

REPUBLIQUE DU SENEGAL

UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, DES UNIVERSITES, DES
CENTRES UNIVERSITAIRES REGIONAUX ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR (UCAD)



INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR DE L'EDUCATION POPULAIRE ET DU SPORT
(INSEPS)

MEMOIRE DE MAITRISE ES-SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'ACTIVITE
PHYSIQUE ET DU SPORT (S.T.A.P.S)

THEME

Qualités de puissance et d'endurance des
membres supérieurs chez des athlètes
handicapés physiques.

PRESENTE PAR :

Bécaye GUEYE

SOUS LA DIRECTION DE :

Djibril SECK

Professeur à l'INSEPS

ANNEE UNIVERSITAIRE 2010-2011

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A Dieu le tout puissant, le miséricordieux. Il m'a guidé par sa lumière divine tout au long de mon existence. A son prophète Mohamed paix et salut sur lui (P.S.L.).

- ❖ Mon défunt père Oumar Gueye ! les mots pour vous qualifier n'existe pas dans mon vocabulaire ! vous êtes le meilleur père que Dieu puisse m'offrir dans cette vie ! repose en paix papa, que la terre du Fouta te soit légère.
- ❖ Ma mère Anta Coumba SOW pour son dur labeur envers ses enfants ! vous nous avez inculqué les valeurs morales, la rectitude, la valorisation de soi qui nous permet de vivre dans n'importe quel milieu ! merci maman ! longue vie à toi !

Cheikh Ahmet Tidiani, que sa lumière se reprend sur nous !

Mon guide spirituel, Seydil Hadj Malick SY que la miséricorde de Dieu soit avec lui (R.T.A).

Khalifa Aboubacar Mbaye mon guide par la voix et l'enseignement de Seydil Hadj Malick.

- ❖ Mes frères et sœurs : Thierno, Mamadou, Fatimata, Aissatou, Khardiata et Bineta !
- ❖ Amadou Sy, Oumar Sy ainsi que leur famille.
- ❖ Pape Ahmadou Diop, mon maître coranique ; pour son amour et son souhait de nous voir réussir dans la vie et au-delà !
- ❖ Mes amis de daara, Abdoulaye Dème, Ahmet Dieng, Mameboudy Touré, Babacar Dieng, Ahmet Gueye pour ne citer que cela.
- ❖ La daïra Mouhtacimina bi HablilahiMatini de l'Université Gaston Berger de Saint Louis là où j'ai eu à faire mes premiers pas d'étudiant.
- ❖ Mes amis de Saint Louis, Seydina et frères, alioune Dieye et frères, Tapha, Pape Sarr, Boubacar SY, Ahmet Soumara et frères, Lamine Diagne etc.....
- ❖ Tous mes amis élèves avec qui j'ai partagé l'enseignement du lycée Charles de Gaulle de Saint Louis.
- ❖ Mes amis de l'ASC Yaakaar de Diamaguène de Saint Louis
- ❖ Tous les camarades de promotions sans exception !
- ❖ Tout le personnel et tous les étudiants de l'INSEPS !

Remerciement

Rédiger les remerciements est toujours un exercice difficile. Mais je m'y attelle avec plus de plaisir que l'occasion m'est ainsi donnée de mettre en avant la richesse des rencontres qui ont jalonné ces années d'études.

Je tiens tout d'abord à remercier le directeur de ce mémoire, le professeur Djibril Seck pour m'avoir accepté malgré son emploi du temps trop chargé et la confiance qu'il a bien voulu m'accorder malgré mes connaissances initialement légères dans le domaine des sciences de la physiologie et biomécanique. Je tiens à le remercier pour le plaisir intellectuel que m'ont procuré nos innombrables et enrichissantes discussions.

Mes remerciements s'adressent ensuite à M. Thiandoum, président du club handistar de NiaryTally et au coach EL Hadj Ndiaye qui m'ont facilité l'accès à la maison.

Je remercie tout particulièrement mes frères et sœurs qui m'ont épaulé tout au long de mon cursus à différents niveaux et sur tous les plans. Longue vie à vous tous !

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon gendre M. Amadou Sy pour sa bonne humeur et sa générosité, de l'hospitalité dont il fait preuve durant ces années d'études à Dakar au sein de sa maison. Et à ma sœur Khardiata pour les sacrifices consentis.

Je remercie également Mlle Awa Diallo, Fatimata Diallo pour les douleurs endurées dans la confection de ce mémoire. A mon ami Ndiambé Ndiaye que la gentillesse n'a point de limite. Tu es bon ! A nous deux l'avenir.

Mes remerciements s'adressent aussi à la famille Ba, SALL de la rue 13 X Blaise Diagne. A ma maman Fatoumata Ba, Doudou Sall, Amadou Ba ainsi que ses frères Seydou, Amadou et Lamine Kane.

Mais aussi à Mamadou Sall Ndiaye né grand Mod et son ami Malick Diop sans oublier grand Baye, Alioune Ba, Doudou Sall, Amadou Ba, grand Baboye ainsi que tous les membres de cette merveilleuse famille sans exception.

Je remercie également mon ami Joe pour sa disponibilité et son aide particulier pour la confection de ce document. Que Dieu te récompense de ta gentillesse.

Enfin, ces remerciements ne seraient pas complets sans mentionner :

- L'infirmier stragiaire à l'INSEPS
- Tout le personnel de l'INSEPS
- A Tata Anastasie, Grégoire, Djibril Sène, et

Je remercie à l'avance ceux qui donnent leur corps à la science et qui permettront ainsi à des recherches telles que celle-ci de se développer. J'aimerais citer les athlètes handicapés physiques de handistar et mes camarades de promotion qui ont voulu faire ces tests.

Sommaire

Dédicaces	2
Remerciement	3
INTRODUCTION	8
CONTEXTE ET JUSTIFICATION.....	8
PROBLEMATIQUE	9
INTERET GENERAL	10
METHODOLOGIE	10
PLAN DU TRAVAIL	10
CHAPITRE I: RAPPELS PHYSIOLOGIQUES.....	12
1. PROPRIETES GENERALES DU MUSCLE.....	12
1-1 L'excitabilité	12
1-2 élasticité.....	12
1-3 la contractilité	12
1.4. Influence de la longueur du muscle et de l'angle de levier.	21
1.5. Dimension du muscle :	22
1.6. Taille corporelle.....	23
1.7. Les différents types de travail musculaire :	24
1-8 Facteurs nerveux.....	30
2. Origine du mot handicap.....	31
2-1 Différents types de handicap	32
METHODOLOGIE	37
CHAPITRE II : METHODOLOGIE	38
1- MATERIEL	38
1-1 les sujets.....	38
1-2 Matériel.....	38
2- METHODE.....	39
2-1 Mesure des qualités de puissance et d'endurance	39
2-2 Mesure des qualités anthropométriques	39
2-3 Protocole.....	40
Chapitre III : PRESENTATION ET COMMENTAIRE DES RESULTATS.....	43
CHAPITRE IV : DISCUSSION.....	52
1. L'effet du poids, de la taille et la masse musculaire active sur la performance des athlètes	52

2- influence des mesures Anthropométrique sur la performance des sujets	52
3. Etude explicative de nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres études faites sur les membres supérieurs	55
3-1. Explication de nos résultats avec ceux obtenus dans les travaux de GNINGUE (1998)	55
3-2 : Explication de nos résultats avec ceux obtenus dans les travaux de MBAYE (1999) .	56
Résumé et conclusion	58
WEBOGRAPHIE.....	61
BIBLIOGRAPHIE	62

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le sport, phénomène des temps modernes, est apparu en Angleterre durant la deuxième moitié du XIX e siècle, précisément en 1813. La définition de cette notion de sport peut paraître très ambiguë dans la mesure où, elle intègre tous les aspects et toutes les dimensions de la vie humaine.

Dans le dictionnaire universel de 2011, le sport se définit comme une activité physique qui a pour but la compétition, l'hygiène ou la simple distraction. Cette définition reflète l'idée que tout individu doit pratiquer le sport. Mais beaucoup de personnes, du fait de leur manque de connaissance, de leur incapacité à jouir pleinement de toutes leurs facultés motrices, à dépasser leurs craintes et goûter au plaisir de ressentir la valorisation de soi se trouve être sédentaire. Et c'est pendant la seconde guerre mondiale, dans le souci de traitement des blessés de la moelle épinière à l'hôpital de Stocke Mandeville que le sport pour handicapé à vue le jour.

En effet, l'utilisation de l'activité physique pour ce traitement a révolutionné la vie et les possibilités des handicapés physiques qui, depuis des siècles, étaient considérés par les médecins et la société comme des condamnés sans espoir. Ce nouveau traitement global à énormément aider à rendre à ces victimes, non seulement leur vigueur physique, mais aussi leur amour propre, leur assurance et leur sens de camaraderie et de la compétition. Et c'est en 1972 que fut abordé pour la première fois, lors du congrès scientifique de Munich avant les olympiques, le problème de l'activité physique et du sport pour les handicapés physiques. Le comité organisateur de cette réunion scientifique et une partie grandissante de la population étaient conscients du fait que le sport pouvait jouer un rôle important dans la vie de cette couche de la population.

CONTEXTE ET JUSTIFICATION

Force est de reconnaître que la plupart des études physiologiques se sont intéressées sur les membres inférieurs comparé à celles faites sur les membres supérieurs. Les jeux olympiques de 1972 en Angleterre ont suscité beaucoup d'interrogation sur la pratique sportive en générale mais surtout les athlètes qui utilisent les membres supérieurs pour l'exécution de leurs mouvements. La masse de l'un des membres supérieurs (bras +avant bras+ main) représente environ 5,6%. Par contre, la masse de l'un des membres inférieurs (cuisse + jambe + pied) représente entre 15,7 à 17,6% du poids corporelle (DAVIES et SARGEANT, 1954).

Il a été démontré que le travail des bras, comparé à celui des jambes entraîne des réactions hémodynamiques différentes de sorte que les paramètres physiologiques comme la fréquence cardiaque et la ventilation pulmonaire n'atteignent pas leurs maximum. Et ces facteurs limitant la performance dépendent tous de la masse musculaire (NADEAU/PERRONET ET COLL, 1980).

L'évaluation des réactions cardio-pulmonaires et métabolites lors d'un travail physique accompli par les bras est nécessaire chez les gens normaux mais celle-ci devient indispensable chez les sujets qui ne peuvent pas utiliser leurs jambes pour accomplir le travail exigé.

Le handicapé physique du paraplégique caractérisé par une paralysie totale ou partielle des membres inférieurs, a permis à des savants de s'investir dans les pratiques sportives afin de voir les métamorphoses physiologiques comme les facteurs limitatifs de la performance en rapport à la faible masse musculaire mise en jeu.

L'avènement du sport pour handicapé au Sénégal remonte en 1985 et son développement jusqu'à l'implantation d'équipes de basketball et d'athlètes, a suscité en nous une réflexion sur les qualités de puissance et d'endurance des handicapés physiques de sexe masculin au Sénégal. Et dans cette étude nous nous sommes intéressés aux pensionnaires de l'équipe d'handistar de Niary tally.

PROBLEMATIQUE

Les travaux de TAYLOR et COLL en 1973 ont ouvert toute une nouvelle avenue de recherche depuis qu'une première enquête sur des athlètes d'élite en fauteuil roulant a permis d'établir qu'ils possédaient une musculature dont les fibres auraient une surface d'échange supérieure à celle des athlètes normaux de calibre olympique.

C'est dans ce sens et en guise de vérification de cette affirmation à sa juste valeur, que nous nous sommes intéressés à la pratique sportive d'athlètes handicapés physiques.

INTERET GENERAL

Nous osons espérer que cette étude, en dehors du souci de contribution au développement du sport pour handicapé physique, fera l'objet d'orientations et de suivi pour les différents types de sports pour handicapés au Sénégal de ce XXIème siècle.

METHODOLOGIE

Ainsi pour mener à bien notre étude, nous allons faire un test de pédalage avec les membres supérieurs sur bicyclette ergométrique en vue de déceler les qualités de puissance et d'endurance de ces athlètes handicapés.

Afin de confirmé ou d'infirmier cette affirmation de TAYLOR et COLL en 1973, nous allons comparer les temps-limites de travail des valides et handicapés. Ce temps est défini, comme le temps d'épuisement total ou dans cette étude, comme le temps de maintien de la charge, au pédalage sur bicyclette ergométrique avec les membres supérieurs, à la vitesse constante.

Nous avons d'abord soumis aux deux groupes d'athlètes handicapés et valides, des tests de mesures anthropométriques comme le poids, la taille, les plis cutanés et longueurs ainsi que la circonférence des membres supérieurs afin de voir si elles pourraient influencer sur la performance (temps-limite de travail) des sujets.

PLAN DU TRAVAIL

Dans les besoins de cette étude, nous allons aborder la démarche suivante :

- Chapitre I : RAPPELS PHYSIOLOGIQUES
- Chapitre II : METHODOLOGIE
- Chapitre III : PRESENTATIONS DES RESULTATS
- Chapitre IV : DISCUSSION

RAPPEL PHYSIOLOGIQUE

CHAPITRE I: RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

1. PROPRIETES GENERALES DU MUSCLE

Les trois propriétés principales du muscle sont l'excitabilité l'élasticité et la contractilité.

1-1 L'excitabilité

Une structure vivante est dite excitable lorsqu'elle répond de façon spécifique à la stimulation. Un stimulus électrique, porté directement sur le muscle ou sur son nerf moteur, détermine une réponse mécanique. Celle-ci peut être aussi obtenue par un choc mécanique appliqué sur le corps charnu du muscle (réponse idiomusculaire) ou sur son tendon (réponse réflexe). La contraction volontaire résulte de la mise en jeu de la voie motrice à partir du cortex moteur.

1-2 élasticité

On dit qu'une structure, vivante ou non, est élastique lorsqu'elle se laisse déformer sous l'influence d'une force extérieure et reprend sa forme initiale lorsque cette force cesse de s'exercer. Lorsqu'un muscle est suffisamment étiré, il naît contre ses extrémités opposées une certaine tension. Celle-ci est due à la résistance qu'oppose la structure propre des myofilaments, le sarcoplasme des fibres, les différents cloisons conjonctives entourant celle-ci ou les regroupant en faisceau (endo-péri-epimysium), et aux tendons. L'élasticité est une priorité du muscle au repos.

1-3 la contractilité

On désigne par contractilité la capacité du muscle à se raccourcir ; contraction peut être prise comme synonyme de raccourcissement, mais le terme « contraction » est mal choisi, car le muscle n'a pas toujours la possibilité de raccourcir. Le terme « activation » conviendrait mieux, mais il est moins spécifique de la réponse musculaire. A. V. HILL parle d'état actif du muscle au moment de la stimulation :

- ✓ En condition isométrique, les deux extrémités opposées du muscle sont fixes ; la stimulation crée une force qui tend à les rapprocher ;
- ✓ En condition anisométriques, l'une des extrémités du muscle est libre, la stimulation provoque un raccourcissement du muscle si la force créée est suffisante, dans le cas où une force extérieure importante s'exerce sur le muscle, celui bien que contracté, peut subir un allongement.

1-3-1 les différents aspects de la réponse musculaire

La réponse mécanique à la stimulation a été étudiée sur la fibre isolée, sur le muscle désinséré (préparation nerf-muscle) ou sur le muscle in situ. Les faits établis sont en règle générale concordants, les observations sur l'homme venant corroborer ce qui été préalablement démontré chez l'animal.

1-3-2 la réponse mécanique

La réponse mécanique dépend du nombre et de la fréquence des stimulations. Un stimulus unique donne une réponse élémentaire : la secousse musculaire. Un train de stimulus suffisamment rapproché, donne une réponse plus complète : le téтанos. L'intensité de la réponse téтанique a été reliée à la longueur à laquelle le muscle est stimulé (diagramme tension-longueur) où la vitesse à laquelle il se raccourcit (relation force-vitesse).

1-3-3 la secousse musculaire

Obtenue dans les conditions isométriques, la secousse musculaire comporte trois phases successives : une phase de latence, une phase de tension croissante (contraction proprement dite), une phase de tension décroissante (décontraction). En anisométrie, après la phase de latence on observe un déplacement (raccourcissement du muscle) suivi d'un retour à la position initiale, la vitesse de contraction est appréciée par le temps de demi-relaxation, délai séparant le moment de la stimulation du retour de 50% de la modification qu'elle a provoqué (tension ou déplacement).

La stimulation électrique du nerf moteur pratiquée à intensité croissante détermine une réponse d'amplitude croissante jusqu'à l'obtention d'une réponse maximale. Il s'agit d'un phénomène de sommation spatiale correspondant au recrutement progressif des différentes unités motrices du muscle. Chaque unité motrice obéit à la loi du tout ou rien, mais non le muscle.

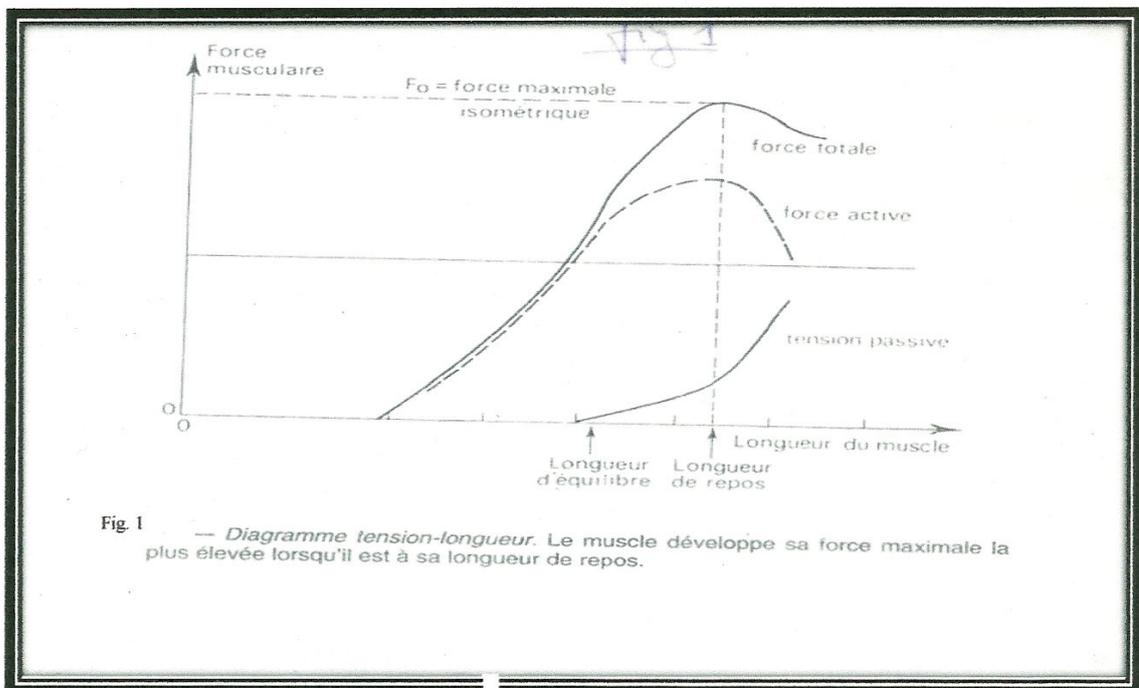
Qu'il s'agisse d'une secousse, d'un téтанos expérimental, ou d'une contraction volontaire, le niveau de tension dépend de la longueur à laquelle se trouve le muscle au moment de son activation. Le diagramme tension-longueur du muscle strié squelettique, initialement établi sur une préparation nerf-muscle, a été retrouvé chez l'homme : des mesures ont pu être réalisées chez des sujets amputés au-dessus du coude à la suite d'un accident, chez lesquels un dispositif spécial permettait de faire varier la longueur du

biceps brachial. Un diagramme a été décrit pour le muscle cardiaque, et un autre assez voisin pour le muscle lisse.

1-3-3-2 forme typique du diagramme

Lors d'un étirement progressif d'un muscle isolé au repos, une tension n'apparaît que pour une longueur de celui, dénommé longueur d'équilibre. C'est la longueur que prend spontanément le muscle désinséré lorsqu'il n'est soumis à aucune force extérieure.

La tension croît d'abord modérément, puis plus rapidement au-delà de la longueur d'équilibre. La courbe tension-longueur du muscle au repos est encore appelée courbe de tension passive.



Si l'étirement est réalisé sur le muscle activé de façon maximale, où, ce qui revient au même si le muscle est activé dans des conditions isométriques à une longueur progressivement croissant, on voit apparaître une tension pour une longueur du muscle inférieure du 40% environ à sa longueur d'équilibre.

La tension croît ensuite rapidement, passe par un maximum et décroît enfin pour les valeurs élevées de la longueur du muscle. Lorsque l'on dépasse notablement la longueur maximale que peut avoir le muscle normalement inséré sur le squelette, il est possible d'observer une remontée de la tension, correspondant à une modification de

structure des sarcomères. La courbe de force totale ainsi obtenue est encore dite de tension active.

En déduisant point par point la tension passive de la tension active, on obtient une troisième courbe de force active dite encore courbe de tension utile, mettant en évidence la force contractile nette utilisable pour une longueur du muscle que l'on peut considérer comme optimale, et qui correspond à la longueur du muscle. La chute de la force que peut développer un muscle de part et d'autre de cette longueur optimale correspond à des longueurs moins favorables des sarcomères, pour lesquels le nombre des ponts formés entre la myosine et l'actine est réduit.

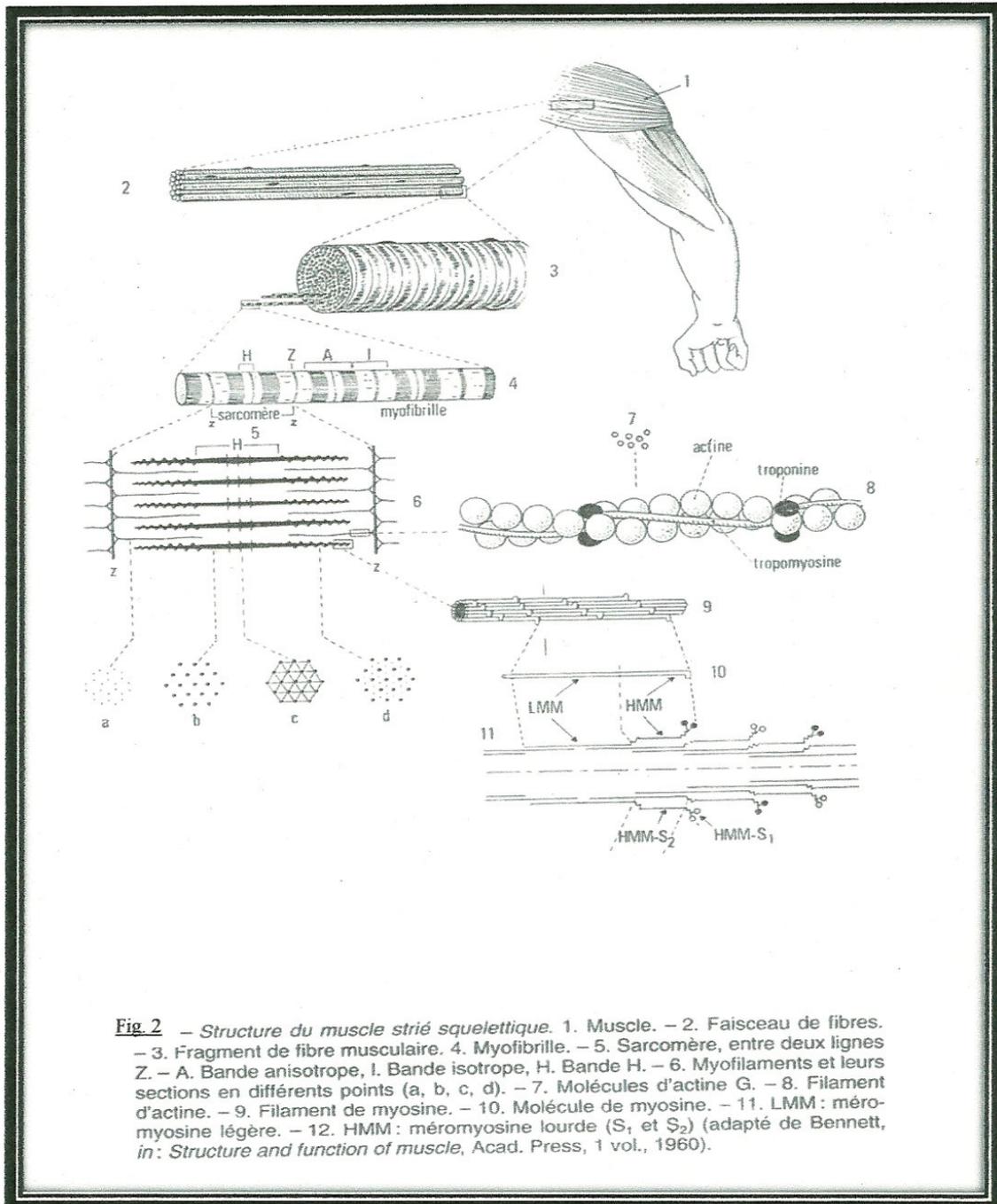


Fig. 2 – Structure du muscle strié squelettique. 1. Muscle. – 2. Faisceau de fibres. – 3. Fragment de fibre musculaire. 4. Myofibrille. – 5. Sarcomère, entre deux lignes Z. – A. Bande anisotrope, I. Bande isotrope, H. Bande H. – 6. Myofilaments et leurs sections en différents points (a, b, c, d). – 7. Molécules d'actine G. – 8. Filament d'actine. – 9. Filament de myosine. – 10. Molécule de myosine. – 11. LMM: méromyosine légère. – 12. HMM: méromyosine lourde (S₁ et S₂) (adapté de Bennett, in: *Structure and function of muscle*, Acad. Press, 1 vol., 1960).

La longueur optimale du muscle peut être modifiée par un entraînement de celui par des exercices réalisés en force dans une plage articulaire limitée.

La longueur au repos du muscle peut être définie de plusieurs façons ; elle correspond en effet ;

- A un pourcentage donné de la longueur d'équilibre (125%) ;
- A la longueur optimale du muscle : celle pour laquelle la force utile est maximale ;

- A la position d'ouverture moyenne de l'articulation commandée par ce muscle ;
- Et plus généralement, à une position articulaire résultant de l'équilibre des forces électriques qui s'exercent au niveau des agonistes et antagonistes commandants une même articulation.

En raison du digramme tension-longueur, certains mouvements réalisés avec charge (haltérophilie, pouliothérapie.....) peuvent se trouver limités dans leurs courses ; la force maximale disponible diminuant rapidement lorsque le raccourcissement est important. De façon plus générale, les mouvements avec charge sont plus difficiles à effectuer lorsque les articulations sont très ouvertes ou au contraire, très fermées.

1-3-3-3 Forme atypique du diagramme

Le diagramme tension-longueur, généralement décrit, est celui d'un muscle blanc, le diagramme d'un muscle rouge diffère notablement, excepté en ce qui concerne les propriétés élastiques (figure n^o3). Le muscle rouge ne présente pas une longueur optimale mais une plage assez étendue à l'intérieur de laquelle la force maximale reste indépendante de la longueur du muscle. Les muscles rouges, principalement posturaux sont donc capables d'exercer des forces élevées pour des variations de l'angulation de l'articulation qu'ils contribuent à fixer.

Chez l'homme, la forme du diagramme tension-longueur s'écarte parfois du schéma général parce que les variations de positions articulaires comportent deux aspects : variation de longueur du muscle et variation d'obliquité de la tension par rapport aux bras de levier osseux. Ce dernier élément n'intervient pas lorsque le muscle s'insère par un tendon se réfléchissant sur une poulie (quadriceps fémoral.....)

Il faut penser aussi que certains muscles croisent deux articulations (biceps, jumeaux) ; et que la longueur du muscle peut être modifiée par la position des articulations. Ainsi par exemple, le diagramme tension-longueur du quadriceps fémoral diffère-t-il, lorsqu'il est déterminé en position couchée ou en position assise (figure n^o3)

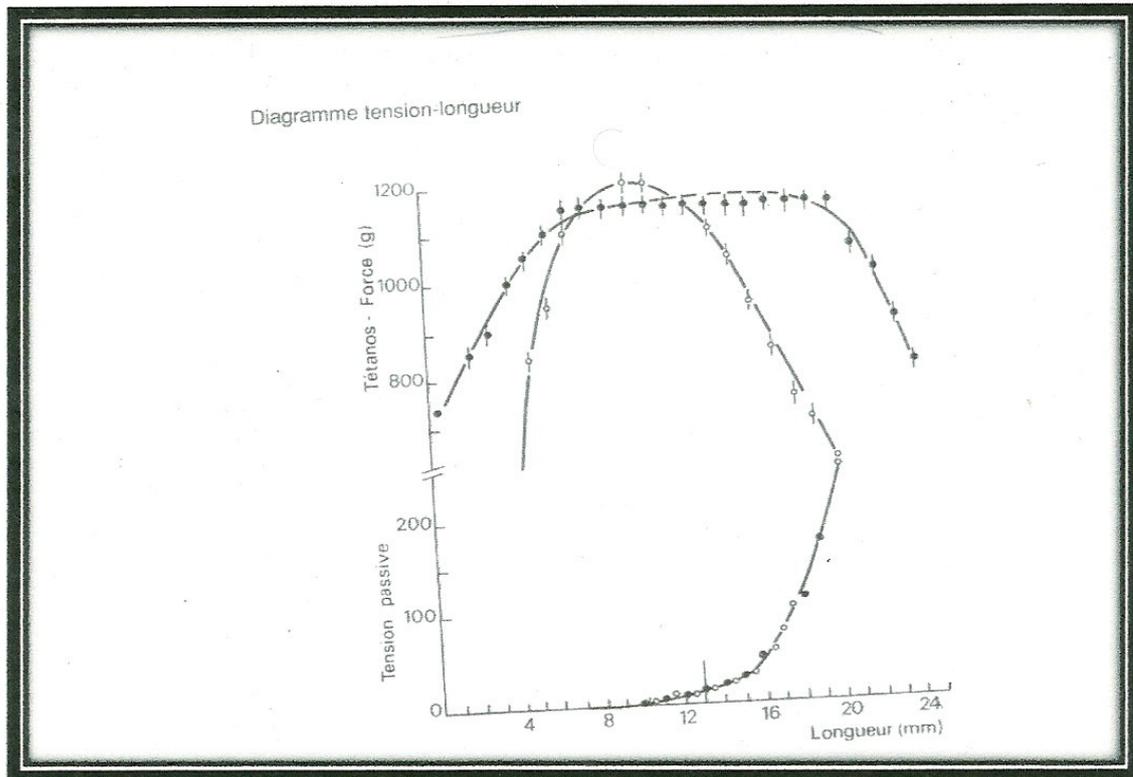


Figure 3 : Variation du diagramme tension-longueur avec la nature du muscle. Muscle blanc (°) et Muscle rouge (.).

Les courbes de tension passive sont bien superposées ; les courbes des muscle stimulés maximalement diffèrent nettement l'une de l'autre. Résultat obtenu chez l'animal, la flèche indique la longueur de repos des muscles (d'après Buller, Sci basis med, 1965, 186-201).

Diagramme force vitesse

La vitesse maximale à laquelle peut se raccourcir dépend de la force qui lui est opposée. Lorsque la charge est nulle, une maximale absolue du mouvement peut être obtenue. Celle-ci est d'autant plus élevée que les segments corporels et les muscles qui les commandent sont petits : la vitesse maximale de mobilisation des doigts ou de la main dépasse largement celle du pied ou de la jambe. Il faut, en effet tenir compte de la masse des segments corporels, même en absence de charge.

Le diagramme force vitesse a été établi ainsi : un muscle, en conditions isométriques, est activé de façon maximale (stimulation électrique ou contraction volontaire) ; on laisse ensuite ce muscle se raccourcir contre différentes charges qui lui

sont successivement opposées, on mesure la vitesse initiale du mouvement qui, dans chaque cas est maximale puisque toutes les unités motrices sont en jeu.

La vitesse maximale (V) diminue avec la force exercée suivant une relation mathématique diversement décrite, exponentielle ou hyperbolique suivant les auteurs :

- ❖ Pour Fenn, $F = F_0 e^{-v/b} - kv$
- ❖ Pour Hill, $(F+a)(V+b) = K' = b(F_0+a)$.

Dans ces équations, F est la force isométrique maximale (correspondant à une vitesse nulle), F, la force au début des mouvements, a, b, B, K et K' des constantes. Dans le cas d'une contraction avec allongement, la courbe force-vitesse peut être prolongé au-delà de l'axe des forces (figure n°4) ; les forces maximales exercées sur le muscle subissent un allongement dépassant largement la force isométrique du muscle.

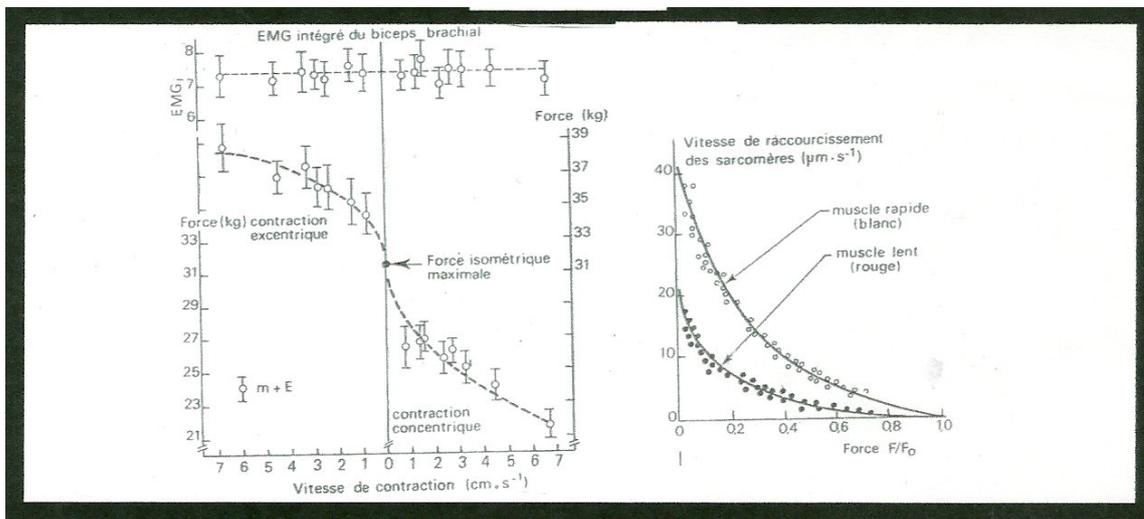


Figure 4 : Diagramme force-vitesse

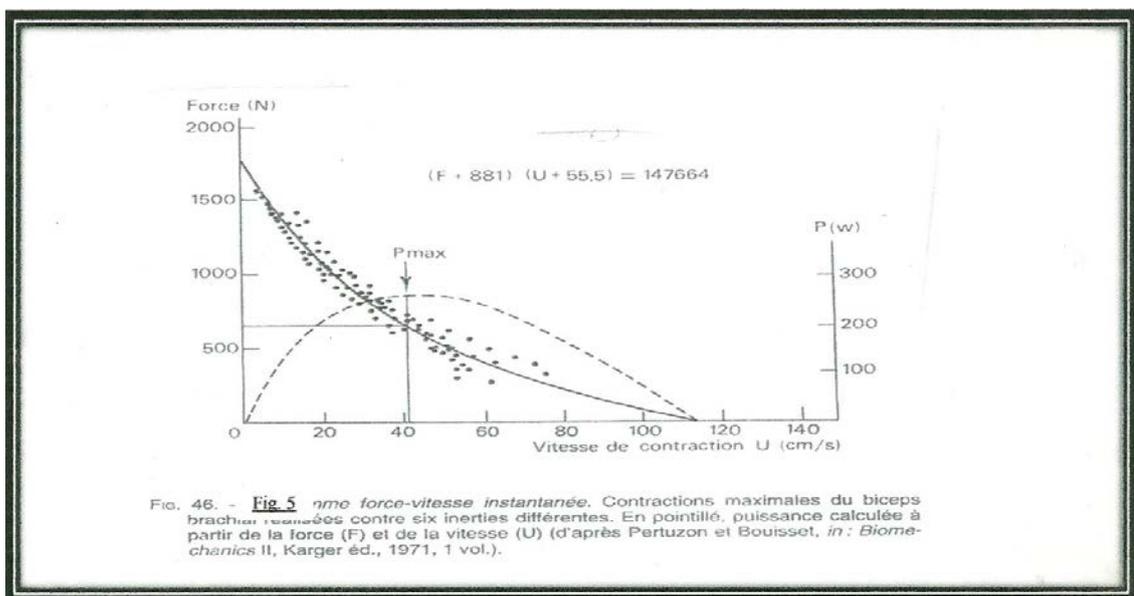
A gauche : la relation a été établie expérimentalement chez l'homme avec les fléchisseurs de l'avant bras avec contraction maximale comme le prouve l'EMG (modifié d'après Vredendregt).

A droite : courbe force-vitesse obtenue sur deux muscles d'animaux, l'un lent, l'autre rapide. La comparaison se fait à forces relatives (F/F₀) égales.

La comparaison entre muscles blancs et muscles rouges montre que pour une fraction donnée de la force maximale, les premiers sont des vitesses de contraction plus élevées que les secondes (figure n°4). Dans les mouvements mono-articulaires dits balistes (flexion ou extension du coude par exemple), la relation prend en compte la force et la vitesse initiales du mouvement dont la durée ne dépasse pas une ou deux seconde(s). Il en est de même dans les mouvements complexes, poly-articulaires et cycliques, tels ceux réalisés sur bicyclette ou à la manivelle. Dans ce cas l'activité peut être prolongée à puissance élevée pendant plusieurs secondes. La puissance maximale n'est alors atteinte que pour des vitesses correspondant à la moitié de la vitesse maximale, vitesse observée lorsque la résistance opposée aux muscles est nulle. La force-vitesse est dans ce cas linéaire.

La détermination de la pente de cette relation peut dans la pratique de l'exploration de l'aptitude physique du sportif, tenir lieu de mesure indirecte de la puissance anaérobie maximale.

La puissance du muscle pour des contractions non maximales est égale au produit de la vitesse par la force exercée. La puissance maximale n'est obtenue ni à vitesse, ni à force maximale, mais pour des valeurs sous-maximales de ces grandeurs, de l'ordre de 35% (figure n°5). Les muscles blancs produisent leur puissance maximale pour des vitesses supérieures à celles des muscles rouges.



1.4. Influence de la longueur du muscle et de l'angle de levier.

Dans une variété de mouvements musculaires, la force de crête qu'un muscle, ou un groupe de muscle, peut développer est variable. C'est ce qu'on appelle la force de courbe illustrée, à la figure n°6, par quelques exemples appropriés. L'allure que prend une courbe de force est déterminée par deux facteurs principaux que sont :

- L'influence du facteur tension-longueur ;

La perpendiculaire de la distance entre l'axe de traction du muscle et des os de l'articulation influencée par une activité musculaire.

L'influence du facteur tension-longueur fait référence à la variation de la force de contraction produite lorsque le muscle se contracte à différentes longueurs.

Généralement, la force de contraction est à sa longueur la plus faible, lorsque le muscle est très court. La valeur de crête, sur la courbe tension-longueur, s'obtient habituellement à une longueur égale ou presque à la plus grande possible du muscle, lorsque ce muscle est en bonne condition.

Les muscles sont aussi responsables de mouvements de rotation, au niveau articulaire, produisant ainsi un moment de force. L'amplitude de ce moment de force produit dépend de la force de la contraction musculaire et de l'importance de la perpendiculaire de la distance entre l'axe de contraction du muscle et de l'axe de contraction.

Plus grande est cette perpendiculaire de la distance, plus le moment de force produit est grand, pour une force musculaire donnée. Cette perpendicularité de la distance varie aux différents angles formés par les pièces osseuses articulaires.

Pour une variété de mouvements observés au niveau articulaire, l'allure de la courbe de force résulte de l'interaction et de l'importance relative du facteur tension-longueur et du facteur perpendiculaire de la distance. La figure n°6 illustre, par un exemple hypothétique, l'interaction de ces facteurs dans la production de force pour la flexion du coude.

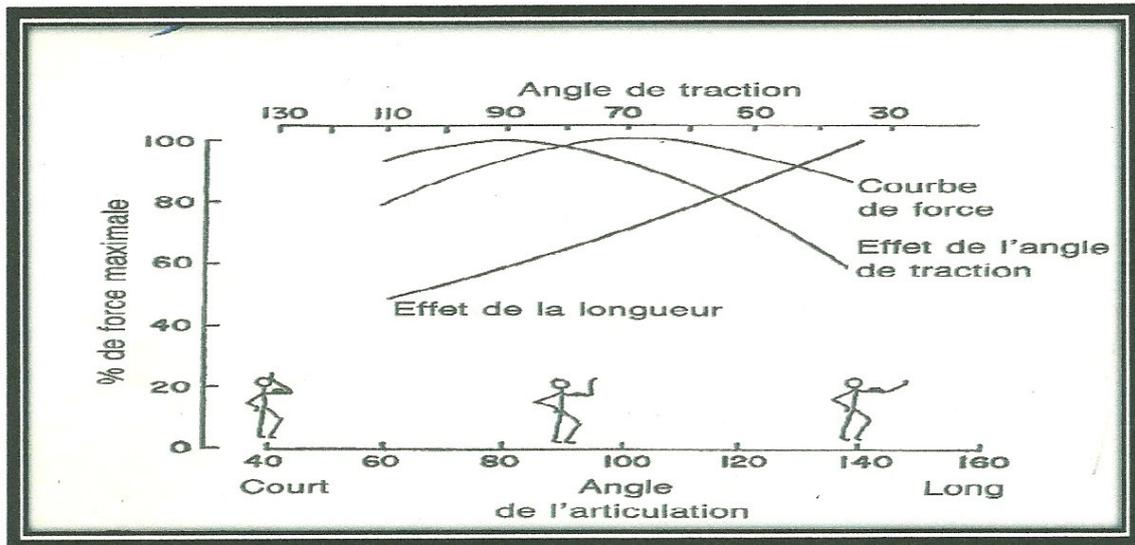


Figure n°6 : Influence de la longueur du muscle et de l'angle de traction sur la force de flexion au niveau du coude.

L'influence de la relation tension-longueur et l'influence de l'angle et de levée interagissent dans la production de la courbe de force développée par le mouvement de flexion au niveau du coude. Par la variété de mouvements décrits, on observe que la longueur une augmentation de la tension du muscle, de la plus courte à la plus longue dimension du muscle. La plus grande dimension du muscle correspond à un angle musculaire du coude de 140° (abscisse inférieur). Par ailleurs, l'angle optimale de levée, soit 90° (abscisse supérieur), est atteint à un angle articulaire d'environ 80°. Ainsi, le sommet de la courbe de la force résultante devrait apparaître quelque part entre les angles articulaires de 80° et 140°, alors que, en fait, on observe à un angle articulaire d'environ 100°.

1.5. Dimension du muscle :

Ikai et Fukunaga (1968) ont établi une corrélation entre la science transversale d'un muscle et la force absolue développée par ce muscle. Ainsi, en moyenne, les athlètes à muscle larges seront plus forts que ceux qui ne disposent que de petits muscles. Il peut y avoir quelques exceptions à cette règle générale à cause d'autres facteurs influençant la performance de force. Par exemple, un athlète aux dimensions musculaires modestes peut quand même offrir une performance supérieure de force s'il possède un contrôle neuromusculaire supérieur, et si son type d'insertion musculaire lui assure un avantage biomécanique plus grand que la normale.

1.6. Taille corporelle.

Les deux plus usuelles façons d'exprimer les résultats de mesure de la force volontaire sont, d'une part, de la traduire en valeur absolue, et d'autre part, de la traduire en fonction de la masse corporelle. Ainsi, un athlète de 75 kilogrammes (kg) peut avoir une force, en valeur absolue, de 750 Newton-mètre (N.m), dans un test d'évaluation musculaire, tandis qu'il aurait un apport (force /masse) corporelle de 10 N.m kg. Il existe donc une corrélation entre la taille corporelle (ou masse corporelle) et la force en valeur absolue (Berger, 1982), ce qui va de soi puisqu'une taille corporelle imposante est associée à des muscles de grandes tailles.

Par ailleurs, on note une corrélation négative entre la masse corporelle et le rapport (force/masse) corporelle. Par conséquent, on peut observer que les athlètes de grandes tailles ont tendance à développer une force qui est grande en valeur absolue, tandis que les athlètes de petites tailles ont plutôt un rapport (force/masse) corporel élevé.

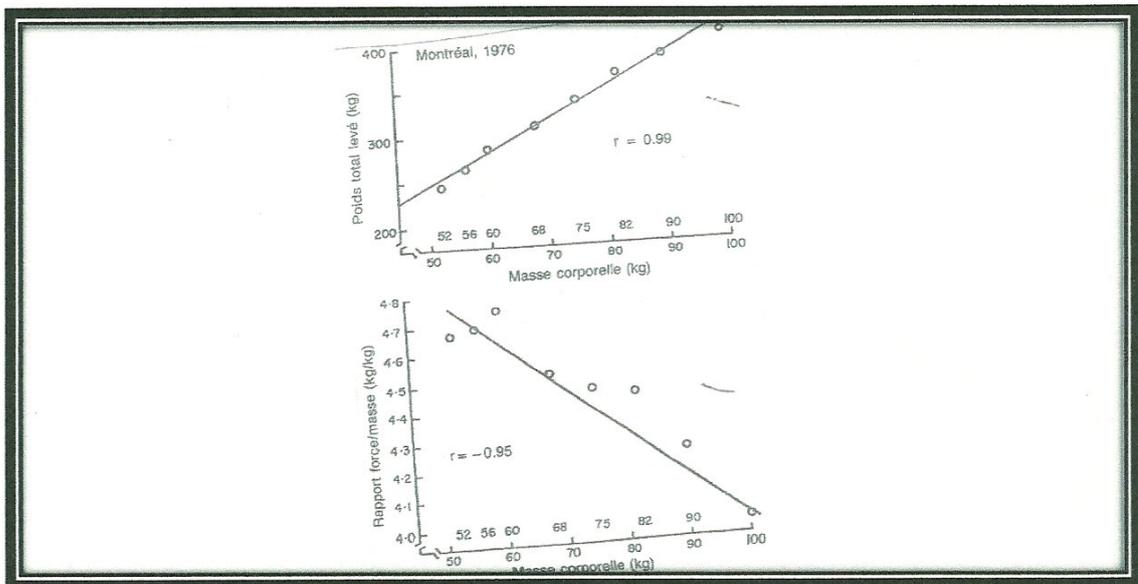


Figure n°7 : Influence de la masse corporelle (taille en kg) sur la performance de force.

Une performance de force de type volontaire ne dépend pas uniquement de la quantité et de la qualité du tissu musculaire, mais aussi de la capacité du système nerveux à activer cette masse musculaire.

1.7. Les différents types de travail musculaire :

IL existe deux aspects du travail musculaire suivant que l'on considère la contraction isométrique ou la contraction anisométrique. Le premier cas, le travail musculaire est dit statique, dans le deuxième cas, il est dit dynamique. Concernant le travail dynamique, on distingue classiquement trois formes d'activités :

- Le travail général : mobilise plus de deux tiers de la masse musculaire. La limitation de la puissance de travail peut se situer au niveau de plusieurs fonctions, donc les capacités d'adaptation se trouvent limitées (adaptation de la respiration, du cœur et de la circulation systématique, thermorégulation, déshydratation, sommeil).
- Le travail local, pour lequel la masse musculaire active représente moins d'un tiers de la masse musculaire totale, c'est à dire au maximum les deux membres supérieurs ou un travail mono-articulaire d'un seul membre inférieur. Ce type de travail pourrait correspondre à celui qui est réalisé par les membres supérieurs chez les paraplégiques en fauteuil roulant.
- Le travail régional sollicite un à deux tiers de la masse musculaire. La limitation cardio-vasculaire devrait être prise en considération. Le travail du paraplégique en fauteuil roulant se situe peut être à la limite entre le travail local et le travail régional.

1.7.1. La puissance critique du travail musculaire local :

La notion critique a été proposée par SCHERRER et COLL, (1954) lors d'une étude sur le travail musculaire local. La puissance critique a été définie, par ces auteurs, comme étant « la puissance la plus élevée qu'un muscle peut développer sans fatigue pendant le temps théoriquement défini ».

La puissance critique est aisément déterminée à partir de quelques épreuves avec épuisement. Il existe en effet une relation linéaire entre le temps d'épuisement ou le temps limite (tlim), et la quantité totale de travail effectué au moment de l'épuisement, ou travail limite (wlim). La quantité de travail est elle-même réalisée au produit de la puissance (P) et du temps-limite (tlim).

$$\mathbf{W\ lim = P*tlim\ (1)}$$

Ces auteurs admettent pour un exercice d'extension-flexion du coude (triceps brachial), réalisé à différentes puissances, correspondant à des t_{lim} compris entre 4 et 30 minutes (mn), une relation linéaire est de la forme :

$$W_{lim} = a + b t_{lim}(2)$$

Dans cette relation, le facteur a est interprété comme étant la dimension d'une réserve d'énergie non renouvelable, et le facteur b comme un taux maximal de renouvellement énergétique. La valeur de b correspond à la puissance critique.

En égalant les équations (1) et (2) du travail-limite données ci-dessus, il vient deux expressions intéressantes :

$$T_{lim} = b + (a/t_{lim})$$

Le temps limite peut être calculé à partir des trois facteurs, si ceux-ci sont connus. Il apparaît que la réserve énergétique (a) du muscle est d'autant plus vite épuisée que la différence est grande entre la puissance imposée et la puissance critique. Si P est égale à b , le terme $(p-b)$ est égal à zéro et le temps devient infini.

$$T_{lim} = b + (a/t_{lim})$$

La détermination de la puissance critique permet d'apprécier :

- ✓ La capacité de travail d'un individu et de la comparer à celle d'un groupe auquel il appartient ;
- ✓ Les variations de la capacité de travail d'un sujet ou pathologie.

1.7.2. Comparaison entre activités réalisées avec les membres supérieurs et les membres inférieurs.

A l'inverse des membres inférieurs qui ont fait l'objet de nombreuses études, celui des membres supérieurs n'a pas bénéficié du même nombre d'investigations pourtant impliqué dans de nombreuses types de pratiques sportives, comme l'aviron, le canoë-kayac, la natation, la course athlétique en fauteuil roulant. La force musculaire mise en jeu dans ce type d'activité est moins importante que celle des membres inférieurs dans les exercices sur bicyclette ou dans la course à pied.

Si l'exercice des membres inférieurs englobant les différents types de locomotion humaine a été étudié, les connaissances physiologiques se rapportant à une

activité des membres supérieurs ne peuvent pas être transposées directement, en raison des différences qu'il convient en premier lieu de rappeler.

La plupart des études ont montré que la consommation d'oxygène (VO_2) et les réponses cardiovasculaires sont différentes pendant un exercice maximal ou sous-maximal, suivant qu'il est réalisé avec les bras ou avec les jambes. Il existe cependant une assez grande dispersion des résultats ce qui rend parfois la compréhension difficile.

Pour les charges sous-maximales, la compréhension est délicate, car elle doit tenir compte de la puissance de l'exercice, absolue ou relative suivant les cas. **DAVIES** et **SARGEANT** (1974) sur 8 sujets masculins effectuant un exercice avec les bras, ont montré que le rendement mécanique est identique à celui du travail des jambes, alors que le rendement du travail des bras diminue d'environ 5% pour des puissances élevées.

A puissance supérieure à 40% ou 50% de la puissance maximale aérobie des muscles, le rendement du travail des bras diminue. Une même puissance en valeur absolue engage en effet davantage en valeur relative la musculature des bras par rapport à celle des jambes. Des études réalisées à différentes puissances sous-maximales (300, 600, 900 kgm/min) et à puissance maximale avec les bras et les jambes sur bicyclette ergométrique, ont confirmé les conclusions de **DAVIES** et **SARGEANT** montrant qu'à faible intensité (300 kgm/min) il n'y a pas de différence significative entre le travail des membres supérieurs et celui des membres inférieurs ; par contre, entre 600 et 900kgm/min la VO_2 des bras est supérieure à celle des jambes.

- ✓ Le faible rendement mécanique du travail des membres supérieurs à puissances élevées

Le rendement mécanique du travail des bras (10-15%) pourrait être inférieur à celui des jambes (20-25%), en partie à cause d'une mise en jeu accentuée des muscles stabilisateurs du tronc.

Une ventilation minute (VE) plus élevée par la même intensité d'exercice, impliquant un travail accru des muscles respiratoires. Lors d'un travail des bras, la VE augmente plus rapidement par rapport à la VO_2 . Par contre, pour le travail des jambes, la VE augmente proportionnellement à la VO_2 . L'augmentation de la ventilation est la conséquence de l'accumulation de lactates dans le sang. Considéré comme le reflet d'une acidose métabolique, elle entraîne une augmentation de la ventilation et un rejet

accru du dioxyde de carbone (CO_2). Par ailleurs, lors d'un travail maximal, la valeur de la ventilation (VE) est plus forte pour un travail des bras que pour le travail des membres inférieurs.

Au cours des exercices sous-maximaux, la fréquence cardiaque (FC) et la pression artérielle (PA) sont plus élevées, le débit cardiaque (DC) inférieur ou égal, et enfin, le volume d'éjection systolique est plus faible lors d'un travail des bras. Les mécanismes à l'origine de ces différences de réaction cardiovasculaire au cours du travail des bras sont que la post charge cardiaque est plus grande que lors d'un exercice des membres inférieurs, en raison d'un lit vasculaire plus petit. D'autre part, le mauvais retour veineux au cours du travail des bras (dû à l'augmentation de la pression intra thoracique) est à l'origine d'une baisse du volume d'éjection systolique d'environ 10% (DAVIES et COLL., 1974). A cause de la faible masse musculaire mise en jeu dans un travail réalisé avec les bras, les muscles des bras mobilisent une fraction plus importante de leur force maximale pour atteindre une puissance donnée. Dans ces conditions, les tensions intramusculaires qui résultent peuvent facilement dépasser la pression de perfusion des muscles en activités et par la même, augmenter les résistances périphériques. Le débit sanguin local s'en trouve limité. La FC plus élevée du travail des bras peut être due aussi au travail statique par les muscles stabilisateurs.

1-7-3 Effet de l'entraînement sur le travail des différentes masses musculaires

Le niveau d'entraînement du sujet au travail des bras augmente la consommation maximale d'oxygène ($\text{VO}_2 \text{ max}$) des membres supérieurs, mais la $\text{VO}_2 \text{ max}$ observée dans un travail des bras par les sujets sédentaires reste inférieurs à 30% de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ consécutive à un travail des jambes. Ces résultats seraient dû à la trop faible masse musculaire mise en jeu, lors d'un travail des bras. Toutefois, chez les sujets bien entraînés ayant développés une masse musculaire des membres supérieurs et de la ceinture scapulo-humérale, la $\text{VO}_2 \text{ max}$ au cours d'un travail des bras peut atteindre de 85% à 97% de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ des jambes.

Après 10 semaines d'entraînement des bras sous forme fractionnée (interval-training), une augmentation en moyenne de 16,3% de la puissance maximale aérobie des bras a été observée. Des augmentations du débit maximal de ventilation (VE) et de la fréquence artério-veineuse maximale en oxygène (O_2) ont été observées parallèlement à l'augmentation de la $\text{VO}_2 \text{ max}$. Par contre la FC max et le quotient respiratoire (Q

max) n'ont pas évolué significativement au cours de cette période d'entraînement. Dans cette situation l'amélioration

De la puissance maximale aérobie (PMA) ne peut être attribuée qu'à une adaptation au niveau périphérique (vasculaire et ou cellulaire).

Au niveau de la fibre musculaire, l'entraînement aérobie augmente la capillarisation des fibres et les différentes activités enzymatiques mitochondriales. La mise en réserve et l'utilisation des substrats énergétiques et donc modifie la typologie musculaire.

1-7-4 Les sources d'énergie pour la contraction musculaire

La contraction musculaire nécessite que de l'énergie chimique soit disponible sous forme d'Adénosine Triphosphate (ATP). Puisque qu'on trouve l'ATP en faible concentration dans le muscle, et puisque cette concentration musculaire diminue assez peu, même lors des contractions musculaires de type volontaire, il faut que des mécanismes bien contrôlés permettent une continuelle régénération d'ATP, tout au long de la contraction musculaire.

Les mécanismes chimiques de régénération d'ATP font appel à trois processus distincts :

1-7-4-1 Hydrolyse de la créatine phosphate

La créatine phosphate (CP) est, comme l'ATP, une phosphate très riche en énergie. Dans le muscle squelettique, ce composé chimique est trois fois plus abondant que l'ATP. Une de ses fonctions consiste à régénérer l'ATP hydrolysé au cours d'une contraction. La créatine phosphate est singulièrement importante comme source de régénération d'ATP, au tout début d'un exercice physique intense au cours duquel plus de 80% des réserves sont utilisées. Les phosphatées à haute teneur en énergie, comme l'ATP et la CP, ont été appelées des sources d'énergie anaérobie alactique. Cela signifie que l'oxygène n'y est pas utilisé directement (anaérobie), et qu'il ne s'y forme pas d'acide lactique (alactique).

Toutefois, la CP est très limitée dans sa capacité de régénérer de grandes quantités d'ATP. Quelques secondes après le début d'un exercice physique intense, d'autres voies métaboliques sont du type aérobie (processus Oxydatif) et anaérobie (processus glycolytique).

1-7-4-2 Métabolisme aérobie

La production d'ATP par métabolisme aérobie fait appel à la combustion d'un carburant de la fibre musculaire, en présence d'oxygène. Ce carburant peut provenir de source intramusculaires (acides gras libres ou glycogène) ou extra musculaires (acides gras libres du tissu adipeux, hépatique). Pour que la contribution de ce type de métabolisme soit significative, les mitochondries des cellules musculaires doivent être convenablement approvisionnées en oxygène. L'oxygène provenant de l'air atmosphérique respiratoire et cardiovasculaire doivent donc toujours pouvoir en transporter d'importants volumes. Les sous-produits du métabolisme aérobie sont l'eau et le dioxyde de carbone (CO_2). L'eau est en partie retenue par les tissus corporels, contribuant ainsi à l'équilibre homéostasie, tandis que le dioxyde de carbone est rejeté dans l'atmosphère.

1-7-4-3 Glycolyse anaérobie

La régénération de l'ATP par la glycolyse (voie anaérobie) requiert la dégradation des glucides (principalement le glycogène musculaire) en acides gras. L'oxygène n'étant pas utilisé, et le processus donnant lieu à la formation d'acide lactique, on qualifie cette source d'ATP de source anaérobie lactique. Bien que de grandes quantités d'ATP puissent être régénérées, par unité de temps, au cours de ce processus énergétique, la voie glycolytique ne permet de soutenir, au plan énergétique, un travail de contraction sur de longues périodes de temps. En effet, l'acidose lactique et la diminution rapide des réserves de glycogène obligent ultimement à réduire l'intensité du travail musculaire.

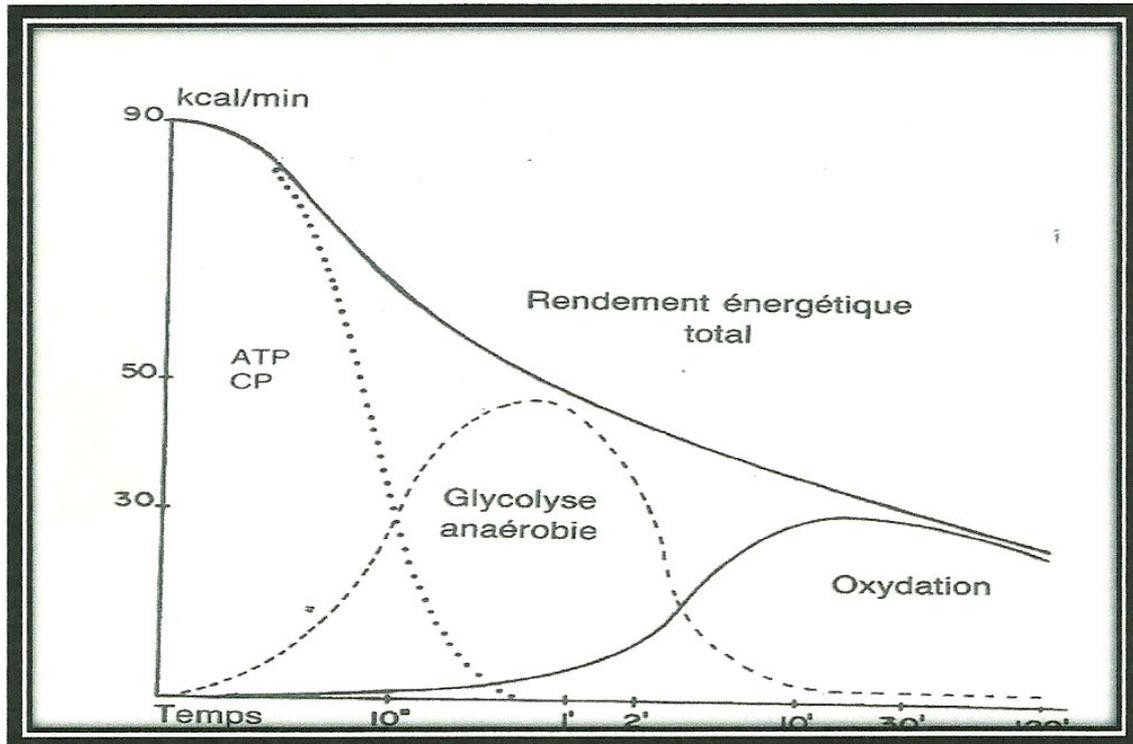


Figure 8 : Séquence et relations quantitatives de processus biochimiques responsables de l'approvisionnement énergétique du muscle squelettique humain

1-8 Facteurs nerveux

IKAI et STEINHAUS (1961) ont pu montrer que, dans des conditions normales beaucoup d'individus non spécifiquement entraînés ne peuvent pas commander adéquatement leurs muscles. Dans des circonstances particulières où la suite d'un entraînement approprié, cette capacité de contrôle nerveux des muscles peut augmenter.

En fonction de l'entraînement, le degré accru d'excitabilité des motoneurones obtenu durant un effort volontaire s'avère être particulièrement augmenté chez les coureurs de vitesse de haut niveau (UPTON-BROWN et COLL., 1975). La synchronisation des unités motrices a été augmentée chez les haltérophiles et chez ceux dont l'activité physique nécessite de brèves contractions d'amplitudes maximale (MILNER-BROWN et COLL ;1975). En soi, il n'est pas surprenant de constater le rôle déterminant que joue le système nerveux dans une performance de force physique, si on tient compte du fait que l'expression de force en est partie une habileté. Même lorsqu'un entraînement initial de la force met en cause un mouvement simple, il semble que l'accroissement initial de la force volontaire est le résultat d'une adaptation nerveuse plutôt que musculaire (MORITANI et DEVIES ,1079). On peut distinguer le

système nerveux de la vie de relation (dont dépend le fonctionnement des muscles) et le système nerveux végétatif ou autonome (dont dépend le fonctionnement des viscères).

Le système nerveux de la vie de relation est constitué par le système nerveux central et le système nerveux périphérique.

Le système nerveux central est constitué par la moelle épinière qui est continue dans le canal cérébral, l'encéphale contenu dans la boîte crânienne, le tronc cérébral formé par le bulbe rachidien, le pont de varole et le mésencéphale. Le cervelet qui se situe derrière le tronc cérébral et le cerveau proprement dit présentent les deux hémisphères reliés entre eux par le diencéphale. Le système nerveux périphérique est recouvert par les méninges qui sont de la superficie à la profondeur ; la dure mère, l'arachnoïde et la pie-mère qui comporte les 12 paires de nerfs crâniens qui naissent au niveau de l'encéphale. Les nerfs rachidiens naissent au niveau de la moelle épinière. Il y en a 31 paires réparties 8 cervicaux portant le numéro de la vertèbre sous-jacente, 12 thoraciques portant le numéro de la vertèbre sus-jacente, 5 lombaires et 5 sacrés.

2. Origine du mot handicap

Le mot handicap est un terme récent emprunté en 1828 à l'anglais. Son origine est attribuée à l'expression « hand in cap » (main dans le chapeau, jeu d'échange d'objets personnels pratiqués au XVIe siècle en Grande Bretagne). Un arbitre, évaluant le prix des objets, était chargé de surveiller l'équivalence des lots afin d'assurer l'égalité des chances des joueurs.

Puis le mot fut utilisé dans certains sports (notamment hippiques). Pour exprimer l'application des désavantages sur les meilleurs concurrents (par exemple un supplément de poids sur les meilleurs chevaux) afin d'égaliser leur chance avec les moins bons lors de « courses à handicap ».

Ce terme remplace dans la langue courante française les termes d'infirme, d'invalidité ou d'inadapté. On nomme handicap, la limitation des possibilités d'interaction d'un individu avec son environnement causée par une déficience qui provoque une incapacité, permanente ou non et qui mène à un stress et à des difficultés morales, intellectuelles, sociales et physiques.

2-1 Différents types de handicap

Au-delà de trop simple « handicap mental-handicap physique » ; les médecins, les juristes et les responsables d'établissement peuvent avoir leur propre classification. La typologie présente:

- ✓ Les déficients intellectuels,
- ✓ Les déficients psychiques, troubles concernant la vie de relation, la communication et le comportement : Autisme, Schizophrénie, troubles obsessionnels compulsifs.

2-1-1 Aperçu sur le handicap physique

En fonction des capacités, on a l'habitude de distinguer trois grands types de handicaps physiques :

- Les déficiences motrices (ou handicap moteur) : se présente le plus souvent chez la population adulte et présente des troubles moteurs isolés. Mais ce handicap moteur qui représente l'image collectif du handicap recouvre différentes réalités.
- Les lésions de la moelle épinière provoquent, en fonction de leur localisation, une paralysie des membres inférieurs (paraplégie) ou des quatre membres (tétraplégie) principalement due à des accidents de la route, du sport ou du travail.
- L'infirmité motrice cérébrale : résulte des lésions cérébrales intervenant avant ou autour de la naissance (le plus souvent un accident vasculaire cérébral). L'atteinte motrice peut revêtir différents degrés de sévérité : de la tétraplégie à une marche difficile.
- Les myopathies qui recouvrent différentes maladies neurovasculaires d'origine génétique.
- Les handicaps sensoriels qui sont très fréquentes.
- Les déficiences viscérales et générales longtemps méconnues en tant que handicap, les conséquences d'un cancer ou d'une insuffisance cardiaque ou respiratoire (mucoviscidose) représentent également de graves déficiences.

2-1-1-1 Lésions de la moelle épinière et conséquences sur la performance chez le paraplégique.

Tout paraplégique, quelle que soit la cause de son handicap, peut s'adonner à l'activité physique de son choix afin de récréation, par souci d'une bonne condition physique ou dans un but de compétition. Il importe cependant de bien comprendre que la majorité des activités physiques normalement exécutées debout doivent maintenant être accomplies en position assise, dans un fauteuil roulant. La réalisation du geste est alors limitée à l'action des muscles qui sont demeurés fonctionnels, ceux des épaules et du tronc.

Il est aussi évident que plus la lésion de la moelle épinière est sérieuse, plus grand est le déficit neurologique, et plus importante la perte de certaines fonctions motrices et sensitives. Il suffit de comparer la capacité d'une quadriplégie à accomplir un travail physique à celle d'une paraplégie pour saisir les limitations que subit un individu selon le niveau de la lésion de la moelle épinière. Cette connaissance des principales limitations est d'ailleurs tout aussi importante dans le choix des activités physiques que dans l'application des différents principes régissant le déroulement des programmes d'entraînements. Toute lésion de la moelle épinière des sixième et septième vertèbres thoraciques résulte, pour une grande partie du Corps et plus spécialement pour les vaisseaux sanguins, d'une perte de contrôle sympathique. Dans ces cas on observe des réponses cardiovasculaires anormales lors des changements de position ou lors des changements de position ou lors d'activité physique. Il est bien connu que la position debout amène, chez les personnes normales, une accumulation du sang au niveau des membres inférieurs et que tout travail des bras amène une vasodilatation des muscles actifs. Pour le sujet atteint de telles lésions de la moelle épinière, ces changements ne peuvent être compensés par une vasoconstriction dans d'autres régions du corps. Il s'ensuit, comme conséquence directe, une diminution de la pression artérielle avec tous les signes et symptômes d'une hypotension. Par contre, chez des sujets souffrant de lésions au niveau des vertèbres lombaires, on note des modifications cardiovasculaires semblables à celle d'une personne normale lors des changements de positions ou d'activités physiques.

C'est pourquoi le paraplégique désirent se joindre à un groupe structuré, dans un but de compétition, doit être alloué selon son déficit neurologique et son aptitude

physique. Le système de classification expliqué tableau ci-dessous à pour but de permettre aux handicapés les plus frappés de participer au sport tout en assurant un niveau de compétition équilibré.

2-1-1-2 Classification en vue des jeux sportifs pour paraplégiques et quadriplégiques

Niveau Cervical	Niveau thoracique et lombaire
Classe IA : lésions cervicales supérieures. Le triceps n'est pas fonctionnel contre une résistance.	Classe II : Lésions allant de la première thoracique à la 5 ^{ème} vertèbre thoracique inclusivement, ces individus n'ont pas d'équilibre en position assise
Classe IB : Lésions cervicales inférieures. Le triceps de même que les extenseurs et fléchisseurs du poignet fonctionnent bien mais les extenseurs et les fléchisseurs des doigts ne sont pas fonctionnels.	Classe III : Lésions allant de la 5 ^{ème} vertèbre à la 10 ^{ème} vertèbre thoracique inclusivement. Ces individus sont capables de maintenir leur équilibre en position assise, même si certains muscles abdominaux ne sont pas fonctionnels.
Classe IC : lésions cervicales inférieures. Le triceps, le poignet de même que les extenseurs et fléchisseurs des doigts fonctionnent bien mais les muscles inter osseux et lambeaux ne sont pas fonctionnels. Le niveau va jusqu'à la première vertèbre thoraciques.	Classe IV : Lésions entre la 10 ^{ème} vertèbre thoracique et la 3 ^{ème} lombaire : le quadriceps fonctionnel.
	Classe V : Lésions entre la 3 ^{ème} vertèbre lombaire et la vertèbre sacrée : le quadriceps fonctionne bien.

2-1-1-3 Paraplégie et activité physique

L'activité physique peut donc avoir une valeur thérapeutique. Elle représente la forme la plus naturelle d'exercice correctif ; et peut être utilisée avec succès, en complément des méthodes traditionnelles de physiothérapie. De plus le sport pour

handicapés physiques ne s'est pas limité à la rééducation physique. Il a rapidement progressé ces dernières années pour se donner des structures solides.

Les paraplégiques sont maintenant regroupés en association nationale et international.

Ce regroupement ne fait qu'illustrer le besoin pour le paraplégique de se mesurer à d'autres en compétition sportive, et de rechercher l'excellence dans la discipline qu'il pratique. Ce sont cette poursuite de l'excellence et ce souci d'une bonne condition physique qui ont amenés certains chercheurs à s'intéresser aux effets de l'activité physique chez le paraplégique.

2-1-1-4 Adaptation du paraplégique au travail des bras.

L'évaluation des réactions cardio-pulmonaires et métaboliques lors d'un travail physique accompli par les bras est nécessaire chez les gens normaux autant dans la recherche médicale que physiologique pour déterminer les efforts d'un travail mettant en jeu une masse musculaire relativement faible. Cette évaluation devient indispensable chez les sujets qui ne peuvent pas utiliser leurs jambes pour accomplir le travail exigé. C'est le cas des amputés des membres inférieurs, des paralytiques cérébraux, des paraplégiques ou de quiconque qui est sévèrement atteint au niveau des membres inférieurs.

Il a été démontré que le travail des bras, comparé à celui des jambes, entraîne des réactions hémodynamiques différentes. Parmi les différences les plus importantes, on retrouve les facteurs qui limitent la performance maximale. Alors que la capacité du travail lors d'un travail avec les jambes est limitée par un ou plusieurs facteurs du système de transport de l'oxygène, la capacité maximale de travail pendant un effort des bras est plus dépendant de la masse musculaire, de telle sorte que les paramètres physiologiques comme la fréquence cardiaque, le débit cardiaque et la ventilation pulmonaire n'atteignent pas leur maximum. Il s'ensuit que la consommation maximale d'oxygène à la suite d'un travail des bras est inférieure à celle obtenue sur un tapis roulant.

Plusieurs paraplégiques doivent utiliser un fauteuil roulant pour assurer des déplacements. Des évaluations répétées de leur capacité fonctionnelle sont nécessaires pour déterminer, dans un premier, les limites des disponibilités de réhabilitation et aussi pour étudier périodiquement les effets d'un travail répété des bras. Ainsi, tout comme

l'individu sédentaire normal qui voit sa capacité physique de travail diminuer progressivement, le paraplégique, confiné à un fauteuil roulant, ne pratique généralement pas assez d'activités physiques dans ces déplacements journaliers pour prévenir une certaine atrophie au niveau des muscles du bras et du tronc, et une diminution de sa capacité physique de travail. En effet, il a été prouvé que l'action de propulsion d'un fauteuil roulant n'est pas une activité des plus exigeantes. Elle entraîne cependant assez rapidement une fatigue musculaire localisée par suite de l'utilisation d'une masse musculaire limitée et d'un rendement mécanique faible. On a constaté qu'à des vitesses allant de 16,6 à 50m/s, la dépense énergétique lors de l'utilisation d'un fauteuil roulant était moindre qu'à la marche, et qu'à des vitesses de 53,70 et 83,3m/s, il n'y avait que peu de différence entre les deux moyens de locomotion. Il n'en demeure pas moins que la fréquence cardiaque chez un individu à un fauteuil roulant était significativement plus élevée pour tous les niveaux de vitesse. Cette différence peut s'expliquer, en partie par le fait que l'utilisation des muscles des extrémités supérieures amène des variations plus rapides de la fréquence cardiaque. Il n'en demeure pas moins que la sollicitation du système cardiovasculaire n'est pas importante et que le stimulus reste insuffisant pour entraîner un effet bénéfique. Il n'est donc pas surprenant qu'un effort, même modéré, entraîne chez le paraplégique une fatigue musculaire.

METHODOLOGIE

CHAPITRE II : METHODOLOGIE

1- MATERIEL

Le matériel utilisé est une bicyclette ergométrique MONARK de type 8187 avec un compteur de vitesse incorporé qui nous permet de lire directement la charge composée ainsi que la vitesse du pédalage au fur et mesure de l'exercice.

1-1 les sujets

8 sujets handicapés de sexe masculin du club handistar de Niari Tally ; Ces handicapés ont des paralysies parcelles ou presque total des membres inférieurs (des paraplégiques).

Les données anthropométrique calculées au départ avant tout texte sont les supports qui nous permettrons de définir et d'expliquer la puissance et l'endurance de ces sujets handicapés.

1-2 Matériel

Le matériel utilisé comprend :

- Bicyclette : bicyclette ergométrique MONARK type 818 avec un compteur de vitesse incorporé qui nous permet de lire directement, la charge imposée, la vitesse au fur et à mesure de l'exercice.
- Une toile métallique graduée nous permettant de mesurer la taille des sujets
- Un ruban gradué : le ruban gradué, flexible et calibré en centimètre avec division millimétrique, sert à mesurer les circonstances musculaires,
- Un pèse personne : de marque CAMRY dont nous disposons à l'INSEPS,
- Un adipomètre : de type EIYOKEN, PAT 376843 avec un compteur millimétré MEIKOSHE. L'adipomètre permet de mesurer à l'aide des plis cutanées la composition corporelle en pourcentage de masse grasse et de masse maigre.

2- METHODE

2-1 Mesure des qualités de puissance et d'endurance

En 1995, SECK et COLL ont mis au point un système informatisé de mesure des qualités de force, de vitesse et puissance à partir d'une bicyclette ergométrique et avec une précision de mesure toutes les vingt millisecondes (ms).

A l'Institut Nationale Supérieur de l'éducation populaire et du sport (INSEPS), nous disposons d'une bicyclette MONARK de type (818). Au protocole de ce test de pédalage, il faut : (cf. 30).

La méthode consiste à faire pédaler aux sujets la charge imposée à une vitesse constante avec les membres supérieurs. Le sujet pédale jusqu'à ce qu'il ne puisse plus maintenir la consigne ou qu'il s'arrête de lui-même, on bloque le chronomètre pour voir le temps-limite de travail.

2-2 Mesure des qualités anthropométriques

2-2-1 Mesure de la taille

La mesure de la taille debout ou assise est la constante anthropométrique qui s'appelle la stature. Le sujet, pieds nu, se tient debout, les talons collés sur le planché et les bras pendant librement le long du corps. Les talons, les fesses, le haut du dos est généralement, la région occipital de la tête font contacte avec le tube métallique. On demande au sujet de regarder devant lui et de prendre une grande respiration. Un évaluateur s'assure que les talons du sujet demeurent en contact avec le pose pied métallique lié à la toise. L'autre évaluateur tenant la tête du sujet entre ces deux mains, applique une légère traction vers le haut au niveau apophyses mastoïdes. Le premier évaluateur met alors fermement en contacte la pièce de tête et le vertex (sommets le haut du crane) et regarde la graduation correspondance) la taille debout. La taille assise est mesurée suivant le même principe. Cependant le sujet est assis, les jambes bien tendus et serrées et l'évaluateur regarde la mesure comprise entre le vertex et les fesses totalement affaissées.

2-2-2 Mesure du poids

Dans les mesures anthropométriques, le pèse personne est la méthode utilisée pour mesurer le poids de l'individu (la masse qui s'oppose à la force de l'adversaire). Le sujet est en position debout, les bras pendant le long du corps, les paumes des mains dirigées vers l'avant, les pouces pointant à l'extérieur et les autres doigts vers le bas, et les pieds en parallèle et rapprochés l'un de l'autre. L'évaluateur mesure la valeur affichée sur le pèse personne

2-2-3 Mesure des circonférences musculaires

Lors d'une mesure, le ruban est déplacé au niveau désigné (le site marqué à mi-bras), le ruban est sorti de son boîtier avec la main gauche et enroulé autour de la partie à mesurer, ce qui amène l'autre terminal du ruban à la main droite qu'on contrôle le ruban pour le tirer légèrement et le maintenir au niveau désigné.

2-2-4 Mesure du pourcentage de masse grasse et de masse maigre

Si on assume que l'adiposité varie de la même façon que les plis cutanés, que la masse osseuse varie en fonction de la largeur des os, que la masse musculaire varie en fonction de sa circonférence et corrigée par l'épaisseur du pli cutané, et que la masse résiduelle (organes internes, viscères, liquides) varie en fonction de la dimension du thorax, il est possible d'établir un fractionnement à quatre volets de la masse corporelle, comme l'ont proposé DRINK WATER et ROSS(1980).

2-3 Protocole

Le protocole consiste d'abord à expliquer aux sujets la manœuvre et la bicyclette ergométrique, de leur expliquer explicitement comment la manœuvre s'effectue d'une manière plus claire.

Tout d'abord de quelle manière la chaîne s'ajuste en fonction de la longueur ou de la largeur des membres supérieurs des sujets suivant le plan vertical (de haut en bas) ou horizontal (pas de déplacement de la chaîne).

Ensuite demander le sujet de pédaler selon le métronome, c'est-à-dire à la vitesse et à la charge qui lui est imposée ; on ajuste au fur et à mesure que le sujet pédale avec les membres supérieurs. Les charges sont à partir de 0,5kg, 1kg, 1,5kg...3kg.

Tout en vérifiant sur le compteur que la puissance et la charge imposée correspondent à la vitesse en respectant le rythme de pédalage ;

Enclencher le chronomètre et quand le sujet ne puisse plus pédaler ou qu'il s'arrête de lui-même, bloquer le chronomètre pour voir le temps-limite ou le temps qu'il à pédalé à la bicyclette. Enfin, faire les tests pour la différence des puissances ou charges en raison d'un seul test par jour. Tout en présentant l'échelle permettant de percevoir le degré de pénibilité durant l'effort (perception de la fatigue). Et trois personnes pour respectivement immobiliser la bicyclette, vérifier que le sujet pédale à la vitesse de consigne et ajuster la charge suivant le métronome.

NB : L'incapacité de tenir la charge est un signe de fatigue qui est synonyme d'arrêt.

NB : la masse grasse et la masse maigre ont été calculé à partir de la formule suivante intégrant les mesures des plis cutanés :

$(\% \sum \text{des plis} \times \text{poids})/100 = \text{MASSE GRASSE} ; \text{POIDS} - \text{MASSE GRASSE} = \text{MASSE MAIGRE}$

PRESENTATION ET COMMENTAIRE DES RESULTATS

Chapitre III : PRESENTATION ET COMMENTAIRE DES RESULTATS

Nous présentons les résultats de notre étude suivis de commentaires.

Tableau n°1 : valeurs moyennes des données anthropométriques des sujets handicapés et valides (âge en année, poids en kg et taille en mètre)

MESURES	AGE		POIDS		TAILLE	
	H	V	H	V	H	V
SUJETS						
MOYENNES	26,375	24,8	52,4375	76,1	1,75	1,904
ECART-TYPE	±5,52	±1,72	±6,22	±10,58	±0,11	±0,20
V.d.s.t	0,55*		0,0005**		0,017**	

Légende :

v.d.s.t : valeur et degré de signification du test de student

****** : significatif ***** : non significatif **H** : sujets handicapés **V** : sujets valides

Commentaire : il existe des différences significatives selon le poids et la taille entre handicapés et valides. Cependant cette différence est beaucoup plus accentuée au niveau du poids des sujets. La valeur moyenne du poids chez les sujets valides peut s'expliquer par un développement de tout le corps comparé aux handicapés physiques ou la partie supérieure du corps, se développe seulement. La différence de taille peut être causée par un fonctionnement des cartilages de conjugaison de la naissance jusqu'à l'âge majeur pour les valides. Pour les handicapés, les lésions de la moelle épinière liée au degré de handicap, peuvent être la cause d'une atrophie (diminution d'une partie du corps par défaut de nutrition) des membres inférieurs limitant par là même la croissance. Donc la masse musculaire mise en jeu par les valides, montre qu'elle est répartie dans tout le corps.

Tableau n°2 : les valeurs moyennes et mesures de plis cutanés (mm) des sujets handicapés et valides

PLUS CUTANES	BICIPITAL		TRICIPITAL		SOUS-SCAPULAIRE		SUPRA-ILIAQUE	
	H	V	H	V	H	V	H	V
MOYENNE	7,375	3,4	7	5	7,5	8,6	7,5	5,6
ECART-TYPE	±3,35	±0,54	±2,87	±1	±1,87	±0,87	±,65	±1,34
v.d.s.t	0,03**		0,19*		0,27*		0,065*	

Commentaire : les différences observées entre les mesures se retrouvent au niveau des plis bicipitaux, et sont les plus significatifs au détriment des autres plis cutanés. Les handicapés ont une moyenne de mesure de plis bicipitaux supérieurs aux valides. Ce chiffre (7,375%) est très révélateur car, cette différence peut s'expliquer par le fait que les handicapés utilisent la plupart du temps leurs fauteuils roulant pour se déplacer. L'action de propulser le fauteuil fait intervenir beaucoup plus le biceps brachial que le triceps. Par conséquent donc l'activité mécanique du biceps est plus importante, qui inclut la production d'énergie de ce dernier, révélé par les valeurs moyennes des plis bicipitaux chez les handicapés physiques. Car il existe une relation étroite entre l'épaisseur des plis cutanés et le tissu adipeux.

Tableau n°3 : les valeurs moyennes des dimensions musculaires et articulaires (cm) des sujets handicapés et valides.

MESURES	POIGNET		COUDE/AB		COUDE/B		EPAULE		L/BRAS		L/AVBR	
SUJETS	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V
MOYENNES	17,4	17,9	22,58	26,9	23,74	25,7	35,3	40,3	30,25	37,2	28,5	30
ECRT-TYPE	±1,03	±1,6	±5,51	±1,68	±3,33	±2,08	±4,74	±2,74	±3,24	±2,95	±2,07	±2,39
v.d.t.s	0,47*		0,11*		0,26*		0,056*		0,002**		0,24*	

Légende:

- ∞ POIGNET : circonférence du poignet
- ∞ COUDE/AB : circonférence du coude au niveau de l'avant bras
- ∞ COUDE/B : circonférence du coude au niveau du bras
- ∞ EPAULE : circonférence de l'épaule
- ∞ L/BRAS : longueur du bras
- ∞ L/AVBR : longueur de l'avant bras

Commentaire: les différences les plus significatifs sont au niveau de la longueur des bras entre les sujets handicaps et valides d'après le test de student. Cependant les valeurs moyennes les plus importantes sont enregistrées par les sujets valides. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les sujets valides pratiquent le basketball et ont des dimensions musculaires et articulaires très importants (voir annexe tableau 11).

Tableau n°4 : les valeurs moyennes et individuelles des pourcentages de masse corporelle des sujets valides et handicapés.

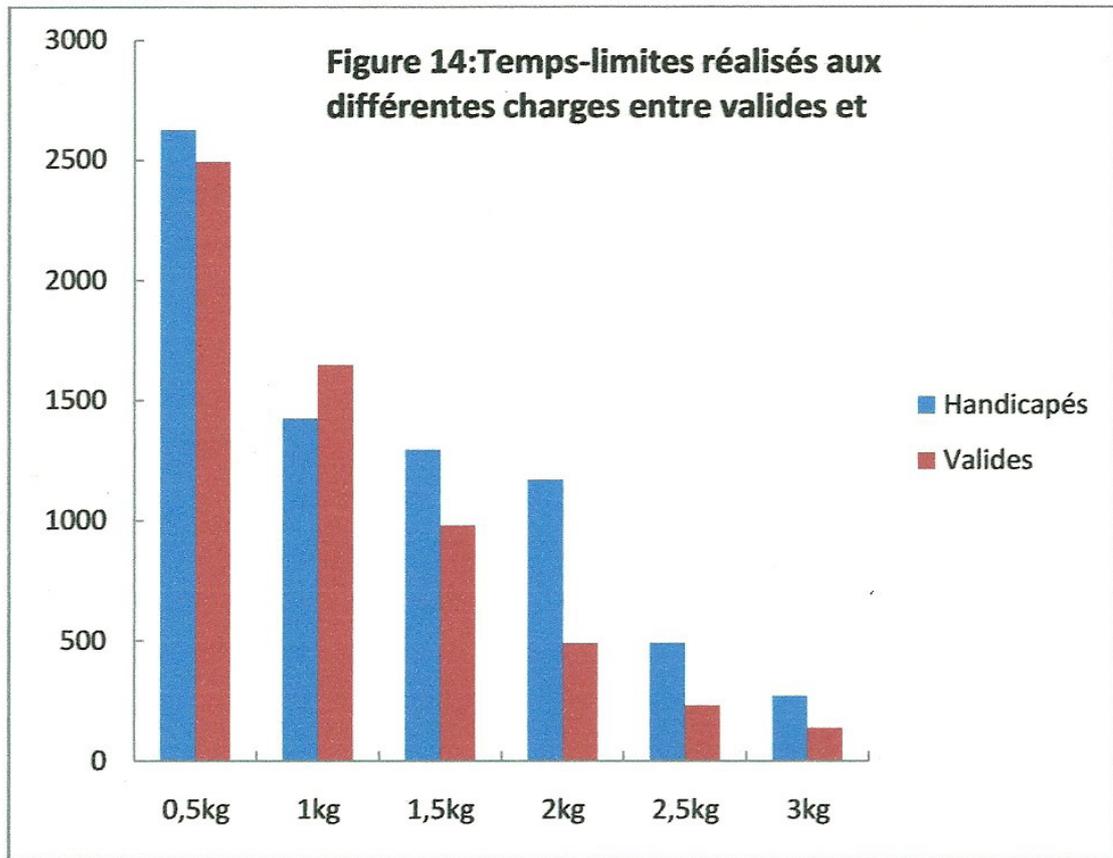
% DE MASSE CORPORELLE	MASSE GRASSE (kg)		MASSE MAIGRE (kg)	
	H	V	H	V
SUJETS				
MOYENNE	15,38	17,23	37,06	58,87
ECART-TYPE	±2,64	±3,73	±5,13	±9,52
v.d.s.t	0,31*		0,0002**	

Commentaire : les pourcentages de masse maigre sont plus significatifs entre les sujets valides et handicapés. La masse maigre des valides restent nettement supérieure à celle des sujets handicapés. et d'après le test de student les résultats se confirment a fortiori avec les écarts considérés.

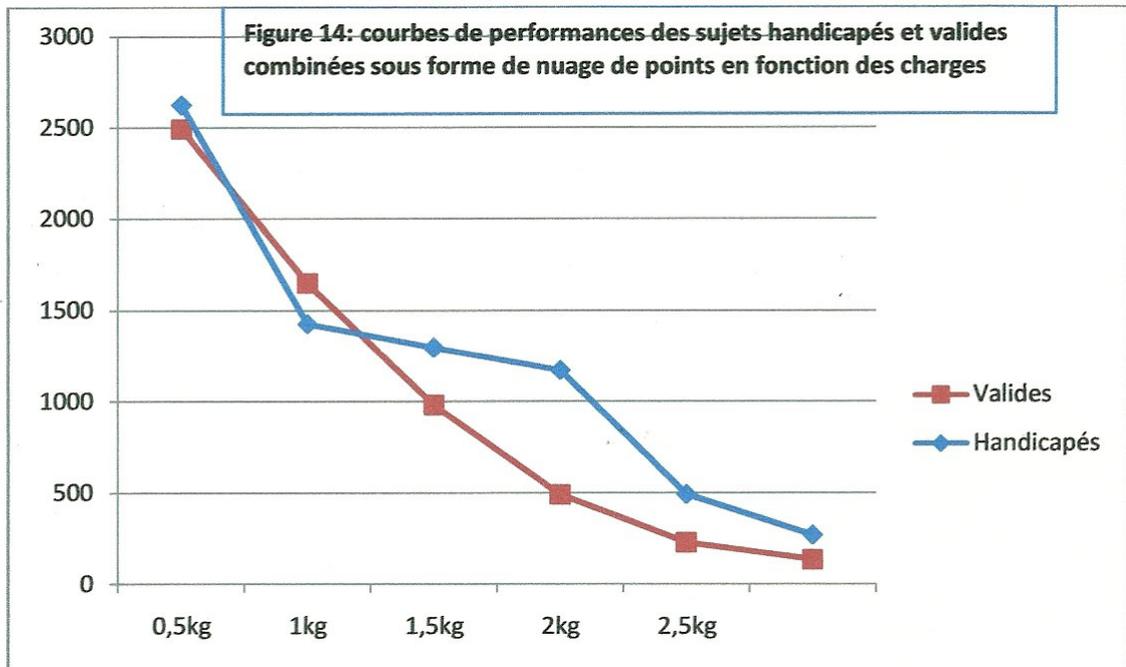
Tableau n°5 : les valeurs moyennes des temps en (secondes) de travail entre les sujets handicapés et valides en fonction des charges de travail.

CHARGES	0,5		1		1,5		2		2,5		3	
SUJETS	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V
MOYE	2624,	2492	1425,	1650	1295,	980,	1171	491,	493	230,	270,	137
NNE	4	,6	75	,4	63	4		4		4	63	
ECART	±1302	±476	±1257	±488	±1186	±356	±777	±299	±351	±142	±179	±94
-TYPE	,03	,22	,22	,71	,33	,33	,05	,05	,51	,67	,94	,6

Commentaire : les temps ont été convertis en secondes, raison de plus les écarts –types présentés sur le tableau sont de nature très grands. Ainsi pour les charges de travail (de 0,5 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 et 3kg), les handicapés ont obtenus les meilleurs temps-limites de travail. Les valides se sont illustrés seulement) la charge de 1kg. Ces chiffres sont révélateurs car les handicapés ont présenté les meilleures circonférences en tissu musculaire. A cela s'y ajoute leurs fauteuils roulant qui constituent leur principal moyen de locomotion associée à une pratique sportive (le basketball).



Commentaire : ce diagramme représente les performances (temps-limite) de travail des sujets handicapés et valides en fonction des charges (0,5 kg ; 1,5 kg ...3 kg). Les meilleurs temps de travail ont été obtenus par les sujets handicapés sauf à la charge 1 kg, qui représente 50 % de la puissance maximale développée. Donc, après avoir maintenu la charge jusqu'à une puissance maximale synonyme ici d'1 kg, le temps de maintien pour les sujets valides devient plus difficile. Ce qui se traduit par l'apparition d'une fatigue musculaire et une incapacité à la production d'énergie supplémentaire d'où l'arrêt du pédalage représenté par la baisse de la performance.



Légende :

Equation de droite des sujets handicapés : $Y = -419,76x + 2682$

$R^2 = 0,8932$

Equation de droite des sujets valides : $Y = -472,2x + 2649$

$R^2 = 0,9188$

Commentaire :

Ces courbes représentent les temps-limites de travail des sujets handicapés et valides exprimés en secondes (s) en ordonné et en fonction de différentes charges (en kg) exprimés en abscisse. L'allure des courbes montre que le temps-limite de travail diminue au fur et à mesure que la charge augmente. A la charge 1kg les sujets valides ont obtenu la meilleure performance avec un temps total moyen supérieur à celui des handicapés. Les meilleures performances ont été atteintes pour les charges inférieures à 1,5kg par tous les sujets. Cette charge équivaut à une puissance de 75watts, qui correspond à 50% de la puissance maximale aérobie (calibrage du métronome sur la bicyclette ergométrique de type MONARK 818 (voir matériel).

L'allure de la courbe des sujets valides montrent une certaine linéarité, proportionnelle, existante entre le temps-limite de travail et la charge imposée. Pour une charge de 0,5kg par exemple maintenu à 30 mins par les sujets valides, la charge de 1kg sera maintenue pour un temps-limite inférieur ou égale à 15 mins. C'est ce qui justifie l'allure de la courbe des sujets valides. Ceci se traduit en termes de productivité en diminution du rendement de travail. Par conséquent donc une diminution du niveau d'endurance des sujets valides. Toute chose étant égale par ailleurs donc à une diminution de la puissance développée qui est synonyme d'une fatigue ressentie et d'une décharge assez importante de lactate bloquant ainsi la productivité d'énergie musculaire. Ce qui explique une diminution du temps de pédalage quand la charge augmente. Ce qui justifie l'allure de la courbe des sujets handicapés vis à vis des sujets valides (les temps sont exprimés en ordonnées et les charges en abscisses).

Cependant les performances des sujets handicapés ont fluctué au cours de l'augmentation des charges de travail. À partir de la charge 1kg jusqu'à la charge 2kg le temps-limite de travail des handicapés diminue progressivement mais d'une façon très lente. Cette variation est due à une augmentation de leurs temps de travail alors que la charge n'a pas cessé d'augmenter. Donc les sujets handicapés ont développé une puissance et un niveau de maintien de la charge supérieure à la précédente. Ceci se traduit en termes de productivité à une augmentation de la puissance développée et du niveau d'endurance.

DISCUSSION

CHAPITRE IV : DISCUSSION

Les exercices physiques mettant en jeu une faible masse musculaire comme le travail avec les membres supérieurs seulement, le niveau de la performance entre les sujets handicapés et les sujets valides peuvent provenir de différents facteurs tels que l'âge, le poids, la composition corporelle, le niveau d'entraînement, la dimension musculaire, le niveau d'endurance.

Autant de point qui suscitent une réflexion particulière et nous poussent à scinder ces discussion en trois parties :

1. L'effet du poids, de la taille et la masse musculaire active sur la performance des athlètes

Le poids, qui en rapport avec la taille se relève être une mesure anthropométrique permettant d'apprécier le niveau de performance d'un athlète. D'après les théories antérieures de MONTOYE et LAMPHEAR, 1977, le rapport force /masse en rapport avec l'âge, la taille et la dimension osseuse de la personne atteint son maximum au début de la vingtaine. Ce constat ne se reflète pas dans les niveaux de performance dans cette présente étude.

L'observation faite, montre que le poids des valides est supérieur à celui des paraplégiques et pourtant, les meilleurs performances de temps limites de travail ont été obtenu par les sujets handicapés. Il se peut donc, dans certains types de travail de fatigue, que le poids, l'âge ou la taille n'interviennent comme sources limitatives de la performance. Mais notons seulement que cette observation ne s'applique que dans la sphère des comparaisons inter-groupes ; les sujets valides ayant des dimensions musculaires considérables se sont illustrés au sein de leur groupe obtenant les meilleurs temps de maintien des charges (tableau n^o1 et 4). Donc pour eux, malgré cette faible masse musculaire mise en jeu, leurs niveaux de performance peuvent être liés dans la mesure du possible à la musculature.

2- influence des mesures Anthropométrique sur la performance des sujets

La mesure des plis cutanés relève que les pourcentages de masse grasse et de masse maigre estimées ont été respectivement pour les sujets handicapés (15,38% ; 37,06) et pour les valides (17,23% ; 58,87%) si l'on se confère au tableau n^o4.

Donc les sujets pourraient fournir un effort prolongé de plus d'une heure grâce à l'augmentation d'utilisation de graisse lors d'un effort physique prolongé (KATCH et COLL, 1985). Donc, les athlètes handicapés et valides pourraient avoir une bonne base aérobie si l'on sait que la filière aérobie utilise en partie les acides gras venant de la dégradation des lipides comme une source d'énergie. Ce pourcentage de masse grasse des athlètes au dessus de la moyenne pourrait a priori être significatif dans le niveau de performance. Et ceci ne se répercute pas dans les performances des sujets valides, eux qui ont le pourcentage le plus important de masse grasse. Donc, les différences de performance observées dans le maintien de la charge pour une longue durée peuvent ne pas provenir uniquement de la masse grasse. La masse musculaire active pourrait être à l'origine des différences de performance (voir le tableau n°4).

Toutefois, cette masse musculaire peut, dans certains types d'exercices faisant intervenir les membres supérieurs, être très faiblement mise en jeu. Dans les types d'effort musculaire comme l'aviron, le canoë-kayak, la natation, la course athlétique à fauteuil roulant, la masse musculaire mise en jeu est moins importante que celle des membres inférieurs sur bicyclette ou dans la course à pied. Les travaux de DAVIS et SARGEANT en 1974 ont montré que la faible masse musculaire mise en jeu dans un exercice avec les membres supérieurs constitue un facteur limitatif de la VO_2 max (débit le plus élevé qu'un sujet peut prélever et utiliser lors d'un exercice musculaire général et intense conduisant à l'épuisement); (ASTRAND et RODHAL 1980, donc la puissance maximale aérobie.

Nos résultats ont révélé que les meilleurs performances chez les valides ont été obtenus par les sujets qui présentent les dimensions musculaires les plus importantes (tableau n°6). Ils ont des puissances critiques, définies comme le taux maximal de renouvellement d'énergie (SCHERRER et COLL, 1954), très importants qui peuvent être assimilé dans cette étude à la durée la plus longue de maintien pour les charges sous maximales 0,5 et 1 kg.

La puissance critique permet de comparer la capacité de travail d'un individu à celle d'un groupe auquel il appartient (SCHERRER et COLL, 1954).

Les performances enregistrées chez les valides pratiquant le basketball, sont les meilleures performances au sein du groupe des valides. Le basketteur a besoin d'une bonne base aérobie pour récupérer vite. Le seul facteur qui semblerait expliquer ce

niveau de performance chez ces derniers, pourraient être leur niveau d'endurance. Ceci semble expliquer la performance des sujets n°1 et n°4 valides dans le maintien des charges sous maximales.

En outre, les travaux (IKAI et FUKUNAGA, 1968) ont montré que les athlètes à muscles larges seront plus forts que ceux qui ne disposent que de petits muscles.

Mais il peut avoir quelques exceptions à cette règle générale, et cela à cause d'autres facteurs influençant la performance de force que si les athlètes possèdent un contrôle neuromusculaire supérieur de force et si son type d'insertion musculaire leurs assurent un avantage biomécanique plus grand que la normale. Ceci semble être un facteur pouvant expliquer les différences de performance observées entre valides et handicapés dans cette étude. Cette différence se retrouve chez le sujet handicapé 1 comparé aux autres de son groupe. Ces sujets pratiquent le basketball et l'athlétisme, et sont des compétiteurs au niveau national. La ponctualité dans la proportionnalité de la diminution de la performance du sujet handicapé 1, peut nous servir de repère sur le niveau de la performance des sujets valides et leurs disciplines respectives.

Il est admis que le basketball est presque totalement anaérobie alactique mais le basketteur a besoin d'une bonne base aérobie pour une récupération rapide. Cette information semble être en concordance avec nos résultats observés chez les sujets valides sur leur niveau d'endurance.

Les performances de ces sujets montrent que les valides basketteurs ont été les seuls à s'approcher du niveau de la performance des handicapés pour des charges sous-maximales et maximales. Cependant, force est de reconnaître que malgré ce niveau d'endurance des valides, les différences intergroupes restent très élevées et qu'elles méritent d'être prises en compte. Les recherches de DAVIES et SARGEANT, 1974) ont montré que le niveau de la VO_2 max d'une personne handicapée est très bas (2L/mn) comparé à un valide à activité sédentaire (3L/mn). Dans la revue de littérature, « adaptation du paraplégique au travail des bras », l'évaluation des réactions cardio-pulmonaires et métaboliques lors d'un travail accompli avec les bras est nécessaire chez les gens normaux autant dans la recherche médicale que dans celle physiologique.

Les personnes handicapées ayant des lésions au niveau de la moelle épinière au dessus de la 6^{ème} et 7^{ème} vertèbre thoraciques observent des réponses cardiovasculaires

anormales lors des changements de position ou lors de l'activité physique. La circulation sanguine se trouve être modifiée dans la manière d'alimenter le corps humain, et que toute activité physique propulse le sang chez ces derniers dans les parties situées au dessus de la lésion.

Ce test de pédalage qui est un test de fatigue met en exergue le niveau d'endurance de la personne qui se traduit par la capacité à soutenir un effort physique d'intensité faible pour un temps infini. Toutes choses étant égale par ailleurs, celui qui maintient le temps-limite de travail le plus important développe la plus grande force (dans MBAYE. S 1998/1999).

Ainsi, lors d'un effort physique avec les membres supérieurs chez les paraplégiques, malgré la faible masse musculaire mise en jeu, ces derniers peuvent effectuer des performances supérieures à celles de sujets valides qui pourraient en partie être expliqué par l'accumulation de sang dans la partie supérieure du corps.

3. Etude explicative de nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres études faites sur les membres supérieurs

Afin de voir la pertinence et la fiabilité de nos résultats nous avons jugé nécessaire et bon d'expliquer nos résultats avec d'autres sujets ayant subi les tests avec le même matériel, c'est-à-dire une bicyclette ergométrique adaptée au pédalage avec les membres supérieurs et avec des protocoles expérimentaux différents.

3-1. Explication de nos résultats avec ceux obtenus dans les travaux de GNINGUE (1998)

Dans l'étude de GNINGUE (1998), les sportifs handicapés de niveau national et international ayant participé aux Jeux de l'Amitié des Personnes Handicapés d'Afrique Francophone (J.A.P.H.A.F), avaient un temps de maintien des charges sous maximales et maximales très long, comparés aux valides dans le test de pédalage sur bicyclette ergométrique.

Dans cette étude, les valeurs les plus importantes ont été enregistrées chez les sujets handicapés et valides basketteurs. Il nous sera très difficile de répertorier à leurs justes valeurs les moyennes obtenues dans les résultats de GNINGUE. Dans le souci du respect de la fidélité de nos tests en rapport avec nos résultats. En effet, ces tests n'utilisent pas le même protocole expérimental, chaque charge est pédalée pour un temps bien défini. Mais cependant il ya lieu de noter qu'il existe une vraisemblance

entre les observations faites dans l'étude de GNINGUE et les résultats obtenus dans cette étude à propos du comportement des handicapés dans le maintien des charges à des temps limites avec des vitesses de pédalage supérieures aux sujets valides.

3-2 : Explication de nos résultats avec ceux obtenus dans les travaux de MBAYE (1999)

Les travaux de MBAYE ont montré que les sports collectifs sont orientés beaucoup plus vers l'endurance musculaire, car ce déroulant sur une longue durée qui requiert un grand espace, un grand terrain tout le contraire des sports individuels testés dans son étude. Ainsi les basketteurs ont obtenus les meilleurs temps de travail.

Ceci semble être concordant avec nos observations sur le niveau d'endurance des sujets valides pratiquant le basketball et, dans son étude, sur la performance des sujets pratiquant le basketball et le handball.

En guise de conclusion définitive, l'ensemble des temps limites de travail réalisés par les personnes handicapés, est supérieur à celui des sujets valides, sauf à la charge 1kg, les différences sont significatives à P inférieur à 0,075 selon le test de student de comparaison de moyennes.

En effet l'utilisation habituelle pour leur locomotion associée à la pratique sportive et les changements cardiovasculaires liés aux lésions de la moelle épinière semblerait expliquer cette différence significative en faveur des sujets handicapés.

Nos résultats vont dans le même sens que les études de TAYLOR et COLL 1973 chez les handicapés sportifs comparés aux athlètes de haut niveau olympique.

Globalement il ressort de notre étude, que les personnes handicapés sportifs très bien entraînés peuvent développer des qualités de puissance et d'endurance des membres supérieures plus élevées que celles de sujets sportifs valides.

RESUME ET CONCLUSION

Résumé et conclusion

Notre étude a porté sur les qualités de puissance et d'endurance des membres supérieurs des athlètes handicapés physiques de sexe masculin au Sénégal.

Un groupe de (13) athlètes répartis en (8) huit handicapés physiques et cinq (5) athlètes évoluant dans les compétitions scolaires, universitaires (UASSU) et nationaux a été choisi pour cette étude. Un test de pédalage sur bicyclette ergométrique de type MONARK avec un compteur de vitesse incorporé qui permet de lire les puissances de charges, la vitesse et le nombre de rotations par minutes (rpm) a permis d'effectuer nos travaux. Le test d'effort consistait à faire pédaler les sujets jusqu'à ce qu'il ne puisse plus maintenir la consigne c'est-à-dire la vitesse constante à la charge qui leur est imposé ou qu'ils s'arrêtent d'eux-mêmes, ce qui correspond à la fatigue objective.

Les résultats présentent des valeurs différentes entre les deux groupes. La masse musculaire différente entre les groupes serait un facteur discriminatif des qualités de puissances et d'endurances des sujets valides comparés aux handicapés physiques.

En effet les études ont montré que les meilleures performances des sujets valides ont été réussies par les basketteurs et pour les sujets handicapés, ceux qui pratiquaient à la fois l'athlétisme et le basket-ball. Notre étude va dans le sens des études de TAYLOR et COLL 1973 chez les handicapés sportifs comparés aux athlètes de haut niveau olympique.

Dans notre étude, les facteurs tels que l'âge, le poids, la taille ainsi que la masse musculaire active des sujets handicapés ne sont pas limitatifs de la performance. En effet, ces derniers ont obtenu en général une meilleure performance que les sujets valides.

L'ensemble des temps limites de travail réalisé par les personnes handicapées, est supérieure à celui des sujets valides sauf à la charge 1 kg et les différences sont significatives.

En effet, l'utilisation habituelle des membres supérieurs pour leur locomotion associée à la pratique sportive et les changements cardio-vasculaires liés aux lésions de la moelle épinière sembleraient expliquer cette différence significative en faveur des handicapés.

Notre étude fait ressortir que les sujets handicapés sportifs peuvent développer lors de tests des qualités de puissance et d'endurance des membres supérieurs des valeurs plus élevées comparées à celles des sujets normaux bien entraînés.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

WEBOGRAPHIE

1. Ergonomie du déplacement en fauteuil roulant chez le traumatisé... Mesures lors de l'exercice avec les membres supérieurs.

DAVIS ET SARGEANT 1974, GRLASER 1989, VOKAE et al., 1975. Dans une étude comparant les réponses...

2. PIERSON and MONTOYE reported that both movement and reaction times are fastest at age twenty... strength in more than 6000...

Van nostrand reinhold, New York, 1977, W.Bortz 11...

3. Puissance critique: passé, présent et future d'un concept-Elsevier.

Le concept de puissance critique est né des travaux de SHERRER de 1954 à 1960, travaux montrant qu'il existe une relation linéaire entre le temps d'épuisement...

[www.23](#), Issue 5, Octobre 2008, Pages 223-230.

4. S.E. DICARLO and H.C. Taylor, Effect of arm ergometry training on physical work... Paraplegia (1973), pp... In: le fauteuil roulant, Masson, Paris (1997).

5. UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES ETUDE DE LA SPECIFICITE ...

La force maximale développée par un muscle est proportionnelle à sa surface de section (IKAI et FUKUNAGA, 1968). Pour un muscle penné, la section physiologique...

Thèses. Uib. AC/ET D-DB/ collection available/UL Betd.../Thèse pdf.

BIBLIOGRAPHIE

1. ASTRAND P.O. RODHAL K : « précis de physiologie de l'exercice musculaire » Paris Masson, 1980, page : 218
2. DAVIS SARGEANT : « travail des membres supérieurs comparé à celui des inférieurs », 1974
3. Ikai M. and Steinhaus A.H, Some Factors modifying the Expression of Strength, J. Physiol., 16, 157, 1961.
4. MCARDLE W.D, KATCH V : « physiologie de l'activité physique » Paris vigot, 1987 p536.
5. MONOD H., FLANDROIS R. « physiologie du sport » Paris, Masson, 1994, page 78-80-92.
6. NADEAU M. / PERRONET F .et COLL 1980. « physiologie de l'activité physique. »
7. Taylor, J.A &K.W. Spence: the relationships of anxiety level to performance in serial learning .journal of Experimental Psychology, 44:61-64:1952.
8. Taylor, W.L., & A.R.behnke: Anthropométrique comparison of muscular and obese men, journal of Applied Psychology/16:955-959, 1961.
9. GNINGUE (B) : « test de puissance maximale anaérobie et de travail limite-temps limite sur bicyclette ergométrique chez les handicapés physique de sexe masculin. » Mémoire de maîtrise ès STAPS, INSEPS/UCAD, DAKAR, 1998.
10. MBAYE (S) « qualité musculaire de force, de vitesse et de puissance des membres supérieures chez les sportifs » Mémoire de Maitrise ès STAPS, INSEPS/UCAD, DAKAR 1999.

ANNEXES

Numero	Age	Poids (Kg)	Tailles (cm)		Envergure (m)	Indice de masse corporelle (IMC)
	(Année)		Debout (m)	Assise (cm)		
1	25	58	1,72	84	1,87	19,61
2	30	45	1,63	83	1,65	16,94
3	16	58	1,6	81,5	1,72	22,66
4	27	55,5	1,79	85	1,98	17,32
5	30	44,5	1,48	76,4	1,64	20,32
6	27	57	1,74	89,5	1,86	18,83
7	22	56	1,7	84,5	1,88	19,38
8	34	45,5	1,48	76	1,64	20,77
Moyenne	26,38	52,44	1,64	82,49	1,78	19,48
Ecart-Type	5,53	6,22	0,12	4,51	0,13	1,85

Tableau n°6 : Tableau individuel des mesures anthropométriques des sujets handicapés

$$\text{IMC} = \text{Poids} / (\text{Taille})^2 \quad \text{NB ; La taille en mètre}$$

Tableau n°7 : Tableau individuel des mesures anthropométriques des sujets valides

Numero	Age (Année)	Poids (Kg)	Tailles (cm)		Envergure (m)	Indice de masse corporelle (IMC)
			Debout (m)	Assise (cm)		
1	25	93	2,3	96	2,17	80,87
2	27	62,5	1,75	89	1,85	71,43
3	24	69	1,77	86	1,84	77,97
4	22	82	1,86	90,5	1,96	88,17
5	26	74	1,84	87	1,89	80,43

Tableau 8 : Tableau individuel des mesures anthropométriques des plis cutanés des handicapés

sujets	Plis				
	Bicipital	Tricipital	Sous-scapulaire	Supra-iliaque	Σ plis
1	5	11	11	7	34
2	5	12	5	11	33
3	5	6	8	8	27
4	15	5	5	6	31
5	6	4	8	9	27
6	5	4	7	6	22
7	10	8	7	6	31
8	8	6	9	7	30

Tableau n°9 : Tableau individuel des mesures anthropométriques des plis cutanés des sujets valides

sujets	Plis				
	Bicipital	Tricipital	Sous-scapulaire	Supra-iliaque	Σ plis
1	3	4	8	5	20
2	3	4	8	4	19
3	3	6	9	7	25
4	4	6	10	7	27
5	4	5	8	5	22

Tableau n°10 : Tableau individuel des mesures anthropométriques des dimensions musculaires et articulaires des sujets handicapés

Sujets	Poignet	Code / Avant bras	Coude /Bras	Epaule	L/Bras	L/av Bras
1	19	27	26	37	32	29
2	16,2	24,1	22	34	31	28
3	17	17,2	26,4	30,2	30	26
4	18	16,3	25	39	36	31
5	16	25	23	40	28	27
6	18	16	17,5	27	32	31
7	17	24	22	35	26	30
8	18	31	28	40	27	26
Moyenne	17,40	22,58	23,74	35,28	30,27	28,50
Ecart type	±1,03	±5,51	±4,74	±4,74	±3,24	±2,07

Tableau n°11 : Tableau individuel des mesures anthropométriques des dimensions musculaires et articulaires des sujets handicapés

Sujets	Poignet	Code / Avant bras	Coude /Bras	Epaule	L/Bras	L/av Bras
1	20	29	29	43,3	42	34,1
2	16,2	25,1	24	39,2	37	29
3	18	26	24,1	39	34	29
4	19,1	28 ,4	26,4	43	36	30
5	16,4	26,1	25	37	37	28
Moyenne	17,94	26,92	25,70	40,30	37,20	30,02
Ecart type	±1,74	±1,68	±2,08	±2,74	±2,95	±2,39

Tableau n°12 : Les temps limite de travail en fonction de la charge et de la puissance imposées chez les sujets handicapés

Sujets Charges (Kg)	1		2		3		4		5	
	Puis (W)	Tps lim	Puis (W)	Tps Lim						
0.5	25	50'36''	25	40'22''	25	30'40''	25	50'25''	25	35'40''
1	50	30'09''	50	30'12''	50	13'25''	50	38'14''	50	25'32''
1.5	75	15'06''	75	17'25''	75	6'38''	75	25'11''	75	17'22''
2	100	5'08''	100	4'08''	100	3'20''	100	15'10''	100	13'15''
2,5	125	3'05''	125	1'03''	125	1'50''	125	6'08''	125	7'06''
3	150	1'30''	150	48''	150	45''	150	4'20''	150	4'02''
Puis=Puissance en Watt							h=heure		(')=minute	
Tps lim= Temps limite de travail									(='')=seconde	

Tableau n°13 : Les temps limite de travail en fonction de la charge et de la puissance imposées chez les sujets valides

Sujets Charges (kg)	1		2		3		4		5		6		7		8	
	Puis (W)	Tps lim														
0.5	25	1h15'	25	50'29''	25	1h12'	25	40'76''	25	1h36'	25	45'25''	2	30'45''	2	45'12''
1	50	1h58'	50	40'36''	50	4'45''	50	3'58''	50	40'04''	50	17'03''	5	15'26''	5	7'16'
1.5	75	30'26''	75	15'49''	75	1h6'	75	9'16''	75	10'33''	75	25'21''	7	6'36''	7	12'18''
2	100	19'35''	100	35'53''	100	30'25''	100	1'48''	100	11'37''	100	35'28''	1	10'07''	1	11'15''
2,5	125	13'45''	125	5'07''	125	16'06''	125	35''	125	6'34''	125	14'22''	1	7'16''	1	2'03'
3	150	4'40''	150	4'36''	150	7'12''	150	1'31''	150	2'25''	150	10'23''	1	3'20''	1	1'58'

Puis=Puissance en Watt		Tps lim= Temps limite de travail		h=heure	(')=minute	('')=seconde
------------------------	--	----------------------------------	--	---------	------------	--------------

Tableau n°14 : Les pourcentages de masse corporelle des sujets handicapés

sujets	Masse grasse (%)	Masse maigre (%)
1	19,72	38,28
2	14,85	30,15
3	15,66	42,34
4	17,205	38,295
5	12,015	32,485
6	12,54	44,46
7	17,36	38,64
8	13,65	31,85
Moyenne	15,38	37,06
Ecart type	±2,64	±5,13

Tableau n°15 : Les pourcentages de masse corporelle des sujets valides

sujets	Masse grasse (%)	Masse maigre (%)
1	18,6	74,4
2	11,875	50,625
3	17,25	51,75
4	22,14	59,86
5	16,28	57,72
Moyenne	17,23	58,87
Ecart type	±3,73	±9,52

Tableau n° 16 : Tableau individuel des temps limites de travail des sujets handicapés en fonction des charges

Sujets charges	0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	4500	3658	1826	1175	825	280
2	3029	2436	735	2153	30327	276
3	72	285	3960	1825	966	432
4	2476	238	556	108	35	91
5	3636	2404	633	697	394	145
6	2725	1023	1521	2128	862	623
7	1845	926	396	607	432	200
8	2712	436	738	675	123	118

Tableau n° 17 : Tableau individuel des temps limites de travail des sujets valides en fonction des charges

Sujets charges	0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	3036	1809	906	308	185	90
2	2422	1812	1045	244	63	48
3	1840	805	398	200	110	45
4	3025	2294	1511	910	368	260
5	2140	1532	1042	795	426	292