

MINISTERE DE LA SANTE  
REGION LORRAINE  
ECOLE DE KINESITHERAPIE DE NANCY

**EVALUATION DE LA FORCE ISOMETRIQUE  
MAXIMALE DES FLECHISSEURS DE GENOU  
SUR MYOSTATIC.**

Rapport de travail écrit personnel  
présenté par **Jean-Louis COURT**  
étudiant en 3<sup>ème</sup> année de kinésithérapie  
en vue de l'obtention du diplôme d'état  
de masseur-kinésithérapeute  
1993-1994.

# SOMMAIRE

	<u>Page</u>
RESUME	
1. INTRODUCTION	1
2. MATERIEL ET METHODE	3
2. 1 Population	3
2. 2 Matériel	3
2. 3 Méthode	5
2. 3. 1. Critères physiques	6
2. 3. 2. Mesures des périmètres	6
2. 3. 2. 1. Mesures des périmètres de cuisse	6
2. 3. 2. 2. Mesures des périmètres de jambe	6
2. 3. 3. Protocole	7
2. 3. 3. 1. Echauffement	7
2. 3. 3. 2. Installation	7
2. 3. 3. 3. Déroulement de l'exercice	8
3. RESULTATS	9
4. DISCUSSION	11
5. CONCLUSION	14
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

## 1. INTRODUCTION

La force musculaire se définit comme étant la tension qu'un groupe de muscles peut opposer à une résistance en un seul effort maximal. Il existe quatre types de contractions musculaires : isotonique, isométrique et isocinétique (6).

Cette étude s'intéresse à l'évaluation de la force musculaire maximale en travail isométrique. Au cours de cette contraction, la longueur du muscle reste identique et la résistance appliquée au bras de levier est égale à la tension du muscle. La vitesse de raccourcissement du muscle est nulle donc le muscle développe sa force maximale (3) (10). Cette intensité n'est tenue que quelques secondes définissant la force isométrique maximale brève.

Du point de vue énergétique, les processus métaboliques anaérobiques alactiques jouent un rôle important pour des grandes intensités d'exercice (1). Les sources énergétiques de ce métabolisme sont apportées par la dégradation de l'ATP et de la créatine phosphate. Selon Fox et Mathews, 2 minutes de récupération sont nécessaires pour régénérer à 84% ces créatines phosphates utilisées, mais pour Astrand et Rodahl seulement 70% sont resynthétisées au cours de la même période.

Du point de vue histologique, les fibres musculaires sont classées suivant trois types de fibres distincts selon leur activité en myosine : fibre I, fibre II et IIb. Une différenciation de ces types de fibres est faite selon leur activité contractile permettant de définir des fibres lentes (type I) et des fibres rapides (type II). De même, les fibres I sont mieux adaptées pour travailler en condition aérobie, inversement les fibres II en condition anaérobie (6). Les fibres II sont donc utilisées pour effectuer des efforts brefs de haute intensité et les fibres I sont recrutées au cours d'exercice d'endurance.

L'étude se porte sur la mesure de la force maximale isométrique de la flexion de genou qui recrute les muscles ischio - jambiers et aussi les jumeaux. Les muscles ischio-jambiers sont les muscles postérieurs de la cuisse formés des muscles demi-tendineux, demi-membraneux, et biceps crural. Ils sont beaucoup plus tendineux que musculaires. A la flexion du genou participent aussi les muscles droit interne, couturier et poplité. Au vue de leurs insertions, les muscles ischio jambiers ont une action importante sur deux articulations : hanche et genou. Il sont à la fois extenseurs de hanche et fléchisseurs de genou, leur action sur le genou étant conditionnée par la position de la hanche. Lors d'une flexion de hanche, nous constatons physiologiquement un étirement et une mise en tension des muscles ischio-jambiers.

Leur rôle principal est aussi le contrôle de la stabilité du genou en flexion. La force maximale de la flexion du genou est autour de 30° en position assise (11), définie à 80° de flexion de hanche par Williams et Stuzman. Ceci est vérifié physiologiquement puisqu'un muscle développe sa force maximale lorsqu'il est étiré au-delà de sa longueur de repos.

## 2. MATERIEL ET METHODE

### 2. 1 POPULATION

L'étude est effectuée sur une population de 30 personnes sans antécédent pathologique au niveau des genoux, composés de 15 hommes et 15 femmes âgés de 15 à 52 ans, avec 26 droitiers et 4 gauchers, exerçant des professions différentes, sportifs ou non.

### 2. 2. MATERIEL

Nous utilisons :

- un pèse-personne de marque SECA, pèse-personne ordinaire interdit pour Décision n° 2915 A5 du 23.7.1964.SE  
Max = 150 kgs Mini = 10 kgs d = 1 kg  
DBP dès PAT Made in Germany
- une toise : microtoise Stanley 004116 précision 1 cm
- un mètre ruban de couturière, précision 1 mm
- un chronomètre CASIO
- appareil = MYOSTATIC modèle B1KINMY000X (fig. 1) développé et mis au



Figure 1 : photographie du MYOSTATIC

Trois types de rééducation sont utilisées :

- FM : force maximale
- TME : temps maximal endurant
- TSI : temps statique intermittent

Le MYOSTATIC intervient dans la rééducation statique du genou avec  
comme indications : entorses graves non opérées, fractures, ligamentoplasties.

\* Formé de 2 composants :

- Unité principale : modèle B1KINMY001X, composée de :
  - un clavier de commande à 16 touches et 2 afficheurs numériques
  - une cellule de force avec une sensibilité : 0,5 / 125 kgs ou 1 / 250 kgs
  
- Chaise : modèle B1KINMY002X, chaise ergonomique équipée :
  - d'un dossier ajustable
  - d'un double cavalier réglable
  - d'un ancrage pour le travail des extenseurs
  - d'une potence pour le travail des fléchisseurs.

L'association des poignées latérales, de la sangle de genou et d'une mousse à forte densité, évite les compensations.

La mesure de la force développée est effectuée par la cellule de force donnant une lecture instantanée de l'intensité en kilogramme. A la réalisation de l'effort, les afficheurs notent à gauche : l'effort instantané ; à droite : l'effort maximum mémorisé.

### 2. 3. METHODE

### 2. 3. 1. CRITERES PHYSIQUES

Tout d'abord, nous prenons en compte le sexe, l'âge, latéralité, taille, poids du sujet. Ainsi que sa profession, que nous avons classé en 2 catégories : manuel (travail physique) et sédentaire.

Puis nous demandons si le sujet pratique un sport, différencié en 3 classes: pas du tout, modérément (moins d'une fois par semaine) et intense (plusieurs fois dans la semaine, club).

### 2. 3. 2 . Mesures des périmètres (5)

#### 2. 3. 2. 1 . Mesures des périmètres de cuisse

Nous mesurons avec le mètre ruban les périmètres musculaires des cuisses droite et gauche pris à 15 et 25 cm au dessus de l'interligne articulaire interne du genou sur un sujet allongé.

#### 2. 3. 2. 2. Mesures du périmètre de jambe

Nous mesurons le périmètre de jambe droite et gauche pris à 15 cm en dessous de l'interligne articulaire interne du genou, le sujet toujours en décubitus.



### 2. 3. 3 . PROTOCOLE

#### 2. 3. 3. 1 . Echauffement

L'exercice débute par un échauffement sur cyclo-ergomètre avec un travail pendant 3 mn, à 50W et 3 mn, à 75W;

#### 2. 3. 3. 2. INSTALLATION

Nous installons le sujet sur le siège ergonomique avec ajustement de la longueur des membres inférieurs en se basant sur un repère fixe de l'appareil situé au niveau de la tubérosité interne du fémur. Nous plaçons une sangle sur la face antérieure de la cuisse, 1/3 inférieur, pour éviter une compensation par une flexion de hanche. Le segment jambier du côté à tester est placé sur le cavalier réglé au bras de levier 7 correspondant au 30° de flexion du genou. Mais pour cela, il faut toujours conserver la même longueur entre la potence et le double cavalier c'est à dire 5 anneaux reliés à la cellule de force. L'autre jambe est libre, placée derrière le cavalier.

Lors de l'effort, nous demandons de bien serrer les poignées latérales et de garder le dos plaqué au dossier (fig. 2).



Figure 2 : installation du sujet.

### 2. 3. 3. 3. DEROULEMENT DE L'EXERCICE

Nous suivons le protocole émis par Chatrenet Y.

Nous demandons de réaliser une contraction maximale isométrique brève en flexion de genou en expliquant bien dans quel sens diriger la contraction, le type de travail à fournir, indiquer qu'il faut pousser vers le bas. Cet exercice se fait sans mouvement.

Cette contraction intense n'est tenue que quelques secondes, nous conseillons un relâchement progressif.

L'exercice peut s'accompagner d'une sollicitation verbale de la part de l'examineur. Le sujet répète 5 fois l'exercice avec 2 mn de repos entre chaque essai vérifié par chronomètre. Après la 5e tentative, nous laissons au sujet 2 mn de repos pour effectuer maintenant un travail en temps maximal endurant à 50% de la force maximale. Le but de l'exercice est de tenir le plus longtemps possible à 50% de la force maximale avec toujours une sollicitation orale, un ordre "Tenez" , en

sachant que ce type de contractions permet des temps de maintien entre 45 secondes et 2 mn (4).

Au cours de ce travail, nous conseillons au sujet d'effectuer des expirations profondes et lentes.

Le seuil à dépasser est inscrit sur l'afficheur de droite, et le temps en secondes sur l'afficheur de gauche. Quand l'intensité de la contraction est inférieure au seuil, une sonnerie retenti pour permettre au sujet d'intensifier l'exercice. Mais si l'intensité reste 5 secondes en dessous du seuil, le chronomètre s'arrête, l'exercice est terminé.

Nous effectuons le même protocole côté opposé.

### 3. RESULTATS (cf. annexe I)

Les données anthropométriques entre les hommes et les femmes montrent que la moyenne de la taille et du poids est plus grande pour les hommes avec 175,93 cm pour 74,93 kg contre 165,53 cm pour 60,26 kg pour les femmes. Ces résultats sont significatifs car  $p < 0,0016$  pour la taille et  $p = 0$  pour le poids.

On note aussi que les périmètres centimétriques de jambe sont identiques à droite et à gauche pour les hommes (37 cm) et les femmes (35 cm) avec  $p < 0,0153$  à droite et  $p < 0,0076$  à gauche.

Statistiquement, il existe une différence significative de force maximale entre les hommes et les femmes ( $p=0$ ) (cf annexe II). Les hommes ont en moyenne une force égale à 35,66 kg à droite et 34,66 à gauche supérieure à celle des femmes avec 23,2 kg à droite et 22,73 à gauche.

L'étude des résultats montre aussi une corrélation entre la force et la taille, la force et le poids, et force - périmètre de jambe car le coefficient de corrélation est compris entre 0,4 et 0,9.

Nous observons qu'il n'existe pas de relation significative entre la force maximale des fléchisseurs du genou du côté dominant par rapport à la latéralité. Par contre, il existe une influence significative ( $p < 0,019$ ) de la latéralité sur la différence de la force côté droit moins celle à gauche.

Enfin, nous objectivons que la pratique d'un sport influence la performance de la force maximale isométrique ( $p < 0,0059$ ) (cf annex III). Au cours de l'étude, pour l'installation du sujet, la longueur du bras de levier est modifiée en fonction de la taille de la personne ( $p=0$ ).

#### 4. DISCUSSION

Lors de notre étude, nous observons des différences corporelles entre les hommes et les femmes identiques à celles émises par Fox et Mathews, qui concluent que la femme adulte est de 7 à 10 cm plus petite et de 10 à 15 kg plus légère que l'homme adulte. Ainsi l'homme possède : une surface corporelle, une masse musculaire et une aire de chaque type de fibre supérieures à celle de la femme. De ce fait, les hommes développent une force maximale isométrique plus importante. Nous expliquons cette différence de force, force maximale de la femme est égale au 2/3 de la force maximale de l'homme, par le fait que la quantité de phosphagène (système ATP - créatine phosphate) disponible est moins importante chez la femme en raison de sa plus petite masse totale de muscles squelettiques. Ceci se vérifie par la mesure des périmètres de jambes puisque ceux de l'homme sont supérieurs de 2 cm à ceux de la femme. Les muscles jumeaux interviennent activement dans la flexion du genou et influencent la force maximale d'autant plus que ces muscles contiennent principalement des fibres de type II (9). Au cours de l'exercice, nous observons effectivement une participation des jumeaux car la majorité des sujets effectuent une flexion plantaire de pied. Il existe une corrélation importante ( $r = 0,8$ ) (cf annexe V) entre la force maximale à droite et à gauche. Cette affirmation, émise aussi par Asmussen, montre qu'il y a très peu de différence en faveur du côté droit par rapport au côté gauche, 1 kg pour les hommes et 0,5 pour les femmes. Les muscles fléchisseurs du genou travaillent donc de même façon des 2 côtés, ce qui montre, que sur des personnes saines, il existe un équilibre de force des muscles fléchisseurs des 2 côtés. Ce qui permet en cas de pathologie de se référer au côté controlatéral sain pour récupérer la force maximale.

Encore faut il comparer cette différence de force droite gauche à la latéralité pour trouver une dominante. Ainsi les droitiers sont plus forts du côté droit de + 1,5 kg et les gauchers du côté gauche de + 4,25 kg.

Malgré cette prédominance significative de la latéralité, la différence de force maximale n'est vraiment pas importante. Donc dans le cas d'une récupération de la force maximale d'un genou pathologique, la logique veut que le muscle récupère la même force que du côté sain et ce malgré la latéralité. Il en est de même pour les périmètres de cuisse et de jambe.

Nous remarquons aussi que le fait d'être sportif augmente la performance, la force maximale développée est plus importante chez un sujet entraîné quel que soit le sport pratiqué. La pratique d'un sport, 2 fois par semaine ou plus, développe la force maximale isométrique expliquée par une amélioration du système phosphagène, une augmentation des réserves de créatines phosphates et une amélioration de la glycolyse anaérobie (6).

Et comme ces phosphagènes représentent la source d'énergie la plus rapidement disponible pour le muscle, l'augmentation de leur réserve correspond à une amélioration de la performance dans des activités d'intensité brève. En fait, la pratique d'un sport permet aux muscles de recruter le maximum d'unités motrices en nombre et en temps très brefs. Ceci implique que pour exercer une force isométrique maximale brève, le sportif utilise tout de suite le maximum d'unités motrices avec une réserve importante de créatine phosphate. Ceci est réalisé dès le 1er essai, il faut donc ensuite un temps de récupération suffisant pour régénérer ces phospho-créatines. Fox et Mathews affirment que la resynthèse des créatines phosphates est très rapide dans les 30 premières secondes de repos,

avec 70% de resynthétisées et en 2 minutes 84% sont régénérées. Il est donc intéressant d'effectuer ce type de travail isométrique avec un temps de récupération plus court et de le comparer avec le protocole étudié.

Le métabolisme anaérobie lactique intervient aussi dans l'exercice du temps maximal endurant à 50% de la force maximale. Aucun facteur n'influence l'endurance, elle est fonction des capacités d'irrigation sanguine. Selon notre étude, la grande majorité des valeurs s'étalent de 45 secondes à 2 minutes corroborant ainsi la mise en jeu du métabolisme anaérobie (1). Mais au cours de cette exercice les facteurs douloureux et psychologiques interviennent. En fait, le degré de motivation du sujet et son aptitude à supporter les sensations désagréables naissant au niveau des muscles influencent grandement la durée de la contraction. Pourtant ce travail en endurance est nécessaire pour augmenter sa résistance à la fatigue et de supporter des effort prolongés sans interruption. Mais, nous devons effectuer un travail complémentaire puisque l'entraînement de la force statique maximale accroît celle-ci sans que l'endurance soit modifiée (1).

Cette étude permet aussi de poser quelques critiques sur le MYOSTATIC. En ce qui concerne la longueur du bras de levier, le concepteur place celui-ci au niveau 7 , quelque soit la taille du sujet. Or au cours de notre expérience, nous avons du modifier la longueur du bras de levier en fonction de la taille du sujet. Sinon le talon butte sur le cavalier et gêne le déroulement de la contraction. Nous plaçons donc l'appui postérieur au niveau des deux malléoles, en variant la longueur du bras de levier à 6 et même à 5 pour une personne mesurant moins de 1,50 m. Pour le bon déroulement de l'exercice et le confort du sujet, nous interposons une mousse entre le cavalier et le segment jambier. L'installation requise impose une nette impression de manquer de force pour beaucoup de

personne. C'est sans doute pour cette raison que de nombreuses compensations sont observées. Ainsi, nous notons une flexion plantaire du pied, une flexion de hanche contrecarrée par la sangle et accrochage des membres supérieurs aux barres. Nous observons aussi une flexion de genou controlatéral.

Ce type d'exercice impose une bonne concentration du sujet ainsi qu'une parfaite connaissance de l'exercice.

Lors de l'effort, surtout pour l'exercice d'endurance, nous conseillons au sujet de souffler profondément, de respirer calmement car le sujet a tendance à réaliser une manoeuvre de Valsalva c'est à dire une expiration forcée à glotte fermée ce qui réduit le retour du sang au coeur.

Et enfin lors de ces efforts, des personnes ressentent des douleurs du triceps ainsi que des crampes. Il apparaît aussi des courbatures le jour suivant l'exercice, il est à signaler que ces sujets ne pratiquent pas de sport, ce qui confirme que lorsqu'un sujet non entraîné se livre à un exercice rigoureux, les muscles engagés peuvent devenir douloureux et durs (1).

## 5 CONCLUSION

L'évaluation de la force isométrique maximale brève des fléchisseurs de genou est fonction de différents paramètres (sexe, taille, pratique d'un sport, psychologie). Elle peut varier d'un jour à l'autre de 10 à 20%.

Cette force maximale développée est plus importante chez les hommes, elle est aussi en relation avec la taille et le poids de l'individu. Une étude avec une



population moins restrictive pourrait quantifier la force à partir des deux paramètres donnés.

La latéralité n'intervient pas dans l'évaluation musculaire, la force est sensiblement identique des deux côtés. Donc, suite à un déficit musculaire, l'objectif est de récupérer une force maximale semblable au côté opposé.

La pratique d'un sport accroît la force maximale d'environ 50% par rapport à une personne sédentaire.

Le travail sur MYOSTATIC permet au sujet de contrôler son effort et d'éviter les phénomènes douloureux. L'exercice isométrique a l'avantage de ne pas solliciter l'articulation et de faire intervenir un temps de repos. Ce type de travail est bénéfique en rééducation précoce et permet un renforcement musculaire. Avec ce programme isométrique, les exercices sont exécutés dans tous les secteurs angulaires de façon à augmenter la force de l'articulation de manière homogène

# BIBLIOGRAPHIE

1. **Astrand P.O. , Rodahl K.** - Précis de physiologie de l'exercice musculaire. Paris: Masson, 1974. - 606 p.
  
2. **Borges O.** - Isométric and isokinetic Knee extension and flexion torque is men and women aged 20.70. - Scand rehab Med 21, 1989, p. 45 - 53.
  
3. **Camels P., Domenach M., Minaire P.** - Evaluation comparée de la force et du volume musculaire. - Muscle et rééducation Heuleu - Simon (problème en médecine de rééducation 12) - Paris : Masson, 1988, p. 91 - 99.
  
4. **Chatrenet Y.** - Notions spécifiques à la récupération musculaire après chirurgie du L.C.A. du genou. - Annales de Kinésithérapie, 1988, 15, 5, p. 219 - 229.
  
5. **De Brunner H.U.** - Par cotation de la mobilité articulaire par la méthode de la référence 340. Mesures des longueurs et périmètres. Juillet 1976 - Bulletin de l'organe officiel de l'Association Suisse pour l'étude de l'ostéosynthèse, p. 57.
  
6. **Fox E. Mathews D.K.** - Bases physiologiques de l'activité physique. - Paris : Vigot, 1984. - 404 p.

7. **Kapandji I.A.** - Physiologie articulaire : tome 2 - 5e éd. - Paris : Malerme S.A., 1989. - p. 150.
8. **Murray M.P., Gaudner G.M., Mollinger.** - Strength of isométric and isokinetic contractions muscles of men aged 20 to 86. - Phys. Ther, 1980, 60/4, p. 412 - 419.
9. **Rieu M.** - Heterogenetic musculaire. - Muscle et rééducation. Heuleu - Simon (problème en médecine de rééducation 12). - Paris : Masson, 1988, p. 58 - 61.
10. **Sauvagnat M.F.** - Etude de la force isométrique maximale des fléchisseurs de genou. - Annales de Kinésithérapie, 1979, 6/6, p. 302 - 311.
11. **Walsmley R.P., Yang J.F.** - Measurement of maximum isometric knee flexor moment. - Physiother Can, 1980, 32/2, p. 83 - 87.
12. **Wassermann D.** - Physiologie de la contraction et du tonus musculaire. Muscle et rééducation Heuleu - Simon (problème en médecine et rééducation 12). -.Paris: Masson, 1988, p. 67 -81.

# ANNEXES

# ANNEXE I

## **Tableau I : Résultats de l'étude**

Sexe : 1 = homme

2 = femme

M1 : Périmètre musculaire cuisse droite à 15 cm.

M2 : Périmètre musculaire cuisse droite à 25 cm.

M3 : Périmètre musculaire cuisse gauche à 15 cm.

M4 : Périmètre musculaire cuisse gauche à 25 cm.

M5 : Périmètre musculaire jambe droite.

M6 : Périmètre musculaire jambe gauche.

SPL : Sports loisirs

0 : pas de sport

1 : moins d'une fois par semaine

2 : régulièrement, club.

LAT : Latéralité

1 : droitier

2 : gaucher

FMD : Force musculaire à droite.

NES : Numéro de l'essai où la force est maximale.

TME 50 : Temps maximal endurant à 50 %.

FMG : Force musculaire à gauche.

BDL : Bras de levier.

N	SEX	AGE	TAIL	POIDS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	PROF	SPL	LAT	FMD	N°ESS	TIME5	FMG	N°ESS	TIME	BDL
1	1	25	187	78	42,0	50,0	42,0	49,0	38,0	38,0	1	1	2	41	1	60	50	3	45	7
2	1	28	172	99	57,0	66,0	58,0	67,0	45,0	43,0	1	0	1	34	5	53	36	3	59	7
3	1	24	181	73	43,0	53,0	46,0	55,0	39,0	39,0	1	2	1	36	3	73	30	3	80	7
4	2	25	148	49	46,0	56,0	46,0	55,0	32,0	33,0	2	0	1	22	5	77	17	2	41	5
5	2	37	163	53	42,5	50,5	43,0	50,0	34,5	35,0	2	1	1	23	1	72	23	4	42	6
6	1	40	175	79	47,5	59,0	50,0	59,5	36,0	36,5	1	2	1	40	2	80	31	5	43	7
7	2	24	172	60	46,0	52,0	45,0	51,5	35,5	35,0	1	1	1	27	1	56	25	2	52	7
8	1	24	189	80	46,0	54,0	47,0	56,0	41,0	41,0	2	2	1	44	1	17	51	5	31	7
9	2	23	182	73	46,5	56,5	48,5	56,0	36,0	36,5	2	1	2	29	5	42	31	5	63	7
10	2	24	168	60	47,5	57,0	47,0	56,5	37,0	35,0	2	1	1	26	5	39	19	2	14	7
11	2	21	178	57	44,0	51,0	42,5	49,0	36,0	36,0	1	2	2	19	5	60	25	4	12	7
12	2	43	166	62	46,0	56,0	45,0	55,0	34,0	35,0	1	1	1	21	1	74	27	1	66	7
13	1	40	167	62	43,0	51,0	42,5	50,5	34,0	34,5	1	1	1	30	1	108	31	3	125	7
14	1	21	174	72	48,0	54,0	46,5	54,0	37,0	36,5	1	2	1	32	3	20	24	5	20	7
15	1	48	176	71	40,5	52,0	42,0	53,0	34,5	35,5	1	2	1	28	5	150	27	2	150	7
16	2	32	161	62	45,0	55,0	45,5	54,5	36,0	36,5	1	0	1	19	1	50	20	1	48	6
17	1	49	167	69	47,0	58,0	47,5	57,5	36,0	36,5	1	2	1	32	4	60	30	3	60	6
18	1	24	174	63	44,5	54,5	44,0	55,5	35,5	34,5	1	0	2	27	5	20	27	1	30	7
19	2	24	163	63	48,0	58,5	47,0	58,0	37,0	36,0	2	0	1	22	5	120	23	3	21	6
20	1	23	183	76	46,0	53,0	45,0	51,5	37,0	37,0	2	1	1	40	3	68	37	5	51	7
21	1	49	161	72	46,0	55,0	45,0	54,0	34,0	34,0	2	0	1	24	5	98	26	4	112	6
22	2	52	168	65	44,0	52,0	44,5	51,0	34,0	35,5	2	1	1	19	4	2	15	5	48	7
23	2	51	153	70	47,5	57,0	50,5	60,0	31,5	32,0	2	0	1	18	2	46	16	4	61	6
24	1	15	175	70	49,5	57,0	49,5	58,0	38,5	39,5	2	2	1	40	4	61	40	5	50	7
25	1	30	175	70	47,5	56,5	47,0	56,0	36,0	35,5	1	2	1	48	2	45	39	4	50	7
26	2	50	161	56	45,5	52,0	44,5	51,5	34,0	34,0	2	1	1	20	4	156	21	3	43	6
27	2	23	170	57	41,5	49,5	40,5	47,0	35,5	34,5	1	1	1	26	4	66	22	5	30	7
28	2	22	164	59	47,0	54,5	47,5	54,5	36,5	36,5	1	0	1	29	2	46	24	3	74	6
29	2	34	166	58	45,0	54,5	43,5	53,0	36,5	37,0	1	0	1	28	2	78	33	2	74	6
30	1	31	183	90	51,5	61,0	50,0	59,5	38,0	39,0	1	2	1	39	2	85	40	2	80	7

## ANNEXE II

### Resultat I : Analyse de la variance force / sexe

fmd 3 : force musculaire à droite

fmd 4 : force musculaire à gauche

Degré de signification < 0,05

VARIABLE ANALYSEE : fmd3

TABLEAU DES OBSERVATIONS

MODALITES	H	F	TOTAL
EFFECTIFS	15	15	30
MOYENNES	35.667	23.200	29.433
ECART-TYPE	6.579	3.816	8.233

TEST DE FISHER DE COMPARAISON DES MOYENNES

VARIANCE TOTALE : 67.7789 EXPLIQUEE : 38.8544 RESIDUELLE : 28.9244  
SIGMA ESTIME : 5.5669  
F DE SNEDECOR : 37.6126 DDL NUM : 1 DEN : 28  
DEGRE DE SIGNIFICATION : 0.0000

VARIABLE ANALYSEE : fmd4

TABLEAU DES OBSERVATIONS

MODALITES	H	F	TOTAL
EFFECTIFS	15	15	30
MOYENNES	34.600	22.733	28.667
ECART-TYPE	8.007	4.946	8.916

TEST DE FISHER DE COMPARAISON DES MOYENNES

VARIANCE TOTALE : 79.4889 EXPLIQUEE : 35.2044 RESIDUELLE : 44.2844  
SIGMA ESTIME : 6.8882  
F DE SNEDECOR : 22.2589 DDL NUM : 1 DEN : 28  
DEGRE DE SIGNIFICATION : 0.0001

# ANNEXE III

## Analyse de la variance force / sport

VARIABLE ANALYSEE : fmd3

### TABLEAU DES OBSERVATIONS

MODALITES	rien	occa	inten	TOTAL
EFFECTIFS	9	11	10	30
MOYENNES	24.778	27.455	35.800	29.433
ECART-TYPE	4.871	7.024	7.960	8.233

TEST DE FISHER DE COMPARAISON DES MOYENNES  
VARIANCE TOTALE : 67.7789 EXPLIQUEE : 21.4495 RESIDUELLE : 46.3294  
SIGMA ESTIME : 7.1748  
F DE SNEDECOR : 6.2502 DDL NUM : 2 DEN : 27  
DEGRE DE SIGNIFICATION : 0.0059



# ANNEXE IV

## Calcul de moyennes

REQUETE NUMERO : 1 CALCUL DE MOYENNES  
TITRE :  
SELECTIONS UTILISEES : NEANT  
NOMBRE D'INDIVIDUS SELECTIONNES : 30

NOM	EFFECTIF	MOYENNE	EC-TYPE ESTIME	EC-TYPE MOYENNE	INF	SUP	ETENDUE STANDARD	TEST DI SYMETR
numero	30	15.500	8.803	1.607	1.000	30.000	3.294	0.000
sexe	30	1.500	0.509	0.093	1.000	2.000	1.966	0.000
age	30	31.867	11.101	2.027	15.000	52.000	3.333	1.515
tail	30	170.733	9.577	1.749	148.000	189.000	4.281	-0.418
poids	30	67.600	10.862	1.983	49.000	99.000	4.603	2.110
m1	30	46.033	3.173	0.579	40.500	57.000	5.200	2.988
m2	30	54.867	3.555	0.649	49.500	66.000	4.642	2.357
m3	30	46.083	3.414	0.623	40.500	58.000	5.126	3.241
m4	30	54.617	4.066	0.742	47.000	67.000	4.919	1.666
m5	30	36.183	2.588	0.473	31.500	45.000	5.216	3.034
m6	30	36.250	2.307	0.421	32.000	43.000	4.768	2.381
prof	30	1.400	0.498	0.091	1.000	2.000	2.007	1.007
spl	30	1.033	0.809	0.148	0.000	2.000	2.473	-0.147
lat	30	1.133	0.346	0.063	1.000	2.000	2.892	5.323
fmd3	30	29.433	8.374	1.529	18.000	48.000	3.583	1.203
nes3	30	3.100	1.605	0.293	1.000	5.000	2.492	-0.156
tme3	30	66.067	35.119	6.412	2.000	156.000	4.385	1.901
fmd4	30	28.667	9.068	1.656	15.000	51.000	3.970	1.948
nes4	30	3.300	1.343	0.245	1.000	5.000	2.979	-0.317
tme4	30	55.833	31.101	5.678	12.000	150.000	4.437	3.097
bld	30	6.633	0.556	0.102	5.000	7.000	3.597	-2.848

# ANNEXE V

## Coefficient de corrélation

- $r > 0,9$  : corrélation très forte
- $0,4 < r < 0,9$  : corrélation forte
- $r < 0,4$  : corrélation faible mais significative,  $p < 0,05$

LIGNE 1 : VALEUR DU COEFFICIENT DE CORRELATION  
 LIGNE 2 : VALEUR DU DEGRE DE SIGNIFICATION DE H0: 'R=0'

	fmd3	nes3	tme3	fmd4
numero	-0.085 0.656	0.055 0.773	0.122 0.520	-0.135 0.476
sexe	-0.757 0.000	0.021 0.912	-0.014 0.943	-0.665 0.000
age	-0.368 0.045	-0.063 0.740	0.354 0.055	-0.324 0.081
tail	0.712 0.000	-0.119 0.530	-0.221 0.241	0.764 0.000
poids	0.628 0.000	-0.023 0.903	-0.132 0.487	0.629 0.000
m1	0.251 0.181	0.152 0.424	-0.185 0.328	0.184 0.331
m2	0.215 0.254	0.226 0.230	-0.080 0.673	0.140 0.461
m3	0.275 0.141	0.124 0.513	-0.217 0.250	0.166 0.380
m4	0.244 0.194	0.178 0.347	-0.114 0.550	0.154 0.415
m5	0.584 0.001	0.024 0.898	-0.237 0.206	0.633 0.000
m6	0.621 0.000	-0.077 0.687	-0.209 0.268	0.706 0.000
prof	-0.217 0.250	0.293 0.116	0.010 0.957	-0.191 0.313
spl	0.538 0.002	-0.109 0.567	-0.004 0.984	0.406 0.026
lat	-0.021 0.914	0.224 0.235	-0.234 0.214	0.202 0.285
fmd3	1.000 0.000	-0.260 0.165	-0.161 0.395	0.858 -0.000
nes3	-0.260 0.165	1.000 0.000	0.129 0.497	-0.315 0.090
tme3	-0.161 0.395	0.129 0.497	1.000 0.000	-0.071 0.709
fmd4	0.858 -0.000	-0.315 0.090	-0.071 0.709	1.000 0.000