ESSAIS

4. DISCUSSION

4. 1. Analyse de la courbe et des histogrammes

- La courbe

Lorsque nous regardons la figure 5 (3. 1.) qui montre la courbe des moyennes des "mesures relatives", nous nous rendons compte qu'il y a une tendance à la progression mais qu'elle n'est pas "standardisable". En effet, les écart-types (fig. 5 + Ann. IV) montre qu'il existe une grande fluctuation possible de l'évolution de la F. M. I.

Toutes les évolutions peuvent être envisagées (Ann. III).

Par exemple :- 3 sujets n'ont fait que chuter (N°2-10-18)

- 1 sujet n'a fait que progresser (N°25)
- d'autres ont évolué de façon anarchique (N°13-19-22)

Cette courbe représente la population étudiée dans cette étude mais nous pouvons affirmer qu'elle n'est pas représentative de chacun des sujets.

Nous observons, par ailleurs, une progression franche au dernier essai.

- Les histogrammes

Sur l'histogramme de la répartition du meilleur essai sur les 10 premiers essais (fig. 6), nous observons :

- une certaine régularité dans cette répartition sur les 9 premiers

essais, le 5ème n'étant pas prédominant contrairement à ce que pourrait annoncer la courbe d'évolution moyenne.

- un résultat impressionnant au 10ème essai (confirmé par la courbe) puisque 12 sujets sur 30 réalisent leur F. M. I. à cet essai. L'écart-type (fig. 5) est très grand mais 15 sujets (1 sur 2) ont progressé par rapport au 8ème et 9ème essai.

Nous pouvons alors affirmer que la progression du dernier essai est significative.

Ce phénomène est expliqué par le fait qu'une motivation supplémentaire s'ajoute, car c'est la "dernière chance", améliorant ainsi la performance (voir 4. 1. 1.).

Pour enlever la composante favorisant la réussite au dernier essai, nous avons redistribué les 12 sujets ayant réalisé leur maximum au dernier essai sur leur meilleure essai précédent (fig. 7).

Nous observons toujours une certaine régularité dans la répartition du meilleur essai. Aucun essai ne prédomine et n'est significatif d'un meilleur développement de force.

Le 5ème ,le 6ème, et le 9ème essais reçoivent 5 personnes.

Par contre l'histogrammes (fig. 6) nous montre que :

73,3 % des sujets réalisent leur meilleure performance après le 3ème essai.
70 % des sujets réalisent leur meilleure performance après le 4ème essai.
60 % des sujets réalisent leur meilleure performance après le 5ème essai.
50 % des sujets réalisent leur meilleure performance après le 6ème essai.
38 % des sujets réalisent leur meilleure performance au 10ème essai.

Il y a donc un minimum d'essais nécessaire avant d'atteindre sa force maximale puisque 73,3 % d'entre eux réalisent leur maximum après le 3ème essai.

En effet, au départ le sujet n'ose pas pousser à fond par crainte de la douleur et par méconnaissance du matériel malgré les moyens mis en oeuvre (voir 2.2.2.). Puis il perd cette appréhension et n'hésite pas à développer une force maximale, il anticipe mieux l'effort car il corticalise l'exercice.

Le geste est connu et cela semble faciliter le cheminement nerveux et améliorer la coordination neuro-motrice (7, 10).

Le muscle par sommation spatiale recrute de plus en plus d'unités motrices lui permettant, au fur et à mesure des essais, un meilleur développement de sa force.

Pour atteindre sa force maximale, le sujet a un besoin d'adaptation et donc d'un minimum d'essais nécessaire, mais cette étude ne nous permet pas de dire combien exactement.

4. 1. 1. Pourquoi un tel dernier essai ?

Le sujet sachant que c'est sa dernière chance pour battre son record, se motive d'autant plus. Ceci est visible aussi bien chez les hommes que chez les femmes.

Mais pourquoi réussit-il effectivement un meilleur développement ?

<u>Est-ce vraiment un phénomène physiologique ?</u>

Pourquoi pas : cette nouvelle motivation leur permet de recruter plus d'unités motrices et cela montre bien qu'un recrutement à 100 % des unités motrices est impossible.

Le sujet aurait-il pu compenser ?

Malgré le contrôle vigilant de l'opérateur, un certain nombre de compensations peuvent être discutées :

- L'avancée du genou pour diminuer le bras de levier. A moment égal de production de la force motrice du quadriceps, une compensation par avancée du genou de 2 cm (diminuant le bras de levier) représente environ 10 % de variation du résultat (calcul du moment moteur avec une force moyenne de 75 kg.f. et un segment jambier moyen de 40 cm.

- L'élévation de la fesse pour recruter le droit fémoral. Le recrutement supérieur de ce muscle peut être compensé par une extension de genou faisant diminuer la force quadricipitale.

Dans ces 2 cas, une fixation du bassin par sangle est alors conseillée (8).

Le sujet aurait-il-pu se réserver pour le dernier essai ?

NON car l'effort à chaque essai ne diminue pas les capacités du sujet puisque le temps de repos est suffisamment long proportionnellement au temps d'effort demandé.

Dans ce cas, le sujet peut se permettre de toujours aller à fond sans se fatiguer et ainsi ne pas avoir besoin de se réserver pour le dernier essai.

OUI car les sujets appréhendent les réactions de leur corps et de leur organisme puisqu'ils ne connaissent pas leur capacité de résistance à l'effort.

En effet, aucun d'entre eux n'a déjà effectué cette série de tests de recherche de la force maximale.

Alors ils s'interrogent sur l'intensité, la difficulté de l'exercice et peuvent se demander s'ils vont être capables de gérer cet effort et d'arriver au terme des 10 essais.

En fait aucun d'entre eux ne s'est vraiment effondré au cours de la série. Il leur reste donc suffisamment d'énergie au dernier essai pour donner le meilleur d'eux-mêmes étant donné qu'ils n'auront plus d'effort à fournir par la suite.

4. 1. 2. Les trois paramètre de la performance

3 paramètres semblent influencer la performance (fig. 9) :

- La coordination neuro-musculaire :

Le recrutement maximal d'unités motrices nécessite un cycle d'apprentissage (7). Les 10 essais de l'étude permettent ce recrutement par sommation spatiale de plus en plus importante. La performance aurait donc tendance à augmenter.

- le métabolisme cellulaire :

Les 2 minutes de repos entre chaque essai permettent de régénérer 75% des phosphocréatines (2). Il y a donc perte d'énergie par ce travail anaérobie alactique, la fatigue est alors inévitable diminuant ainsi la performance.

- La motivation :

Elle est complètement variable suivant les conditions psychologiques de l'individu au moment de l'effort (voir 4. 1. 4.).

Nous ne savons pas dans quelles proportions prédominent ces paramètres l'un par rapport à l'autres mais il faut être au meilleur de la somme de ces 3 paramètres pour développer un maximum de force (d'après les résultats, c'est très variable d'un sujet à l'autre).

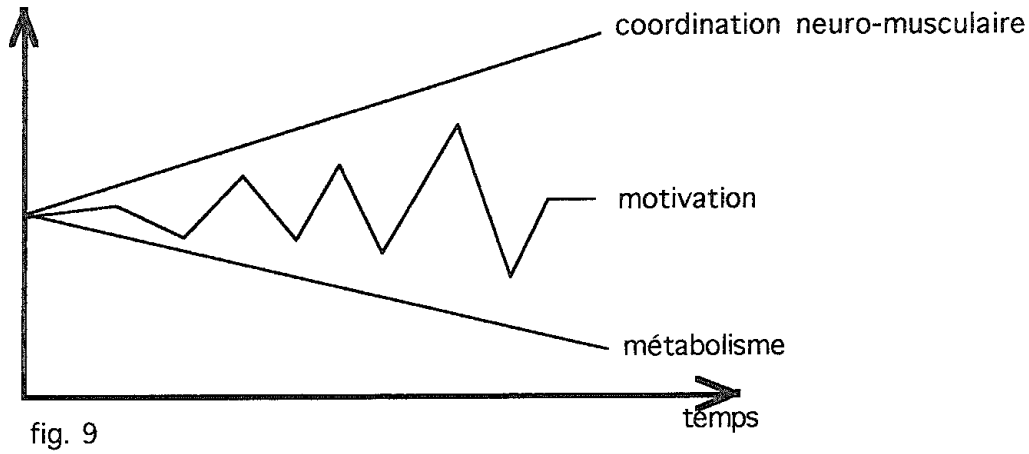

fig. 9

4. 1. 3. Existe-t-il un nombre d'essais significatif d'une réussite de la F. M. I. ?

En observant la courbe moyenne (fig. 5) et en excluant le 10ème essai du test, 5 essais paraissent nécessaire pour atteindre sa F. M. I. Or seulement 3 sujets sur 30 réussissent effectivement leur F. M. I. à cet essai (fig. 6). **Nous pouvons donc dire que le fait que le 5ème essai soit le meilleur n'est pas significatif.**

Nous avons alors redistribué les 12 patients ayant fait leur maximum au dernier essai pour se rendre compte où se répartissait leur meilleure valeur si nous ne prenions pas compte de l'effet psychologique du dernier essai (fig. 7). Mais là encore, aucun essai ne prédomine car les 12 sujets se répartissent régulièrement entre le 4ème et le 9ème.

Aucun essai ne rassemble suffisamment de F. M. I. pour affirmer qu'un nombre d'essais est nécessaire et suffisant avant d'atteindre la F. M. I.

Seul le dernier rassemble une majorité de F. M. I.

Cette population est choisie sur le simple critère de ne pas avoir de lésions ou de séquelles médico-chirurgicales. Avec cette étude il est impossible d'établir de courbe type pour nos patients. Afin d'en trouver une, il faudrait resserrer les critères de sélection en homogénéisant la population en ce qui concerne la pratique sportive, le sexe et l'âge.

4. 1. 4. L'influence de l'état psychologique sur la performance.

Nous connaissons l'influence de l'état psychologique sur la performance (2). La motivation au dernier essai nous confirme ce phénomène.

Pour obtenir la force maximale, il faut donc être dans les meilleures conditions possibles, qui peuvent être réunies dans les premiers essais sans nécessairement aller jusqu'au dixième. Il faut donc modifier l'approche de l'exercice et ainsi éviter l'appréhension, stimuler la motivation, et travailler sur la concentration.

<u>Eviter l'appréhension</u> :

- de la douleur : par un échauffement plus long et plus intense (voir 4. 4.).

- de la machine : pouvoir se familiariser avec la position, les feed-backs, l'effort demandé en leur permettant de s'entraîner autant de fois qu'ils le désirent.

- de l'ensemble du test : permettre au sujet d'avoir déja fait la série des 10 essais dans les même conditions pour qu'ils puissent mieux se connaître face à l'effort.

Stimuler la motivation :

- par des feed-backs (déjà mis en place).
- par des stimuli extérieurs :
  - l'encouragement verbal.
  - un décompte juste avant la réalisation du geste pour mettre la pression.
  - un signal sonore puissant au moment de l'effort.
- créer un esprit de compétition entre les sujets.

Travailler sur la concentration :

Imaginer le mouvement permettra de stimuler les terminaisons nerveuses musculaires et ainsi entretenir l'image du corps lors de l'effort.

4. 2. Pourquoi rechercher la force maximale isométrique ?

4. 2. 1. Le travail isométrique

Il est difficile de comparer objectivement 2 travaux dynamiques car la vitesse du travail n'est pas contrôlable. Il est donc nécessaire d'utiliser une résistance asservie telle que l'isocinétisme (où la vitesse est constante), ou bien le travail isométrique (où la vitesse est nulle).

Notre choix fut ce dernier pour une question de matériel et par simplicité d'utilisation dans le traitement des données.

De plus l'intérêt du travail statique dans la rééducation réside par la contre-indication du travail dynamique :

- Il évite un balayage articulaire et des réactions inflammatoires.
- Il respecte lésions, cicatrices et fragilité des sutures.

Ainsi en phase de rééducation précoce d'une pathologie (de type arthrose fémoro-patellaire, syndrome rotulien, plastie du L. C. A., méniscectomie, etc.) on peut quand même renforcer un muscle.

4. 2. 2. Etablir un programme de renforcement musculaire

La force maximale est une référence en matière de programme de renforcement musculaire (Delorme-Watkins, Dotte, Troisier). Même si ces méthodes sont peu utilisées en rééducation, nous savons qu'un travail à 100 % de la force maximale engendre un meilleur gain de force (1, 2, 3, 7).

La force d'un muscle dépend du nombre d'unités motrices recrutées simultanément. L'objectif est donc d'en solliciter un maximum. Il faut donc utiliser tous les moyens facilitateurs disponibles (voir discussion feed-backs : 4. 3.).

L'habitude et la répétition de la F. M. I. augmentera le nombre d'unités motrices recrutées permettant ainsi un renforcement efficace, mais il est important de travailler aussi l'endurance et ses fibres anaérobies lactiques par le "Travail Maximal Endurant" (T.M.E.) à un pourcentage de la force maximale donnée.

Yves CHATRENET propose un protocole de renforcement (3) :

- Pour récupérer la force maximale : 10 contractions maximales par jour (dans les mêmes conditions que ce mémoire), 5 fois par semaine.
- Pour récupérer l'endurance :
  - Un T. M. E. 50 (anaérobie lactique) 1 fois par jour.
  - Les T. M. E. 40-60-70-80 seront des étapes transitoires à travailler en alternance 1 séance sur 2 avec le T. M. E. 50.

Attention !... Le travail statique est une étape et non une finalité. Il est important de coupler dès que possible le travail dynamique au travail isométrique afin de ne pas perdre un schéma de coordination motrice et de ne pas spécifier le renforcement à un secteur angulaire et à un certain type de fibres (le travail statique n' a pas d'influence sur le volume musculaire ; c'est le travail dynamique).

4. 2. 3. Evaluer les progrès

La recherche de la F. M. I. est la meilleure évaluation de la capacité réelle du muscle puisque c'est une limite. En la recherchant du côté sain nous pourrons évaluer les pertes du côté atteint et en la recherchant du côté atteint nous pourrons suivre l'évaluation des progrès de façon objective.

Nous parlerons en rééducation, non de la résistance maximale (R. M.) réelle du muscle mais plutôt de la R. M. pathologique (7).

4. 3. L'intérêt du feed-back

M. GIROUD ET M. GONON démontrent (4) que le meilleur feed-back est l'association d'une stimulation visuelle (rampe de diodes) et auditive (mitraillette). La motivation est accrue et donc la performance aussi.

Ces conditions sont appliquées dans ce mémoire :

- un affichage chiffré de la meilleure performance.
- une sonorisation de l'augmentation des performances.

Nous avons rajouté dans cette étude la stimulation verbale, car encourager le sujet à produire un effort maximal influence directement la force musculaire développée (10).

L'objectif étant d'atteindre la force maximale, nous avons employé tous les moyens disponibles. Bien sûr, nous savons qu'il est impossible de recruter toutes les unités motrices présentes car les situations de peur, de stress, de spasme tétanique ne sont pas accessibles. "Tout sujet même non entraîné, poursuivi par un molosse rugissant, baveux et tous crocs sortis, courra spontanément plus vite "(4).

Il faudrait, en fait, parler de "capacité à produire un effort maximal" et non de véritable "force maximale".

4. 4. Choix de l'échauffement

L'intérêt de cet échauffement est qu'il soit **identique** pour chacun (d'une intensité relative à la force du sujet) et **reproductible**. Or, si nous avions demandé une série de contractions sub-maximales sur le MYOSTATIC ®, la force développée aurait été

subjective et difficilement comparable d'un sujet à l'autre. C'est pourquoi nous avons choisi des exercices relatifs à sa propre charge pondérale :

- la course en unipodal,
- la chaise, dos au mur, sur un pied.

4. 4. 1. La course

Lors de la prise de mesure, le genou est à 30°, il est reconnu que c'est la position de fonction du quadriceps en appui unipodal.

La course "à cloche pied" est donc un exercice de choix puisque c'est un travail statique du quadriceps et des ischio-jambiers (paradoxe de Lombart).

4. 4. 2 La chaise en appui unipodal

C'est l'exercice relatif au poids du corps le plus proche du test. Il dure 10 secondes et pas plus pour ne pas produire d'acide lactique car la brûlure aurait pu perturber le test.

Nous l'avons effectué hanche et genou fléchis à 90° alors que ce n'est pas exactement les conditions du test mais c'est dans cette position que le quadriceps travaille le plus.

En effet, dans une autre position plus en extension et moins fatigante, les fibres musculaires auraient un travail aérobie ou anaérobie lactique (car il aurait fallu augmenter le temps de travail pour atteindre la fatigue).

REMARQUE :

Malgré les dispositions prises pour la réalisation de cet échauffement nous nous sommes rendu compte qu'il est plus ou moins "efficace" d'un sujet à l'autre à travers leurs sensations subjectives.

Un échauffement plus long et plus intense aurait sûrement permis d'obtenir un meilleur développement de la force maximale, en tout cas dans les premiers essais, car il aurait permis d'intensifier la circulation locale et d'augmenter la température interne locale.

En fait cet échauffement était simplement nécessaire pour une évaluation comparative d'un sujet à l'autre et pour objectiver les conditions d'une étude. Mais en rééducation, il est sûr que nous ne demanderons pas à nos patients de s'échauffer de cette manière, mais simplement en leur faisant réaliser plusieurs contractions submaximales avant le développement de leur F. M. I.

4. 5. La position du sujet

C'est assis en chaîne cinétique ouverte qu'il est le plus facile d'isoler la fonction du quadriceps.

Le sujet s'accroche aux poignées pour se stabiliser.

Il évite ainsi l'inversion des points fixes, et, par conséquent, le travail en chaîne fermée (une flexion antérieure du tronc ou bien un schéma global d'extension avec un travail des fessiers et une surélévation du bassin).

Cette position est aussi à remettre en cause dans le protocole car il est difficile d'être pointilleux sur la surveillance du patient.

4. 6. Les douleurs provoquées

4. 6. 1. Lors du test

12 sujets ont ressenti une douleur au quadriceps (vaste interne ++) dans les premiers essais sûrement due à un manque d'échauffement et à la position en relative extension.

2 sujets ont été gênés par l'appui tibial.

1 sujet hors résultat statistique s'est arrêté au 3ème essai pour une douleur quadricipitale due à une déchirure musculaire datant de 3 ans.

4. 6. 2. Après le test.

Une douleur au dos du type courbature pendant 24 à 48 heures.

Une douleur au quadriceps du type courbature pendant 24 heures.

Une douleur tibiale par appuis du cavalier pendant 24 heures.

Une douleur rotulienne ayant nécessité une I. R. M. puis le retrait d'un bout de cartilage sous arthroscopie.

Il est donc important que le kinésithérapeute ait un rôle éducatif de posture lors des séances de travail.

5. CONCLUSION

Dans les conditions de cette étude, il n'existe pas un nombre d'essais précis regroupant la majorité des forces maximales car tous les sujets ont réagi différemment au cours du test.

Cependant, 3 essais semble être le minimum puisque 73,3% des F. M. I. se situent entre le 4ème et le 10ème essai.

Mais surtout, 12 personnes sur 30 réussissent leur meilleur développement au 10ème essai où une motivation s'ajoute puisque c'est le dernier : il existe donc un phénomène psychologique influençant la performance.

Donc, pour être plus précis dans l'étude de la recherche de la F. M. I. il faudrait perfectionner le protocole et ainsi :

-prendre une population plus homogène (sexe-âge-pratique sportive).

- améliorer l'échauffement pour éviter l'appréhension de la douleur.

-réussir à recouvrir les conditions maximales de motivations car elles jouent incontestablement un rôle sur la performance.

Tous les résultats que nous obtenons dans cette étude sont propres à une population et à un nombre d'essais précis. Il serait intéressant de voir si nous obtenons des résultats semblables en expérimentant l'étude sur moins d'essais avec les remises en cause du protocole.

En ce qui concerne la rééducation, la recherche ce la F. M. I. permet d'évaluer les pertes de force et de renforcer un muscle dans les meilleures conditions.

BIBLIOGRAPHIE

1. ADAM M. C. - Exercice isométrique maximale bref et musculation progressive. *Ann. Kinésithèr.* 1986 t.13, n° 7-8, pp. 363-371.

2. ASTRAND P.O., RODHAL K. - Précis de physiologie de l'exercice musculaire. - 2ème éd. - PARIS : Masson, 1980.

3. CHATRENET Y., KERKOUR K. - Rééducation des lésions ligamentaires du genou chez le sportif. - 1ère éd. - Paris : Masson, 1996 (à paraître).

4. GIROUD M., GONON G. P. - Force musculaire maximale avec et sans rétroaction biologique : corrélation avec l'activité E.M.G. de surface. *Ann. Kinésithèr.* 1986 t.13, n° 5, pp. 207-217.

5. GUILLAUME A., PIERRON G., - Rapport entre la R.M. et la F.M.M. du quadriceps crural. *Ann. kinésithèr.* 1991, t18, n°5, pp 221-225.

6. MONOD H., FLANDROIS R. - Physiologie du sport. - 1ère èd. - Paris : Masson, 1985.

7. NEIGER H., DESLANDES R., GOSSELIN P. - Renforcement musculaire. - Edition technique : E.M.C Paris 1993 26-055-A-10.

8. STINJS H. J., DEDEKKER W., MOENS J. Recherche de la force maximale du muscle quadriceps. *Ann. kinésithèr.* 1974, 1, pp 407-414.

9. TROISIER O. - Méthodes d'évaluation et de renforcement de la force et de la puissance musculaire. *Cah. kinési.* 1982, 93, n°1, pp 7-44.

10. VIEL E., NEIGER H., ESNAULT M. - Musculation et entretien musculaire du sportif. - 1ère éd. - Paris : Chiron sport, 1985.

ANNEXES

ANNEXE I

date :

heure :

fiche patient

nom : ..... prénom : .....

sexe : ..... âge : .....

poids : ..... taille : .....

pied dominant : .....

antécédents médicaux chirurgicaux :

lésion:.....
date:.....
séquelle:.....

profession : .....

sports pratiqués : .....
.....
.....

mesures :

m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10

ANNEXE II

PATIENT	INTIALES										
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1	B.H	66	69	69	71	64	73	65	56	61	64
2	B.A	60	57	54	54	54	52	52	55	52	49
3	B.M	67	71	71	69	66	68	63	62	64	63
4	B.P	71	75	76	77	78	76	75	76	73	75
5	C.B	64	67	66	70	72	70	71	74	57	76
6	C.N	56	57	59	61	57	55	62	63	61	65
7	C.M	70	82	86	88	95	94	86	95	97	98
8	C.Y	69	85	89	94	96	91	89	85	91	93
9	C.E	60	63	57	51	54	53	57	55	55	57
10	C.A	81	80	80	78	74	71	72	76	73	72
11	D.J	79	81	83	83	81	79	80	75	84	82
12	D.C	94	96	94	94	111	96	100	98	98	93
13	D.L	64	62	67	69	68	71	60	65	64	70
14	D.G	38	39	43	46	55	49	54	53	49	58
15	G.E	102	105	99	100	99	88	103	89	96	96
16	G.B	76	78	79	76	79	83	83	82	83	87
17	K.D	99	104	108	111	111	108	110	108	110	104
18	L.N	60	59	56	53	55	56	55	53	51	51
19	L.M	42	45	42	44	40	46	43	48	44	43
20	M.B	108	110	114	113	112	112	112	102	107	107
21	M.T	67	67	66	70	70	61	68	56	63	77
22	N.P	68	71	67	71	67	64	49	66	62	64
23	P.R	112	115	119	123	121	116	117	119	115	124
24	P.T	81	84	85	87	90	91	87	87	86	96
25	R.C	43	51	55	61	64	66	69	70	75	76
26	S.S	54	62	63	62	61	64	63	57	60	57
27	S.V	43	54	57	60	62	62	58	59	53	63
28	S.P	70	66	67	69	74	76	73	78	79	81
29	T.S	43	50	45	56	56	53	49	50	48	60
30	T.C	77	82	84	77	82	85	86	92	95	91

ANNEXE III

PATIENT	INITIALES										
		M'1	M'2	M'3	M'4	M'5	M'6	M'7	M'8	M'9	M'10
1	B.H	100	104,55	104,55	107,58	96,97	110,61	98,48	84,85	92,42	96,97
2	B.A	100	95,00	90,00	90,00	90,00	86,67	86,67	91,67	86,67	81,67
3	B.M	100	105,97	105,97	102,99	98,51	101,49	94,03	92,54	95,52	94,03
4	B.P	100	105,63	107,04	108,45	109,86	107,04	105,63	107,04	102,82	105,63
5	C.B	100	104,69	103,13	109,38	112,50	109,38	110,94	115,63	89,06	118,75
6	C.N	100	101,79	105,36	108,93	101,79	98,21	110,71	112,50	108,93	116,07
7	C.M	100	117,14	122,86	125,71	135,71	134,29	122,86	135,71	138,57	140,00
8	C.Y	100	123,19	128,99	136,23	139,13	131,88	128,99	123,19	131,88	134,78
9	C.E	100	105,00	95,00	85,00	90,00	88,33	95,00	91,67	91,67	95,00
10	C.A	100	98,77	98,77	96,30	91,36	87,65	88,89	93,83	90,12	88,89
11	D.J	100	102,53	105,06	105,06	102,53	100,00	101,27	94,94	106,33	103,80
12	D.C	100	102,13	100,00	100,00	118,09	102,13	106,38	104,26	104,26	98,94
13	D.L	100	96,88	104,69	107,81	106,25	110,94	93,75	101,56	100,00	109,38
14	D.G	100	102,63	113,16	121,05	144,74	128,95	142,11	139,47	128,95	152,63
15	G.E	100	102,94	97,06	98,04	97,06	86,27	100,98	87,25	94,12	94,12
16	G.B	100	102,63	103,95	100,00	103,95	109,21	109,21	107,89	109,21	114,47
17	K.D	100	105,05	109,09	112,12	112,12	109,09	111,11	109,09	111,11	105,05
18	L.N	100	98,33	93,33	88,33	91,67	93,33	91,67	88,33	85,00	85,00
19	L.M	100	107,14	100,00	104,76	95,24	109,52	102,38	114,29	104,76	102,38
20	M.B	100	101,85	105,56	104,63	103,70	103,70	103,70	94,44	99,07	99,07
21	M.T	100	100,00	98,51	104,48	104,48	91,04	101,49	83,58	94,03	114,93
22	N.P	100	104,41	98,53	104,41	98,53	94,12	72,06	97,06	91,18	94,12
23	P.R	100	102,68	106,25	109,82	108,04	103,57	104,46	106,25	102,68	110,71
24	P.T	100	103,70	104,94	107,41	111,11	112,35	107,41	107,41	106,17	118,52
25	R.C	100	118,60	127,91	141,86	148,84	153,49	160,47	162,79	174,42	176,74
26	S.S	100	114,81	116,67	114,81	112,96	118,52	116,67	105,56	111,11	105,56
27	S.V	100	125,58	132,56	139,53	144,19	144,19	134,88	137,21	123,26	146,51
28	S.P	100	94,29	95,71	98,57	105,71	108,57	104,29	111,43	112,86	115,71
29	T.S	100	116,28	104,65	130,23	130,23	123,26	113,95	116,28	111,63	139,53
30	T.C	100	106,49	109,09	100,00	106,49	110,39	111,69	119,48	123,38	118,18

ANNEXE V

"MESURES RELATIVES"	MOYENNE
M'1	100
M'2	105,69
M'3	106,28
M'4	108,78
M'5	110,39
M'6	108,94
M'7	107,74
M'8	107,91
M'9	107,37
M'10	112,57