

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY

*ETUDE ET INTERET DE LA
FREQUENCE CARDIAQUE LORS
D'UN TEST D'EVALUATION
PHYSIQUE SUR CYCLOERGOMETRE*

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

PRESENTATION DU LIEU DE STAGE

Ce travail a été réalisé :

du 4 septembre 1995 au 27 octobre 1995

au Centre de Réadaptation Fonctionnelle de GONDREVILLE

51, avenue de la Libération

54840 GONDREVILLE

Sous la direction de :

- Docteur PETRY D.

- MCMK HUGUENIN P. et MK DIDOT P.

A propos de l'établissement :

- Il fait partie de l'Institut Régional de Réadaptation géré par la Caisse Régionale d'Assurance Maladie du Nord-Est.

- Médecin chef : Docteur PETRY D.

- Nombre de lits : 96.

- Nombre de demi-pensionnaires : 44.

- Nombre d'externes : 0.

- Pathologies rencontrées : affections rhumatologiques, traumatologiques, neurologiques.

- Composition du plateau technique :

- 3 médecins de rééducation.

- 1 MCMK et 4 masseur-kinésithérapeutes.

- 2 ergothérapeutes.

- 4 moniteurs d'éducation physique.

- 6 moniteurs d'atelier.

- 1 instituteur et 3 conseillers du travail.

REMERCIEMENTS

Pour leur aide, leur disponibilité et leur gentillesse, je tiens à remercier tout spécialement messieurs Philippe HUGUENIN et Paul DIDOT.

Pour leurs conseils éclairés, le docteur Noël MARTINET et le docteur Didier PETRY ne seront pas oubliés, ainsi que l'ensemble des volontaires qui, sans jamais se plaindre, se sont gentillelement prêtés à nos tests.

Je n'omettrai pas de remercier mes parents qui m'ont permis de suivre des études, ainsi que tous mes amis qui m'ont soutenu et encouragé.

SOMMAIRE

RESUME

1. INTRODUCTION.....	1
1. 1. Objectifs.....	1
1. 2. Rappels.....	1
1. 2. 1. Epreuve d'effort sous-maximale.....	1
1. 2. 2. Accélération maximale théorique de la fréquence cardiaque.....	2
1. 3. Présentation générale du protocole.....	2
2. MATERIEL ET METHODE.....	2
2. 1. Matériel.....	2
2. 1. 1. Outils nécessaires lors de l'interrogatoire.....	3
2. 1. 2. Cybex Metabolic System ®.....	3
2. 1. 2. 1. Description.....	3
2. 1. 2. 2. Fonctionnement.....	5
2. 1. 3. La population.....	5
2. 2. Méthode.....	5
2. 2. 1. Prise de renseignements.....	5
2. 2. 2. Prise de mesures.....	6
2. 2. 2. 1. Taille et poids.....	6
2. 2. 2. 2. Fréquence cardiaque de repos (Fo).....	6
2. 2. 2. 3. Tension artérielle de repos.....	6
2. 2. 3. Protocole de l'épreuve.....	7
2. 2. 4. Position du sujet.....	8
2. 2. 5. Explications, consignes, réalisation.....	9
2. 2. 5. 1. Explications.....	9
2. 2. 5. 2. Consignes.....	9
2. 2. 5. 3. Réalisation.....	10

3. RESULTATS.....	10
3. 1. Présentation.....	11
3. 2. Statistiques.....	11
3. 2. 1. Objectifs et moyens.....	11
3. 2. 2. Résultats obtenus par les statistiques.....	12
3. 2. 2. 1. Statistiques descriptives.....	12
3. 2. 2. 2. Corrélations.....	12
3. 2. 2. 3. Analyse de la variance.....	15
4. DISCUSSION.....	16
4. 1. Analyse des résultats concernant la FC de repos (Fo).....	16
4. 1. 1. FC d'effort, FC de récupération, FC maximale.....	16
4. 1. 2. Influence de l'âge, de la taille, du poids et du sport.....	18
4. 2. Analyse des résultats concernant les neuf premiers paliers.....	20
5. CONCLUSION.....	23
5. 1. Indications.....	23
5. 2. Améliorations éventuelles.....	24

RESUME

Le but de ce travail est d'étudier la fréquence cardiaque d'une population masculine de 30 sujets sains âgés de 19 à 35 ans suite à un test d'évaluation physique (T.E.P.) réalisé sur cycloergomètre Cybex® (MET 100).

Nous leurs avons soumis un questionnaire concernant leur pratique sportive (aucune, une fois par semaine, plus d'une fois par semaine) et leur âge.

A l'issu de cet entretien nous les mesurons, les pesons et nous les laissons au repos en position couchée. Après cinq minutes, nous mesurons leur fréquence cardiaque de repos et leur tension artérielle de repos avant de présenter notre protocole : réalisation d'un test d'évaluation physique sur cycloergomètre Cybex ® MET 100.

Après ces épreuves, différents traitements statistiques nous permettent de conclure que le poids, la taille et l'âge n'ont pas d'influence significative sur les fréquences cardiaques d'effort et de récupération dans la population considérée.

L'étude statistique nous montre également qu'une pratique sportive régulière entraîne une diminution de la fréquence cardiaque de repos et une augmentation moins rapide de la fréquence cardiaque au cours de l'effort, en comparaison avec les sujets non sportifs. Par contre le sport n'a pas d'influence significative sur les fréquences cardiaques de récupération et la fréquence cardiaque maximum.

1. INTRODUCTION

1. 1. Objectif

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence de la taille, du poids, de l'âge, de la pratique sportive sur la fréquence cardiaque (FC) suite à un test d'évaluation physique (T.E.P.) réalisé sur trente sujets masculins sains de 19 à 35 ans.

Pour cela nous effectuons sur cycloergomètre Cybex®, un T.E.P. qui nous permet d'étudier la FC pendant l'effort et la récupération.

1. 2. Rappels

1. 2. 1. Epreuve d'effort sous-maximale

Une épreuve est dite sous-maximale quand les critères physiologiques suivants ne sont pas satisfaits (+) :

- durée suffisante (15 minutes minimum),
- atteinte de la fréquence cardiaque maximale théorique ($Fc_{MT} = 220 - \text{âge}$),
- atteinte de la VO_2 max. vraie.

Que le sujet ne soit pas allé aux limites de ses possibilités physiques ou que la décision ait été prise de ne pas dépasser une certaine valeur de la fréquence cardiaque.

Notre test d'évaluation physique correspond donc à une épreuve d'effort sous-maximale et nous décidons de ne pas dépasser 80% de

l'accélération maximale théorique de la fréquence cardiaque (80% AMTFC).

1. 2. 2. Accélération maximale théorique de la fréquence cardiaque

Elle correspond à la valeur seuil de la fréquence cardiaque à ne pas dépasser, nous choisissons un seuil à 80%. Pour obtenir cette valeur nous appliquons la formule (4) :

$$\text{FC effort} = \text{FC repos} + 0,8 (\text{FC max} - \text{FC repos})$$

avec FC max = 220 - âge.

1. 3. Présentation générale du protocole

A partir d'une population constituée de trente individus masculins sains, nous tentons de déterminer l'influence de la taille, du poids... sur la FC suite à un T.E.P.

Pour cela nous appliquons le même protocole que l'on peut diviser en trois grandes parties :

- renseignements et mesures au repos,
- réalisation de l'effort,
- récupération.

2. MATERIEL ET METHODE

2. 1. Materiel

2. 1. 1. Outils nécessaires lors de l'interrogatoire

Au cours de l'entretien préliminaire que nous avons avec chaque individu, nous mesurons certaines caractéristiques physiques propres à chaque sujet (cf 2.2.2.) pour cela nous utilisons :

- un pèse personne SECA ordinaire,
- une toise : microtoise STANLEY 0.04.116
précision 1 cm,
- un chronomètre,
- un stéthoscope,
- un tensiomètre,
- un cardiofréquencemètre : SPORT TESTER™ (PE 300).

2. 1. 2. Cybex metabolic system®

2. 1. 2. 1. Description

Modèle MET 100 :

- un écran couleur 3600S550 composé par un clavier de commande 16 touches et un écran afficheur graphique numérique. Le clavier permet de sélectionner le protocole correspondant à notre test et l'écran de visualiser la forme, la durée, l'intensité du test, le nombre de rotation par minute, la distance parcourue;
- une selle GZ000200 réglable en hauteur,
- un guidon 1670M115 réglable,
- un pédalier G1000200.



Figure 1 : Le cycloergomètre CYBEX.

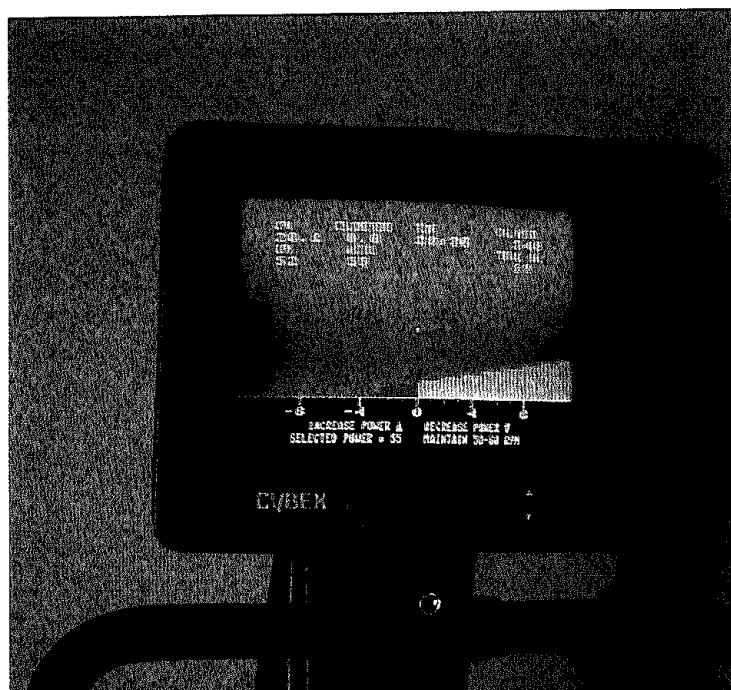


Figure 2 : L'écran.

2. 1. 2. 2. Fonctionnement

Les sujets étant en position assise correcte (cf 2.2.4.) sur le MET 100, nous leur demandons de pédaler.

L'exercice étant en puissance constante, la puissance de sortie de l'appareil est contrôlée pendant tout l'exercice. Le MET 100 y parvient par une augmentation ou une réduction de la résistance basée sur la vitesse de rotation. Si la vitesse (rapidité de la rotation des pédales) est augmentée, le MET 100 va diminuer la résistance, et inversement si la vitesse est réduite ceci afin de maintenir les sujets à un niveau de travail choisi. Ainsi le travail restera le même tant que le sujet maintiendra sa vitesse de pédalage dans une phase déterminée.

2. 1. 3. La population

Les sujets formant la population étudiée (annexe I) sont tous sains et ne présentent aucun antécédant cardiaque. Il s'agit de trente sujets masculins (entre 19 et 35 ans) que nous pesons, mesurons et dont nous prenons la FC et tension artérielle de repos, sujets allongés depuis 5 minutes. Nous demandons ensuite à chaque sujet son âge et sa pratique sportive.

2. 2. Methode

2. 2. 1. Prise de renseignements

Nous notons l'âge, la taille, le poids, la pratique sportive des sujets ; pour permettre une étude statistique nous codifions la pratique sportive : nous classons les individus en trois catégories :

- 0 : aucun sport,
- 1 : pratique d'un sport une fois par semaine,
- 2 : pratique d'un sport plus d'une fois par semaine.

2. 2. 2. Prise des mesures

2. 2. 2. 1. Taille et poids

A l'aide de la balance et de la toise, nous pesons et mesurons les sujets déshabillés et déchaussés.

2. 2. 2. 2. Fréquence cardiaque de repos (Fo)

Les sujets étant installés en position décubitus dorsal sur la table de kinésithérapie, après cinq minutes de repos, nous lisons la valeur de la FC de repos sur le fréquencemètre.

2. 2. 2. 3. Tension artérielle de repos

Dans la même position couchée que précédemment, à l'aide du tensiomètre appliqué sur le bras et du stéthoscope, nous mesurons la tension artérielle de repos. (elle ne fait pas partie de notre étude mais sert de moyen de surveillance supplémentaire).

2. 2. 3. Protocole de l'épreuve

Toutes les épreuves ont été réalisées par un même observateur et le protocole réalise une épreuve d'effort sous-maximale.

Elle soumet les sujets à des paliers d'effort progressif d'une durée de une minute trente secondes. Toutes les minutes trente le niveau de travail est augmenté de 15 watts, avec un point de départ à 40 watts.

La FC est lue sur le fréquencemètre à la fin de chaque palier et la tension artérielle est mesurée au cours des trente dernières secondes du palier, tous les deux paliers à partir du niveau 70 watts. (Comme nous l'avons cité précédemment, elle ne fait pas partie de notre étude mais sert de moyen de surveillance supplémentaire).

Tout au long de l'effort nous noterons l'apparition éventuelle de signes fonctionnels :

- douleurs des membres inférieurs, des membres supérieurs, du thorax,
- fatigue des membres inférieurs, des membres supérieurs,
- fatigue générale,
- oppression,
- pâleur, sueurs froides,
- dyspnée.

Nous stopperons l'épreuve si les limites de l'effort sont atteintes :

- 80% AM ITFC,
- tension artérielle systolique > 22,

- tension artérielle diastolique > 11 ,
- mauvaise adaptation de la tension artérielle.

Pour notre étude statistique, ces limites de l'effort et la dyspnée seront codifiées :

- limites de l'effort :

-> 1 : 80% AMTFC,

-> 2 : 80% AMTFC + tension artérielle > 22 ,

-> 3 : tension artérielle > 22 .

- dyspnée :

D1 = augmentation de la respiration,

D2 = effort imposant la respiration par la

bouche

D3 = difficulté de parole,

D4 = pâme (ce qui équivaut à une dyspnée exténuante se prolongeant 30 secondes à 1 minute après l'effort).

A l'arrêt de l'effort nous installons les sujets sur un tabouret et nous mesurons la F.C. et la tension artérielle à une, deux, trois, cinq, dix minutes de récupération.

2. 2. 4. Position du sujet

A l'issue du repos nous installons le sujet sur la selle et nous effectuons différents réglages :

- adaptation de la hauteur de la selle en fonction de la taille des sujets afin que les membres inférieurs soient en légère flexion de genou quand la pédale est en position basse.

- adaptation de la position du guidon afin que le sujet se maintienne droit.

2. 2. 5. Explications, consignes, réalisation

2. 2. 5. 1. Explications

Nous expliquons au sujet le déroulement de l'épreuve. Celle-ci débute à un niveau de 40 watts et ensuite toutes les minutes trente cette puissance est augmentée de 15 watts passant ainsi de 40 à 55 watts. Puis une minute trente plus tard nous augmentons de nouveau de 15 watts, passant de 55 à 70 watts et ce jusqu'à l'arrêt de l'effort selon les critères précédemment cités (cf 2.2.3.).

A la fin de chaque palier nous mesurons la FC et tous les deux paliers, à partir du niveau 70 watts, la TA.

A l'arrêt de l'effort, sujet assis sur un tabouret, nous noterons les FC et les tensions artérielles de récupération.

2. 2. 5. 2. Consignes

Nous insistons sur le fait que tout au long de l'épreuve :

- le travail fourni doit être indolore,
- le sujet doit maintenir une vitesse de rotation comprise entre 50 et 60 rotations par minute,

- le sujet ne doit pas se lever de la selle,
- le sujet doit nous signaler tous problèmes (douleur...).

Nous indiquons également que l'arrêt de l'effort se fait de manière brutale et si possible à la fin d'un palier.

2. 2. 5. 3. Réalisation

Les sujets étant correctement installés et le programme sélectionné, nous donnons le départ du test. Les sujets commencent à pédaler et sur l'écran s'affichent :

- les rotations par minute,
- le nombre de watt,
- le temps,
- la forme de l'effort demandé.

Les sujets maintiennent un niveau de pédalage entre 50 et 60 rotations par minute et nous reportons sur notre fiche d'évaluation (cf annexe V) les valeurs des FC et tensions artérielles mesurées au fur et à mesure de l'effort.

De la même manière, les FC et tensions artérielles de récupération sont enregistrées à l'arrêt de l'effort, arrêt décidé selon les critères précédants (cf 2.2.3).

3. RESULTATS

3. 1. Présentation

(annexe II et annexe III)

3. 2. Statistiques

3. 2. 1. Objectifs et moyens

Nous effectuons un traitement statistique des résultats afin de voir l'influence des différents facteurs sur la FC. Pour cela nous pratiquons dans un premier temps une analyse descriptive pour chaque variable.

Dans un deuxième temps, nous recherchons l'existence de liens forts entre les paramètres obtenus lors du test : FC, signes fonctionnels, critères d'arrêt et tous les paramètres déterminés au cours de l'interrogatoire et de la prise de mesure.

Nous utilisons un coefficient de corrélation linéaire usuelle, "r", déterminant 3 groupes :

- $r > 0,9$: corrélation très forte,
- $0,4 < r < 0,9$: corrélation forte,
- $r < 0,4$: corrélation faible même si celle-ci reste très significative par rapport à 0 ; $p < 0,05$.

Dans un troisième temps, nous tentons par une analyse de la variance à un facteur de montrer la relation de cause à effet entre certains facteurs (sport, âge, poids, taille) et les valeurs obtenues.

3. 2. 2. Résultats obtenus par les statistiques

3. 2. 2. 1. Statistiques descriptives

(annexe II et annexe III)

3. 2. 2. 2. Corrélations

Par un tableau à double entrée, comprenant en lignes et en colonnes tous les paramètres obtenus au cours de l'étude, nous obtenons toutes les corrélations existantes entre ces paramètres.

Nous nous intéresserons uniquement aux corrélations liant la FC de repos (F_0) et les FC obtenues lors du test aux autres facteurs. Nous présenterons les corrélations fortes décroissantes ($p < 0,05$).

->La FC de repos (F_0) est corrélée avec les FC au cours de l'effort :
 F_0 est corrélée avec la FC au :

- 2^e palier (F_2), le coefficient est +0,924
- 1^{er} palier (F_1), le coefficient est +0,910
- 5^e palier (F_5), le coefficient est +0,909
- 4^e palier (F_4), le coefficient est +0,903
- 3^e palier (F_3), le coefficient est +0,903
- 6^e palier (F_6), le coefficient est +0,854
- 7^e palier (F_7), le coefficient est +0,778
- 8^e palier (F_8), le coefficient est +0,726
- 13^e palier (F_{13}), le coefficient est +0,690
- 9^e palier (F_9), le coefficient est +0,637

- 12^e palier (F12), le coefficient est +0,596
- 10^e palier (F10), le coefficient est +0,532
- 11^e palier (F11), le coefficient est +0,498

De la même manière la FC de repos (Fo) est corrélée aux FC de récupération.

Ainsi Fo est corrélée avec la FC de récupération :

- à 5 min (FR5) le coefficient est + 0,701
- à 2 min (FR2) le coefficient est + 0,650
- à 3 min (FR3) le coefficient est + 0,633
- à 4 min (FR4) le coefficient est + 0,600
- à 1 min (FR1) le coefficient est + 0,538

La FC de repos (Fo) est également corrélée à la FC maximale, le coefficient de corrélation est + 0,607.

-> Nous nous intéressons maintenant à chaque niveau d'effort et nous notons que :

- F12 et F13 sont corrélées aux FC du 1^{er} au 15^e palier, les coefficients se situant entre + 0,987 et + 0,615 pour F12 et entre + 0,987 et + 0,701 pour F13.

- F11 est corrélée avec les FC du 1^{er} au 14^e palier, les coefficients sont compris entre + 0,985 et + 0,489.

- F9 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,974 à 0,669)
- F8 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,974 à 0,719)
- F10 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,969 à 0,552)
- F5 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,968 à 0,640)

- F4 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,968 à 0,609)
- F3 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,964 à 0,550)
- F7 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,963 à 0,809)
- F6 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,963 à 0,744)
- F2 corrélée à F1 jusqu'à F13 (+ 0,958 à 0,498)

Nous trouvons également que les FC du 1^{er} au 13^e paliers (F1 à F13) sont corrélées avec les FC de récupération (FR1 à FR5) avec des coefficients de corrélation compris entre + 0,786 et + 0,390.

->Les FC du 3^e au 13^e palier sont corrélées à la pratique sportive avec des coefficient de corrélation de - 0,518 à - 0,399.

Notons dès à présent que notre traitement statistique ne nous à pas permis d'établir de corrélations suffisamment fortes entre :

- FC de repos (Fo) / âge, taille, poids.et sport,
- de F1 à F18 / âge, taille et poids,
- de FR1 à FR5 / âge, taille et poids,
- FC maximale / sport.

De plus, l'étude des limites de l'effort et des signes fonctionnels (cf 2.2.3.) n'a pu être prise en compte. En effet, aucun signe fonctionnel n'est apparu au cours de l'effort (hormis la dyspnée mais de façon très hétérogène) et, en ce qui concerne les limites de l'effort, 29 personnes sur 30 ont atteint 80% de l'AMTFC. Nous pouvons donc en conclure que ce groupe est homogène ce qui aurait faussé nos résultats.

3. 2. 2. 3. Analyse de la variance

Nous essayons de déterminer l'influence de l'âge, de la taille, du poids, de la FC de repos et du sport, sur les autres facteurs. Par l'analyse de la variance, nous arrivons aux résultats suivants :

-pour la FC de repos :

-> en fonction de la récupération

pour un degré de signification égal à 0,03, nous obtenons par le test F de Snédécour $F = 21,97$, ce qui montre une grande influence de la FC de repos sur la récupération.

-pour le sport :

-> en fonction des fréquences cardiaques

pour un degré de signification égal à 0,000, nous obtenons $F = 2008,2$ ce qui montre que le sport a une influence sur les FC. Ainsi, les sujets entraînés ont leur FC qui augmente moins vite que les sujets non entraînés.

De plus, pour un coefficient de corrélation $p = + 0,887$, nous pouvons dire qu'il n'existe pas d'interaction entre les deux paramètres donc l'évolution des FC se fait de manière parallèle pour les trois groupes de sportifs.

-> en fonction des FC maximum et FC de récupération :

l'analyse de la variance prenant ces deux variables comme référence ne nous apporte aucun résultat, le sport n'ayant pas d'influence sur la FC maximum et les FC de récupération dans le groupe concerné.

-pour l'âge, le poids, la taille :

comme précédemment, en l'absence de résultats, nous pouvons dire que l'âge, le poids, la taille n'ont pas d'influence sur l'effort dans le groupe concerné.

4. DISCUSSION

4. 1. Analyse des résultats concernant la FC de repos (Fo)

4. 1. 1. FC d'effort, de récupération et FC max

Au vu des résultats, nous notons que la FC de repos (Fo) est corrélée aux onze premiers paliers de notre test, corrélations d'autant plus fortes qu'il s'agit des huit premiers paliers de l'effort. Pouvons nous dès lors en conclure que la surveillance de la FC durant ces huit paliers est superflue et nous en tenir à la seule valeur de la Fo ?

Il serait hâtif de dire cela en effet, VOGELAERE (10) a montré qu'il existait des variations journalières significatives de la Fo et que les valeurs de repos influencent significativement l'évolution de cette variable au cours de l'effort dynamique sous-maximal. Ces variations de la Fo se répercutant systématiquement sur les valeurs d'effort de ce paramètre.

De plus, GOEPFERT (4) souligne l'importance de certains facteurs extracardiaques susceptibles d'influencer de quelques manières l'adaptation à l'effort et d'altérer la reproductibilité du test.

Ces facteurs sont nombreux et variés :

- horaire (post-prandial ?),
- causes de fatigue (affection intercurrente récente, fatigue professionnelle, insomnie),
- activité physique actuelle en hausse ? en baisse ? ,
- café récent ?
- cigarette récente ?

De ce fait, l'absence de questionnaire préalable et la grande diversité des horaires auxquels nous avons réalisés nos tests, nous oblige à la prudence quant à l'interprétation des résultats concernant la Fo et les huit premiers paliers de l'effort.

Ces premiers paliers sont-ils tout de même nécessaires pour l'évaluation du sujet ? Ne pourrions nous pas commencer à un niveau supérieur à 40 watts ?

La littérature ne nous a pas apporté de réponse mais nous pouvons noter que même si les premiers paliers ne sont pas "obligatoire" pour l'évaluation de l'aptitude physique, ils permettent néanmoins un échauffement et servent d'apprentissage préalable, limitant ainsi l'action du facteur "charge émotionnelle" sur la FC décrit par GOEPFERT (4), RIEU (8), HEYTERS (6).

La Fo, les FC de récupération à 1, 2, 3, 5, et 10 minutes sont également corrélées. En exprimant les mesures de la FC de récupération

à 1, 3, 5 minutes en fonction de la FC maximale, nous constatons que la récupération est de :

- 77% de la FC maximale à la 1^{ère} minute,
- 63% de la FC maximale à la 3^{ème} minute,
- 59% de la FC maximale à la 5^{ème} minute.

Concernant le lien entre Fo et les FC de récupération nous objectivons, grâce à l'analyse de la variance, le fait que Fo influence les FC de récupération. Nous trouvons qu'à la fin de la 10^{ème} minute de récupération, la FC reste toujours supérieure à 30,7% de Fo.

Tous ces résultats sont proches de ceux des travaux de GINET (3) étayant ainsi ses conclusions selon lesquelles, quel que soit l'âge du sujet, la récupération après un effort maximal (le notre étant sous-maximal) répond à des normes à peu près constantes. Il en déduit que l'évolution de la FC en récupération permet de reconnaître le sujet sédentaire d'un sujet entraîné.

4. 1. 2. Influence de l'âge, de la taille, du poids et du sport

-La taille et le poids

Notre étude ne met en évidence aucune corrélation entre la FC de repos et la taille, le poids et la littérature ne nous apporte aucun renseignement à ce sujet.

-L'âge

Le contenu de notre échantillon comportant 30 sujet d'âge similaire (moyenne 24 ans ; écart-type 5 ans) ne nous permet pas d'objectiver de corrélation entre l'âge et Fo.

-Le sport

Comme précédemment, notre étude statistique ne nous permet pas de trouver de corrélation entre le sport et Fo. En moyenne, les FC de repos sont sensiblement les mêmes entre les différents groupes.

Pour les non sportifs, nous trouvons en moyenne 77 battements par minute (écart-type : 15) ; pour les sujets pratiquant un sport une fois par semaine : 76 battements par minute (écart-type : 16) ; pour les personnes pratiquant plus d'une fois par semaine : 64 battements par minute (écart-type : 13).

Ces résultats ne rejoignent pas tout à fait ceux de la littérature, en effet, LIESEN (7) nous dit que l'entraînement physique en endurance quotidien de 10 minutes minimum entraîne une réduction de la FC de repos. Or, nos valeurs de FC de repos pour les non sportifs et ceux pratiquant une fois par semaine sont quasiment identiques, ce qui ne met pas en évidence l'influence de l'entraînement sur la FC de repos. Cette influence étant tout de même plus marquée en comparant les non sportifs des sportifs plus d'une fois par semaine.

Les nombreuses sources d'erreurs concernant la mesure de la FC de repos nous obligent donc à la plus grande prudence quant à l'interprétation des résultats concernant l'influence du sport sur la FC de repos. C'est pourquoi, nous laissons le soin à des études plus vastes de tirer les conclusions qui s'imposent.

4. 2. Analyse des résultats concernant les neuf premiers paliers

Pour nous permettre de réaliser une étude statistique fiable nous devons utiliser des échantillons suffisamment grands ($n > 30$). C'est pourquoi, dans notre étude, nous nous sommes limités aux neuf premiers paliers (40 à 160 watts) qui contiennent tous 30 individus. Ce nombre, diminuant fortement pour les paliers supérieurs, nous mènerait à des sources d'erreurs plus importantes.

A la lecture des résultats, nous observons une forte corrélation entre les différents niveaux d'effort, corrélation d'autant plus forte que nous nous intéressons aux derniers paliers. Au cours d'études similaires CAEN, FAURIE, DEBRU (1) en arrivent à la conclusion que la reproductibilité satisfaisante de la FC est meilleure à l'effort qu'au repos, d'autant plus que le niveau d'effort est important, ce qui tend à corroborer nos résultats.

Notons également qu'il existe de fortes corrélations avec les derniers paliers (> 9) mais, comme mentionné auparavant, nous ne pouvons en tirer des résultats significatifs.

Ces fortes corrélations entre les différents niveaux d'effort, nous permettent également de mettre en évidence l'existence d'une relation linéaire entre charge de travail (en watts) et la FC. Relation qui se traduit sous la forme d'une équation de type $y = ax + b$ (annexe IV).¹¹

Nombres d'auteurs (2,4,7,8,9) utilisent cette relation et précisent que cette relation (approximativement) linéaire est à la base de la

détermination de la consommation maximale d'oxygène théorique (VO_2 max. théorique), servant elle-même à apprécier l'aptitude physique d'une personne.

Les auteurs estiment qu'au cours d'une épreuve un sujet a atteint sa VO_2 max. quand il a atteint sa FC maximale théorique : $F.M.T. = 220 - \text{âge}$. Mais beaucoup (2,4,8) pensent que cette extrapolation de la VO_2 max. par rapport à la F.M.T. est imprécise. CHIGNON (2) souligne d'ailleurs qu'en neutralisant beaucoup de sources d'erreurs, ces épreuves indirectes et sous-maximales permettent une estimation comparative valable, le sujet se servant de référence à lui-même.

Cependant, les travaux de VIDALIN et coll. (9) réalisés sur 206 sportifs, ont montré que la FC maximale réelle est significativement inférieur à la F.M.T. pour une population âgée de 10 à 19 ans ; de 20 à 29 ans, elles sont identiques ; au delà de 30 ans, la sous estimation de la FC max. et donc de la VO_2 max. augmente avec l'âge. Il est rejoint en ce sens par RIEU (8) qui trouve que la FC max. réelle est inférieure à la F.M.T. de plus de 10 battements par minute.

Ces résultats nous incitent donc à mesurer la VO_2 max. par une méthode directe préférentiellement jusqu'à l'âge de 30 ans et obligatoirement chez les sportifs de plus de 30 ans, sous peine d'erreurs non négligeables. Pour notre part, dans notre pratique quotidienne nous nous accommoderons de ces erreurs, chaque mesure servant d'estimation comparative pour chaque sujet. De plus, la méthode directe d'estimation de la VO_2 max. nécessite un appareillage important et coûteux.

Concernant le lien unissant la pratique sportive et la FC, nous objectivons grâce à l'analyse de la variance le fait qu'une pratique sportive entraîne une meilleure adaptation à l'effort, se traduisant par une augmentation moins importante de la FC à l'effort. Ainsi, en moyenne, au niveau F9 (= 160 watts) nous obtenons :

- non sportifs : 150 battements / min.
- sportifs une fois par semaine : 145 battements / min.
- sportifs plus d'une fois par semaine : 130 battements par minute.

Les travaux de VOGELEARE (10) confirment nos conclusions, l'entraînement concoure bien à un phénomène d'adaptation de la FC d'effort et de repos, les valeurs diminuant progressivement. De plus, l'effet de l'entraînement a le même ordre de grandeur au repos et à l'effort.

Pour GOEPFERT (4) cette bradycardie du sujet s'entraînant en endurance est le résultat de nombreuses adaptations circulatoires et ventilatoires, avec notamment une action prédominante de la régulation neuro-humorale. Cette régulation étant constituée par le système sympathique adrénérgique et le système parasympathique cholinérgique. L'excitation de ce dernier, entraînant une diminution de la FC, a suggéré l'installation de cette bradycardie.

5. CONCLUSION

5. 1. Indications

Notre test, utilisant la FC comme élément de référence, est un moyen d'évaluation de l'aptitude physique et un moyen d'entraînement et/ou de réentraînement.

En terme d'évaluation de l'aptitude physique, il objective rapidement le niveau du sujet soit par extrapolation de la relation linéaire FC - charge de travail donnant la consommation maximale d'oxygène (VO₂ max.) ; soit par appréciation du niveau d'effort atteint sachant que le sujet se sert de référence à lui-même et qu'un minimum de 160 watts a été atteint dans notre étude.

CHIGNON (2) précise que ces épreuves indirectes et sous-maximales ne sont pas dénuées d'avantages (commodité de leur réalisation, matériel simple, moins onéreuses autorisant la répétition) et permettent une estimation comparative. Précisons qu'il est nécessaire de neutraliser certaines sources d'erreurs en adoptant un protocole rigoureux.

En ce qui concerne le moyen d'entraînement ou de réentraînement, notre étude ne nous permet pas de juger de ces effets, par contre notre pratique quotidienne au centre de rééducation fonctionnelle de Gondreville nous fait penser qu'un entraînement quotidien provoque, chez des sujets en phase de convalescence, donc déconditionnés, une

amélioration notable de leur aptitude physique. Nous sommes rejoint en ce sens par LIESEN (7) qui indique qu'une pratique quotidienne d'efforts de même nature pendant 10 minutes, améliore significativement les paramètres d'endurance (aérobie) d'où un plus grand bien être entraînant une amélioration de l'état général donc de la qualité de vie.

5. 2. Améliorations éventuelles

L'utilisation de paliers de courte durée (1 minute 30 pour notre test) est discutée. En effet, beaucoup d'auteurs (1,2,4,5,9) utilisent des paliers de 3 ou 4 minutes permettant d'atteindre une stabilité des paramètres physiologiques, limitant ainsi le risque d'erreur pour une éventuelle détermination de la VO₂ max. .

Cependant, l'utilisation de paliers trop prolongés pourrait entraîner une fatigue des membres inférieurs pour une charge plus faible (5). GOEPFERT (4) préconise l'utilisation de paliers de 3 minutes, temps nécessaire pour obtenir un état voisin de l'état stable, ce qui donne une approximation suffisante de la capacité fonctionnelle.

La majeure partie des sujets (surtout les sportifs) s'accordent à dire que le test n'est pas difficile jusqu'à un niveau de 145-160 watts mais ils trouvent l'arrêt de l'effort trop brusque, préférant une récupération active sur le cycloergomètre.

BIBLIOGRAPHIE

1. CAEN J.L., FAURIE A., DEBRU J.L. - Reproductibilité des mesures de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque lors de l'épreuve d'effort. Intérêt et application. - Arch. mal. coeur vais., 1978, 71/juil., p. 47 - 52.
2. CHIGNON J.C., HAMONET C., WEBER M., BEGUÉ-SIMON A.M. - La réadaptation à l'effort physique : principes et méthodes. - Journal de réadaptation médicale, 1986, 6, 4, p. 117 - 126.
3. GINET J., POTIRON M., PARUIT M.C. - Valeurs normales de la puissance maximale de la fréquence cardiaque et du profil tensionnel chez les sportifs enfants, adolescents, adultes et vétérans. - Médecine du sport, 1983, 57, 3, p. 168 - 171.
4. GOEPFERT P.C., CHIGNON J.C. - Rééducation et réadaptation cardiovasculaire. - Paris : Masson, 1984. - 185 p.
5. GRENTZINGER A., SULEIMAN A., SELTON-SUTY C. - Evaluation cardio-pulmonaire à l'effort ; intérêt et influence de l'utilisation d'un protocole comportant des paliers de très courte durée (protocole rampe) par rapport au protocole triangulaire, - Arch. Mal. Coeur, 1994, 87, 11, p. 1395 - 1400.

6. HEYTERS C. - Valeurs normales de la capacité de travail pour une fréquence cardiaque de 170 battements par minute (CT 170). - Médecine du sport, 1985, 59, 3, p. 158 - 164.

7. LIESEN H., HOLLMAN W. - Les applications de la cycloergométrie : les éléments de base d'un entraînement à l'effort physique en thérapie et diagnostic. - Cinésiologie, 1977, 65, p. 55 - 58.

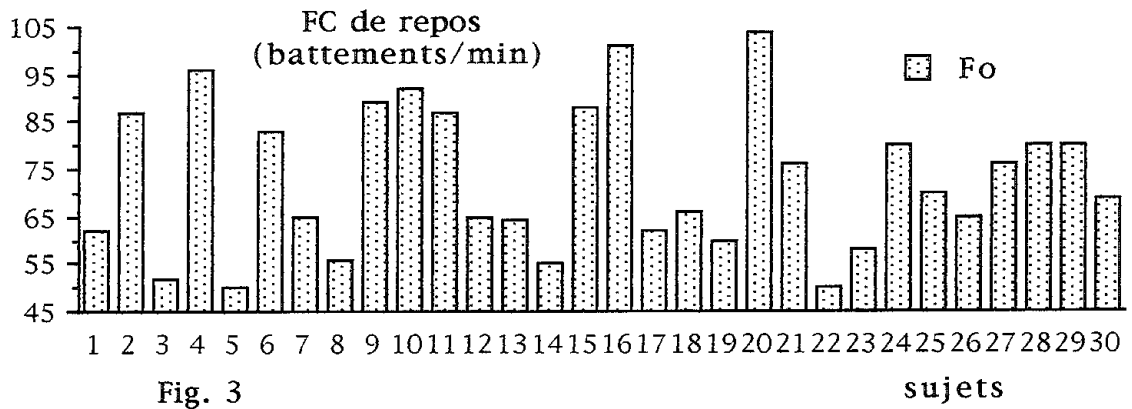
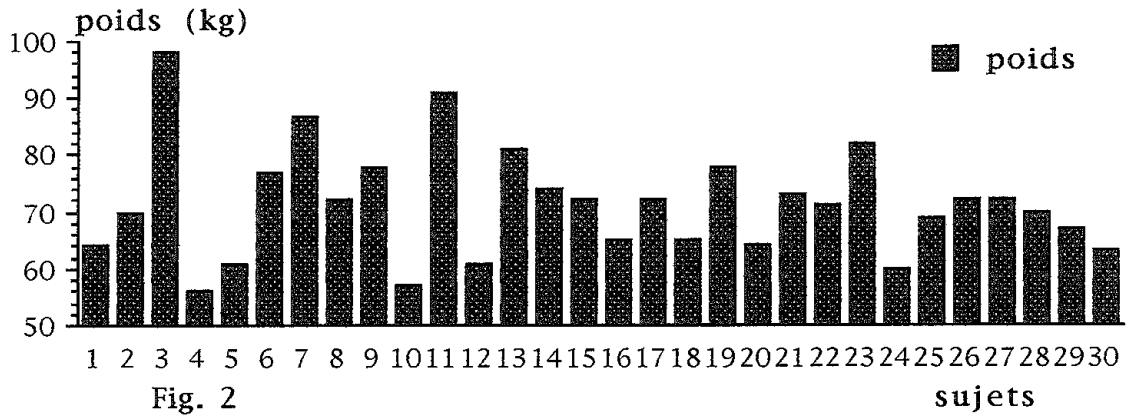
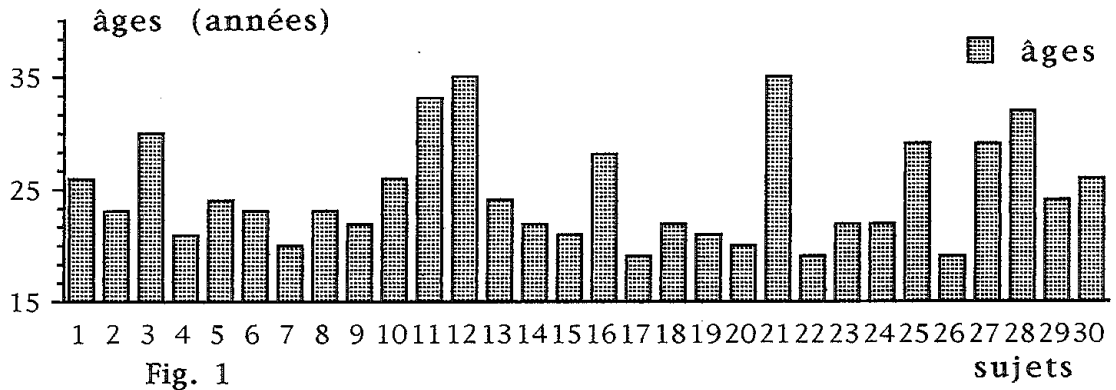
8. RIEU M., FOUILLOT J.P., DUVALLET A. - Fréquence cardiaque et exercice physique. - Bull. mem. soc. med., 1983, 186, 4, p. 65 - 70.

9. VIDALIN H., FELLMANN N., LEYMONIE R. - Consommation maximale d'oxygène directe et indirecte. Fréquence cardiaque maximale réelle et théorique. - Sciences et sports, 1989, 4, 1, p. 71 -78.

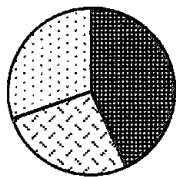
10. VOGELAERE P., S'JONGERS J.J., DENIE M.F., MAGNIN P. - Fréquence cardiaque de repos : variabilité journalière, importance dans l'évaluation de l'aptitude physique. - Médecine du sport, 1979, 53, 6, p. 355 - 359.

ANNEXES

ANNEXE I

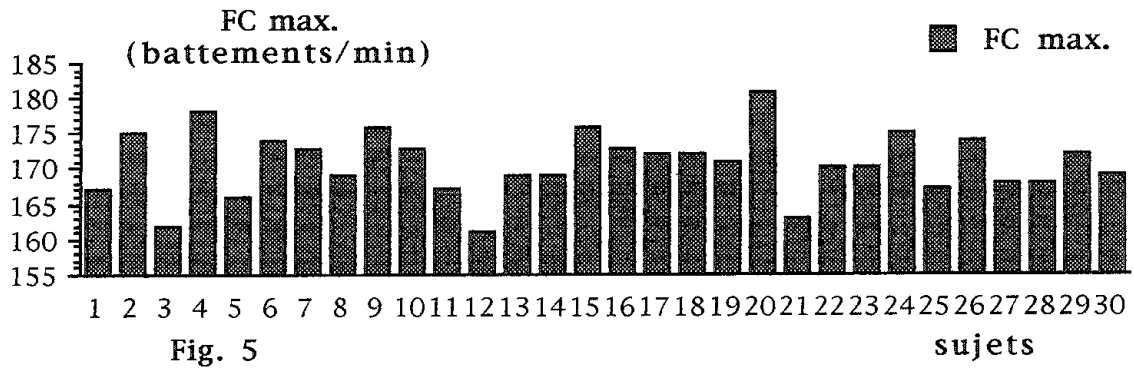
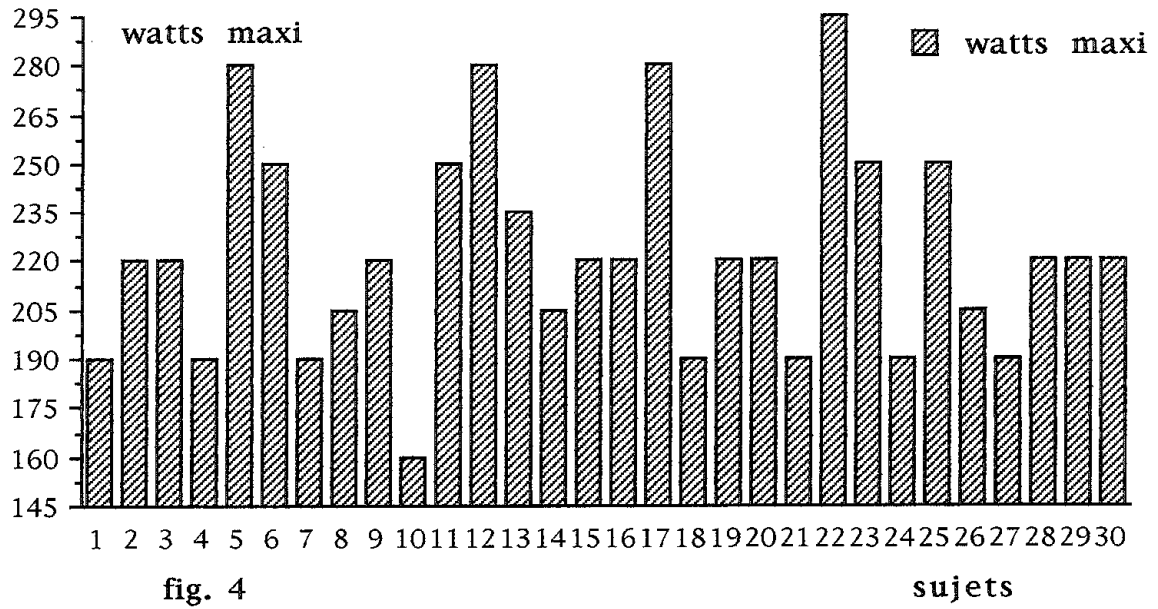


Pratique sportive

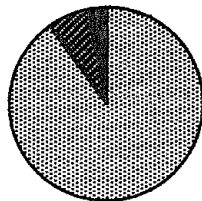


- 0 (43,3%) : aucun sport
- ▣ 1 (26,7%) : pratique plus 1 fois / sem.
- ▤ 2 (30%) : pratique 1 fois /sem.

ANNEXE II

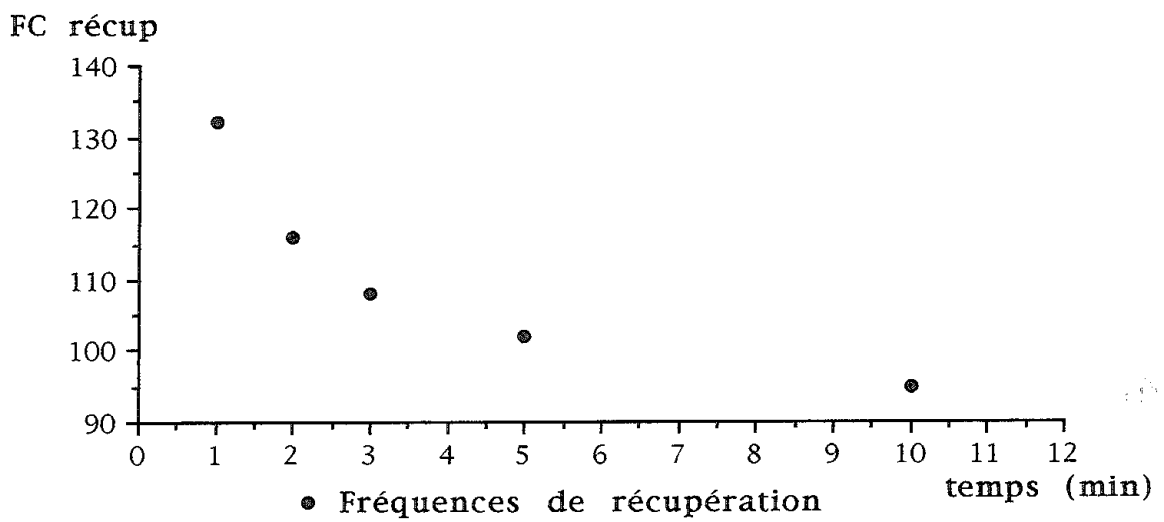
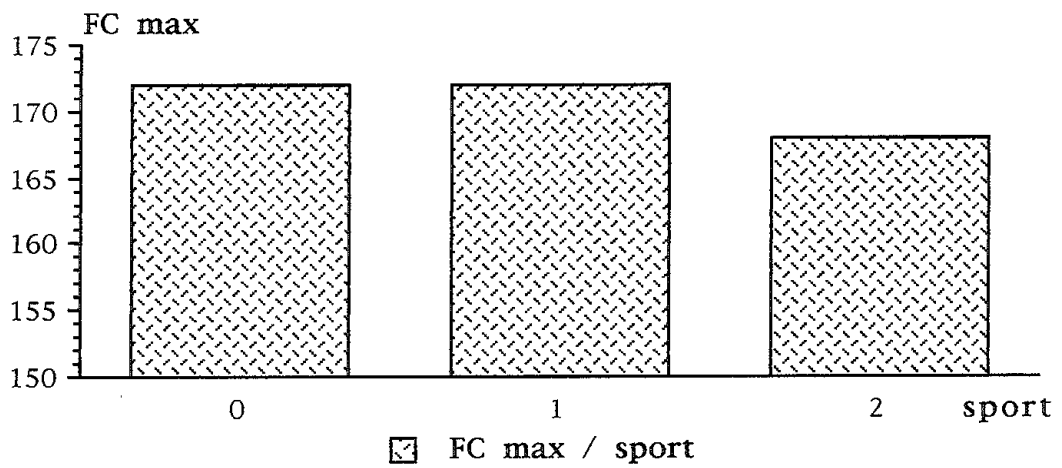
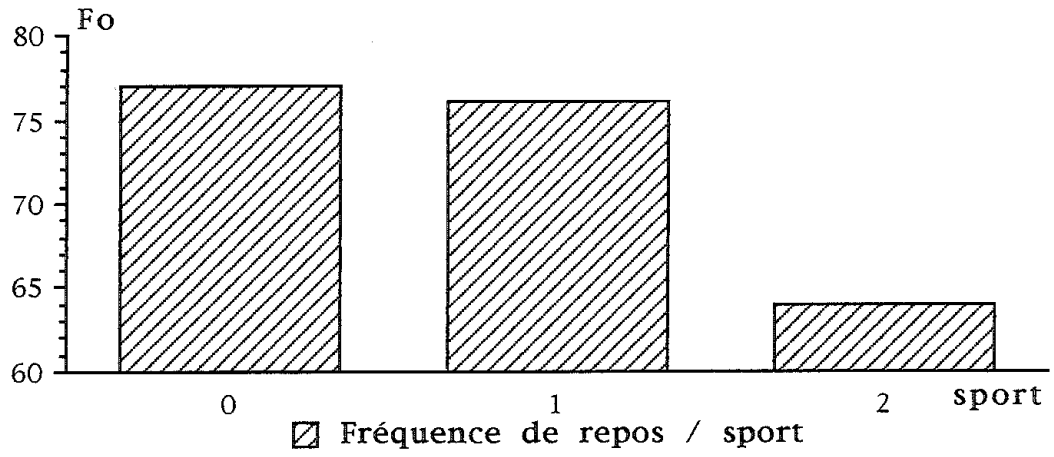


Limites de l'effort

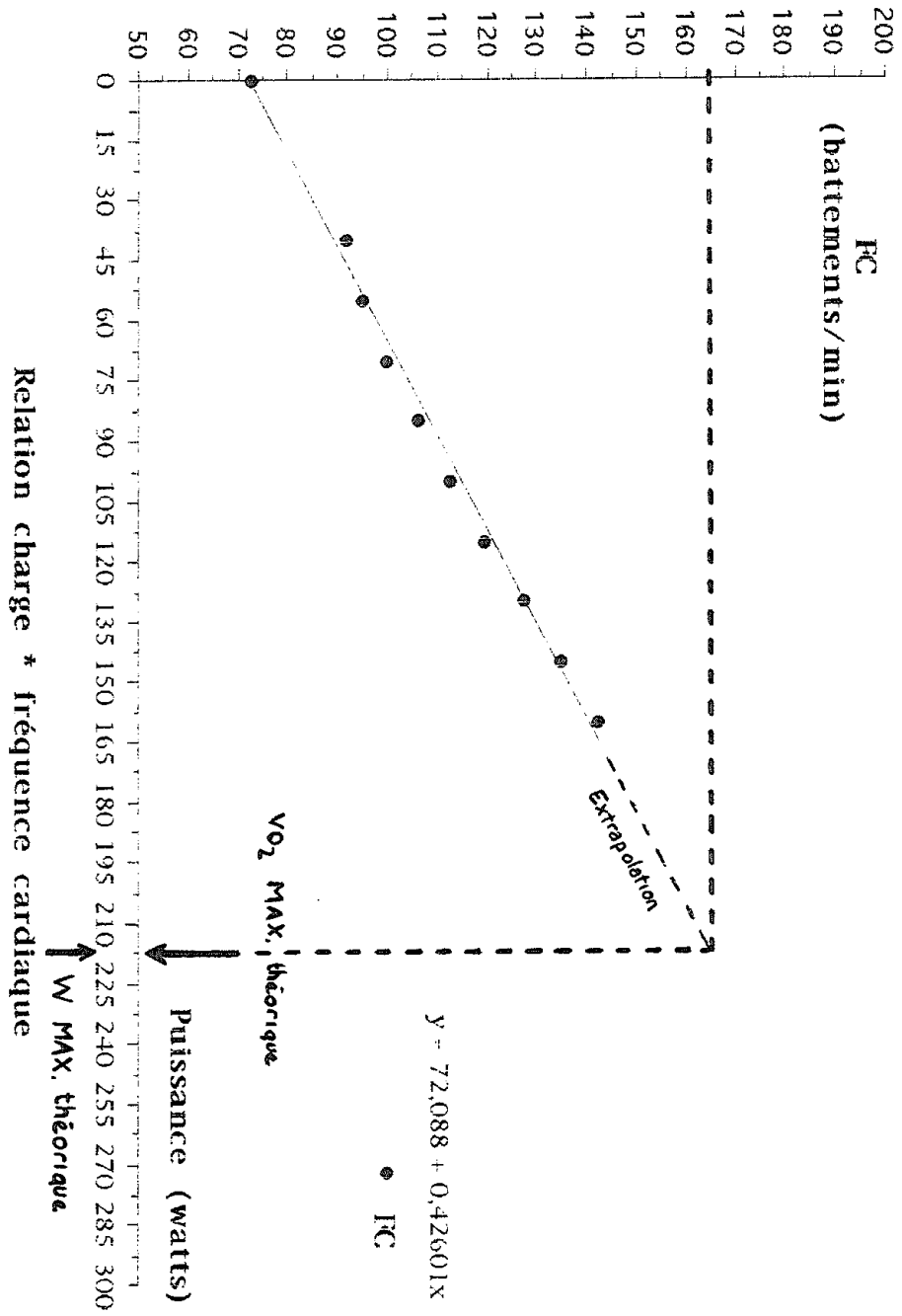


- 1 (90%) : 80% AMTFC
- 2 (6,7%) : 80% AMTFC + TAS > 22
- 3 (3,3%) : TAS > 22

ANNEXE III



ANNEXE IV



TEST D'EVALUATION PHYSIQUE

Date : Nom : Prénom : Age :
 Poids : Taille :

INTENSITE TRAVAIL	DUREE	FREQ.	T.A	S.F	
Repos					<u>PATHOLOGIES</u>
Test isométrique					Traumato. MS
Avant					Traumato. MI
					Rachis
MS - WATTS - MI					Neuro. centrale
25 40	1'30				Neuro. périphérique
35 55					Cardio-vasculaire
45 70					Rhumatologie
55 85					
65 100					
75 115					<u>LIMITES DE L'EFFORT</u>
85 130					80 % de l'AMTFC
95 145					Troubles du rythme
105 160					T.A.S : 22
115 175					T.A.D : 11
125 190					T.A : mauvaise adaptation
135 205					
145 220					<u>SIGNES FONCTIONNELS</u>
155 235					Douleur : MI- MS - Thorax
165 250					Fatigue : MI - MS
175 265					Fatigue générale
185 280					Oppression
195 295					Paleur + transpirat. froide
205 310					Dyspnée :
215 325					D1 : augmentat. respiration
					D2 : effort imposant la respiration par la bouche
					D3 : difficulté de parole
					D4 : pâme

ARRET

	1'				
	2'				
	3'				
	5'				
	10'				

CAUSE D'ARRET :

ANNEXE VI

\times	moy.	écart-type	inf.	sup.
ages	24,7	4,7	19	35
taille	175,3	5,3	165	188
poids	71,4	9,7	56	98
sport	0,9	0,9	0	2
FC max	171	4,6	161	181
Fo	72,9	15,4	50	104
F1	92,2	18,3	65	135
F2	95	15,9	68	134
F3	99,3	15,7	71	137
F4	106,3	15,5	80	140
F5	112,6	15	84	143
F6	119,8	15,5	94	156
F7	127,5	14,8	98	166
F8	134,9	15,7	106	169
F9	142,6	15,8	109	176
FR1	131,9	11,1	113	157
FR2	116,4	11,6	96	138
FR3	108	10,7	85	127
FR4	101,7	11,5	81	126
FR5	95,4	10,4	77	113

Tableau des moyennes

num	age	taille	pds	sportif	cm	F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
1	26	174	64	0	167	62	69	86	83	99	111	118	132	149	155	167
2	23	174	70	1	175	87	105	108	109	116	117	129	130	146	150	160
3	30	171	98	0	162	52	82	83	89	93	100	106	118	116	130	135
4	21	169	56	0	178	96	101	101	114	116	129	135	141	154	160	167
5	24	170	61	2	166	50	69	68	79	83	87	94	98	106	114	118
6	23	178	77	0	174	83	97	97	98	101	108	111	114	120	122	125
7	20	175	87	0	173	65	84	91	95	100	105	107	116	128	139	142
8	23	178	72	1	169	56	87	80	86	96	104	117	128	136	154	160
9	22	177	78	1	176	89	105	108	110	116	129	133	136	146	153	161
10	26	165	57	0	173	92	116	118	132	138	140	156	166	169	176	
11	33	183	91	2	167	87	109	110	107	124	126	135	135	138	145	146
12	35	174	61	2	161	65	80	88	90	95	110	112	120	123	128	133
13	24	188	81	1	169	64	85	80	92	98	104	108	120	132	140	147
14	22	178	74	2	169	55	65	77	87	89	97	106	121	131	138	153
15	21	181	72	0	176	88	109	111	117	116	121	129	137	145	153	158
16	28	180	65	1	173	101	124	125	126	129	138	139	148	146	151	158
17	19	169	72	1	172	62	83	90	92	96	98	102	106	112	117	123
18	22	178	65	0	172	66	79	79	87	96	100	117	124	140	145	162
19	21	187	78	0	171	60	71	95	100	102	105	114	120	129	143	149
20	20	170	64	0	181	104	135	134	137	140	143	145	148	153	160	165
21	35	170	73	0	163	76	94	96	103	110	120	126	134	142	155	156
22	19	180	71	2	170	50	65	71	80	83	94	99	107	107	116	119
23	22	175	82	2	170	58	66	74	71	80	84	95	104	106	109	120
24	22	173	60	0	175	80	109	105	110	125	126	140	143	152	156	170
25	29	171	69	2	167	70	83	91	94	103	105	111	117	123	132	135
26	19	171	72	2	174	65	94	96	99	103	110	119	132	140	151	159
27	29	175	72	0	168	76	110	101	105	112	119	131	140	148	152	164
28	32	175	70	2	168	80	97	101	100	108	113	116	132	134	142	147
29	24	175	67	1	172	80	107	109	115	123	126	133	136	145	155	160
30	26	174	63	1	169	69	87	89	91	100	109	110	121	132	139	152

F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5	D1	D2	D3	LDE
173								116	104	96	88	84	160			1
165	170	175						145	130	118	112	105	130	175		1
146	150	162						113	98	92	98	84	115	175		1
184								129	116	111	109	99	160	190		1
125	130	142	153	156	161	169		128	110	104	91	84	205	235	280	2
135	140	150	155	165				114	103	98	89	84	190	220		2
159								119	103	97	81	77	130	235		3
174								123	113	107	96	89	160	205		1
167	172	179						146	134	121	110	100	190			1
150	159	163	164	170				153	138	127	126	113	100	160		1
134	136	142	146	153	159	161		134	129	117	109	103	220	250		1
152	160	168	170					130	105	101	97	80	130	280		1
159	169							132	120	108	103	96	130	220		1
168	173	177						130	98	85	85	81	145			1
161	167	173						157	132	123	117	112	145	220		1
129	135	144	152	162	171	172		140	122	117	109	110	175	220		1
172								125	116	112	103	99	160	235		1
156	163	171						113	96	94	89	88	130	160		1
171	176	181						138	124	119	117	109	175	205		1
167								142	130	116	114	109	160	220		1
130	133	141	148	153	161	167	171	143	121	111	110	100	115	145		1
132	144	153	163	170				134	109	95	91	87	160	235		1
175								125	105	97	91	85	145	190		1
146	151	159	164	167				126	117	110	101	100	115	145		1
167	175							133	122	113	106	100	130	190		1
168								133	126	122	112	98	160	190		1
160	162	175						127	113	102	87	96	160			1
167	169	176						137	126	116	108	104	145			1
154	162	171						135	120	111	111	97	130	175		1
								137	112	101	91	88	160	190		1

ANNEXE VII

Tableau I : Résultats de l'étude

Sport : 0 = aucun sport

: 1 = pratique d'un sport une fois par semaine

: 2 = pratique d'un sport plus d'une fois par semaine

Fo = FC de repos

F1 = FC au premier palier (40 watts)

F2 = FC au deuxième palier (55 watts)

F3 = FC au troisième palier (70 watts) ...

et ce jusque F18 = FC au dix-huitième palier (295 watts)

FR1 = FC de récupération 1 minute après arrêt de l'effort

FR2 = FC de récupération 2 minutes après arrêt de l'effort

FR3 = FC de récupération 3 minutes après arrêt de l'effort

FR4 = FC de récupération 5 minutes après arrêt de l'effort

FR5 = FC de récupération 10 minutes après arrêt de l'effort

Dyspnée : D1 = augmentation de la respiration

: D2 = effort imposant la respiration par la bouche

: D3 = difficulté de parole

LDE = limites de l'effort : 1 = 80% AMTFC

: 2 = 80% AMTFC + TA systolique > 22

: 3 = TA systolique > 22