MINISTERE DE LA SANTE

REGION LORRAINE

INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE

DE NANCY

L'ELECTROTHERAPIE :

PEUT-ELLE INFLUENCER LA RECUPERATION MUSCULAIRE ?

Rapport de travail écrit personnel

présenté par **Jean-Christophe GLAUDEL**

étudiant en 3ème année de kinésithérapie

en vue de l'obtention du diplôme d'état

de masseur- kinésithérapeute

1995-1996.

SOMMAIRE

RESUME **Page :**

1. INTRODUCTION 1

2. JUSTIFICATIONS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES 1

2. 1. Le muscle quadriceps 1
2. 1. 1. Anatomie 1
2. 1. 2. Actions 2
2. 1. 3. Vascularisation 2
2. 1. 4. Conclusion 3

3. MATERIEL ET METHODE 3

3. 1. La population 3
3. 2. Matériel 3
3. 2. 1. Lors des mesures préalables 3
3. 2. 2. Lors du test de fatigue 4
3. 2. 3. Lors de la récupération test 4
3. 3. Notions sur le travail statique intermittent (T. S. I.) 5
3. 3. 1. La force maximale mesurée (F. M. M.) 5
3. 3. 2. L'évaluation de la F. M. M. 5
3. 3. 3. L'épreuve de fatigue 5
3. 3. 4. Conclusion 6
3. 4. La récupération 6
3. 4. 1. Temps de récupération 6
3. 4. 2. Mode d'évaluation 7
3. 5. Influences psychologiques 7
3. 6. Données d'électrothérapie 8
3. 6. 1. Modalités du courant 8
3. 6. 2. La fréquence 8
3. 6. 3. La largeur d'impulsion 8
3. 6. 4. La pente d'établissement du train d'impulsion 8
3. 6. 5. Temps de contraction et de repos 9
3. 6. 6. L'intensité 9
3. 6. 7. Le placement des électrodes 9
3. 7. Méthode 10
3. 7. 1. Anamnèse 10
3. 7. 2. Mesures préalables 11
3. 7. 3. Installation du sujet 11
3. 7. 4. Conseils 12
3. 7. 5. Déroulement du test 12

3. 7. 5. 1. T. S. I. 12
3. 7. 5. 2. Récupération 13
3. 7. 5. 3. Protocole 14

4. RESULTATS 15

4. 1. Présentation 15
4. 2. Traitement statistique 15
4. 2. 1. Objectifs et moyens 15
4. 2. 2. L'analyse de variance 16
4. 2. 3. Test T de STUDENT-FISCHER 16
4. 2. 3. 1. Evaluation des traitements 16
4. 2. 3. 2. Evaluation de l'homogénéité des deux groupes 17
4. 2. 4. La corrélation 17

5. DISCUSSION 18

5. 1. Interprétation des résultats 18
5. 2. Influence de l'épreuve de fatigue 18
5. 3. Influence de l'électrothérapie sur la récupération 19
5. 3. 1. Conclusions de l'étude 19
5. 3. 2. Effets vasculaires 19
5. 3. 3. Effets antalgique et défibrosant 20
5. 3. 4. Effets subjectifs 21
5. 3. 5. Effet placebo 21
5. 4. Critique du protocole 22
5. 4. 1. Installation des sujets 22
5. 4. 2. Le KINEDYNE 22
5. 4. 3. L'ELPHA 2000 23
5. 4. 4. La largeur d'impulsion 23
5. 5. Limites du test 24
5. 5. 1. Contre-indications 24
5. 5. 2. Sur les effets de l'électrostimulation 24

6. CONCLUSION 25

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Le but de cette étude est de déterminer l'influence de la récupération sous électrothérapie après une épreuve de fatigue en travail statique intermittent du muscle quadriceps ; nous la comparons à un repos en décubitus.

Pour cela, nous évaluons 30 sportifs sur un test de deux épreuves de fatigue entrecoupées d'une récupération de 12 minutes. Ces sujets effectuent à deux reprises le test, soit avec un repos en décubitus, soit avec une récupération sous électrostimulation.

Un dynamomètre électronique permet d'enregistrer les F. M. (force maximale) moyennes, maxima, minima pour chaque épreuve. Plusieurs traitements statistiques prouvent que, dans les conditions de l'expérimentation, le repos sous électrothérapie influence significativement la récupération du muscle quadriceps en permettant de réaliser une seconde épreuve de fatigue identique en tous points à la première (F. M. moy., F. M. max., F. M. min.).

1. INTRODUCTION

La récupération est le moyen de retrouver un potentiel physique optimal. Les sportifs portent une attention primordiale à un repos à la fois rapide et efficace. Parmi les techniques de récupération active, nous trouvons une électrostimulation à la fréquence de 8 Hz qui selon GEOFFROY (10) " permet un travail physiologique de décrassage pendant 20 minutes, praticable sur tous les muscles".

Ce travail propose d'évaluer l'influence d'une électrostimulation de type excito-motrice à basse fréquence sur la récupération des possibilités physiques du muscle quadriceps, après un travail statique intermittent.

Sur une population de sportifs sans pathologie du membre inférieur, nous comparons deux modes de récupération :

- Le décubitus dorsal sans traitement, dite récupération témoin.
- Le décubitus dorsal avec traitement électrothérapique, dite récupération test.

A l'aide de références bibliographiques (1, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 18, 19, 22, 26), nous déterminons les caractéristiques du courant, ses influences physiologiques et psychologiques, dans un but d'optimiser la récupération.

2. JUSTIFICATIONS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES

2. 1. Le muscle quadriceps

2. 1. 1. Anatomie

C'est le muscle antérieur de la cuisse qui se compose de 4 chefs distincts. Selon JOHNSON (13), le pourcentage de ses fibres musculaires de type I est :

Tableau I : Pourcentage de fibres musculaires de type I en fonction de la localisation.

Muscles	Fibres musculaires de type I	Plutôt
Droit fémoral	30 à 40%	Phasique
Vaste latéral	35 à 45%	Phasique
Vaste médial	55 à 65%	Tonique
Vaste intermédiaire	54 à 80%	Tonique

2. 1. 2. Actions

L'action du quadriceps est l'extension de jambe, mais aussi, par son chef bi-articulaire la flexion de cuisse sur le tronc.

Si le sujet est en position assise, l'extension de jambe est essentiellement réalisée par les vastes, surtout dans ses derniers degrés, comme le décrivent Kapandji et Kendall (15, 16).

Le droit fémoral, placé en insuffisance fonctionnelle active, n'a que très peu d'action dans ce type de mouvement.

Les muscles toniques, vaste médial et intermédiaire, se fatiguent le moins rapidement.

2. 1. 3. Vascularisation

Le quadriceps est vascularisé par l'artère fémorale profonde, puis plus spécifiquement l'artère du quadriceps qui apporte le sang riche en oxygène et nutriments (2).

L'élimination des déchets est effectuée par les veines fémorales qui véhiculent un sang appauvri en oxygène (2).

2. 1. 4. Conclusion

La composition des vastes, d'après la classification de JANDA (12) sont des muscles :

- Plutôt toniques.
- Endurants.
- Orientés vers un travail statique.
- Richement capillarisés.
- Innervés plutôt par des neurones de type $A\alpha_2$; fibres de petit diamètre à conduction lente.
- Ayant une fréquence tétanisante de **20** à **30 Hz.**

3. MATERIEL ET METHODE

3. 1. La population

La population est composée de **30 sujets** sportifs sans antécédent pathologique du membre inférieur testé. Ces sujets n'ont pas effectué d'effort important la veille et le jour du test.

Les sujets sont divisés, par tirage au sort, en deux groupes de 15 personnes. Un groupe débutera le test par les récupérations témoin puis test (groupe 1). L'autre groupe débutera ce même test par les récupérations test puis témoin (groupe 2).

La moyenne d'âge de ces sujets est de 21,89 ans, avec des extrêmes de 14,99 à 28,91 ans.

3. 2. Matériel

3. 2. 1. Lors des mesures préalables

Nos mesures sont réalisées grâce à :

- Un pèse-personne Terraillon, à usage privé, interdit pour toute transaction (décision n°84. 101 du 6 / 01 / 84), précision 1 Kg.
- Une toise ordinaire (précision 1 cm).
- Une montre barométrique CASIO® (en mbar).

3. 2. 2. Lors du test de fatigue

- Une chaise.
- Une table de massage.
- Une chevillère en coton tressé (annexe III).
- Une sangle en coton tressé de 15 cm de large (annexe III).
- Deux lanières (annexe III).
- Une montre chronomètre CASIO®.
- Le dynamomètre électronique KINEDYNE version 1. 0 (annexe I).
- Un circuit rigide fait à l'aide de mousquetons (annexe III).
- Un socle de 10 Kg avec 30 Kg de poids additionnels (annexe III).
- Un goniomètre.
- Un triangle de mousse (annexe III).

3. 2. 3. Lors de la récupération test

- 4 électrodes en carbone flexibles de 5 cm^2 (annexe III).
- Gel de contact POLYSONIC® du laboratoire ISOTEC (annexe III).
- L'appareil d'électrostimulation ELPHA 2000 (annexe II).
- Chaise, table, sangle, chevillère, 2 lanières, triangle de mousse, montre.
- STRAPPAL® de la société SMITH & NEPHEW.

3. 3. Notions sur le travail statique intermittent (T. S. I.)

3. 3. 1. La force maximale mesurée (F. M. M.)

Une force isométrique est évaluée quand la longueur du muscle reste identique et que la résistance appliquée est égale à la tension du muscle (23, 25) .

Selon TROISIER, la F. M. M. est évaluée sur une contraction maximale de **1 seconde.**

Les valeurs maximales de contractions (F. M. M.) sont enregistrées grâce à un dynamomètre électronique (KINEDYNE).

3. 3. 2. L'évaluation de la F. M. M.

Pour TROISIER (23) , il faut effectuer 3 essais avec une contraction maintenue pendant **1** à **2 secondes** entrecoupés d'au moins une minute de repos. Puis les sujets se reposent 5 minutes avant le début de l'épreuve de fatigue.

Nous demandons aux sujets de réaliser un essai supplémentaire, avec un effort modéré pour la prise de contact avec l'appareil.

3. 3. 3. L'épreuve de fatigue

Ce travail statique intermittent doit correspondre à une épreuve de fatigue amenant à l'épuisement local.

Les travaux de TROISIER (23, 24 ,25) montrent que pour obtenir cet épuisement :

- Le test doit en moyenne être supérieur à **5 minutes** avec des contractions supérieures à **5 secondes**.
- Le repos entre deux contractions ne doit pas être suffisant pour la reconstitution du stock d'adénosine triphosphate (A. T. P.).
- Le segment fémoral doit être convenablement fixé pour éviter les compensations par d'autres groupes musculaires.

- L'extrémité distale (la cheville) doit être sanglée et reliée par un câble.
- Une contraction de **6 secondes** qui est égale au temps de repos représentant les conditions de l'abaque classiquement décrit avec un rapport p = " 50 " (24).
- Tout le long de l'épreuve, le sujet doit s'efforcer de rester le plus proche possible de sa force maximale (F. M.), tenue 6 secondes, enregistrée dans les premières contractions.

3. 3. 4. Conclusion

D'après TROISIER, nous pouvons établir notre propre épreuve de fatigue, dont les caractéristiques sont :

- La durée de l'épreuve est de **6 minutes** (30 contractions).
- Le temps de la contraction est de **6 secondes** avec un repos de **6 secondes**, soit un rapport " p = 50 ".
- Le segment fémoral est fixé par la sangle.
- La chevillère est reliée au poids par un système de mousquetons (circuit rigide).

3. 4. La récupération

3. 4. 1. Temps de récupération

La récupération est de **12 minutes** se découpant ainsi :

- **10 minutes**, durée minimale du traitement électrothérapique.
- **2 minutes**, temps d'installation du sujet.

Pour que les récupérations témoin et test soient comparables, elles doivent être de même durée.

3. 4. 2. Mode d'évaluation

La récupération peut être évaluée selon plusieurs critères :

- La fréquence cardiaque. Mais c'est un facteur insuffisant. Dans un **T. S. I.** la fréquence cardiaque est nettement en dessous de la fréquence cardiaque maximale théorique **(220 - âge)**. C'est pourquoi le sujet revient rapidement à sa fréquence cardiaque de départ à l'arrêt de l'effort, après seulement quelques minutes de repos.
- Le taux de lactémie locale est un moyen fiable de mesurer l'effort mais aussi la récupération par élimination plus ou moins rapide de l'acide lactique contenu dans le sang au niveau musculaire (17, 20). Nous n'avons pas pu la prendre en compte faute de matériel.
- Une seconde épreuve de fatigue est facile à réaliser. La récupération dans ce cas peut être évaluée en comparant les performances de la première série à celles de la seconde. Des tests, sur un petit groupe de sujets, ont permis de montrer qu'une récupération témoin de **12 minutes** après l'épreuve de fatigue est insuffisante à restituer le potentiel initial du quadriceps. Ceci a été confirmé sur les 30 sujets testés (voir chapitre 5. 1.).

3. 5. Influences psychologiques

Pour limiter les effets psychologiques sur la motivation des sujets (21, 23), nous avons :

- Réalisé des tests sur des sujets d'emblée motivés.
- Choisi des sujets aptes aux efforts demandés (sportifs).
- Expliqué le traitement électrothérapique sans donner de notion de valeur. Nous restons neutre dans nos propos sur d'éventuels effets bénéfiques sur la récupération.
- Prodigué des encouragements vigoureux au cours de l'exercice physique. Les sujets sont donc incités à poursuivre leurs efforts.

3. 6. Données d'électrothérapie

3. 6. 1. Modalités du courant

Nous utilisons un courant bidirectionnel à moyenne nulle de basse fréquence à front raide du fait de son innocuité.

3. 6. 2. La fréquence

Nous choisissons une fréquence basse de **10 Hz**, car elle permet :

- une stimulation des fibres musculaires rouges (type I) qui ont une meilleure capillarisation. Donc plus lentement fatigables et mieux oxygénées (18, 19).
- Pour la société ZIMMER (8), les fréquences comprises entre **3** et **25 Hz** entraînent une décontraction musculaire par "MASSAGE VIBRATOIRE". Ces courants ont donc une action antalgique.

3. 6. 3. La largeur d'impulsion

Nous faisons correspondre la largeur d'impulsion avec la chronaxie du muscle. D'après la société STIWELL (28), elle est de **120 µs** pour un muscle quadriceps.

Nous optimisons ainsi le courant dans un souci de confort perçu par le patient.

3. 6. 4. La pente d'établissement du train d'impulsion

L'ELPHA 2000 est l'appareil que nous utilisons pour l'électrostimulation. Il nous délivre obligatoirement un courant avec une pente minimale d'établissement de **0,5 seconde**, cette valeur sera retenue ici.

3. 6. 5. Temps de contraction et de repos

Suivant DE BISSCHOP (7), nous réglons l'appareil sur une contraction de **3 secondes** qui est la durée maximale pour ne pas entraîner de collapsus veineux.

Un temps de repos est nécessaire pour la resynthèse du stock d'adénosine-triphophate utilisé en phase de contraction. Ce temps de repos est deux fois celui du temps de contraction, c'est-à-dire **6 secondes** (6, 7).

3. 6. 6. L'intensité

L'intensité est augmentée jusqu'à l'obtention d'une contraction efficace, c'est-à-dire qu'elle doit entraîner un léger mouvement de balancier du segment jambier. Le sujet est placé en position assise avec le membre inférieur testé en chaîne ouverte. L'intensité est déterminée avant le début de l'épreuve et réajustée après la première épreuve.

3. 6. 7. Le placement des électrodes

Les stimulations électriques sont effectuées sur les muscles qui entrent en action pour l'exécution du mouvement d'extension complète de genou.

Le sujet étant assis, les vastes sont les plus sollicités par ce **T. S. I.** Seuls les vastes médial et latéral sont accessibles à l'électrostimulation de surface. En effet, le vaste intermédiaire étant sous le droit fémoral ne peut être stimulé.

Nous plaçons donc nos électrodes en regard de ces deux muscles (voir fig. 1 et 2), c'est-à-dire :

- Vaste médial : * Une électrode est placée juste au-dessus du bord supéro-médial de la patella.
  * Une autre est placée 2 cm au-dessus de la précédente.
- Vaste latéral : * Une électrode est placée sur la partie antéro-latérale à 2 cm au-dessus de la patella.
  * Une autre est placée 5 cm au-dessus de la précédente.

Les électrodes de carbone flexible ont une surface de 5 cm². Nous les plaçons au début du test, elles sont maintenues par du STRAPPAL®.

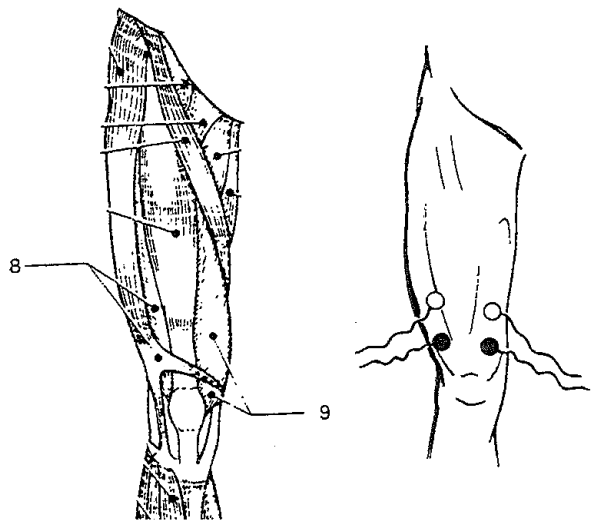


Figure 1 : Placement des électrodes sur les vastes medial (9) et latéral (8). Selon DE BISSCHOP (6).

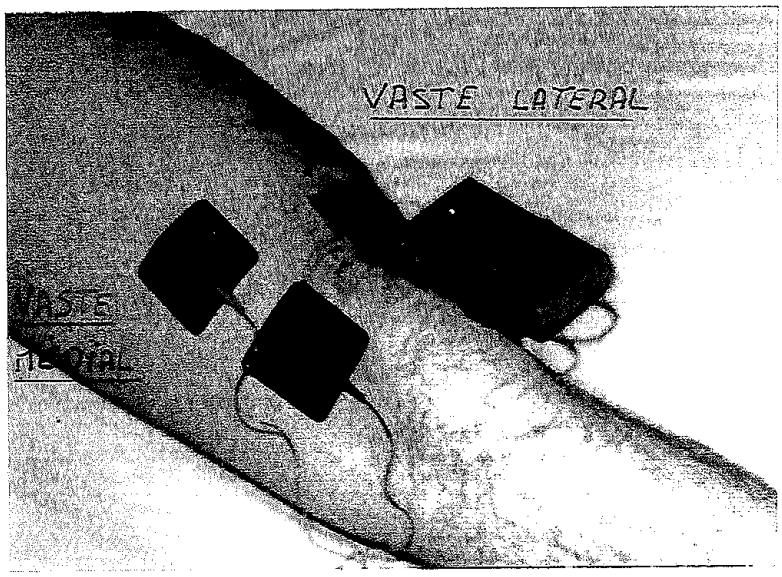


Figure 2 : Mise en place sur le sujet

3. 7. Méthode

3. 7. 1. Anamnèse

Nous notons (voir annexe V) :

- Numéro du groupe soit 1 ou 2.
- Sexe : Hommes = H ; Femmes = F.
- Age.
- Latéralité des membres inférieurs : Droite = D , Gauche = G.
- Niveau d'entraînement avec leur spécialité : Sprint = S ; Demi-Fond = D. F. ; Fond = F.
- Une échelle de jugement de 0 à 10 est donnée aux sujets pour objectiver la récupération physique avec l'électrothérapie.

3. 7. 2. Mesures préalables

- La taille (annexe V).
- Le poids (annexe V).
- La pression atmosphérique (avant chaque épreuve) (annexe V).
- La température de la pièce est de 26° C ± 0, 1° C soit à la neutralité thermique (9).
- Le bras de levier. Mesure entre l'interligne articulaire du genou et l'attache de la chevillère (annexe V).
- Mesure de la F. M. M.

3. 7. 3. Installation du sujet

Nous utilisons un dynamomètre à jauge de contrainte, placé dans un circuit rigide. Il inclut un socle de 40 Kg qui représente le point fixe au sol, placé à l'aplomb de la cheville entre la malléole médiale et latérale.

La fiabilité de la cellule du KINEDYNE est précise à 1,5 Newton d'après JULLY (14).

Une extension de genou à 0° est demandée pour travailler essentiellement les vastes (chapitre 2. 1. 2.). Malheureusement la mise en tension de la chaîne n'est pas possible car elle entraîne des enregistrements de contractions sur le KYNEDYNE non souhaitées.

Le membre inférieur est donc placé entre 10° et 20° de flexion au niveau du genou, en repos sur la chaise, chaîne détendue.

Pendant les contractions, nous sommes vigilants aux compensations du sujet :

- Eviter les rotations médiales de hanche ; compensation par le muscle tenseur du fascia lata (16).
- Une sangle maintient les segments fémoraux au-dessus de la patella permettant de limiter les rotations et la flexion de hanche.
- Eviter l'extension du tronc ; compensation par le droit fémoral (16).
- Les sujets croisent leurs bras pour éviter le travail des membres supérieurs.

3. 7. 4. Conseils

Nous expliquons au sujet :

- Qu'il va réaliser un protocole que nous lui détaillons (voir chapitre suivant).
- Qu'il doit bien rester assis à **90°** (angle entre le tronc et le segment fémoral). Ses bras doivent toujours rester croisés.
- Qu'il doit, lors de la contraction de son membre inférieur, rester dans l'axe représenté par le gros orteil, pour éviter la compensation par le muscle tenseur du fascia lata qui intervient lors d'une rotation médiale de hanche.
- Qu'il doit avoir un effort maximal dès les premières contractions, sans se réserver ou essayer de doser son effort.

Nous lui expliquons également le fonctionnement du KINEDYNE, le chiffre de droite étant la valeur maximale de sa contraction exprimée en Newton. L'afficheur de l'appareil servira de rétroaction musculaire (myofeedback).

Des encouragements verbaux sont donnés au sujet avant le test, mais aussi pendant chaque contraction et tout au long du test.

3. 7. 5. Déroulement du test

3. 7. 5. 1. T. S. I.

Après l'évaluation de la F. M. M. (chapitre 3. 3. 2.).

L'épreuve de fatigue débute à **T0** :

- Les sujets réalisent 30 contractions maximales.
- La contraction est maintenue pendant **6 secondes**, suivi d'un repos équivalent.

L'épreuve dure 6 minutes ; se termine donc à **T6**, la chevillière est alors détachée.

Après la récupération, une nouvelle épreuve de fatigue est réalisée à 18 minutes (T18) et finit à 24 minutes (T24).

3. 7. 5. 2. Récupérations

Elles débutent à 6 minutes et durent 12 minutes.

Tableau II : Répartition des tâches pendant le temps de repos.

Temps	Récupération témoin	Récupération test
A 7 minutes T7	Les segments jambiers sont placés sur la chaise avec flexion de genou de 10°. Le sujet est en décubitus dorsal.	Idem avec début de l'électrothérapie
A 17 minutes T17	Le sujet se remet assis. Puis, la chevillère est rattachée.	Idem avec arrêt du traitement.
A 18 minutes T18	Fin du repos et début de la seconde épreuve de fatigue.	Idem.

Le traitement électrothérapique dure donc 10 minutes de T7 à T17.

Figure 3 : Résumé du déroulement du épreuve.

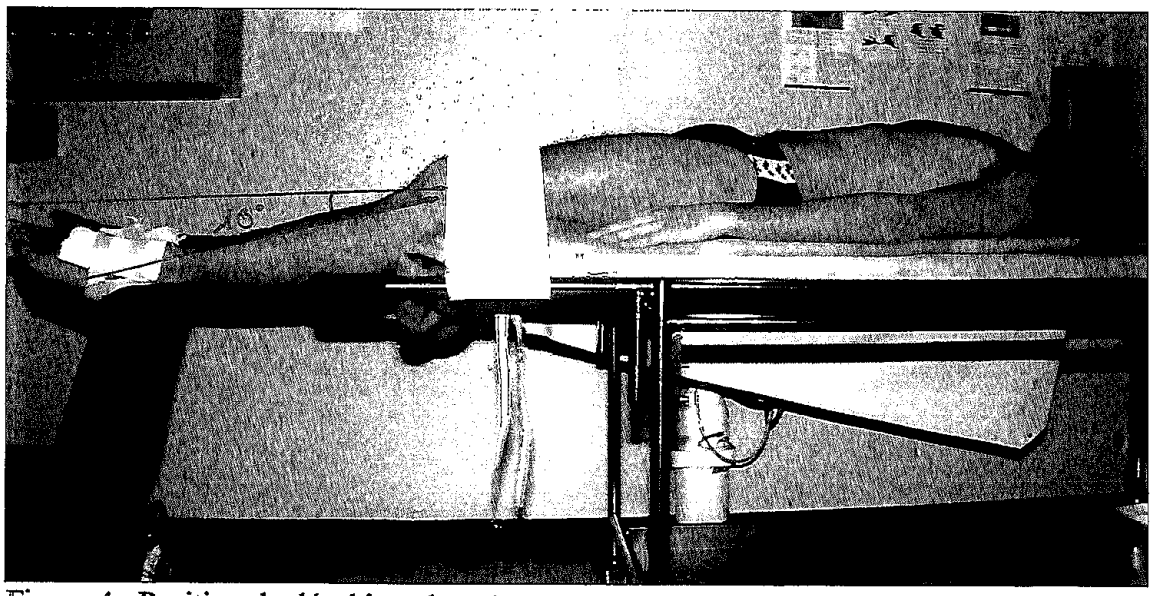


Figure 4 : Position de décubitus dorsal pendant la récupération.

3. 7. 5. 3. Protocole

Les sujets exécutent deux fois le test à une semaine d'intervalle. Le groupe 1 (15 sujets) débute par le test comportant la récupération témoin ; le groupe 2 (15 sujets) débute par le test comportant la récupération test.

Pour chaque série ou épreuve de fatigue, nous enregistrons les 30 forces maximales (F. M.) et définissons :

- F. M. moy. est la moyenne pour les 30 sujets de leurs 30 forces maximales enregistrées dans la série.
- F. M. max. est la moyenne pour les 30 sujets de leur force maximale enregistrée pendant la série.
- F. M min. est la moyenne pour les 30 sujets de leur force minimale enregistrée pendant la série.

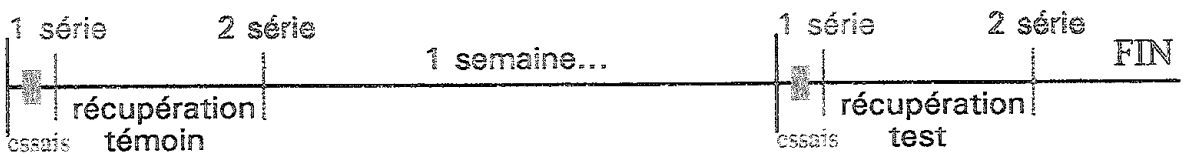


Figure 5 : Déroulement du test pour le groupe 1.

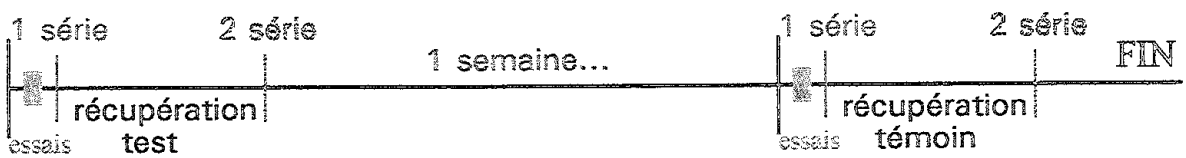


Figure 6 : Déroulement du test pour le groupe 2.

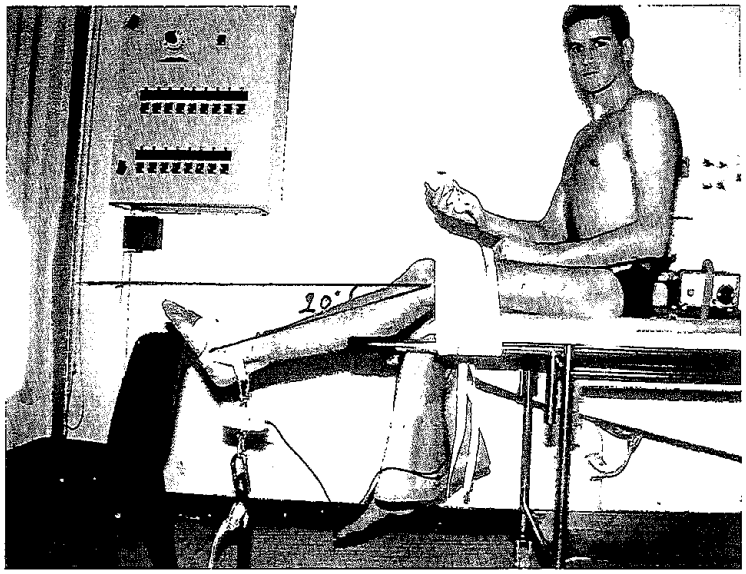


Figure 7 : Attitude du sujet, genou flechi, en position de décontraction

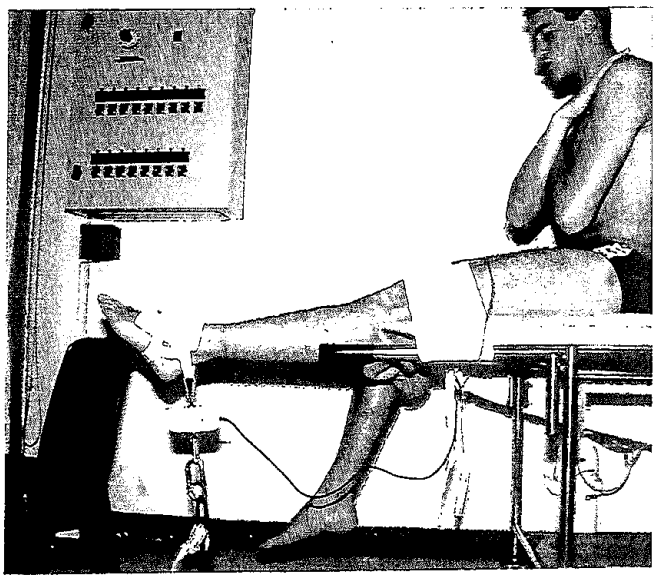


Figure 8 : Attitude du sujet, genou tendu, en position de contraction

4. RESULTATS

4. 1. Présentation

Tableau III : Présentation des résultats.

	Récupération témoin		Récupération test		Récupération témoin		Récupération test	
	1 série	2 série	1 série	2 série	1 série	2 série	1 série	2 série
F. M. moy.	145,35 N	135,34 N	144,54 N	146,48 N	63,03 Nm	58,68 Nm	62,58 Nm	63,44 Nm
Ecart type	35,72	34,5	31,22	32,88	18,85	17,99	16,9	17,64
F. M. max.	171,52 N	158,07 N	171,22 N	172,23 N	74,28 Nm	68,50 Nm	74,17 Nm	74,63 Nm
Ecart type	40,06	39,02	39,65	39,79	21,06	20,35	21,17	21,29
F. M. min.	123,15 N	114,08 N	121,73 N	125,32 N	53,47 Nm	49,56 Nm	52,70 Nm	54,31 Nm
Ecart type	31,85	33,52	26,72	30,72	16,73	17,15	14,33	16,11

4. 2. Traitement statistique

4. 2. 1. Objectifs et moyens

Nous réalisons une analyse de variance pour vérifier l'influence du traitement sur la récupération et si il existe une interaction entre l'appartenance des sujets à un des deux groupes (effet groupe) et de l'ordre dans lequel le traitement est réalisé (effet ordre).

Selon les résultats de cette analyse nous réalisons un test T de STUDENT évaluant la récupération témoin et test. L'homogénéité des deux groupes est comparée par des tests T successifs sur l'âge, la taille, le poids, la longueur du bras de levier, l'intensité, les pressions atmosphériques et l'échelle de jugement des effets de l'électrothérapie pour les deux groupes.

Un test de comparaison de deux coefficients de corrélation linéaire nous renseigne sur l'influence de l'intensité sur la différence des résultats enregistrés dans la récupération test.

Dans tous les cas, les tests sont effectués pour des séries appariées avec un degré de signification de 5% ($p < 0,05$).

4. 2. 2. L'analyse de variance

Tableau IV : Résultats de l'analyse de variance.

	P=	Significatif
Effet ordre	0,3082	NON
Effet groupe	0,697	NON
Effet traitement	0,0001	OUI

4. 2. 3. Test T de STUDENT-FISCHER

4. 2. 3. 1. Evaluation des traitements

Nous comparons la différence des F. M. moyennes, maxima, minima entre la première et la seconde épreuve après une récupération témoin et après une récupération test.

Tableau V : Différences des F. M. moyennes.

	P=	Significatif
Récupération témoin	0,0001	OUI
Récupération test	0,2544	NON

Tableau VI : Différences des F. M. maxima.

	P=	Significatif
Récupération témoin	0,0001	OUI
Récupération test	0,6401	NON

Tableau VII : Différences des F. M. minima.

	P=	Significatif
Récupération témoin	0,0001	OUI
Récupération test	0,1249	NON

4. 2. 3. 2. Evaluation de l'homogénéité des deux groupes

Tableau VIII : Les différentes caractéristiques entre les deux groupes.

	P=	Significatif
Age	0,8846	NON
Bras de levier	0,0459	LIMITE
Taille	0,046	LIMITE
Intensité	0,5589	NON
P. atm. temps 1	0,4165	NON
P. atm. temps 2	0,6164	NON
Echelle de jugement	0,7368	NON

4. 2. 4. La corrélation

Les intèractions entre les différentes valeurs enregistrées après traitement électrothérapique et les différentes valeurs de l'intensité du courant p = 0,56 (non significatif) et r = -0,111.

5. DISCUSSION

5. 1. Interprétation des résultats

L'analyse de variance (tableau IV) montre :

- Qu'un test débutant par la récupération témoin ou par la récupération test n'a pas d'influence sur les résultats obtenus par les sujets lors de l'épreuve de fatigue (effet ordre).
- Que l'appartenance à un groupe n'a pas d'influence sur le test (effet groupe).
- Que le traitement a un effet sur la récupération (effet traitement).

Le test T de Student met en évidence :

- Qu'un repos témoin de 12 minutes est insuffisant à la récupération des possibilités du muscle quadriceps pour réaliser une seconde épreuve à la même intensité de F. M. moyenne (tableau V), de F. M. maxima (tableau VI) et de F. M. minima (tableau VII).
- Qu'un traitement électrothérapique améliore la récupération du même muscle jusqu'à obtenir une seconde épreuve avec des résultats semblables à la première épreuve tant sur la F. M. moyenne (tableau V) que sur la F. M. maxima et minima (tableaux VI et VII).
- Une homogénéité des deux groupes (tableau VIII).

De plus, il n'y a pas de corrélation entre la différence d'intensité des courants choisis et les résutats de la récupération test. Nous pouvons donc penser que les intensités sont bien choisies en fonction de chaque sujet (voir chapitre 4. 2. 4.).

5. 2. Influence de l'épreuve de fatigue

Par nos résultats, nous savons que l'épreuve de fatigue telle qu'elle est conçue n'est pas reproductible à une même intensité après la récupération témoin de 12 minutes. Nous pouvons donc supposer que le muscle quadriceps a produit des déchets retenus localement par

l'organisme avec une atteinte de ces fibres musculaires (10). Ces effets cataboliques n'ont pas pu être totalement éliminés pendant cette récupération.

5. 3. Influence de l'électrothérapie sur la récupération

5. 3. 1. Conclusions de l'étude

Dans les conditions de notre étude, le traitement par l'électrostimulation a un intérêt sur la récupération après un exercice statique du muscle quadriceps.

La récupération test de 12 minutes est suffisante pour effectuer une seconde épreuve de fatigue à la même intensité. Le muscle quadriceps aurait donc complétement récupéré de l'effort précédent.

5. 3. 2. Effets vasculaires

Une étude par doppler sur les effets vasculaires de l'électrostimulation (22) a montré que pour une fréquence de 10 Hz et des électrodes placées sur le vaste latéral et médial, il y a une augmentation de la vitesse circulatoire, enregistrée après 5 minutes de traitement, dans l'artère fémorale.

HARRICHAUX et VIEL (11) ont montré une augmentation de la chasse veineuse de la veine fémorale après une contraction statique du quadriceps. Ces travaux sont confirmés par BERTHELIN, JOLY, VIEL (1) grâce à une stimulation électrique successive sur le segment jambier et segment cuisse (tibial antérieur et le quadriceps). De plus, ils n'ont pas enregistré de fatigabilité veineuse si les salves stimulatoires sont suffisamment espacées.

Notre épreuve entraîne-t-elle une importante vasodilatation qui pourrait persister au repos et masquerait ainsi l'effet d'électrothérapie ? D'après SUZUKI et BONDE-PETERSEN (17), le débit sanguin musculaire est encore quadruplé après 10 minutes de repos à la suite d'un exercice supra-maximal de 75 secondes.

Nous savons qu'une contraction musculaire entraîne une vasodilatation artériolaire par des facteurs myogènes, facteurs locaux exogènes et facteurs locaux endogènes, ce qui permet l'apport de l'oxygène au coeur même des fibres musculaires (20). Notre type de travail sous électrothérapie engendre bien une contraction musculaire tonique, les phénomènes de fatigabilité musculaire sont limités. Ces contractions utilisent le système oxydatif permettant à l'acide lactique accumulé localement d'être réutilisé pour la production d'énergie nécessaire aux contractions musculaires dans le mode aérobique. C'est la notion de récupération active.

Un dopplérogramme artériel et veineux permettrait d'affirmer les effets vasculaires de l'électrothérapie dans notre étude.

5. 3. 3. Effets antalgique et défibrosant

Notre courant se rapproche des courants T et E de CREPON (5) qui a comme caractéristiques :

- D'être antalgique par "contraction décontraction" du muscle stimulé diminuant ainsi les douleurs engendrées par des contractures (courant T) ou par libération d'endophine (courant E).
- D'être décontracturant et défibrosant.
- De prévenir les troubles trophiques.
- D'avoir une fréquence comprise entre 20 Hz et 80 Hz.

Mais nous savons qu'une fréquence de 20 Hz se trouve être le maximum pour ne pas entraîner la fatigabilité des fibres musculaires (6, 8).

Une prochaine étude pourrait étudier ce type de courant T dans un protocole semblable, elle pourrait aussi comparer les deux courants. De plus, si effet vasculaire il y a, il est renforcé par l'augmentation de la fréquence (22).

5. 3. 4. Effets subjectifs

L'avis des sujets sur les bienfaits d'une récupération sous électrostimulation par rapport à une récupération témoin est noté ; les sujets ont ressenti des effets :

- Massants.
- Antalgiques.
- Décontracturants et même à long terme, car les jours suivants les contractures et / ou courbatures étaient moins importantes et / ou moins douloureuses.
- Sur l'augmentation de leurs forces maximales immédiates dès les premières contractions.
- Sur un retard d'apparition de la fatigue dans la seconde épreuve.

A la fin du test, une échelle de valeur de 0 à 10 leur est proposée, leur demandant d'évaluer les effets éventuellement positifs ou nuls de l'électrothérapie dans une récupération post-effort. Les deux groupes évaluent à un même niveau ce bénéfice avec une moyennne de 5,67. Nous pouvons donc dire que les effets ressentis sont satisfaisants pour améliorer une récupération après l'effort.

Un seul sujet n'a pas ressenti d'effet bénéfique sur sa récupération. Il a même ressenti une légère douleur pendant le passage du courant. Sa récupération test d'ailleurs n'a pas été efficace. Nous pensons que pour ce sujet l'intensité du courant était trop forte et donc mal évaluée (I = 45 mA).

5. 3. 5. Effet placebo

Nous savons que les effets ressentis par les sujets pouvaient renforcer le placebo. Par le biais de notre test, cet effet placebo ne peut être quantifié et donc négligé. Il faut donc modérer l'influence d'une électrostimulation sur la récupération musculaire.

La solution serait un test en double aveugle mais lors d'un traitement électrothérapique le sujet ressent le passage du courant, il faudrait trouver une sensation, sans effet sur la récupération.

Un autre moyen reste à notre disposition, c'est la mesure de la lactémie locale mais cette technique nécessite un matériel important avec des méthodes invasives par prises de sang.

Pour nous, il y a un apport indiscutable de ce traitement sur la récupération, même si elle n'est que psychologique.

5. 4. Critique du protocole

5. 4. 1. Installation des sujets

Faute de matériel, l'installation des sujets en position assise, n'est pas la plus rigoureuse, nous n'avons pas :

- De chaise de rééducation avec dossier.
- De sangle pour pouvoir correctement bloquer le bassin. Ceci permet un meilleur développement de la force musculaire et une constante dans les tests (25).

Ces inconvénients nous semblent négligeables car les sujets ont toujours la même position au cours du test, donc toujours les mêmes possibilités d'erreurs.

Par contre, notre installation permet une récupération en décubitus dorsal, sans d'importante modification de la position de travail, limitant ainsi les possibilités d'erreurs entre les deux épreuves.

5. 4. 2. Le KINEDYNE

Avantages :

- Rapidité de l'installation.

- La facilité d'adaptation des sujets à l'appareil.
- La légèreté et la facilité de transport.

Inconvénients :

- L'impossibilité de mise en tension du circuit rigide provenant de la sensibilité de déclenchement d'une contraction qui est fixée à 10 N (les légères contractions du sujet entraînent, du fait d'un grand bras de levier, une validation de contraction). Un réglage de cette sensibilité permetterait la mise en tension du circuit rigide afin défectuer une contraction statique rigoureuse.
- La représentation d'une contraction est faite par son maxima. Il serait intéressant d'en avoir aussi une approche moyenne de la contraction sur 6 secondes.

5. 4. 3. L'ELPHA 2000

Avantages :

- La compacité de l'appareil.
- Les possibilités de réglages précis par affichage à cristaux liquides.
- Ses deux sorties qui peuvent synchroniser ou non les contractions.

Inconvénients :

- La largeur d'impulsion n'allant pas au-dessus de 250 µs, limitant ainsi l'action optimale sur certains muscles (mais beaucoup de chronaxies sont inférieures à 250 µs).

5. 4. 4. La largeur d'impulsion

D'après des études belges (26), la chronaxie du quadriceps est d'une moyenne de 223 µs.

D'aprés les études de la société STIWELL (28), la chronaxie de ce muscle varie entre 80 et 160 µs.

Nous ne pouvons pas affirmer, que la largeur d'impulsion de 120 µs correspond à la valeur optimale de la chronaxie des muscles vastes latéral et médial. De plus d'après WASSERMANN (28), la teneur en différents types de fibres est variable d'un sujet à l'autre en fonction de ses activités. Il fallait donc effectuer pour chaque sujet une étude de la chronaxie de son muscle quadriceps pour optimiser les effets sensitifs du courant. Ceci était irréalisable avec ce matériel.

5. 5. Limites du test

5. 5. 1. Contre-indications

D'après DE BISSCHOP (7), l'électrostimulation de basse fréquence ne peut être appliquée :

- Dans l'aire cardiaque.
- Dans la région abdominale durant la grossesse et période menstruelle.

5. 5. 2. Sur les effets de l'électrostimulation

Dans notre étude, nous prenons en compte les résultats d'une épreuve comparée à une autre. Une étude des concentrations de la lactémie locale objectiverait plus concrètement ces résultats.

Cette étude tend à prouver l'efficacité du traitement sur une récupération après effort statique d'un seul muscle. Nous pourrions également évaluer d'autres muscles, ou d'autres types d'efforts (dynamique, dynamique isocinétique...).

Des tests évaluant les différentes qualités musculaires (3) pourrait servir d'épreuve de fatigue, afin d'évaluer la récupération sous électrostimulation. Nous avons retenu :

- L'ergojump de BOSCO.
- L'ergo power (BOSCO SYSTEM).

- Ergométrie isocinétique.
- Cycloergomètre, tapis roulant.

6. CONCLUSION

Sachant que nous avons travaillé avec des sportifs, en considérant que la fatigabilité musculaire de ces derniers est moins importante que chez des sujets non entraînés, et le fait qu'une électro-stimulation à fréquence basse de 10 Hz ne fatigue pas la fibre musculaire, nous pouvons donc nous attendre à des résultats similaires pour une récupération test chez des sujets porteurs de pathologies.

De nouvelles possibilités thérapeutiques sont donc ouvertes. Ainsi, nous pouvons croire que chez des personnes nécessitant un renforcement du quadriceps par T. S. I., la vitesse de récupération de la force musculaire serait augmentée en effectuant après chaque séance un repos sous électro-stimulation d'une durée de 10 minutes. Nous pourrions, peut - être augmenter le nombre de séances par semaine qui sont de 2 pour CHAUVIN et de 3 pour TROISIER (26), dans l'objectif d'accroître le gain de force et / ou d'endurance.

Nous avons eu connaissance d'expériences similaires à l' I. N. S. E. P. qui sembleraient aller dans notre sens, à savoir une amélioration de la récupération post-effort avec un repos sous électro-stimulation. L'effet serait une augmentation de l'élimination des déchets par drainage veineux.

Il serait donc interessant d'aménager dans un programme de rééducation, nécessitant un renforcement musculaire, une phase de récupération sous électrostimulation. Ceci permettrait peut-être de récupérer plus rapidement sa force musculaire.

BIBLIOGRAPHIE

1. **BERTHELIN F., JOLY B., VIEL E.** - Courant micro-ordonnés ou courants d'impulsions spécifiques. - Ann. Kinésithér., 1987, t. 14, n° 3, p. 115 - 122.

2. **BOUCHET A., CUILLERET J.** - Anatomie topographique et descriptive et fonctionnelle. - 3 ème éd. - Paris : Simep, 1990. - p 1498 - 1503.

3. **COMETTI G.** - L'évaluation de la force et de la puissance des sportifs de haut niveau. - Kinésithér. scient., mai 1995, 345, p.13 - 18.

4. **CREPON F.** - Electrostimulation : le retour aux sources. - Kinésithér. scient., septembre 1994, 337, p. 15 - 18.

5. **CREPON F.** - Electrophysiothérapie et rééducation fonctionnelle. - 1ère éd. - Paris : éditions Frison-Roche, 1994. - p 55 - 68.

6. **DE BISSCHOP G., DUMOULIN J.** - Neurostimulation électrique transcutanée, antalgique et excito-motrice. - 1 ère éd. - Paris : Masson, 1991. - p.84 - 119.

7. **DE BISSCHOP G., DUMOULIN J., AARON Cl.** - Electrothérapie appliquée en kinésithérapie et rééducation, en rhumatologie et médecine du sport. - Paris : Masson, 1984. - p. 26-32. - Monographies de Bois-Larris. - 17.

8. **DEN ADEL R.V., LUYKX R.H.J.** - Electrothérapie de basse et moyenne fréquence. - Société ZIMMER ELEKTROMEDIZIN.

9. **FORNARIS E., DUFLOT J.-C., COMMANDRE F., VANUXEM P.** - Le froid dans les sports aquatiques. - Méd. et hyg., 1993, 51, p. 1897 - 1901.

10. **GEOFFROY C., BETBEZE P.** - Travail de récupération. - GEOFFROY C., BETBEZE P. - La prévention, les soins d'urgence et la pharmacie en milieu sportif. - Laboratoire Smith & Nephew, 1 ère édition 1993. - p. 98.

11. **HARICHAUX P., FREVILLE M., VIEL E.** - Application de l'ultrasonographie à effet doppler à l'étude des modifications circulatoires lors de l'exercice musculaire. - Actualités d'angéiologie, 8 juillet 1980, V, I. - p. 21 - 33.

12. **JANDA V.** - Muskelfunktions diagnostik, Muskeltest Untersuchung verkürzter Muskeln, Untersuchung der Hypermobilität. - Verlag Acco Louvain, Belgique, 1979.

13. **JOHNSON, POLGAR, WEIGHTMAN, APPLETON.** - Data on the distribution of fibre types in 36 human muscles - Ann. autopsy study. - J. neurol. sc.,1973, 18, p.11 - 129.

14. **JULLY J.-L.** - L'effort musculaire en rééducation (intérêt et application d'un appareil de mesure ambulatoire). - Rééducation 1993 : Journée de médecine physique et de rééducation,1993. - Paris : Expansion scientifique française, 1993. - p. 268 - 275.

15. **KAPANDJI L-A.** - Physiologie articulaire. Tome II : Membre inférieur. - Paris : Maloine, 1991. - 5ème éd. - p. 146 -149.

16. **KENDALL F.-P., KENDALL McCREARY E.** - Les muscles : bilan et étude fonctionnelle. - 3ème éd. - Paris : Maloine, 1988 - p. 158 - 163.

17. **LACOUR J. R.** - Récupération à la suite d'un exercice, aspects fonctionnels. - Médecine du sport, 25 Janvier 1986, t. 60, n° 1, p. 6 - 7.

18. **MERCIER J.** - Bases électriques et biochimiques du fonctionnement du nerf et du muscle. - PELISSIER J., ROQUES C. F. - Electrostimulation des nerfs et des muscles. - Paris : Masson, 1992. - p. 1 - 16. - Problèmes en médecine de rééducation ; 22.

19. **POUGET J.** - Electrostimulation neuromusculaire : bases expérimentales. - PELISSIER J., ROQUES C. F. - Electrostimulation des nerfs et des muscles. - Paris : Masson, 1992. - p. 20 - 24. - Problèmes en médecine de rééducation ; 22.

20. **RIEU M.** - Bioénergétique musculaire : aspects métaboliques et structuraux, adaptation lors de situations extrêmes. - HEULEU J.-N., SIMON L. - Muscle et rééducation : Techniques de récupération de la force et du volume musculaires. - Paris : Masson, 1988. - p. 42 - 66. - Problèmes en médecine de rééducation ; 12.

21. **THOMAS P., THOMAS A., HAZIF C., GOUBAULT C.** - Psychologie de la motivation chez le sportif. - Médecine du sport, 1992, 66, 1, p. 24 - 28.

22. **TRACY J. E., CURRIER D. P., THRELKELD A. J.** - Comparison of selected pulse frequences from two different electrical stimulators on blood flow in healthy subjects. - Journal of the American physical therapie association, octobre 1988, 68, 10, p. 1526 - 1532.

23. **TROISIER O.** - Limites de la force maxima mesurée en contraction isométrique. - Ann. Réadapt. et de Méd. Phys., 1988, 31, 4, p. 417 - 424.

24. **TROISIER O.**- Le travail statique intermittent en rééducation. - HEULEU J.-N., SIMON L. - Muscle et rééducation : Techniques de récupération de la force et du volume musculaires. - Paris : Masson, 1988. - p. 166 - 173. - Problèmes en médecine de rééducation ; 12.

25. **TROISIER O.**- Méthodologie isométrique. - HEULEU J.-N., SIMON L. - Muscle et rééducation : Techniques de récupération de la force et du volume musculaires. - Paris : Masson, 1988. - p. 130 - 137. - Problèmes en médecine de rééducation ; 12.

26. **VANDERTHOMMEN M., KELLETER B., CRIELAARD J. M.** - Les courants excito-moteurs de basses fréquences, détermination des durées d'impulsions optimales de stimulation. - Ann. Kinésithér., 1991, t.18, n° 10, p. 483 - 484.

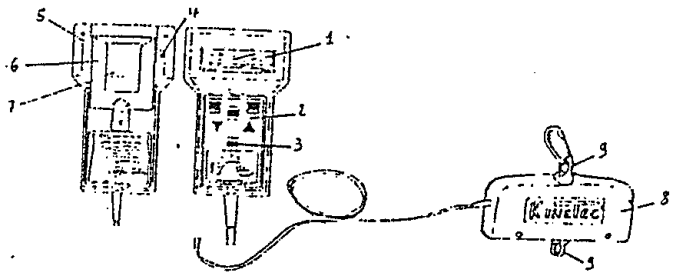
27. **WASSERMANN D.** - Physiologie de la contraction et du tonus musculaire. - HEULEU J.-N., SIMON L. - Muscle et rééducation : Techniques de récupération de la force et du volume musculaires. - Paris : Masson, 1988. - p. 67 - 80. - Problème en médecine de rééducation ; 12.

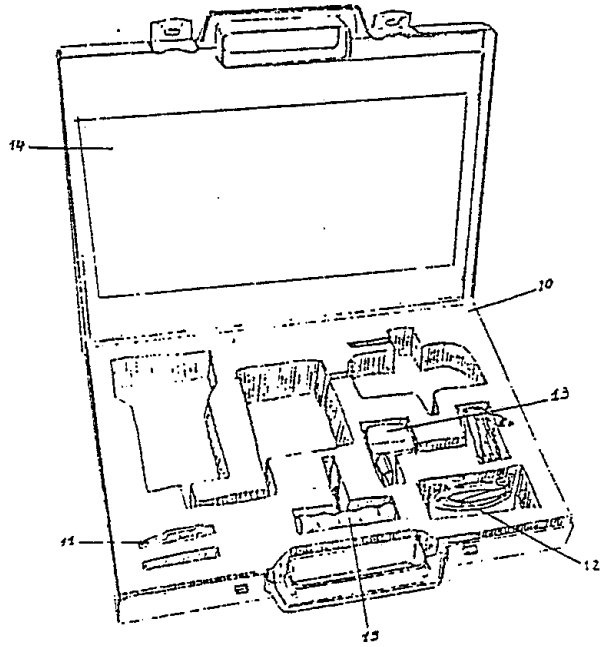
DOCUMENT :

28. **STIWELL** : Carte bibliothéque des muscles sains.

ANNEXE I

DESCRIPTION DU KINÉDYNE





Description

Le KINEDYNE comporte :

- *un boitier de commande constitué de :*

  1 - un afficheur 16 caractères alpha-numériques
  2 - un clavier 5 touches
  3 - un commutateur à glissière 3 positions (Sélection de l'unité de mesure)
  4 - un interrupteur Marche/Arrêt
  5 - une prise pour connection du transformateur
  6 - un logement à piles
  7 - une pince d'accrochage (ceinture ou cage de rééducation)

- *une cellule de force constituée de :*

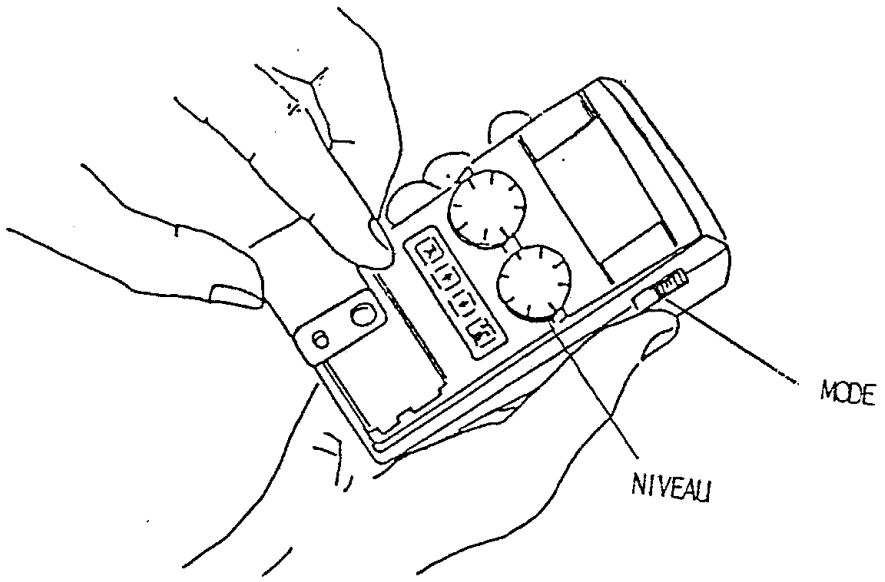
  8 - un boitier en plastique ABS anti-choc
  9 - deux anneaux sur lesquelles peuvent s'adapter des accessoires standards de rééducation

- *une valise de transport constituée de :*

  10 - une valise en polypropylène garnie de mousse de protection
  11 - deux mousquetons "attache rapide"
  12 - une sangle d'attache membre
  13 - un transformateur enfichable
  14 - une feuille de protocole de travail et une notice complète
  15 - une poignée de traction

ANNEXE II

ELPHA 2000



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

POIDS ET DIMENSIONS

Poids	168 g avec batterie
Dimensions	117 x 60 x 31 mm
ALIMENTATION	Batterie 9 Volt Durée de la pile alcaline : 40 heures aux réglages suivants : 20 mA Tens (70 Hz, 150 micro sec.) + 30 mA Burst (2 Hz, 200 micro sec.)
COURANT	0 à 60 mA en courant constant sur une charge de 2.5 kΩ en tous modes

LIMITE DES PARAMETRES

	Fréquence	Durée de l'impulsion
BURST	0.5 à 5 Hz	150 à 250 microsec
TENS 1	10 à 150 Hz	50 à 250 microsec
TENS 2	10 à 150 Hz	70 à 200 microsec (moyenne) 0 à 48 mA
MUSCLE	10 à 100 Hz	100 à 250 microsec

Temps de montée 0.5 à 2 sec
Temps de stimulation 2 à 20 sec
Temps de repos 5 à 50 sec

ANNEXE III

Figure 9 : Poids représentant le point fixe au sol.

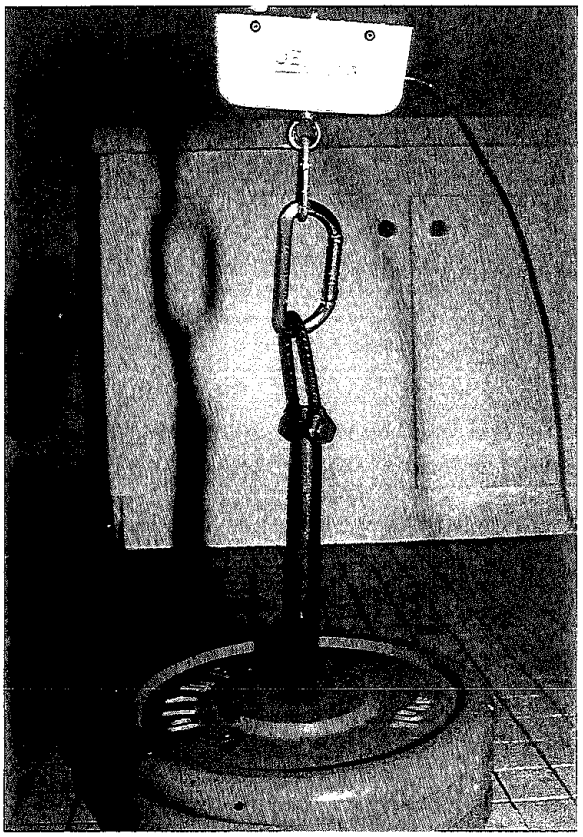


Figure 10 : Circuit rigide avec le KYNEDYNE.

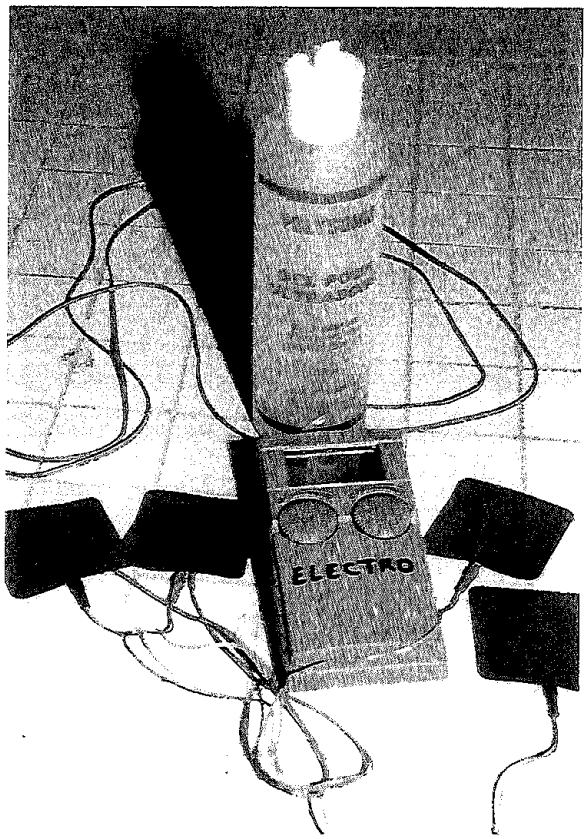


Figure 11 : Appareil d'électrothérapie avec le gel contact et les électrodes.

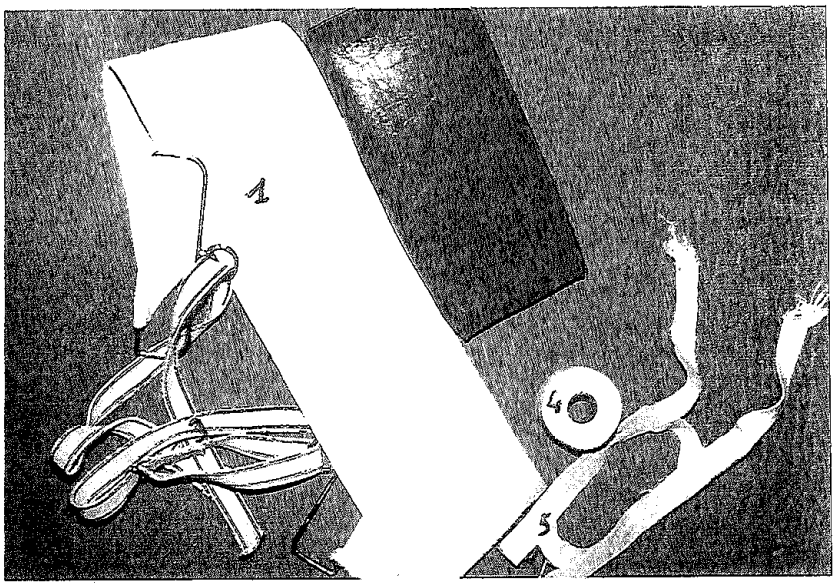


Figure 12 : Matériels :

1. Sangle de 15 cm de large.
2. Triangle de mousse.
3. Sangles.
4. Strappal®.
5. Chevillère.

ANNEXE IV

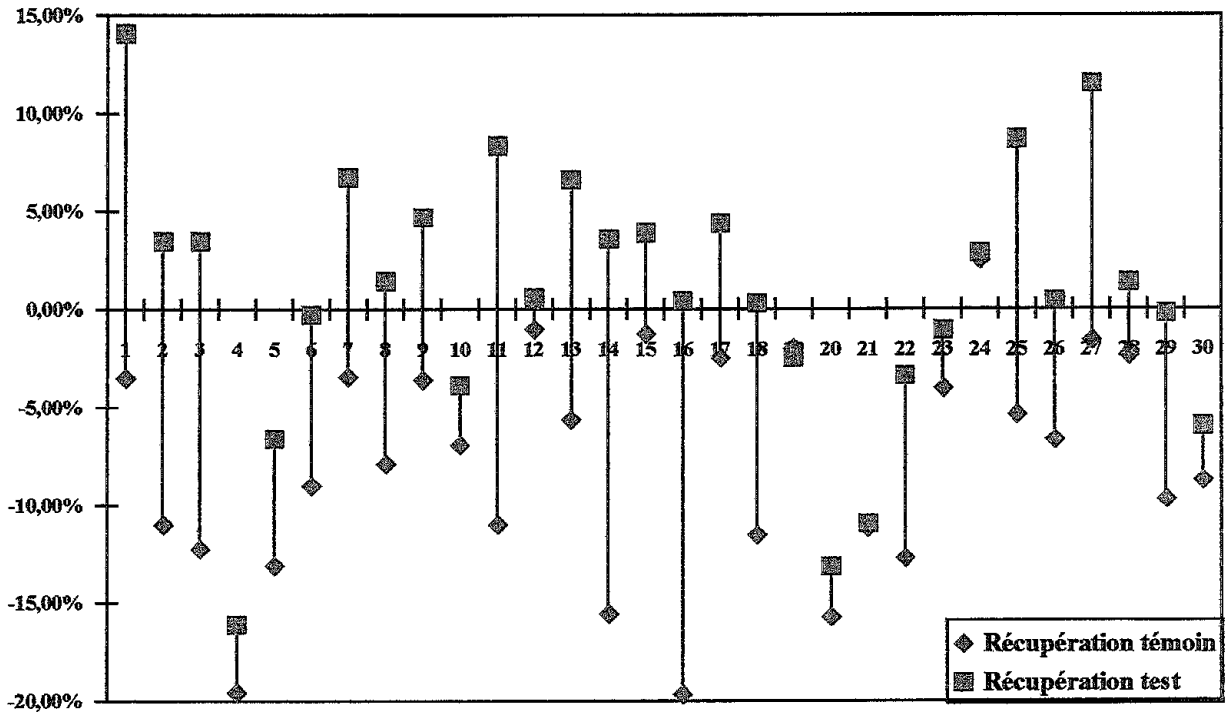


Figure 13 : Points représentant les différences en gain ou en perte de pourcentage entre la première et la seconde épreuve de fatigue, pour chacun des 30 sujets.

ANNEXE V

Tableau IX : particularités des sujets et des conditions.

sujet n°	groupe	sexe	latéralité	spécialité	age	taille cm	poids Kg	bras levier cm	intensité mA	P At. Mb T1	P At. Mb T2	échelle
1	1	H	D	S	25,51	176	79	42,5	33	991	994	8
2	1	H	D	DF	20,84	175	66	44	40	991	994	2
3	1	H	G	S	15,77	175	65	42,5	33	993	989	5
4	1	F	D	S	19,56	166	54	39	37	992	999	5
5	1	H	D	S	16,18	182	65	45	35	990	990	3
6	1	H	D	S	22,92	179	70	44,5	33	988	988	6
7	1	H	D	S	20,00	185	72	44,75	33	993	994	7
8	1	F	D	F	19,74	175	66	40,5	43	993	984	7
9	1	F	D	S	21,47	163	53	37	33	986	999	6
10	1	H	D	S	25,88	178	80	42	24	987	1001	2
11	1	H	D	DF	26,82	170	64	38	19	998	979	8
12	1	F	G	DF	22,78	161	50	37,5	34	978	989	6
13	1	F	D	S	18,64	163	49	37	30	998	991	6
14	1	H	D	S	24,92	185	87	44,5	33	991	996	10
15	1	H	D	S	23,20	176	75	42,5	33	992	996	5
16	2	H	D	F	14,99	177	56	43,5	33	990	983	7
17	2	H	G	S	22,77	180	78	44	24	996	995	6
18	2	H	D	F	27,27	181	72	44	25	997	996	7
19	2	H	D	S	23,03	188	88	45,5	42	985	996	0
20	2	F	G	S	19,48	168	51	37,5	30	997	992	4
21	2	H	D	F	24,91	179	66	44	34	982	983	8
22	2	H	G	F	28,91	190	78	51,5	26	987	994	7
23	2	H	D	S	17,97	188	70	46,5	36	985	992	4
24	2	F	D	S	19,80	163	54	39,5	38	985	996	1
25	2	H	D	S	18,44	177	74	43	33	985	992	3
26	2	H	D	S	20,53	192	71	51,5	33	992	992	8
27	2	H	D	F	25,56	188	85	47,5	33	990	991	8
28	2	F	D	DF	22,84	160	50	37,5	33	994	992	6
29	2	H	G	DF	18,24	181	76	45	33	992	989	7
30	2	H	D	F	27,70	180	67	44	30	991	984	8
TOTAL		8F / 22H	6G / 24D	5DF/7F/18S	656,67	5301	2031	1285,75	976	29709	29750	170
Moyennes					21,89	176,70	67,70	42,86	32,53	990,30	991,67	5,67

ANNEXE VI

Tableau X : Résultats détaillés des séries (en Newton).

Sujet	Groupe	F. F. M.	Récupération témoin		Récupération test	
			1 série	2 série	1 série	2 série
1	1	moyenne	147,95	142,3333	117,93333	137,11667
		maximum	167,00	164,00	143,00	156,00
		minimum	134,50	119,00	102,50	124,00
2	1	moyenne	125,71667	113,5	116,1333	120,3
		maximum	141,50	129,00	141,00	139,00
		minimum	115,00	91,00	97,50	105,00
3	1	moyenne	105,35	94,1	116,4333	120,7
		maximum	117,00	108,00	126,50	134,00
		minimum	95,00	80,00	102,00	109,00
4	1	moyenne	117,05	97,6	120,016667	103,38333
		maximum	127,50	120,00	141,50	128,50
		minimum	98,00	74,50	100,00	84,00
5	1	moyenne	134,11667	118,48333	138,38333	129,9
		maximum	158,00	139,00	159,00	146,00
		minimum	110,00	97,00	114,00	116,00
6	1	moyenne	141,6	129,86667	147,86667	147,45
		maximum	176,00	174,00	170,00	185,50
		minimum	102,00	96,00	133,00	133,00
7	1	moyenne	153,8	148,55	158,38	169,75
		maximum	173,50	162,50	176,00	178,50
		minimum	134,00	135,50	136,50	149,50
8	1	moyenne	140,616667	130,316667	148,216667	150,383333
		maximum	173,00	156,00	170,50	170,00
		minimum	126,00	98,00	130,50	132,00
9	1	moyenne	100,95	97,316667	111,58333	117,06667
		maximum	125,50	112,50	129,00	131,00
		minimum	85,00	82,00	94,00	105,00
10	1	moyenne	194,76667	182,8333	203,23333	195,68333
		maximum	234,50	209,00	230,00	214,00
		minimum	152,50	164,00	178,50	180,50
11	1	moyenne	135,9333	122,416667	135,2	147,5555
		maximum	157,00	151,00	151,00	160,00
		minimum	115,00	101,50	125,00	135,50
12	1	moyenne	99,766667	98,783333	108,85	109,48333
		maximum	107,50	111,50	117,00	117,00
		minimum	92,00	91,00	102,00	101,00
13	1	moyenne	101,2	95,8	106,03333	113,583333
		maximum	129,50	113,50	140,00	150,00
		minimum	85,50	71,00	83,50	88,00
14	1	moyenne	197	170,25	213,16667	221,06667
		maximum	235,50	214,00	268,00	275,00
		minimum	166,00	141,00	161,00	192,50
15	1	moyenne	179,106667	176,95	182,516667	189,8
		maximum	222,50	213,50	234,50	237,50
		minimum	154,50	142,50	149,50	150,50
16	2	moyenne	115,5333	96,5333	118,48333	118,96667
		maximum	154,5	119,7	142	155,5
		minimum	97	75	106	85,5
17	2	moyenne	156,3333	153,98333	151,83333	158,816667

ANNEXE VII

		maximum	189	172	170,5	189
		minimum	135	119	124,5	131
18	2	moyenne	194,46667	174,38333	182,116667	182,68333
		maximum	232	195,5	214,5	224
		minimum	164	160	144	151
19	2	moyenne	199,23333	195,35	198,85	194,1333
		maximum	232,5	238	249,5	223
		minimum	170,5	177,5	182	169
20	2	moyenne	90,616667	78,3333	102,35	90,4333
		maximum	118,5	91	119,5	105,5
		minimum	66	61	84	74
21	2	moyenne	159,6333	143,568	142,2	128,6333
		maximum	171,5	163,5	158	162,5
		minimum	141,5	121,5	127	106
22	2	moyenne	139,716667	123,9333	148,216667	143,33
		maximum	164,5	159	187	174
		minimum	128	110	123,5	124
23	2	moyenne	131,416667	126,28333	140,616667	139,05
		maximum	162	147	160	165
		minimum	114	106	120	120
24	2	moyenne	118,4	121,466667	116,26667	119,416667
		maximum	147	135	147	142
		minimum	95	102	89	82
25	2	moyenne	143,5	136,5333	124,88333	136,9
		maximum	169	153	149	163
		minimum	116	118	88	112
26	2	moyenne	180,85	169,6	172,6333	179,716667
		maximum	206	185	203,5	207,5
		minimum	150	148,5	147,5	160
27	2	moyenne	189,116667	186,583333	171,68333	194,08333
		maximum	197	205	208,5	229
		minimum	169	170,5	147	164
28	2	moyenne	120,8	117,98333	114,36667	116,016667
		maximum	146,5	146	140	134
		minimum	91	97	97	98
29	2	moyenne	227,15	207,15	176,85	176,48333
		maximum	257	228	204,5	203
		minimum	197,5	180,5	138	153,5
30	2	moyenne	118,78333	109,4333	150,78333	142,516667
		maximum	153	127	186	168
		minimum	95	92	125	124
Moyennes		moyenne	145,349107	135,340592	144,535996	146,480069
		maximum	171,516667	158,073333	171,216667	172,233333
		minimum	123,15	114,083333	121,733333	125,316667
Ecart Type		moyenne	35,728812	34,4985777	31,2388758	32,8843342
		maximum	40,058897	39,0174491	39,6499083	39,7944575
		minimum	31,8520692	33,5168726	26,721015	30,7233157
Maxima		moyenne	227,15	207,15	213,16667	221,06667
		maximum	257	238	268	275
		minimum	197,5	180,5	182	192,5
Minima		moyenne	90,62	78,33	102,35	90,43
		maximum	107,50	91,00	117,00	105,50
		minimum	66,00	61,00	83,50	74,00

ANNEXE VIII

Tableau XI : Niveau sportif des sujets.

SUJET :	Niveau Sportif
1	Natation national II (100 m papillon).
2	Natation national II (200 m papillon).
3	Natation national III (100 m dos).
4	Natation national II (50-100 m papillon). U. F. R. S. T. A. P. S.
5	Natation national III (100m papillon, dos).
6	Natation national II (50 m papillon).
7	Football div. d'honneur. Tennis (7 ans). U. F. R. S. T. A. P. S.
8	Natation national II (800 m crawl). U. F. R. S. T. A. P. S.
9	Natation national II (100 m brasse). U. F. R. S. T. A. P. S.
10	Natation national II (100 m crawl). V. T. T. et Voley.
11	Natation National II (200 m papillon et 1500 m crawl).
12	Kitaïdo.
13	Athletisme national II (100-200 m). U. F. R. S. T. A. P. S.
14	Water-polo national I B. Triatlon et V. T. T.
15	Water-polo national I B.
16	Natation national II (1500 m crawl).
17	Water-polo national I B.
18	Triatlon (coupe du monde).
19	Water-polo national I B. U. F. R. S. T. A. P. S.
20	Athletisme national II (triple saut et 110 m haie). U. F. R. S. T. A. P. S.
21	Triatlon régional.
22	Triatlon régional et V. T. T.
23	Natation national II (50-100 crawl).
24	Water-polo (équipe de France).

ANNEXE IX

25	Natation national III (50-100 m crawl).
26	Natation national I (50-100-200 m dos finaliste B).
27	Natation national I (100 m brasse). Professeur de gymnastique.
28	Handball régional. Ancienne gymnaste. U. F. R. S. T. A. P. S.
29	Handball national I junior. U. F. R. S. T. A. P. S.
30	Triatlon régional.