

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abdel Hamid Ibn Badis de Mostaganem
Institut d'éducation physique et sportive

**Mémoire de Fin d'étude pour L'obtention du diplôme magister en
Science biologiques appliquées aux activités physiques et sportives.**

Thème

**Etude de l'influence du poids corporel sur
la pression artérielle et la performance
chez les pratiquants de judo
(Cas des judokas 20-28 ans)**

**Présenté par:
Oudjedi Adda.**

**Sous la direction de:
DR. K. Saïd Aissa.**

Année Universitaire : 2011 /2012

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail : A

-Ma mère, Pour son affection et son amour. Je reste éternellement reconnaissant pour toutes ces années d'amour.

- Mon père, pour ses encouragements.

-Mes frères et mes sœurs.

- Mes amis.

Tout le personnel du service de médecine du sport (Ex. CNMS).

Remerciements

بسم الله الرحمن الرحيم

« وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ ، وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ »

سورة ابراهيم الآية (7)

J'exprime mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué pour la réalisation de la présente étude :

A Monsieur le DR. Saïd Aissa khelifa , mon encadreur, pour ses précieux conseils.

A monsieur le Pr. Rachid Hanifi , ex- centre national de médecine du sport.

A monsieur le Dr. Ait Saada Djamel , département des sciences biologiques , université de Mostaganem.

A monsieur le Dr. Tairi Abdelrazek , département des sciences de la motricité , canada.

Pr. Al-Hazzaa , professeur et directeur du laboratoire de physiologie de l'exercice ,institut des sciences de la motricité, Arabie saoudite (FACSM).

Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciement	II
Liste des tableaux et des figures.....	X
List des abréviations.....	XV
-Introduction générale.	
-Introduction	1
1. Problématique	2
2. Les objectifs	3
3. Hypothèses	3
4. Concepts	4
4.1. Le poids corporel	4
4.2. La pression artérielle	4
4.3. L'hypertension artérielle (HTA)	4
4.4. La performance	5
4.5. Le judo	5
5. Analyses des travaux antérieurs et des études similaires.....	6
-conclusion.....	10
-PARTIE THÉORIQUE : REVUE DE LA LITTÉRATURE	
Chapitre I : poids et compositions corporelle.	
-introduction.....	13
1. La composition corporelle	14
1.1. Les compartiments	14
1.1.1. Masse maigre	15
1.1.2. Masse grasse	15
1.2. Intérêt de la mesure de la composition corporelle :.....	16
1.3. Les méthodes de mesure de la composition corporelle	17
1.3.1. Les méthodes de laboratoire	17
1.3.1.1. La densitométrie	17

A)- Hydrodensitométrie	19
B)-Pléthysmographie par déplacement d'air	20
1.3.1.2. Absorptiométrie bi-photonique à rayons X (DEXA)	21
1.3.1.3. La résonance magnétique nucléaire (RMN)	23
1.3.1.4. Mesure de la Masse maigre via la mesure du potassium total du corps (total body potassium)	23
1.3.1.5. La dilution isotopique	24
1.3.1.6. La tomodensitométrie	24
1.3.2. Les méthodes de terrain	25
1.3.2.1. La mesure des plis cutanés	26
1.3.2.2. L'impédance bio – électrique	27
1.4. Composition corporelle et performance sportive	28
1.4.1. La masse maigre	28
1.4.2. La masse grasse relative	29
1.5. Les normes de poids	30
1.6. Risques associés aux pertes de poids trop importantes	31
1.6.1. La déshydratation	32
1.6.2. La fatigue chronique.....	34
1.6.3. Les désordres alimentaires	35
1.6.4. Les troubles de la fonction menstruelle :.....	35
1.6.5. La diminution de la minéralisation osseuse :	35
-Conclusion	37
-Chapitre II : les adaptations cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement.	
-introduction.....	39
1. La fréquence cardiaque	40
1.1. La fréquence cardiaque de repos	40
1.2. La fréquence cardiaque de l'exercice	41

2. Le volume d'éjection systolique	43
2.1. Augmentation du volume d'éjection systolique à l'exercice	44
2.2. Mécanismes d'augmentation du volume d'éjection systolique...46	
3. Le débit cardiaque :.....	47
4. Le débit sanguin :.....	48
5. La pression artérielle :	49
5.1. Au repos	49
5.1.1. Mesure de la(PA) chez le sportif :	50
5.2. A l'exercice	52
5.2.1. Exercice dynamique et pression artérielle :.....	52
5.2.2. Exercice statique et pression artérielle :.....	53
5.2.3. Exercice mixte et pression artérielle :	54
5.3. Hypertension artérielle:	55
5.3.1. Définition	55
5.3.2. Relation sport – hypertension artérielle	55
5.3.3. Traitement non- pharmacologique chez le sportif hypertendu...56	
5.3.3.1. Mesures hygiéno-diététiques	56
5.3.3.2. Activités physiques et sportives	57
A) Chez le sédentaire	58
B) Chez le sportif régulier	58
6. Le sang	59
6.1. Le contenu en oxygène	59
6.2. Le volume plasmatique	60
6.3. L'hémoconcentration	61
6.4. Hyperleucocytose	63
6.5. Le PH sanguin	65
7. Le cœur d'athlète (l'hypertrophie cardiaque du sportif).....	65

7.1. Les facteurs déterminants de cette hypertrophie cardiaque	66
7.1.1. Le niveau d'entraînement	66
7.1.2. Le type de sport pratiqué	66
7.1.3. Le sexe	67
7.1.4. L'âge	68
7.1.5. La génétique	68
- conclusion	69

-Chapitre III : la performance sportive.

-introduction.....	71
1. Définition	72
2. Approche biologique de la performance sportive	72
2.1. Les qualités morphologiques	73
2.2. Les qualités fonctionelles	74
2.2.1. Les qualités physiques générales et spécifiques	74
2.2.2. Les facteurs bioénergétiques	75
2.2.2.1. Processus anaérobie alactique.....	77
2.2.2.2. Processus anaérobie lactique.....	78
2.2.2.3. Processus aérobie	80
2.2.2.4. Caractéristiques des sources d'énergie	81
3. Facteurs influençant la performance sportive	83
3.1. Nutrition et performance sportive	85
3.1.1. Les besoins énergétiques du sportif	85
a) la ration calorique	85
b)- L'apport en eau	88
3.1.2. Les substrats énergétiques	90
a)-Les glucides	91
b) - Les lipides	94
3.1.3. Les matériaux énergétiques	96

a) - Les protéines	96
b) - Les micronutriments	98
-conclusion.....	101

-Chapitre IV : Profil physiologique du judoka.

- introduction	103
1. Le profil d'exigence de l'activité	104
1.1. Les qualités physiques propres au judoka	105
1.1.1. La force	105
1.1.2. La vitesse	106
1.1.3. La souplesse	107
1.1.4. La résistance	108
1.1.5. L'endurance	109
2. La perte du poids corporel	110
-Conclusion	112

-PARTIE PRATIQUE

- Chapitre I : Méthodologie de la recherche.

1. Méthodes et moyens	115
1.1. Population étudiée	115
1.1.1. Population source	115
1.1.2. Population ciblée	115
1.2. Type, période et lieux de l'étude	116
1.3. Condition et déroulement de l'expérimentation	116
1.3.1. Méthode de l'évaluation anthropométrique	116
1.3.1.1. Stature	117
1.3.1.2. Poids	117
1.3.1.3. Indice de QUETELET	118
1.3.1.4. La masse grasse	118
1.3.2. Méthode de l'évaluation physiologique	119

1.3.2.1. Mesure de la fréquence cardiaque (FCR)	120
1.3.2.2. Mesure de la pression artérielle	120
1.3.2.3. Mesure de la pression artérielle moyenne (PAM)	120
1.3.2.4. Le volume d'éjection systolique	121
1.3.2.5. Le débit cardiaque.....	122
1.3.2.6. Détermination de la capacité de travail ou (PWC ₁₇₀).....	122
1.3.2.7. Détermination de la capacité aérobie	123
1.4. Méthodes statistiques	124
1.4.1. Calcul des paramètres de statistiques descriptives	124
A)- La statistique d'ordre	124
B)-Les statistiques de centre	124
C)- Les statistiques de dispersion :	125
1.4.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)	126
A)-Matrice de corrélation :.....	127
B)-Valeurs propres	127
C)- Le cercle de corrélation et la projection sur les axes	127
D) l'interprétation des résultats de l'ACP	127
1.4.3. Test 't' de STUDENT.....	128
1.4.4. Corrélation et régression linéaire	128

Chapitre II: Présentation et interprétation des résultats

1-Les statistiques descriptives	131
2- Présentation et interprétation des résultats des paramètres morphologiques	132
3- Présentation et interprétation des résultats des paramètres physiologiques	133
4- Matrice de corrélation entre les variables	134

4-1-presentation et discussion des résultats des paramètres morphologiques	134
4-2-presentation et discussion des résultats des paramètres physiologiques	136
4-3-presentation et discussion des résultats des paramètres morpho-physiologiques	142
5- Application de l'ACP aux données recueillis	146
6-la régression linéaire	150
6-1-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS)	150
6-2-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAD)	151
6-3-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) dans le groupe 01	152
6-4-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) dans le groupe (02)	153
6-5-La relation linéaire entre (IMC) et la (PAS)	154
6-6-La relation linéaire entre (IMC) et la (PAD)	155
6-7-La relation linéaire entre (%MG) et la (VR)	156
6-8-La relation linéaire entre (IMC) et la (VR)	157
6-9-La relation linéaire entre le poids et le (VR)	158
-Récapitulation des résultats	159
-DISCUSSIONS	161
1. Les limites de l'étude	162
2. Discussion des résultats	162
-CONCLUSION	170
- Recommandations	173
-Résumés	174
-Références bibliographiques	180
-Annexes	196

Listes des tableaux et des figures.

-Liste des tableaux :

Tableau(01) : classification des chiffres tensionnels pour les adultes âgés.....	51
Tableau(02) : valeurs normales de la pression artérielle en fonction de l'âge chez l'enfant.	51
Tableau(03) : Classification des sports en fonctions de leurs composantes dynamiques et statique et du risque de syncope et/ou de choc (modifié d'après Mitchell JH, Haskell W, snell P et al et al, Bethesda 2005).....	54
Tableau(04) : Volume et poids cardiaques absolus et relatifs chez des sujets entraînés et non entraînés (Weineck, 1998).	67
Tableau(05) : systèmes de distribution d'énergie en fonction de la durée et des types d'épreuves (Brikci , 1995).....	83
Tableau (06) : besoins énergétiques théoriques dans les deux sexes...86	
Tableau(07) : cout énergétique (Kcal/h) correspondant schématiquement à 1 heure de l'un de ces sports.....	87
Tableau (08) : statistiques descriptives des paramètres morphologiques	131
Tableau (09) : statistique descriptives des paramètres physiologiques.	131
Tableau (10) : données morphologiques des judokas.	132
Tableau(11) : données physiologiques des judokas.	133
Tableau (12) : la matrice de corrélation entre les variables.....	134
Tableau (13) : Les valeurs propres.	146
Tableau (14) : Corrélation des variables avec les composantes principales.....	148

-Liste des figures :

- **figure (01)** : montre comment se réalise une pesée hydrostatique...20
- **Figure(02)** : méthode DEXA..... 22
- **Figure (03)** : principe de la tomодensitométrie.....25
- Figure (04)** : méthode des plis cutanés. 26
- Figure(05)** : L'impédance bio- électrique..... 27
- Figure(06)** : la réponse de la (FC) en relation avec le VO₂ max pendant un exercice en comparaison entre des athlètes d'endurance (line rouge) et sédentaires (ligne verte). (Katch, McArdle, & Katch, 2011)..... 43
- **Figure(07)** : variation du VES pendant un exercice maximale progressive chez des athlètes d'endurance (▲) et chez des sédentaires avant (■) et après 55 jours d'entraînement (●).les flèches indiquent les valeurs maximales. 45
- **Figure (08)** : schéma de la pression artérielle diastolique et systolique (La pression artérielle et sa mesure, 2006). 50
- **Figure(09)** : facteurs biologiques de la performance sportive (Fergusson, 1974)..... 73
- **Figure (10)** : la resynthèse de l'ATP. 76
- Figure(11)**: histogramme des valeurs moyennes comparées des paramètres morphologiques des judokas selon le taux des graisses (groupe 1 et 2)..... 132
- Figure(12)** : histogramme des valeurs moyennes comparées des paramètres physiologiques des judokas (groupe 1 et 2). 133
- **Figure(13)** : nuage de points représentant la relation entre le poids et le % MG. 135
- **Figure (14)** : le nuage de points représentant la relation entre le poids et l'IMC. 135

- Figure (15) : le nuage de points représentant la relation entre l'IMC et %MG.	136
- Figure(16) : nuage de points représentant la relation entre la (CTA) et le (VR).	136
- Figure(17) : nuage de points représentant la relation entre (VR) et (PAS).	137
- Figure(18) : nuage de points représentant la relation entre (VR) et (PAD).	137
- Figure (19) : nuage de points représentant la relation entre (VR) et (PAM).	138
- Figure(20) : nuage de points représentant la relation entre le (VR) et la(FCR).	138
- Figure(21) : nuage de points représentant la relation entre le (VR) et (Q).	139
- Figure(22) : nuage de points représentant la relation entre la (PAS) et la (PAD).	139
- Figure(23) : nuage de points représentant la relation entre la(PAS) et la (PAM).	140
- Figure(24) : nuage de points représentant la relation entre la (PAD) et la (PAM).	140
- Figure(25) : nuage de points représentant la relation entre la (PAD) et le (VES).	141
- Figure(26) : nuage de points représentant la relation entre la (PAD) et le (Q).	141
- Figure(27) : nuage de points représentant la relation entre le poids et la (PAS).	142
- Figure(28) : nuage de points représentant la relation entre le poids et la (PAD).	142

- Figure(29) : nuage de points représentant la relation entre le poids et la (PAM).....	143
- Figure(30) : nuage de points représentant la relation entre le poids et le (VR).....	143
- Figure(31) : nuage de points représentant la relation entre le (%MG) et le (VR).	144
- Figure(32) : nuage de points représentant la relation entre le (%MG) et le (VES).	144
- Figure(33) : nuage de points représentant la relation entre le (%MG) et la (PAS).	145
- Figure(34) : nuage de points représentant la relation entre le (%MG) et la (PAD).....	145
- Figure(35) : le cercle de corrélation établie entre les deux axes (F1-F2).....	148
- Figure(36) : le cercle de corrélation établie entre les deux axes (F1-F3).....	149
- Figure(37) : données et droite de régression entre (%MG) et (PAS).	150
- Figure (38) : données et droite de régression entre (%MG) et (PAD).....	151
- Figure(39) : nuage de points entre le (%MG) et la (PAS) dans le groupe01.....	152
- Figure(40) : nuage de points entre le (%MG) et la (PAS) dans le groupe02.	153
- Figure (41) : données et droite de régression entre (IMC) et (PAS)...	154
- Figure (42) : données et droite de régression entre (IMC) et (PAD). . .	155
- Figure (43) : données et droite de régression entre (%MG) et(VR). . .	156

- Figure (44) : données et droite de régression entre (IMC) et (VR).....	157
- Figure (45) : données et droite de régression entre le poids et Le (VR).....	158

Liste des abréviations

- IMC : indice de masse corporelle.
- HTA : hypertension artérielle.
- %MG : pourcentage de masse grasse.
- CTR : capacité du travail relative.
- VR : volume d'oxygène maximal relatif.
- PAS : pression artérielle systolique.
- PAD : pression artérielle diastolique.
- PAM : pression artérielle moyenne.
- VES : Volume d'éjection systolique.
- FCR : fréquence cardiaque de repos.
- Q c : Débit cardiaque.
- V p : Volume plasmatique.
- TG : Triglycérides.
- AMP : Adénosine mono phosphate.
- ATP : Adénosine tri phosphate.
- Co A : Coenzyme A.
- CP: Créatine phosphate.
- ECG : Electrocardiogramme.

Introduction Générale

Introduction Générale

Introduction :

La performance sportive est la résultante de plusieurs facteurs génétiques, psychologiques, technico-tactique et les facteurs physiologique qui nous intéressent dans notre étude.

D'un point de vue physiologique, la performance résulte de l'action intégrée et coordonnée de facteurs morphologiques, énergétiques et neuro musculaire. Chaque type d'activité sportive fait appel à ces facteurs, dans des proportions différentes. Le rôle de ces facteurs varie d'une discipline sportive à une autre, voire d'une spécialité à une autre, au sein d'une même discipline. A partir de ces considérations, il est possible de cerner, pour chaque spécialité sportive, les exigences morphologiques et physiologiques qui la caractérisent (Brikci, 1995).

Selon Barr et coll., « l'on suppose que la connaissance tirée de l'analyse de la composition corporelle sera utile directement ou indirectement à améliorer la performance athlétique » (Barr, McCargar, & Crawford, 1994). On peut dire que la composition corporelle d'un sportif joue un rôle très important dans la réussite sportive et chaque sport à un type corporel idéal. Par exemple les coureurs d'endurance s'efforcent d'être maigres pour diminuer la charge à transporter, tout au long de la course.

A l'opposé, les lutteurs de sumo recherchent la masse la plus forte possible, car la tradition de leur sport c'est « le plus lourd est le meilleur ». Dans d'autre activités sportives, des athlètes de poids très différents peuvent participer, avec un égal succès, aux compétitions .C'est le cas, par exemple, en football. D'autres activités, comme les sports de combats, ont mis en place des catégories de poids très strictes, ce qui conduit certains

Introduction Générale

participants à perdre du poids en très peu de temps et à s'adonner à des régimes alimentaires catastrophiques (Costill & Wilmore, 2006).

En effet, l'importance de la composition corporelle et de sa mesure provient de ses multiples liens avec la performance en milieu sportif d'une part et les pathologies observées dans le milieu de la santé, tel que l'obésité qui est définie cliniquement, en fonction du risque de surmortalité liée à l'augmentation du poids. L'indice de masse corporelle (IMC) qui est représenté par le rapport du poids exprimé (en KG) sur le carré de la taille exprimé en (mètre), c'est le moyen le plus utilisé par les médecins afin d'évaluer l'importance de la masse grasse (comité scientifique de Kinoc, 2006).

Le risque est particulièrement important dès que l'IMC dépasse 24.9 Kg/m^2 , dans ce cas, l'excès de mortalité est dû essentiellement aux affections cardiovasculaires, à certain type de cancer, au diabète et l'hypertension artérielle qui représente un facteur de risque cardiovasculaire.

Le but de cette étude consiste à apporter un éclairage sur la relation entre le poids corporel, la pression artérielle et la performance chez les pratiquants du judo.

Nous tenterons dans ce travail d'étudier la question ensuite apporter des recommandations et de dégager des perspectives en ce sens.

1. Problématique :

Le poids corporel en relation avec la pression artérielle est généralement représenté par les indicateurs d'adiposité (IMC, %MG). Donc pour étudier la relation entre ces indicateurs, la pression artérielle et la performance on a posé les questionnements suivants :

1- L'indice de masse corporelle accroît-il la pression artérielle ?

2- Y a-t-il une relation linéaire entre (%MG) et la pression artérielle ?

Introduction Générale

3-Est-ce qu'il y a des différences significatives entre les athlètes du groupe(01) qui ont un ($\%MG \leq 20\%$) et l'autre groupe(02) qui ont un ($\%MG \geq 20\%$) sur le plan de la pression artérielle ?

4-Y a-t-il une relation de corrélation entre les paramètres morphologiques et les différentes composantes de la performance (VO_2 max, CTR, FCR, VES,...etc.) ?

5- Quel est le meilleur indicateur d'adiposité (IMC, %MG) associé au profil tensionnel (HTA) ?

2. Les objectifs :

1-déterminer et cerner les paramètres essentiels du point de vue physiologiques en rapport avec les aspects morphologiques qui se relèvent déterminant du niveau de la performance en pratique du judo.

2-connaître les différents facteurs responsables de l'élévation tensionnelle qui représente un facteur de risque cardio vasculaire.

3-etudier les relations de corrélation qui existe entre la composition corporelle, la pression artérielle et la performance.

4-Comparer les indices d'adiposité l'IMC et le % MG pour déterminer le meilleur indicateur associé au profil métabolique (HTA).

3. Hypothèses :

1- L'indice de masse corporelle accroît la pression artérielle.

2-Il y a une relation linéaire entre le ($\%MG$) et la pression artérielle.

3-Il y a des différences significatives pour les athlètes qui ont un ($\%MG \geq 20$) Sur le plan de la pression artérielle.

4- il y a une relation de corrélation entre les paramètres morphologiques et les différentes composantes de la performance (VO_2 max, CTR, FCR, VES,...etc.).

Introduction Générale

5- L'IMC est un indicateur moins précis d'adiposité reflétant l'HTA en comparaison au %MG.

Ce travail envisage plusieurs objectifs en perspectives, dont le but principal est la contribution à l'augmentation relative aux pratiques professionnelles de l'entraînement et de la santé à travers l'évaluation de certains paramètres physiologiques et morphologiques sous l'effet du poids corporel.

4. Concepts :

4.1. Le poids corporel :

Le corps humain est constitué de plusieurs éléments de nature différente comme les os, l'eau, la graisse, les muscles, ...etc.

Classiquement, on différencie deux compartiments :

-La masse grasse qui comprend la graisse amorphe (triglycérides surtout) ; elle est différente du tissu graisseux qui lui comprend, en plus de l'eau et de la masse maigre sèche, un compartiment sur lequel le sportif peut jouer pour diminuer son poids sans prendre de risque.

-La masse maigre qui représente le reste de la masse corporelle et comprend (4) secteurs : l'eau intracellulaire, l'eau extracellulaire, les protéines, les minéraux, il s'agit du compartiment le plus important dont la diminution peut être fatale à l'être humain (Fery, Devoize, & Juquel, 2002).

4.2. La pression artérielle :

C'est la pression exercée par le sang sur la paroi des vaisseaux, elle est exprimée par deux valeurs : la pression systolique (PAS) qui représente le chiffre le plus élevé et la pression diastolique (PAD).

4.3. L'hypertension artérielle (HTA) :

Selon les critères de l'OMS, l'hypertension artérielle se définit par une pression artérielle systolique supérieur ou égale à 140 mm Hg et/ ou

Introduction Générale

une pression artérielle diastolique supérieur ou égale à 90mmHg. Classiquement, on distingue deux grands types d'HTA chez l'homme : l'HTA essentielle et l'HTA secondaire.

4.4. La performance :

Sur le plan physiologique, le terme « performance » est défini par les capacités anaérobies et aérobies qui correspondent au niveau de développement de structures fonctionnelles comme le système cardiovasculaire ou de voies métaboliques comme la glycolyse. (expertise, 2008).

En général, la capacité de performance est relativement complexe en soi, puisqu'elle comprend dans son ensemble les capacités psychophysiques (coordination et condition physique), les capacités et les habilités technico-tactique, les facteurs héréditaires et déterminant de la santé ainsi que les caractéristiques de la personnalité (Weineck, 1998).

4.5. Le judo :

Traduction littérale du terme judo signifié la voie de la souplesse, il est issue du jiu-jitsu, Ce dernier est reconnu pour être le système de combat utilisé par les guerriers samourais, au corps à corps élaboré au cours du moyen-âge japonais. Le père du judo, c'est jigoro kano , le fondateur du dojo Kodokan (endroit Ou étudier la voie), le judo est devenue un sport de combat éducatif.

5. Analyses des travaux antérieurs et des études similaires:

5.1. L'étude de (Chanudet, Lambert de Crémer, Bonnevie, & Louembé, 2005) « Pression artérielle et musculation ».

-Objectifs : la pratique de la musculation est réputée s'accompagner d'élévations tensionnelles importantes. Cette revue a pour objectif d'en analyser les mécanismes et les conséquences.

-La musculation est faite de mouvements répétés contre résistances des principaux groupes musculaires de l'organisme. En aigu, cette activité est responsable d'importantes élévations tensionnelles dépendant des masses musculaires mises en jeu, de la force développée, du nombre d'unités motrices recrutées, du type de contraction, des postures, du nombre de répétitions et des mouvements respiratoires. L'élévation tensionnelle est largement conditionnée par des mécanismes réflexes d'origine centrale.

À long terme, la pratique régulière de la musculation est responsable d'un abaissement tensionnel de repos modeste, comparable à celui observé lors d'un entraînement en endurance.

-conclusion : la pratique de la musculation exerce des effets favorables tant au point de vue circulatoire, ostéo-musculaire que métabolique à la condition de sélectionner et surveiller les participants afin d'écartier les patients présentant des affections cardiovasculaires susceptibles de se décomposer à l'effort. Des règles de bonne pratique ont été définies à travers les recommandations de l'association américaine du cœur en 2000.

5.2. L'étude de (B. Gojanovic, 2010) « Fitness, sport et pression artérielle »

Résumé :

La pression artérielle (PA) baisse dans les heures après un effort, surtout de type aérobie, mais aussi de résistance. Un programme

Introduction Générale

d'entraînement permet de diminuer significativement les PA de repos ou ambulatoire de 24 heures, avec un effet plus important de l'exercice aérobie modéré chez les hypertendus.

Les mécanismes sont multiples: baisse des résistances périphériques, de l'activité sympathique et plasmatique de la rénine, amélioration de la fonction endothéliale, adaptations structurelles des vaisseaux et modulation baro-réceptrice .De nouveaux exercices comme les contractions excentriques ou isométriques pour les mains sont prometteuses.

La musculation, longtemps considérée dangereuse pour les vaisseaux, peut augmenter la rigidité vasculaire, mais si l'intensité est modérée et que des exercices aérobies sont effectués également, les effets sont globalement bénéfiques.

5.3. L'étude de (Waldemar, 2010) « Identification des combat de judo à partir de point de vue physiologique »

Le but de cette recherche était d'identifier un combat de judo à partir du point de vue physiologique, basée sur l'examen de la durée des séquences d'activité et les pauses au sein d'un grand nombre de compétitions.

-Matériel et méthodes : des Séquences temporelles de l'activité au cours des compétitions de judo ont été mesurés en secondes par le commandement de l'arbitre en Championnats d'Europe 1985 et 1986, Coupe du monde 1986, Jeux Olympiques de 1988 à 1996, Championnats d'Europe 1999 et Jeux Olympiques 2008. La Concentration de l'acide lactique dans le sang dans la troisième minute après la fin des compétitions a été mesurée dans le sang artériel à partir du bout de doigt ou le lobe de l'oreille avec la méthode enzymatique et l'équilibre acido-basique avec un Analyser de Corning-micro 166.

Introduction Générale

-Résultats : Le temps moyen de séquences d'activité dans un combat de judo sont à la portée de 18 à 25 secondes, mais les pauses, environ 10 secondes. L'intermittent court d'une intensité élevée pendant un combat de judo dépend des systèmes anaérobies glycolytiques, pour cette raison l'entraînement spécifique des judokas se base sur l'adaptation de ce système énergétique. La capacité à récupérer rapidement du travail anaérobie est essentielle pour le succès de l'athlète, puisque la compétition totale réalisée lors d'un tournoi peut varier de 5 à 8.

-Conclusions : Pendant un combat de judo l'énergie est principalement livrée à partir du système glycolytique anaérobie.

5.4. L'étude de (Azbe, 2007) « Les effets pré- déterminer des charges d'entraînement avec les bras et les jambes sur la pression artérielle et quelques paramètres cardiaques (Etude comparative) »

-Résumé :

L'objectif de cette recherche est de connaître les réponses fonctionnelles du cœur et de la pression artérielle aux différentes charges d'entraînement en utilisons les bras et les jambes.

Ces réponses sont ; la pression artérielle systolique, diastolique et différentielle, le débit cardiaque, la fréquence cardiaque de repos, les résistances périphériques totale et le volume d'éjection systolique.

Les tests étaient appliqués sur 18 hommes en bonne santé au niveau du collège des sciences techniques palestinien (Khadoury) dans la période de 15 jusqu'au 20 avril 2006.

L'échantillon a été choisi aléatoirement et l'âge moyen était 21 ans avec un écart-type de 3.4 mois.

Introduction Générale

L'échantillon a été choisi selon certaines normes d'homogénéité qui contient le poids, la taille, la fréquence cardiaque au repos et la force musculaire des bras et des jambes. On a utilisé la fréquence cardiaque comme facteur de détermination dans l'étude préliminaire. La charge d'entraînement a été définie par 70% de la fréquence cardiaque maximale.

La charge d'entraînement des bras a été déterminée par l'utilisation d'une machine modifiée (électronique rowing), le but de cette modification c'est pour restreindre le travail aux bras seulement sans les jambes et pour ces derniers on a utilisé un ergomètre. Tout le test expérimental est réalisé au niveau du laboratoire de physiologie d'effort (Khadoury), la fréquence cardiaque du retour au calme était mesurée 3 minutes après l'effort.

Les résultats sont significative au seuil 0.05 dans tout les paramètres physiologiques après la réalisation de chaque charge d'entraînement a part, et dans la comparaison des deux charges d'entraînements (Bras et jambes), il y a des différences significatives pour les charges d'entraînements avec les bras et ça été représenté par une élévation de la pression artérielle systolique , diastolique ,la résistance périphérique totale, en parallèle , pour les charges d'entraînements avec les jambes il y a des élévations dans les paramètres ;volume d'éjection systolique , le débit cardiaque, et une diminution des résistances périphériques totales.

Pour le retour au calme (récupération), il y un retard dans la récupération chez le groupe qui a fait un entraînement avec les jambes par rapport a l'autre groupe dans la même charge d'entraînement.

-conclusion :

Les études similaires représentent le guide qui sert à expliquer une part importante de la recherche, à partir de ce que nous avons vu comme études similaires, nous avons conclu :

-la pratique de certains sports de résistance comme la musculation, exerce des effets favorables tant au point de vue circulatoire, ostéo-musculaire que métabolique à la condition de sélectionner et surveiller les participants afin d'écartier les patients présentant des affections cardiovasculaires.

- La pression artérielle (PA) baisse dans les premières heures après un effort, surtout de type aérobie, mais aussi de résistance , Les mécanismes sont multiples: baisse des résistances périphériques, de l'activité sympathique et plasmatique de la rénine, amélioration de la fonction endothéliale, adaptations structurelles des vaisseaux et modulation baro-réceptrice .

- le judo et les autres sports de combat en général sont classés dans les sports à un effort fortement statique qui se caractérisent par des efforts intermittent court d'une intensité élevée et l'énergie est régénérer principalement par la voie anaérobie.

PARTIE THEORIQUE

Chapitre I
Poids
Et
Composition corporelle

Introduction :

Le corps humain se compose macroscopiquement d'éléments de densité et de natures très différentes telles que la graisse, les os, les protéines, l'eau... Chez l'homme sain, ces éléments sont maintenus dans des proportions constantes, une anomalie dans leur répartition permettra donc de déceler des risques de pathologies comme par exemple l'obésité, la dénutrition ou encore des œdèmes.

1. La composition corporelle :

1.1. Les compartiments :

Pour pouvoir étudier la composition corporelle, le corps a été modélisé. Le modèle le plus ancien est le modèle anatomique. Il sépare le corps en différents tissus (tissu musculaire, tissu adipeux, organes...). Ce modèle est dit descriptif et permet de comprendre l'organisation spatiale des différents constituants et leurs niveaux d'interconnexions. Les progrès de l'imagerie médicale ont renouvelé l'intérêt de ce modèle. La référence à la notion de tissu permet certaines approches quantitatives. Ainsi, pour un homme jeune sain, le muscle représente 44,7% du poids corporel, le tissu adipeux 15% et le tissu osseux 14,9% (McArdle, Katch, & Katch, 2001).

Le modèle biochimique sépare les composants de l'organisme en fonction de leurs propriétés chimiques : l'eau, les lipides, les protéines, les glucides, les minéraux... Ainsi, l'azote corporel correspond presque uniquement aux protéines, le calcium et le phosphore à l'os, le carbone aux lipides (les glucides étant comparativement très peu abondants) Le modèle physiologique permet d'introduire la notion de compartiments. Un compartiment regroupe des composants corporels fonctionnellement liés entre eux, indépendamment de leur localisation anatomique ou de leur nature chimique.

Selon la nature de la méthode, il est possible de mesurer le corps comme une entité unique ou de le diviser en deux, trois, quatre ou cinq compartiments (Withers & al, 2000).

Actuellement, le modèle le plus utilisé est celui à deux compartiments ; la masse maigre et la masse grasse.

1.1.1. Masse maigre :

La masse maigre est l'ensemble des tissus non gras comprenant les muscles, les viscères, les os, les réserves énergétiques non grasses (glycogène) ainsi que l'eau corporelle (73 % du poids total). Elle contient les réserves protéiques, minérales et vitaminiques de l'organisme. Elle comprend environ 3 % de matière grasse située dans le système nerveux central et les organes internes (McArdle, Katch, & Katch, 1991). Elle constitue la partie métaboliquement la plus active des tissus, responsable de la majorité des dépenses énergétiques de l'organisme et donc du métabolisme basal (Rodwell Williams, 1989).

1.1.2. Masse grasse :

On peut séparer la masse grasse (MG) en deux catégories :
Selon leur signification physiologique, les lipides peuvent être groupés en deux classes :

Les lipides constitutifs ou proto-plasmiques et les lipides de réserve. Les premiers se retrouvent dans la moelle osseuse, le cœur, les poumons, le foie, la rate, les intestins, les muscles et les tissus riches en lipides du système nerveux central. Leur présence est essentielle au fonctionnement cellulaire. Chez la femme, les lipides constitutifs incluent aussi les lipides caractéristiques du sexe. On ignore encore si ces derniers sont réutilisables ou constituent un stock de réserve. Les sites premiers de localisation des lipides caractéristiques du sexe sont probablement les glandes mammaires et la région pelvienne bien qu'on ignore la quantité précise. Une étude récente, estime que la masse des seins ne représente pas plus de 4% du contenu adipeux de femme dont le pourcentage de graisse varie de 14 à 35%. Cela signifie certainement que des régions autres, sans

doute des régions de la moitié inférieure du corps comme le bassin et les cuisses, abritent une grande proportion de ces graisses spécifiques au sexe. L'autre classe de lipides, les lipides de réserves, est celle des dépôts graisseux qui s'accumulent sous forme de tissu adipeux. Cette réserve nutritive comprend le tissu adipeux sous cutané et les tissus adipeux, moins volumineux, qui protègent des chocs les organes vitaux thoraciques et abdominaux. La proportion des lipides de réserves est sensiblement équivalente d'un sexe à l'autre (12 % chez l'homme, 15% chez la femme). La quantité totale des lipides constitutifs, y compris les lipides caractéristique du sexe, est quatre fois plus importante chez la femme que chez l'homme. Il est plus que probable que ce surplus constitutif est relié aux fonctions de la gestation et aux autres fonctions endocrines. (Katch & McArdle, 1985).

1.2. Intérêt de la mesure de la composition corporelle :

Par rapport aux mesures classiques de taille et de poids, l'évaluation de la composition corporelle apporte des informations supplémentaires à l'entraîneur et au sportif. Un athlète de 188 cm et de 91 Kg est-il à son poids idéal ? Si sa masse grasse est estimée à 5 Kg, il reste 86 Kg de masse maigre, ce qui est plus parlant que la simple mesure du poids total. Dans cet exemple, la masse grasse ne représente que 5% environ du poids du corps, ce qui est très faible et le minimum qu'un sportif puisse atteindre. Dans une telle éventualité, sportifs et entraîneurs doivent savoir qu'il s'agit là d'une composition corporelle idéale. (Costill & Wilmore, 2006)

L'étude de la composition corporelle permet de mesurer la masse grasse dont l'excès caractérise l'obésité ainsi que la masse maigre qui est caractérisée par des dépenses énergétiques élevées en comparaison au tissu adipeux (Tappyl, 2000).

1.3. Les méthodes de mesure de la composition corporelle :

La mesure de la composition corporelle n'est pas facile et fait appel à des méthodes indirectes qui utilisent des équations de prédiction établies à partir de méthodes directes, souvent de référence

Plusieurs méthodes ont été développées au cours des dernières décennies (Forbes, 1987) et parmi elles, des méthodes de laboratoire qui sont généralement lourdes ou invasives et des méthodes de terrain plus simples à mettre en œuvre.

1.3.1. Les méthodes de laboratoire :

Les méthodes de laboratoire sont en général les méthodes de référence. Elles donnent des résultats plus directs et plus précis. Mais elles sont généralement coûteuses et nécessitent souvent une installation et un équipement assez lourds,. Parmi elles, on peut citer la densitométrie , le comptage du potassium 40, l'absorption bi- photonique, la résonance magnétique nucléaire , l'activation neutronique, la dilution isotopique, la tomodynamométrie et l'inter -actance infrarouge.

1.3.1.1. La densitométrie :

C'est une méthode de référence qui se base sur le modèle à deux compartiments, elle permet une mesure indirecte de la densité corporelle via la mesure du volume corporelle(Brozek)

Elle repose sur un certain nombre d'hypothèses:

- la composition chimique de la masse maigre est relativement constante;
- la densité de la masse maigre est différente de celle de la masse grasse et est constante. La technique la plus utilisée est la densitométrie par pesée sous l'eau (Going, 1996).

À ce jour, l'hydrodensitométrie et la pléthysmographie sont les deux mesures utilisées. Ces méthodes fondent leur application sur le principe

d'Archimède (Withers & al, 2000). Ce principe stipule que lorsqu'un corps est immergé dans un liquide ou un gaz, il est poussé par une force équivalente à son poids dans le volume de liquide ou de gaz déplacé. L'immersion du corps dans un liquide ou un gaz permet de déterminer le volume du corps car la différence de poids entre la pesée dans l'air et dans l'eau est équivalente au volume du corps immergé. Comme la densité d'un corps est égale à sa masse divisée par son volume, l'hydrodensitométrie et la pléthysmographie peuvent la mesurer à l'aide de quelques corrections. La capacité fonctionnelle résiduelle doit être mesurée afin de le soustraire de la mesure tout comme la densité de l'eau à la température de la mesure. Le modèle d'équation utilisé pour déterminer la densité corporelle à partir de l'hydrodensitométrie suit l'équation donnée :

Densité corporelle = $MCA / ((MCA - MCE) / D_{\text{eau}}) - FRC$.

-MCA = Masse corporelle dans l'air (g).

-MCE = Masse corporelle dans l'eau (g).

-D eau = Densité de l'eau (g/cm³ ou g/ml).

-FRC = Capacité résiduelle fonctionnelle (ml).

La densité corporelle est généralement convertit en pourcentage de gras à l'aide des équations de Siri (Siri W. , 1961) ou de Brozek (Brozek & al, 1963) . Equation de Siri : $\%MG = 495/D - 450$.

Comme mentionné précédemment, les suppositions qui sous-tendent le modèle à deux compartiments influencent la validité de la mesure. Voici les préceptes qui soutiennent les méthodes de densitométrie :

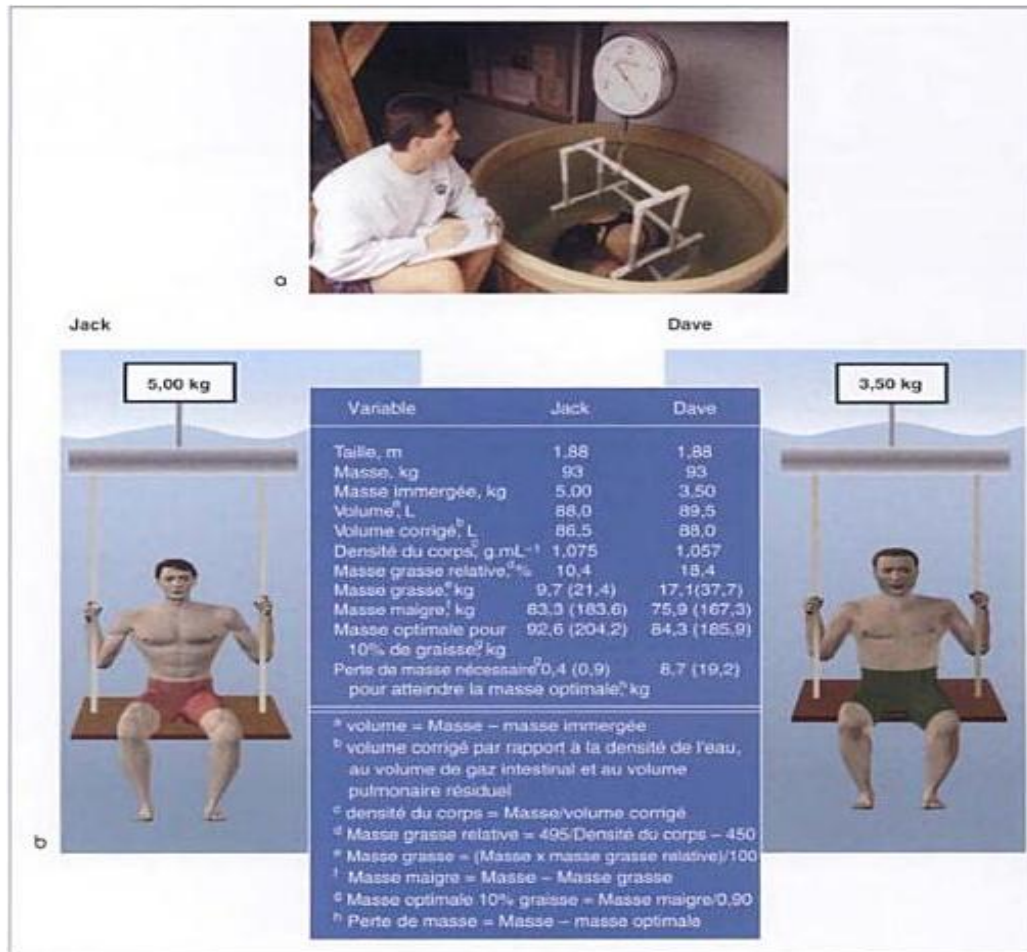
- a) Les densités de chacun de compartiments peuvent s'additionner.
- b) Les densités des compartiments sont constantes d'un individu à l'autre.
- c) Les proportions des compartiments de la composition corporelle sont relativement constantes.

d) La différence principale d'un individu à l'autre réside dans la différence de la masse grasse.

A)- Hydrodensitométrie :

L'hydrodensitométrie repose sur le principe d'Archimède, elle a été développée grâce au travail des pionniers de l'équipe de (BEHNKE, 1942). Le participant est immergé dans un bassin d'eau ce qui permet de déterminer son poids dans l'eau. Comme mentionné précédemment, la capacité fonctionnelle résiduelle doit être mesurée et soustraite de la mesure d'hydrodensitométrie, ce volume augmentant la flottaison du corps immergé. Idéalement, la mesure de ce volume doit s'effectuer lors de l'immersion afin de limiter l'erreur potentielle associée à la compression de la cage thoracique sous l'eau (Withers & Hamdorf, 1989). La pesée hydrostatique est une mesure de la composition corporelle à l'origine développée à partir d'un modèle à deux compartiments, dans laquelle on mesure le poids du sujet lorsque celui-ci est totalement immergé, après une correction tenant compte de la densité de l'eau, permet de déterminer le volume du corps. Ce volume peut être encore mieux approché en prenant en considération le volume de l'air emprisonné dans l'organisme.

Il est difficile de mesurer certains volumes d'air, comme celui contenu dans tout le tractus intestinal. Mais il s'agit d'une quantité faible, environ 100ml, et il est habituellement négligé. On tient compte, cependant, du volume d'air retenu dans les poumons parce que celui-ci est important, aux environs de 1500 ml. Chez les jeunes adultes masculins, 1200 ml chez les jeunes femmes.



La figure (01) : montre comment se réalise une pesée hydrostatique. L'exemple concerne (02) sportifs de même poids et de même taille, mais dont la composition corporelle est différente. Le tableau, inclus dans la figure, indique les différents facteurs intervenant dans leur composition corporelle. On remarque que Dave possède un tissu adipeux deux fois plus important que Jack. Pour que ces deux sportifs atteignent 10% de masse grasse relative, Jack doit perdre 0.4Kg mais Dave 8.7Kg ! (costill et wilmore, 2006).

B)-Pléthysmographie par déplacement d'air :

Il s'agit d'une méthode de mesure de la composition corporelle qui utilise la densité corporelle mais l'individu n'a plus besoin d'être

immergé, il est introduit dans une chambre avec un circuit d'air fermé (DEMPSTER, 1995).

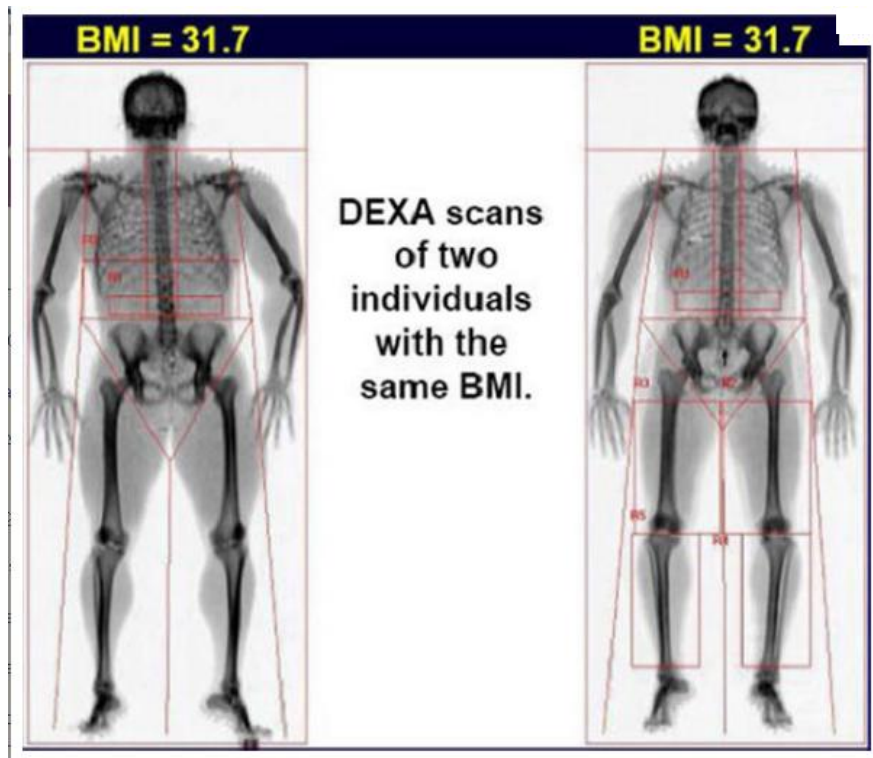
Les principes de la pléthysmographie par déplacement d'air remontent aux années 1850 mais, ce n'est que depuis 1995 (Fields, Goran, & McCrory, 2002) qu'un appareil est disponible pour effectuer une mesure de la composition corporelle chez l'humain.

La pléthysmographie est une enceinte étanche, renfermant de l'air à la pression atmosphérique dont le volume est connu. L'usage de la pléthysmographie par déplacement d'air est sensiblement similaire à la pesée hydrostatique. L'objectif premier de la mesure est de déterminer le volume corporel selon le principe de la Poussée d'Archimède. Là où la pléthysmographie diffère, c'est au niveau du médium employé (gazeux au lieu de liquide).

Le sujet pénètre dans cette chambre qui est renfermée derrière lui. On mesure le nouveau volume d'air dans l'enceinte. Il est soustrait du volume initial. La différence correspond au volume du corps présent dans la chambre (Dempster & Aitkens, 1995). La mesure des gaz à l'intérieur de la chambre est complétée en application la Loi de Boyle qui implique qu'à température constante, le volume et la pression sont inversement associés.

1.3.1.2. Absorptiométrie bi-photonique à rayons X (DEXA) :

L'absorptiométrie bi-photonique (DEXA) est une évolution des techniques radiologiques d'absorptiométrie mono et bi-photonique c'est initiales utilisées était de 1963 à 1984 (Lohman T. , 1996).



Figure(02) : méthode DEXA.

Aujourd'hui, la fonction première de ce type de mesures est de déterminer la densité et le contenu de la matière osseuse (Cullum, Ell, & Ryder, 1989) L'absorptiométrie à rayons X ou DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) est la méthode la plus utilisée, et elle est considérée comme la référence pour la quantification de la masse maigre, de la masse grasse et du contenu minéral osseux. Elle a remplacé les méthodes issues du principe d'Archimède. Elle utilise un spectre énergétique plus étendu que ces prédécesseurs en combinant deux faisceaux, un à faible et un autre à haute énergie. Ce spectre énergétique plus vaste permet une plus grande précision de mesure, plus particulièrement au niveau de la distinction des tissus mous (Lohman, 1996).

La radiation totale est faible ; elle représente environ la moitié de celle d'une radiographie thoracique .En revanche, elle est tout de même contre-indiquée pour les femmes enceintes, et on ne peut pas faire de

mesures sur les sujets obèses (capacité maximale de poids moyenne pour les DXA: 136.3 ± 18 kg).

1.3.1.3. La résonance magnétique nucléaire (RMN) :

La résonance magnétique nucléaire est un phénomène physique basé sur les propriétés magnétiques du noyau d'un atome.

Elle est basée sur l'étude de la résonance des protons soumis d'une part, à un champ magnétique intense et, d'autre part, à un ou plusieurs trains d'ondes électromagnétiques transversales réglés à une fréquence caractéristique. Il est possible avec cette méthode de détecter électivement les radicaux méthyles de la graisse et d'étudier uniquement ce composant corporel (Sobol, et al., 1991).

C'est une méthode qui permet donc de mesurer la graisse de façon précise mais elle est très coûteuse et les mesures sont très longues (1h). De plus, l'exploitation des données est assez lourde.

1.3.1.4. Mesure de la Masse maigre via la mesure du potassium total du corps (total body potassium) :

Le potassium est essentiellement un ion intracellulaire et est absent dans les triglycérides de réserve de l'organisme. De plus, l'isotope radioactif K40 qui émet des radiations gamma est présent dans l'organisme à un taux naturel bien connu (0,012 %). La mesure du potassium total déduite de la détermination de l'isotope K40 dans un compteur à taille humaine, permet donc d'obtenir indirectement la masse maigre chez l'homme. Cette méthode introduit par (Forbes & Hursh, 1963) dans les années 60 est totalement non invasive mais nécessite une installation et un équipement assez lourds.

1.3.1.5. La dilution isotopique :

Cette méthode repose sur l'utilisation de traceurs, isotope stable non radioactif (le Deutérium ou l'Oxygène 18). Une dose connue de traceur est ajoutée à un volume de diluant, et conduit à une concentration de ce traceur exprimée en grammes par litre. La mesure de la concentration permet le calcul du volume de dilution. Ainsi le sujet reçoit une dose de traceur administrée par voie orale (eau enrichie en oxygène 18). La concentration est mesurée avant la dose, puis 4 et 5 heures plus tard. Le sujet est surveillé pendant ces 5 heures pour contrôler les entrées et les sorties d'eau. On réalise le prélèvement soit à partir des urines, plasma ou de la salive. La mesure de la concentration nécessite un équipement de spectrométrie de masse de rapport isotopique (eau enrichie en oxygène 18) ou de spectrométrie infrarouge (eau deutérée). La durée des mesures de concentration est de 30 minutes par sujet et la durée des calculs de 10 minutes. Cette méthode permet l'évaluation de l'état d'hydratation, de la répartition de l'eau dans les différents secteurs et de déterminer la masse maigre (WONG, Cochan, Klish, Smith, Lee, & Klein, 1988).

1.3.1.6. La tomодensitométrie :

La tomодensitométrie fournit des images radiographiques de n'importe quelle section de l'organisme. Les premiers chercheurs à utiliser la tomодensitométrie comme méthode d'évaluation de la composition corporelle ont clairement identifié les dépôts de graisse dans la région abdominale. L'utilisation du logiciel approprié permet d'obtenir une information visuelle quantitative sur la surface tissulaire totale, les surfaces adipeuses totales et intra – abdominale. La figure 5.8 est une image de l'abdomen obtenue chez un sujet ayant des quantités différentes de tissus adipeux sous –cutané et intra- abdominale.

La tomodensitométrie rend possible les études comparatives des régimes diététiques et des programmes d'entraînement en relation avec la variation des lipides caractéristiques du sexe et des lipides de réserve.(McArdele & Katch, 1985)C'est la seule méthode qui permet la distinction du tissu adipeux sous cutané et du tissu adipeux profond mais elle est invasive et coûteuse.

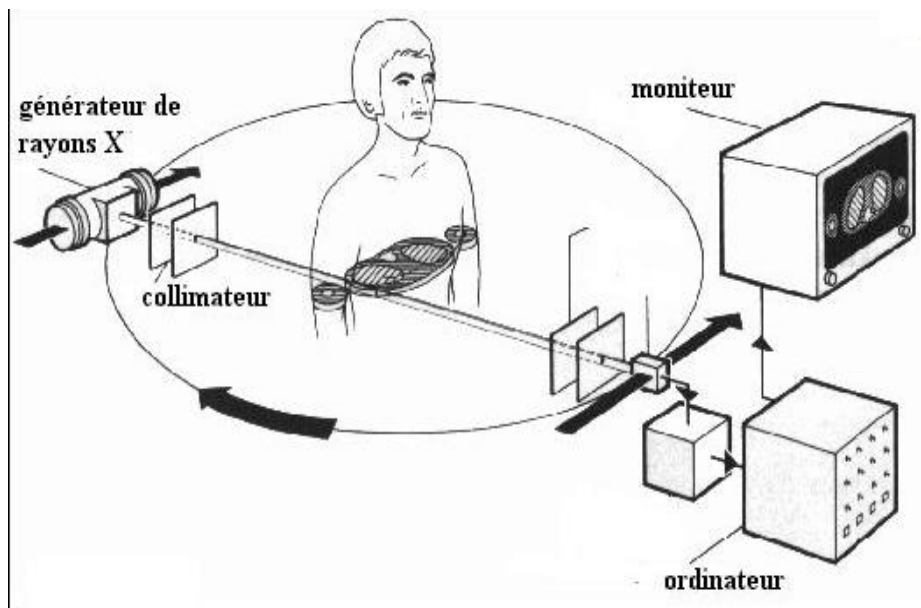


Figure (03) : principe de la tomodensitométrie.

1.3.2. Les méthodes de terrain :

Divers techniques de terrain sont également utilisées pour évaluer la composition corporelle chez les sportifs, elles sont beaucoup plus accessibles que les mesures de laboratoire, moins onéreuse et moins encombrantes. Elles peuvent être facilement utilisées par l'entraîneur ou l'athlète.

1.3.2.1. La mesure des plis cutanés :

La méthode dite «des plis cutanés» est très répandue dans le milieu médical, et au mesure de référence de la masse grasse dans le milieu sportif. Cette mesure a l'avantage d'être simple, rapide et de ne nécessite que l'utilisation d'un compas très peu coûteux. Cette pince exerce une pression normalisée de 10 g/mm² sur le pli choisi. En fonction de l'écartement de la pince, on connaît l'épaisseur de graisse sous cutanée qui nous permet d'avoir une estimation de la densité par l'utilisation d'équations(Durnin & Womersley, 1974).

A partir de cette densité, la masse grasse est calculée chez les occidentaux avec l'équation de (Siri, 1961) .



Figure (04) : méthode des plis cutanés

La mesure des plis cutanés sur 3 hypothèses :

-l'épaisseur du tissu adipeux sous-cutané reflète une proportion constante de la masse grasse totale.

-les sites de mesure des plis cutanés sont représentatifs du tissu adipeux sous cutané total.

-la distribution de la masse grasse est constante entre les individus.

1.3.2.2. L'impédance bio – électrique :

Cette méthode repose sur la mesure de la composition corporelle, plus précisément la masse hydrique, par la mesure de la conduction d'un courant électrique à travers le corps humain (Hoffer, Meador, & Simpson, 1969).

Elle représente un procédé simple et rapide (5 minutes) pour la réaliser. On fixe quatre électrodes sur le corps au niveau de la cheville, du pied, Du poignet et du dos de la main.



Figure(05) : L'impédance bio- électrique.

Un courant électrique imperceptible passe par les électrodes, de la main au pied. Les électrodes proximales du poignet et de la cheville reçoivent le courant électrique. La conduction électrique est fonction de la composition de la composition en électrolytes et en eau des différents tissus traversés par le courant. La masse maigre contient à peu près l'ensemble de l'eau et

des et des électrolytes. La conductivité est donc meilleure dans la masse maigre que dans la masse grasse. Cela signifie, en d'autres termes, que le courant traverse plus facilement et plus rapidement la masse maigre. A l'inverse, la masse grasse se laisse plus difficilement traverser par le courant électrique. On peut alors, en étudiant le flux électrique à travers les tissus, se faire une idée assez précise du contenu du corps en tissu adipeux. Ces estimations de la masse grasse, basées sur la mesure de l'impédance bio-électrique, sont hautement corrélées avec les résultats obtenus par la technique de pesée hydrostatique. Cette technique a malgré tout tendance à surestimer la masse grasse chez les sportifs qui sont plutôt maigres. Une adaptation de cette technique est proposée pour cette population particulière.

1.4. Composition corporelle et performance sportive :

On évalue traditionnellement la force et la performance d'un athlète à sa carrure. Beaucoup de sportif pensent encore que la prise de poids est un avantage. Ceci n'est pas toujours le cas, lion de la (gymnastique, patinage, etc.). Certains sportifs cherchent alors à modifier leur poids. Cette conduite menée à l'extrême peut constituer un risque pour la santé.

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons étudier comment la composition corporelle affecte la performance.

1.4.1. La masse maigre :

Pour de nombreux sportifs la masse maigre est un paramètre très important, beaucoup plus que la masse corporelle totale. Son développement est important pour toutes les activités physiques qui nécessitent de la force, de la puissance et de l'endurance, qui doivent soulever leur poids sur de longues distances. Une masse maigre importante est une charge supplémentaire qui peut, alors, diminuer la performance. Cette remarque concerne aussi d'autres sportifs tels les sauteurs en hauteur,

voire les sauteurs en longueurs et à la perche ou les triples – sauteurs. Même s'il s'agit de masse maigre, un poids supplémentaire peut alors devenir un handicap.

Un certains nombres de techniques permettent au sportif d'améliorer sa masse maigre et de minimiser sa masse grasse. Par exemple, un entraînement en force associé à des apports alimentaires adaptés en glucides et protéines contribue, en stimulant les hormones anabolisants à augmenter la masse maigre (Houston, 1999).

1.4.2. La masse grasse relative :

Les sportifs doivent être attentifs à leurs taux de graisse. Lorsque le poids de l'athlète augmente, par développement de la masse grasse, la performance s'en ressent tout de suite. Cette remarque vaut pour toutes les activités sportives dans les quelles on doit soulever le poids de son corps, comme le sprint ou le saut en longueur. Elle est moins importante

Par contre dans les sports plus statiques, comme le tir.

Une étude menée chez des hommes jeunes a précisé la relation qui existe entre le poids du corps, le taux de graisse et la performance (Riendeau, 1958). Il est évidente que le taux des graisses a plus d'influence sur la performance que le poids total.

D'autres travaux ont bien montré que l'augmentation du tissu adipeux est associée à une chute de performance dans les épreuves de :

Vitesse, endurance, équilibre et agilité, sauts.

Chez les athlètes pratiquant des activités d'endurance, et qui cherchent à diminuer au maximum leur masse adipeuse, la masse grasse totale et relative ont toutes deux une grande influence sur la réussite sportive, spécialement chez les sujets très entraînés. On observe, ici, des différences inter sexes, les garçons ayant des taux de graisses inférieurs à ceux des femmes. Ceci contribue à expliquer en partie les différences de

performances entre hommes et femmes (Wimmore, Brown, & Davis, 1977) . C'est ce que reflète une étude menée sur des coureurs à pied masculins et féminins. La différence inter sexe s'atténue si le temps de course est rapporté au taux de graisse (Fate, Barnes, & Mitier, 1985).

Les haltérophiles, de la catégorie poids lourds, font peut-être exception à cette règle. Ces sportifs ont souvent une masse grasse importante, en particulier avant les compétitions. Ils pensent qu'une surcharge pondérale abaisse leur centre de gravité et les avantages, d'un point de vue mécanique, dans le soulevé de charges. Aucune étude n'est venue Jusqu'à présent, le confirmer. Autre exception notable, les lutteurs de sumo, dont les dimensions corporelles sont un facteur déterminant de la réussite. Dans ce sport, l'individu qui possède la plus grande stature a souvent un avantage décisif, même s'il doit aussi posséder la masse musculaire la plus importante.

En natation, également, le poids n'est pas un handicap. Une étude sur la relation entre la masse adipeuse et la performance en natation a été réalisée sur 284 nageuses, âgées de 12 à 17 ans (Stager & Cordain, 1984). Aucune relation n'est observée entre la performance au 100 m nage libre et la masse grasse. Le tissu adipeux a même quelques avantages pour le nageur, comme celui d'améliorer sa flottabilité et de réduire son cout métabolique.

1.5. Les normes de poids :

Dans les années 1970, nous avons eu l'opportunité de tester beaucoup d'athlètes américaines de haut niveau, pratiquant le fond et le demi-fond (Wilmore, Brown, & Davis, 1977). Beaucoup d'entre elles ont un taux de graisse inférieur à 12%. Les deux meilleurs se situent aux alentours de 6%. L'une d'elles à remporter le championnat international de cross-country six fois consécutives, la seconde possédait alors le meilleur temps

mondial au marathon. On pourrait en déduire que toute femme, qui veut être très performante dans les épreuves de longues durées, doit avoir un taux de graisse entre 6% et 12%. Pourtant une des meilleures sportives des états-unis, dans ce type d'épreuves, qui s'est maintenue deux ans au plus haut niveau, possédait un taux de graisse de 17%. Une autre avait 37% et a détenu la meilleure performance mondiale sur 80 Km ! Il est plus que probable qu'aucune de ces femmes n'aurait tiré un quelconque avantage à perdre du poids pour se situer aux alentours de 12% ou moins. (Wilmore & Costill, 2006).

1.6. Risques associés aux pertes de poids trop importantes :

Les communautés scientifiques et médicales se sont trouvées confrontées aux aspirations des athlètes masculins qui voulaient atteindre un poids idéal. Le problème majeur s'est situé au niveau du sport de combat.

Dans les sports de combats tels que le judo, le premier adversaire à combattre ou le palier premier d'une compétition est le « poids ».

Les judokas dans la gestion de leurs poids doivent avoir une meilleure connaissance en la matière, en ce qui concerne les moyens et les méthodes (par perte hydrique ou eau et par perte adipeuse ou graisse) pour perdre du poids volontairement. Les judokas ont souvent des kilogrammes en excès ou en manques et ne peuvent pas décider de faire la compétition dans une catégorie de poids idéale car ne maîtrisant pas les mécanismes de la composition corporelle en rapport avec le nombre de kilogrammes optimaux à enlever. Aussi dans des délais très brefs certains judokas veulent perdre un nombre de kilogrammes non négligeable, ils n'ont pas la notion de délai pour perdre du poids. A la recherche de la performance, certains jeunes judokas prennent le risque de perdre du poids sans en

connaître la bonne démarche et sans conseil ou suivi d'une personne qui a des connaissances dans ce domaine (NDIAYE , 2007) .

En 1986, un bilan médico – physiologique fut réalisé chez 63 lutteurs universitaires, représentant 15 équipes de l'Easter Wrestling association championships(Steen & Brownell, 1990).

Ces lutteurs ont débuté leur sport à l'âge moyen de 10.9 ans. Dès l'âge de 13.5 ans ils ont essayé de perdre du poids à l'approche des compétitions, c'est-à-dire 15 fois pendant la saison. La moyenne des pertes de poids fut de 7.2 Kg dont 4.4 Kg en trois jours pour les plus rapides.

Ce comportement est typique des sports de combat ou les sujets associent leurs restrictions alimentaires avec la déshydratation volontaire et l'augmentation des charges d'entraînement.

Ces pratiques empiriques et hasardeuses ont amené le collègue américain de médecine du sport à publier, en 1976, un rapport sur les pertes de poids chez les lutteurs (« Weightloss in wrestlers ») révisé en 1996(ACSM, 1996).

Les sportifs cherchent, trop souvent, à peser le moins lourd possible pour avoir un avantage sur leur adversaire.

Ces pratiques compromettent fortement leur santé. Dans les paragraphes suivants, nous allons examiner les principales conséquences de ces pertes de poids.

1.6.1. La déshydratation :

L'eau constitue le composant le plus important sur le plan quantitatif ; elle représente, chez l'individu de corpulence « moyenne », 70 % du poids du corps. Bien évidemment, chez un sujet plus gras ce pourcentage chute un peu.

Tout déficit en eau, autrement dit toute déshydratation, peut influencer de façon négative le déroulement de processus physiologiques et plus

particulièrement en ce qui nous intéresse, peut abaisser les aptitudes physiques.

Les régimes à très faible teneur calorique permettent de maigrir considérablement. Nous avons vu, que la synthèse de 1 g de glucide s'accompagne d'un stockage obligatoire de 2.6 g d'eau. À l'inverse, l'utilisation des glucides pour la production d'énergie est associée à une perte d'eau. Les régimes à basse calories entraînant un effondrement des réserves glucidiques pendant les premiers jours. La perte de poids qui s'ensuit est donc liée, en partie, à la perte d'eau ainsi induite. C'est la déshydratation qui permet d'obtenir le plus rapidement une perte de poids importante. Pour parvenir à leur fin les athlètes réalisent leurs exercices vêtus de vêtements imperméables, style coupe-vent, prennent des bains de vapeur ou des saunas, mâchant du chewing-gum pour perdre de la salive, et limite leurs boissons au minimum.

De tel, les pertes d'eau mettent en péril le fonctionnement rénal et celui du système cardiovasculaire. Des pertes d'eau de 2% à 4% du poids du corps peuvent altérer la performance.

Les conséquences des pertes de poids par déshydratation comprennent :

- Une diminution du volume plasmatique et de la pression artérielle.
- Une diminution du volume d'éjection systolique à l'exercice sous-maximal et maximal, ainsi une diminution du débit cardiaque maximal.
- Une diminution du débit sanguin au niveau des reins.
- Une augmentation de la fréquence cardiaque sous-maximale.
- Une diminution de l'aptitude aérobie et anaérobie.
- Une altération de la performance.
- Une perturbation des mécanismes thermorégulateurs.

1.6.2. La fatigue chronique :

Un amaigrissement trop important peut avoir des répercussions sévères. Le sportif s'expose à une baisse de la performance et à une multiplication des maladies et des accidents.

Les symptômes présentés par un sportif dont le poids est chroniquement trop faible ressemblent à ceux du surentraînement. On invoque des facteurs nerveux et hormonaux. Les signes observés plaident en faveur d'une inhibition du système nerveux sympathique et para sympathique.

On note un dysfonctionnement de l'hypothalamus et du système immunitaire. Le tout représente les symptômes du fatigue chroniques (Barron, J.L, Noakes, Levy, Smith, & Millar, 1985), (Kuipers & Keizer, 1988). Cette dernière peut aussi apparaitre, suite à une déplétion des substrats. Pour la grande majorité des activités sportives, l'énergie dont l'athlète a besoin, est dérivée des glucides. Ceux-ci représentent la source énergétique la plus faible. L'ensemble des stocks glucidiques musculaires, hépatique et extracellulaire représentent une réserve énergétique d'environ 2000 Kcal, et par un entraînement sans avoir un régime alimentaire adapté, les stocks hydrates de Carbone s'épuisent rapidement, en plus la déplétion des stocks de glycogène musculaire et hépatique induit une baisse de la glycémie. Tous ces effets combinés conduire à l'état de fatigue et perturbe la performance (Sherman, 1991).

L'organisme doit alors faire appel aux protéines pour fournir l'énergie nécessaire à l'exercice. Cela peut, graduellement détériorer le stock de protéines musculaires (Butterfield, 1991).

1.6.3. Les désordres alimentaires :

Atteindre et maintenir son poids nécessite une attention permanente. Cela peut conduire à des désordres alimentaires ou à des comportements pathologiques (se faire vomir volontairement ou abuser de laxatifs). L'anorexie ou la boulimie nerveuse sont les résultats de tels comportements. Ils sont- plutôt observés chez les femmes.

1.6.4. Les troubles de la fonction menstruelle :

On rencontre essentiellement des cas d'oligoménorrhées (flux menstruel insuffisant ou irrégulier), d'aménorrhées (absence de règles) ou des règles irrégulières. Ces troubles sont plus fréquents dans les activités sportives qui recherchent les pertes de poids et de graisse. Le raccourcissement de la phase lutéale et les troubles menstruels qui en résultent sont souvent liés à des pertes de poids substantielles, conséquences d'un tel comportement (Shanglod, Rebar, Wents, & Schiff, 1990).

Les troubles menstruels correspondent très probablement à une adaptation de l'organisme à un déficit énergétique prolongé. Ils sont, observés lorsque les apports énergétiques sont très inférieurs à la dépense, pendant une longue période (Clapp, Wesly, & Sleamaker, 1987) (Cureton & Sparling, 1980).

1.6.5. La diminution de la minéralisation osseuse :

Cette anomalie est très souvent liée aux troubles menstruels (drinkwater, Bruemner, & Chesnut, 1990). Beaucoup de travaux sont aujourd'hui consacrés aux liens possibles entre les aménorrhées, induites par la pratique sportive, et la diminution de densité ou de minéralisation osseuse. Des études ont suggéré que la densité osseuse augmentait avec le

retour de règles normales , mais il apparait aujourd'hui que la reconstitution de l'os reste ,malgré tout , incomplète(Drinkwater, Bruemner, & Chesnut, 1990).

-Conclusion :

L'étude du poids et ses composantes, représente un centre d'intérêt dans tout les sports, surtout les sports de combats, tel que le judo, ou le premier adversaire est le poids.

Dans ce chapitre, nous avons vu les différents modèles de la décomposition corporelle, et nous avons pris, comme modèle, celui de deux compartiments (masse grasse et masse maigre), ainsi, les méthodes de mesure de la composition corporelle en détail, et en quoi que cette dernière, affecte la performance sportive.

Enfin le risque associés aux pertes de poids.

Chapitre II

Les Adaptations cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

-Introduction :

Le système cardiovasculaire est constitué par le cœur, les vaisseaux sanguins et le sang, il occupe une place essentielle au sein de l'organisme, puisqu'il est indispensable au bon fonctionnement de tous les autres systèmes, ses fonction principales sont :

Apport, élimination, transport, régulation et prévention.

L'exercice musculaire constitue une situation particulière qui puisse être imposé au système cardiovasculaire, qui doit être capable de s'adapter à toute modification du milieu intérieur.

La réalisation d'un exercice musculaire, quel qu'en soit le type, représente une contrainte majeure pour l'organisme. Toute comme aux niveaux vésicatoire , nerveux, musculaire et ostéo ligamentaire, l'exercice demande une adaptation. L'adaptation cardiovasculaire est particulièrement, parce qu'elle est physiologiquement le facteur limitant les possibilités d'exercice (Guénard , 2001).

Dans ce chapitre nous allons analyser les adaptations cardiovasculaires suite à l'exercice musculaire et à l'entraînement sportif.

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

L'exercice musculaire représente un stress majeur pour l'organisme, qui doit s'adapter. Le système cardiovasculaire a un rôle majeur dans ces adaptations.

On distingue les adaptations aiguës et les adaptations chroniques.

Les adaptations aiguës correspondent aux réponses immédiates du système cardiovasculaire à l'exercice.

Les adaptations chroniques peuvent être à l'origine de particularités cardiovasculaires regroupées sous le terme de "cœur d'athlète". Ces particularités sont à l'origine de discussions diagnostiques parfois difficiles. Elles posent la question des "limites du cœur d'athlète". (Carré & Laporte, 2000).

Ces adaptations vont concerner :

- La fréquence cardiaque.
- Le volume d'éjection systolique.
- le débit cardiaque.
- le débit sanguin.
- la pression artérielle.
- le sang.

1. La fréquence cardiaque :

1.1. La fréquence cardiaque de repos :

On entend par la fréquence cardiaque (FC) le nombre de battements du cœur par minute. Au repos, la FC est d'environ 60- 80 battements/min chez un sujet non entraîné. (Weineck J. , 1998).

Chez le sujet sain, d'âge moyen et inactif, le rythme de repos du nœud sinusal peut atteindre 110 bat/min. Les nerfs qui innervent le cœur et des substances chimiques peuvent faire varier rapidement la FC. 50% de l'augmentation de la FC est due principalement à l'activité orthostatique

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

notamment beta, avec un relai important du ganglion stellaire droit, et à la libération des neurotransmetteurs (adrénaline et noradrénaline). Ces contrôles extrinsèques peuvent accélérer le cœur par anticipation, avant même le début de l'exercice. Dans une large mesure, ce contrôle extrinsèque peut abaisser la FC à 30 bat /min chez des athlètes très endurants, et l'élever jusqu'à 220 bat/min au cours d'un exercice maximal.

Selon (Al-Hazzaa,1998), « Malgré qu'une partie de la diminution de la fréquence cardiaque de repos à une relation avec l'hérédité, mais il est connu dans la littérature scientifique que l'entraînement physique diminue la fréquence cardiaque ».

En général , la FC de repos diminue avec l'âge et elle peut aussi varier selon plusieurs facteurs tels que :le repos, la température ambiante , l'émotion , l'apport alimentaire , groupes musculaires sollicités ,type de travail musculaire (continue ou par intervalle) et type de contraction musculaire (isométrique ou dynamique).

Pour déterminer le plus précisément possible la FC de repos, il convient donc de la mesurer dans des conditions de relaxation totale, c'est-à-dire dès le matin au réveil (Costill & Wilmore, 2006).

1.2. La fréquence cardiaque de l'exercice :

La fréquence cardiaque augmente à l'effort de façon linéaire avec la puissance de l'exercice (ou encore la consommation d'oxygène) chez les sujets sédentaires ou entraînés, mais la pente de la relation FC/Puissance est variable selon le degré d'aptitude physique du sujet .

Pendant l'exercice musculaire et lorsque le sujet est proche de l'épuisement, la fréquence cardiaque plafonne, la valeur mesurée (FC max) est donc la valeur la plus élevée qui peut être atteinte lors d'un exercice maximal.

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

On a besoin d'un effort physique pendant plus de 30' au minimum pour atteindre la FC max et c'est une valeur relativement stable qui change peu d'une année à l'autre. Il est possible de l'estimer à partir de l'âge car la fréquence cardiaque maximale diminue légèrement avec celui-ci d'environ un battement par année ($FC_{max} = 220 - \text{âge}$) avec une erreur standard qui ne dépasse pas 10%. Une autre équation destinée tout particulièrement pour les moins de 20ans et les plus de 50 ans, apparaît plus appropriée. Dans cette équation :

$FC_{max} = 208 - (0,7 \times \text{âge en année})$ (Tanaka, Monahó, & Seals, 2001).

Lors d'un exercice d'intensité constante, la FC augmente relativement rapidement puis stagne en plateau. Ce plateau constitue la FC d'équilibre ou « Steady-state ».

Cette notion d'équilibre est à la base de nombreux tests d'effort mis au point pour évaluer l'aptitude physique. Dans ces protocoles, le sujet doit réaliser, sur un ergomètre spécifique, un exercice comportant 2 à 3 paliers standardisés au cours desquels la fréquence cardiaque est mesurée à l'état d'équilibre. Ce sont les sujets qui possèdent les meilleures capacités d'endurance cardiorespiratoire qui, à même d'intensité d'exercice, ont les fréquences cardiaque d'équilibre les plus basses. La fréquence cardiaque d'équilibre constitue ainsi un indicateur précieux de l'efficacité cardiaque. (Costill & Wilmore, 2006).

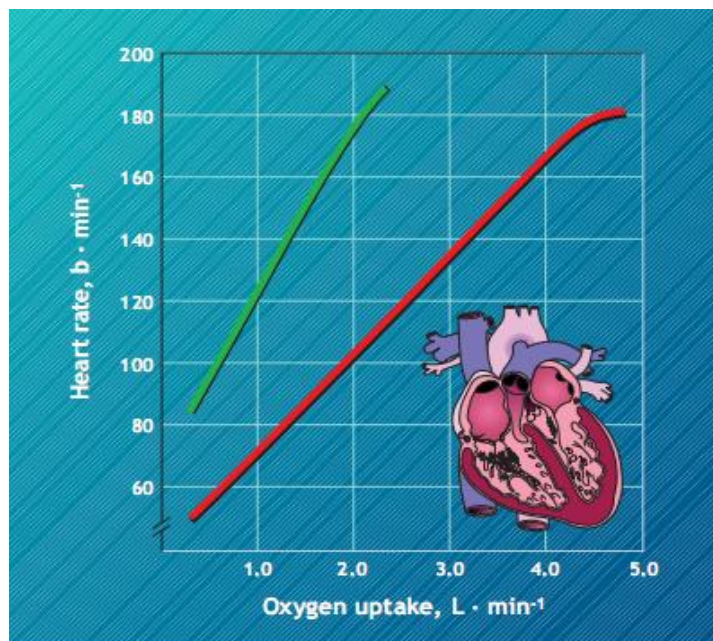
Lors de l'exercice sous-maximal prolongé, on observe généralement un pseudo-plateau, caractérisé par une augmentation de la fréquence cardiaque, légère mais régulière. Ces extrapolations observées sont en relation avec une augmentation de la température centrale et, le besoin de thermorégulation mais aussi avec la légère élévation de VO_2 concomitante à la prolongation de l'exercice. (Monod & Flandrois, Physiologie du sport,

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

2003). La fréquence cardiaque représente le paramètre de choix très souvent utilisé pour :

- Evaluer le niveau d'intensité d'un exercice.
- Evaluer le niveau de récupération.
- Evaluer les effets d'un entraînement.

A la fin d'un effort, la FC peut rester élevée pendant 5 à 10 secondes, mais ensuite, elle diminue très rapidement. La baisse de la FC est d'autant plus importante que l'athlète est entraîné.



Figure(06) : la réponse de la (FC) en relation avec le VO_2 max pendant un exercice en comparaison entre des athlètes d'endurance (ligne rouge) et sédentaires (ligne verte). (Katch, McArdle, & Katch, 2011).

2. Le volume d'éjection systolique :

Selon (Weineck J., 1998) « Le volume d'éjection systolique (VES) représente le volume de sang qui est envoyé dans la circulation sanguine à chaque contraction du myocarde. Cela représente environ 70 ml pour un sujet normal non entraîné et au repos. Ce volume d'éjection systolique augmente sensiblement lors d'un exercice musculaire ».

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

La mesure du volume d'éjection systolique s'effectue le plus souvent indirectement à partir du débit cardiaque et de la fréquence cardiaque, et nous pouvons l'estimer par des méthodes simples qui se basent sur la mesure de la pression artérielle et d'autres paramètres, en appliquant l'équation de « Starr » qui était mise par (Abo al-Alla Abdel Fatah et Mohammed sobhi Hassanine, 1997) d'après (Starr et al, 1954) (sayed, 2003).

Le (VES) peut être aussi évalué à partir des surfaces de l'ombre cardiaque déterminées par radiographie ou échocardiographie dans les trois dimensions.

Pour permettre au cœur de travailler plus efficacement, le (VES) augmente également avec l'exercice. C'est le principal déterminant de la capacité d'endurance cardiorespiratoire. Il est fonction de quatre facteurs :

- Le retour veineux.
- La capacité de remplissage ventriculaire.
- La contractilité ventriculaire.
- La pression sanguine dans l'aorte et le tronc artériel pulmonaire.

2.1. Augmentation du volume d'éjection systolique à l'exercice :

Classiquement, il est admis que le (VES) jusqu'à une intensité d'exercice correspondant à 40 -60 % des possibilités maximales ; atteignant alors un plateau qui se maintient, même si l'exercice est continue jusqu'au maximum.

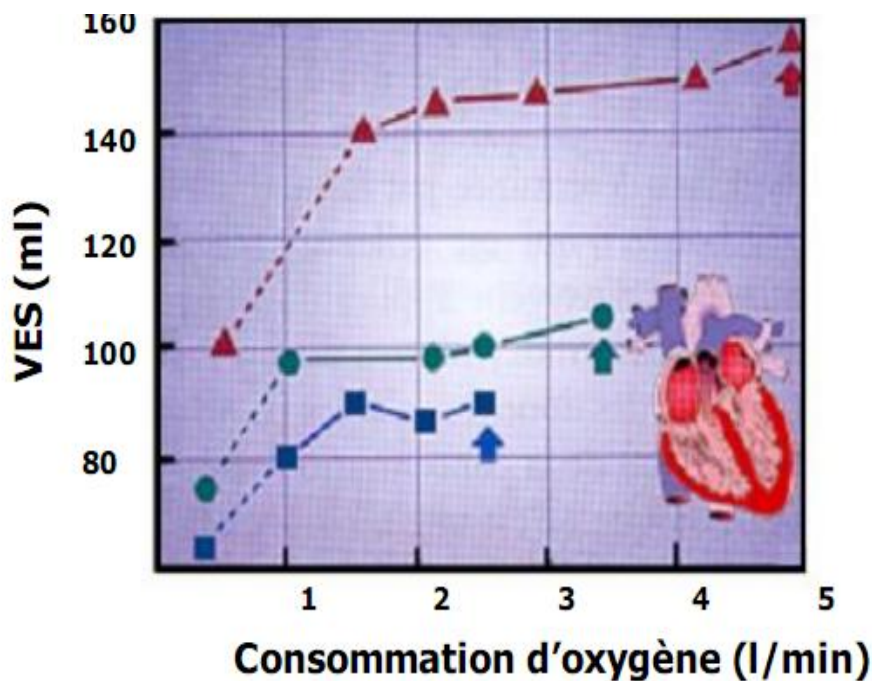
Lors d'un exercice effectué en position debout, le volume d'éjection systolique peut être doublé. Chez le sujet actif , mais non entraîné , il passe de 50-60 ml au repos à 120 ml maximum , à l'exercice chez les sujets entraînés en endurance , le (VES) peut augmenté , de 80-110 ml au repos à 160-200 ml à l'exercice maximale(Costill & Willmore,2006)

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

En position allongée (comme en natation) le (VES) augmente à l'exercice, mais de 20% à 40% seulement, pourquoi cette différence ?

En position allongée le sang n'accumule pas dans les extrémités inférieures, le retour du sang veineux vers le cœur est facile, ainsi l'augmentation de (VES), lors d'un exercice d'intensité faible à modérée, est destinée à lutter contre la force de pesanteur.

La figure ci-dessous représente la variation du (VES) selon (McArdle, Katch, & Katch, 1989).



Figure(07) : variation du VES pendant un exercice maximale progressive chez des athlètes d'endurance (▲) et chez des sédentaires avant (■) et après 55 jours d'entraînement (●). les flèches indiquent les valeurs maximales.

2.2. Mécanismes d'augmentation du volume d'éjection systolique:

Trois importants facteurs règlent le débit systolique, assurant que les ventricules droit et gauche pompent des volumes de sang égaux :

La pré-charge, la contractilité et la post-charge.

Lequel de ces trois mécanismes intervient lors de l'exercice ?

Toute augmentation du volume télé-diastolique du ventricule gauche (c'est à dire du remplissage ventriculaire) doit être en faveur de la loi de Frank-Starling tandis que toute diminution du volume télé-diastolique du ventricule gauche (en faveur d'une meilleur vidange) doit témoigner d'une meilleure contractilité myocardique.

Ces 2 facteurs jouent ensemble un rôle important dans l'augmentation du VES à l'exercice. La loi de (Frank-Starling) intervient pour les faibles niveaux d'exercice tandis que l'augmentation de la contractilité myocardique a un effet plus important au cours des exercices à intensité élevée.

L'importance du mécanisme intrinsèque décrit par la loi de (Frank-Starling) résulte d'une augmentation de l'écoulement du sang veineux dans le cœur, l'augmentation du retour veineux entraîne automatiquement une augmentation du volume systolique en dilatant le ventricule. Cette adaptation peut être très rapide grâce à la stimulation sympathique des systèmes artériel et veineux dans les territoires inactifs.

Un plus important volume d'éjection systolique, avec ou sans accroissement du volume télé-diastolique est possible car le cœur dispose d'un volume résiduel fonctionnel. Au repos, en position debout, de 40 à 50% du volume télé-diastolique demeure dans le ventricule gauche après une systole, soit environ 50 à 70 ml de sang. La force de contraction du myocarde au cours d'un exercice musculaire est

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

augmentée par l'action des catécholamines qui augmentent la puissance de la contraction (BOUASSIDA Anissa, ISSEP Kef).

3. Le débit cardiaque :

Le débit cardiaque représente la quantité de sang par unité de temps qui est envoyé par le cœur dans le système circulatoire (Weineck, 1998)

Débit cardiaque (QC) = Fréquence cardiaque (FC) x Volume d'éjection systolique (VES).

Lors d'un exercice très intense, le débit cardiaque augmente de manière radicale. Chez des individus non entraînés, ce débit est multiplié par quatre (de 5l/min à 20l/min). Chez des athlètes entraînés, il peut être multiplié par six ou huit, atteignant parfois 40l/min.

Si on prend compte les facteurs qui influent sur la (FC) et le (VES), on obtient :

$$QC = FC \times VES$$

= (fréquence du nœud sinusal + influx du système nerveux végétatif) * (retour veineux + force de contraction)

Quel facteur a le plus d'effet sur le débit cardiaque au cours d'un exercice ?

A l'exercice, le retour veineux est augmenté par la contraction musculaire et les mouvements inspiratoires profonds et d'après la loi de Starling, les fibres musculaires cardiaques s'étirent simplement en réponse au retour veineux, augmentant par conséquent leur contractilité.

L'augmentation de la fréquence cardiaque et du volume d'éjection systolique au cours de l'exercice entraîne une augmentation du débit cardiaque. (Silverthorn, 2007).

4. Le débit sanguin :

Le débit sanguin est le, volume de sang qui s'écoule d'un vaisseau, dans un organe ou dans le système cardiovasculaire entier en une période donnée (ml/min). A l'échelle du système cardiovasculaire, le débit sanguin équivaut au débit cardiaque et, au repos, il est relativement constant.

A tout instant, néanmoins le débit sanguin dans un organe déterminé peut varier considérablement, suivant les besoins immédiats de l'organe (Marieb, 1999).

L'élévation du débit sanguin à l'exercice permet d'expulser une plus grande quantité de sang dans le système artériel et il dirigé directement aux muscles actifs. C'est l'objectif de la redistribution sanguine.

Grâce à la mise en jeu du système sympathique, le sang est dérivé des territoires inactifs vers les territoires actifs dont les besoins sont accrus. Les muscles qui ne reçoivent au repos que 15 à 20 % du débit sanguin total, peuvent percevoir jusqu'à 80 à 85 % de celui-ci lors d'un exercice épuisant. Ceci est rendu possible par la diminution du débit sanguin à destination des viscères, des rein, du foie, de l'estomac et des intestins.

L'augmentation du débit sanguin est destiné pour :

- Les muscles actifs.
- Vers la peau pour diminuer la chaleur corporelle.
- Au niveau du débit coronarien (wilmore & Costill ,2006).

Lors de l'exercice prolongé ou réalisé à la chaleur, l'élimination de la chaleur par voie sudorale s'effectue au détriment du volume plasmatique qui diminue. La diminution du volume plasmatique associée à la redistribution de la masse sanguine vers la peau réduisant le retour veineux

Et donc le volume de remplissage ventriculaire, c'est-à-dire le volume télé-diastolique, en conséquence comme le $VES = VTD - VTS$, le VES diminue également. Pour maintenir le débit cardiaque nécessaire à la

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

poursuite de l'effort, le cœur recompose par l'accélération de la FC, l'ensemble de ces adaptations constitue la dérive cardiovasculaire (Rowell, 1993).

5. La pression artérielle :

5.1. Au repos :

La pression artérielle est la pression exercée par le sang sur la paroi de ces vaisseaux. La force qui pousse le sang dans la circulation est la pression sanguine.

A chaque battement ou contraction cardiaque, appelé systole, le sang va s'éjecter par l'aorte. Les vaisseaux élastiques vont augmenter de volume. Cette pression correspond au chiffre le plus élevé à la prise de tension artérielle : pression systolique ou maximale (PAS). Au moment où le cœur se remplit (phase de relâchement cardiaque, appelée diastole), les valves de l'aorte se referment de manière à ce que le sang ne puisse pas rentrer dans le cœur. La pression résiduelle dans les vaisseaux est alors appelée diastolique (PAD). Elle correspond au plus petit chiffre relevé lors de la prise de tension artérielle (figure 1) (SILBERNAG & DESPOPOULOS, 2000).

La différence entre les deux pressions : $PAS - PAD$ constitue la pression différentielle ou pulsée qui reflète les propriétés viscoélastiques de la paroi des gros troncs artériels. Ainsi, la réduction des propriétés viscoélastiques entraîne une élévation de la pression pulsée ce qui est fréquent lors du vieillissement (ASMAR, 2002).

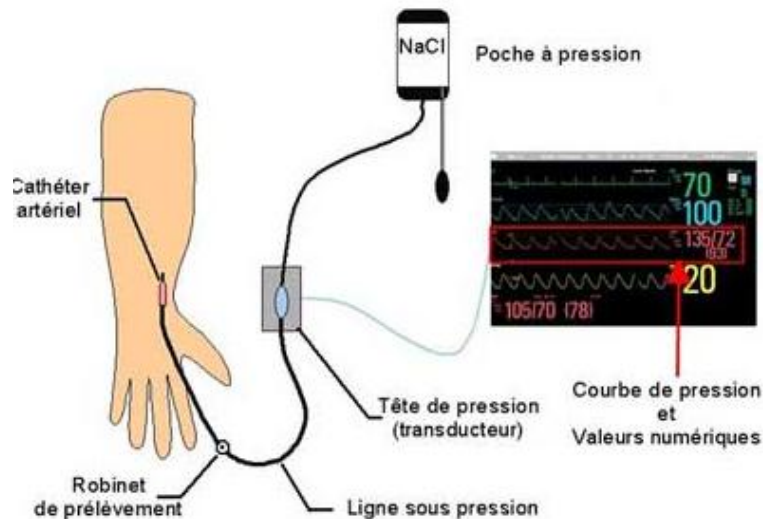


Figure (08) : schéma de la pression artérielle diastolique et systolique (La pression artérielle et sa mesure, 2006).

La pression artérielle (PA) moyenne est une pression théorique calculée et qui assurerait le même débit dans un système à débit continu et non pulsatile (ASMAR, 2002). Il existe plusieurs formules de calcul de la pression moyenne (PAM), mais la plus utilisée est la formule de LIAN : $PAM = PAD + 1/3(PAS - PAD)$ (ELMER-HAERRIG, 2006).

Selon ASMAR (2002), les principaux déterminants de la pression artérielle moyenne sont : le débit cardiaque et les résistances vasculaires périphériques. La pression artérielle moyenne se définit donc comme le produit du débit cardiaque (volume d'éjection \times fréquence cardiaque) par la résistance périphérique totale (GUEDON, 1974).

Le débit cardiaque à son tour est lié à des paramètres cardiaques (fréquence et contractilité) et un paramètre extracardiaque la volémie (volume d'éjection) (MENEVEAU & DUCLOUX, 2001).

5.1.1. Mesure de la(PA) chez le sportif :

Chez le sportif, des précautions supplémentaires doivent être prises. La taille du brassard doit être adaptée aux masses musculaires.

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

La mesure doit se faire à distance (au moins 24 heures) d'un entraînement. Les chiffres doivent être interprétés en fonction de la charge d'entraînement. En effet, on sait que lors des périodes "d'affûtage" de pré-compétition, le niveau adrénérgique de l'athlète est augmenté, ce qui peut favoriser une discrète élévation tensionnelle. Il faudra parfois imposer l'interruption momentanée de l'entraînement.

Chez l'enfant sportif, les valeurs limites proposées en fonction de l'âge (TAB. 1 et 2) peuvent être prises en défaut. Il vaut donc mieux se référer aux abaques de PA en fonction de la croissance staturo-pondérale, très utiles du fait du développement morphologique, parfois particulier, de l'enfant ou de l'adolescent sportifs. (Carré & Poncelet, 2007).

	PAS	PAD
Normale	<120	et<80
Pré-hypertension	120-139	Ou 80-90
Hypertension stade 1	140-159	Ou 90-99
hypertension stade 2	≥160	Ou ≥100

Tableau(01) : classification des chiffres tensionnels pour les adultes âgés.

Tranche d'âge	PAS	PAD
Nouveau-né	<110	<70
4-9	<125	<75
10-12	<125	<80
13-15	<135	<85
16-18	<140	<90

Tableau(02) : valeurs normales de la pression artérielle en fonction de l'âge chez l'enfant.

5.2. A l'exercice :

Les trois composantes de la PA sont modifiées lors d'un exercice musculaire (Carré F. , Cardiologie du sport, 2000). Mais l'amplitude et la cinétique d'évolution de ces paramètres varient selon le type, l'intensité et la durée de l'exercice. Le profil tensionnel d'effort (PTE) illustre les cinétiques d'évolution des PAS et PAD à l'exercice (Douard, Vuillemin, Bordier, & al, 1994).

5.2.1. Exercice dynamique et pression artérielle :

Dans les activités d'endurance, la pression artérielle systolique augmente proportionnellement à l'intensité de l'exercice, passant de 120mmHg environ, au repos, à plus de 200mmHg, à l'effort maximal. Il n'est pas rare d'observer, lors des exercices maximaux de type aérobie, des valeurs de 240 à 250mmHg chez des athlètes très entraînés non hypertendus.

L'augmentation de la pression artérielle systolique s'explique essentiellement par l'augmentation du débit sanguin. Elle permet d'assurer un débit suffisamment rapide dans tout le système vasculaire.

A l'inverse, la pression artérielle diastolique change peu dans ce type d'activité, même si l'intensité d'exercice augmente. La PAD correspond à la pression résiduelle qui règne dans le système vasculaire lorsque le cœur est en diastole, c'est à dire au repos, donc il n'est pas surprenant qu'elle évolue peu à l'effort. Aussi toute augmentation de la pression artérielle diastolique au dessus de 15mmHg, à l'exercice doit être considérée comme pathologique et constitue un des critères obligeant à stopper toute épreuve d'effort à visée diagnostique. Il faut savoir que la pression artérielle est toujours plus élevée lorsqu'un exercice d'intensité donnée est réalisé avec les membres supérieurs plutôt qu'avec les membres inférieurs.

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

Ceci est lié au fait que la masse musculaire sollicitée et le volume circulant sont plus faibles dans les territoires supérieurs. Ceci contribue à augmenter les résistances à l'écoulement du sang et donc la pression artérielle destinée à vaincre ces résistances. Cette différence de pression artérielle, selon que l'exercice est réalisé par les bras ou les jambes, a des conséquences importantes sur le plan cardiaque. La consommation d'oxygène myocardique et le débit sanguin du myocarde sont, en effet, directement proportionnels au produit de la FC par PAS c'est le(STT). Cet indice permet une analyse approximative du travail cardiaque, il a été proposé comme indice de consommation d'oxygène du myocarde.

Tout exercice statique ou dynamique réalisé avec les bras augmente considérablement la valeur de ce produit et donc le travail du cœur. Lors d'un exercice sous-maximal, la PA atteint un niveau d'équilibre dont la valeur s'élève avec l'intensité du palier. Si l'exercice prolonge, la PAS peut légèrement baisser alors que la PAD ne varie pas.

5.2.2. Exercice statique et pression artérielle :

Les exercices de force s'accompagnent d'une augmentation beaucoup plus marquée de la pression artérielle qui peut dépasser 480/350mmHg (Mac Dougall, Tuxen, Sale, & Sutton, 1985). Dans ce type d'exercice, les sujets réalisent fréquemment la manœuvre de Valsalva qui consiste en une expiration volontaire, bouche, nez et glotte fermés. Cette manœuvre a pour effet d'augmenter la pression intra-thoracique et par conséquent la pression artérielle dans le reste du corps puisque la circulation du sang doit vaincre la pression qui règne dans la cage thoracique (Wilmore & Costill, 2006).

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

5.2.3. Exercice mixte et pression artérielle :

Les sports sont souvent mixtes (dynamique et statique), comme l'aviron ou le vélo. Lors de leur pratique, les adaptations de la PA sont intermédiaires et assez proches, en moyenne, des adaptations à l'effort dynamique.

Sur le plan cardiovasculaire, une classification des sports a été proposée en fonction de l'importance respective de leurs composantes statique et dynamique.

dynamique / Statique	A- faible (<40% VO ₂ max)	B- moyenne (40-70% VO ₂ max)	C- forte (>70% VO ₂ max)
1- faible (<20% FMV)	Billard, bowling, Cricket, Tir arme à feu Golf	Baseball Volleyball Escrime Tennis de table.	Football, hockey sur gazon, tennis, badminton, squash, Racket –Ball, course à pied longue distance et orientation marche athlétique, ski de fond (classique).
2- moyenne (20-50% FMV)	Tir à l'arc, Automobilisme Motocyclisme Plongée sous-marine équitation	Sprint, Sauts (athlétisme). Patinage artistique. Football américain Rugby Natation synchronisée surf	Basket-ball Hand-ball Hockey sur glace Ski de fond (skating) Biathlon Natation Course à pied Moyenne distance
3- forte (> 50% FMV)	Lancers Haltérophilie Gymnastique Luge Escalade Voile planche à voile Ski nautique Sports de combat	Lutte Body- building Ski alpin Surf des neiges Skateboard	Canoë-kayak Aviron Boxe Décathlon Cyclisme Triathlon Patinage de vitesse

Tableau(03) : Classification des sports en fonctions de leurs composantes dynamiques et statique et du risque de syncope et/ou de choc (modifié d'après Mitchell JH, Haskell W, snell P et al et al, Bethesda 2005).

5.3. Hypertension artérielle:

Selon l'Organisation mondiale de la santé (2002), l'hypertension artérielle (HTA) est le plus meurtrier des facteurs de risque cardiovasculaire (BLACHER et coll., 2005). Elle représente un problème majeur de santé publique dans presque toutes les régions du globe. L'Algérie n'échappe pas à ce fléau (FARES, 2001) (Boudida, 2007).

5.3.1. Définition :

Selon les critères de l'OMS, l'hypertension artérielle se définit par une pression artérielle systolique supérieure ou égale à 140mmHg et/ou une pression artérielle diastolique supérieure ou égale à 90mmHg. Classiquement, on distingue deux grands types d'HTA chez l'homme :

- L'HTA essentielle.
- L'HTA secondaire.

Les causes de l'HTA essentielle sont inconnues, toutes fois plusieurs circonstances associées statistiquement à la survenue de ce type d'HTA ont été identifiées et constituent des facteurs de risques.

Ces facteurs de risques incluent : L'âge, le sexe, l'hérédité, l'alimentation, le surpoids, le diabète, la sédentarité et le tabagisme.

5.3.2. Relation sport – hypertension artérielle :

L'hypertension artérielle (HTA) et le sport entretiennent des relations ambiguës : Le sport peut être source d'HTA ou traitement de l'HTA ; l'HTA peut être facteur d'accident circulatoire lors de l'activité sportive ; mais le sport fait partie des éléments de l'hygiène de vie, à renforcer lors de la découverte d'HTA.

Cette interférence entre sport et HTA est à l'origine de nombreuses erreurs d'interprétation, qu'il faut bien détailler.

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

Comme on vient de le voir en physiologie, le fait de produire des efforts statiques ou des exercices en résistance (muscultation, certains arts martiaux), lors d'entraînement trop dure en cyclisme ou en course a pied Le sport provoque une augmentation de la PA de repos et d'effort, bien visible sur le profil tensionnel d'effort, heureusement réversible à l'arrêt A l'arrêt du sport du sport incriminé. La première étape de l'examen d'un sportif hypertendu est donc de l'interroger sur son entraînement. S'il existe une relation possible avec un surentrainement, la correction des erreurs peut suffire à corriger l'HTA en quelques mois, ce qui confirmeront les testes d'effort ultérieurs. L'HTA apparait ici comme un marquer de la qualité de l'entraînement.

Un piège peut être difficile à déceler : il arrive qu'un sportif ayant une PA de repos normal présente une HTA nette à l'effort. Seul le test d'effort chez les populations de risque permet de dépister ce type d'HTA. L'interprétation d'une HTA d'effort reste délicate en raison d'absence de normes chez le sportif de haut niveau avec forte masse musculaire. Des études récentes, font penser que, dans cette catégorie de sportifs, une PA systolique voisine de 300mmHg pourrait être physiologique (Monod & Khan, Medecine du sport, 2000).

5.3.3. Traitement non- pharmacologique chez le sportif hypertendu :

Il est en parallèle avec le traitement pharmacologique, on peut citer deux traitements :

5.3.3.1. Mesures hygiéno-diététiques :

Elles sont recommandées chez tous les patients hypertendus, quel que soit le niveau tensionnel , avec ou sans traitement pharmacologique (ci-dessous). Elles seront d'autant plus efficaces qu'elles seront proposées par

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

le médecin et ce, de façon réaliste et adaptée à chaque cas. Les mesures peuvent être hiérarchisées et étalées dans le temps : il est préférable, par exemple, de perdre un peu de poids avant de se remettre à la course à pied... Ces mesures et leur application doivent être réévaluée régulièrement avec le patient.

-Recommandations hygiéno-diététiques pour l'hypertendu :

1- Une limitation de la consommation en sel (Na Cl) en cas d'apport Excessif.

2- Une réduction du poids en cas de surcharge pondérale, afin de maintenir l'indice de masse corporelle (Poids/Taille²) au-dessous de 25 kg/m², ou, à défaut, d'obtenir une baisse de 10 % du poids initial.

3- Un régime alimentaire riche en légumes et en fruits, et pauvre en graisses saturées.

4- L'arrêt du tabac, associé, si besoin, à un accompagnement du sevrage tabagique.

5.3.3.2. Activités physiques et sportives :

Pour une réelle efficacité anti-hypertensive l'activité physique doit être pratiquée sous certaines conditions, de manière régulière, à raison d'au moins 3 séances par semaine. La durée minimale d'une séance est de 20 minutes et peut être augmentée jusqu'à 30 ou 45 minutes en fonction de la tolérance à l'effort. L'intensité de l'exercice peut être guidée par la fréquence cardiaque : classiquement, de 60 % à 85 % de la fréquence cardiaque maximale théorique. Il est important de savoir, mais surtout de faire savoir au patient, qu'après un arrêt de l'entraînement de 3 à 6 semaines, les chiffres tensionnels reviennent progressivement à leurs valeurs initiales.

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

A) Chez le sédentaire :

Pour le sédentaire, le médecin doit intégrer, dans sa prescription, un éventuel passé sportif et diriger le patient vers des activités physiques adaptées, mais aussi en adéquation avec ses goûts. Ainsi, pour la remise en condition physique, on peut conseiller les activités classiques d'endurance (marche, vélo, course à pied, natation), mais aussi des activités plus contemporaines (gymnastique douce, cours d'expression corporelle, Tai Chi...).

Après cette période, le sujet peut aspirer à la pratique d'activités plus ludiques, telles que les sports de balle, la danse... Il est alors primordial de lui demander de respecter une période d'échauffement et de retour au calme. L'idéal est d'arriver à conserver 1 à 2 séances hebdomadaires d'activités d'endurance.

B) Chez le sportif régulier :

Pour le sportif régulier, la prescription dépend du type d'hypertension :

- HTA légère (PAS entre 140 et 159mmHg et/ou PAD entre 90 et 100mmHg) : tous les sports sont autorisés, en rappelant au sujet les règles d'échauffement et en insistant sur l'hygiène de vie (alimentation, récupération...) ; après 6 mois, un contrôle de la PA permettra de juger de la nécessité ou non d'un traitement pharmacologique;
- HTA modérée (PAS entre 160 et 180mmHg et/ou PAD entre 100 et 110mmHg) : avant la mise en route d'un traitement médicamenteux au long cours, il est souhaitable, en l'absence d'atteinte des organes cible, de tenter de normaliser l'HTA par la pratique d'une activité physique adaptée ; si malgré l'adaptation de l'entraînement et le respect d'une bonne hygiène de vie, le traitement médicamenteux s'avère nécessaire, le médecin tiendra

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

compte de l'incidence de certains produits sur les réactions de l'organisme à l'effort ; le traitement "idéal" est celui qui est efficace, bien toléré et permet la poursuite des activités physiques au même niveau ; seules les activités imposant des efforts brefs et intenses (par exemple la musculation lourde) sont à éviter ; le rôle éducatif du médecin est ici très important ;

- HTA sévère (PAS entre 160 et 180mmHg et/ou PAD entre 100 et 110mmHg) :ici, le problème est d'abord d'ordre cardiologique, car il faut essayer de normaliser l'HTA et de traiter les conséquences éventuelles que son niveau élevé a pu avoir sur l'organisme ; avant l'obtention du contrôle tensionnel par le traitement médical, seules seront pratiquées des activités telles que la marche, la natation calme avec une bonne technique, le vélo d'appartement et à une intensité modérée, guidée par le résultat de l'épreuve d'effort (Carré, Verdier, & Poncelet, Hypertension artérielle et sport, 2007).

6. Le sang :

Si l'ensemble des adaptations cardio-vasculaires permet d'améliorer l'apport de sang aux muscles actifs, les fonctions du milieu circulant participent à améliorer les échanges entre les deux secteurs sanguin et musculaire.

6.1. Le contenu en oxygène :

Au repos la concentration du sang en oxygène est de 20 ml pour 100 ml dans le système artériel et de 14 ml pour 100 ml dans le système veineux. La différence entre ces deux valeurs (20 ml - 14 ml=6ml) constitue la différence artério-veineuse (a-VO₂). Cette valeur représente la quantité d'oxygène prélevée dans le sang par l'ensemble des tissus.

A l'exercice la différence artério-veineuse augmente progressivement avec l'intensité de l'exercice. A l'effort maximal, la valeur, la valeur de

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

repos peut être multipliée par trois. Ceci témoigne d'une diminution en oxygène du sang veineux car le sang artériel, à l'exception de quelques cas rapportés chez des athlètes à l'effort maximal (Dempsy, 1986), le contenu en oxygène varie peu à l'exercice. En effet la quantité d'oxygène prélevée par les muscles actifs augmente, ce qui diminue la quantité d'oxygène dans le secteur veineux (Wilmore & Costill, 2006).

Le débit cardiaque et la différence artério-veineuse s'ajustent lors de l'exercice pour assurer un apport d'oxygène suffisant aux régions actives. Selon le principe de Fick :

$$VO_2 = FC \times VES \times (a-VO_2).$$

6.2. Le volume plasmatique :

Dès le début de l'exercice il existe une fuite du liquide plasmatique vers les espaces interstitiels. Cette diminution est due à deux facteurs :

-L'augmentation de la pression artérielle et de la pression hydrostatique qui s'exerce contre la paroi des capillaires et favorise l'extravasation d'eau hors des capillaires.

-L'accumulation de sous-produits métaboliques dans les muscles actifs ce qui élève la pression osmotique et crée un appel d'eau du secteur sanguin vers le secteur musculaire.

Lors d'exercice prolongé le volume plasmatique peut baisser de 10 à 20 %. Une réduction de 15 à 20 % a également été rapportée lors d'exercices brefs et très intenses d'une minute. Lors des exercices de force, la réduction du volume plasmatique est proportionnelle à l'intensité de l'effort.

Toute réduction du volume plasmatique risque de compromettre la performance. En effet dans les exercices prolongés ou la production de la chaleur est importante, une partie du sang est dérivée vers la peau au

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

détriment des muscles actifs. Enfin, la chute du volume plasmatique s'accompagne également d'une augmentation de la viscosité qui ralentit le débit sanguin, limitant le transport de l'oxygène en particulier lorsque l'hématocrite dépasse 60%.

Dans les activités de courte durée, de quelques minutes ou moins, les mouvements d'eau et les phénomènes d'ajustement thermique ont moins d'importance. Lorsque les exercices se prolongent comme c'est le cas en marathon, en football, ...etc. , ils jouent un rôle de premier plan et sont susceptibles non seulement d'altérer la performance mais aussi de constituer un risque vital, ils peuvent être à l'origine de mort accidentelle par déshydratation et hyperthermie (Costill & Wilmore, 2006).

6.3. L'hémoconcentration :

Toute réduction du volume plasmatique entraîne une hémoconcentration. Ceci signifie que la part relative, occupé par les éléments figurés du sang, augmente par rapport à celle du volume plasmatique. Les éléments figurés sont ainsi présents en plus forte concentration dans le sang.

Une augmentation de l'hématocrite de 40% à 50% correspond à une augmentation de 20% à 25% de la concentration des globules rouges. Cet accroissement n'est que relatif car le nombre total des globules rouges reste bien sur inchangé.

Toute élévation de l'hématocrite a aussi pour conséquence de majorer la concentration d'hémoglobine du sang ce qui améliore la capacité de transport de l'oxygène. En altitude, cet aspect représente un avantage non négligeable au repos comme lors de l'exercice sub-maximal .

Il était admis que l'hémoconcentration était due à la libération par la rate de nouveaux globules rouges, afin d'améliorer le transport de l'oxygène.

Cette conception s'appuyait sur des observations faites chez l'animal.

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

Nous savons maintenant que la capacité de stockage de la rate est d'environ 50ml de globules rouges concentrés. Les travaux récents de (Flamm, et al., 1990) utilisant des radio-isotopes suggèrent que le volume de sang à l'intérieur de la rate peut diminuer avec l'intensité d'exercice. Or, l'augmentation de l'hématocrite semble en relation directe avec la diminution du volume splénique. Ceci a été confirmé depuis par une autre étude (Laub, Hvid-Jacobsen, Hovind , Kanstrup, Christensen, & Nielsen, 1993).

De nombreuses études révèlent la perte de sang dans les fèces (parfois abondante) et dans les urines (plus importante lors d'exercices intenses et prolongés). L'hémolyse serait liée à la destruction mécanique des globules rouges. Elle est classiquement expliquée lors de la course à pied, par les chocs répétés au niveau des coussinets plantaires et des organes intra-abdominaux. Le rôle favorisant de la déshydratation et de l'ischémie viscérale pourrait expliquer les altérations décrites chez les cyclistes et les nageurs. Cette déshydratation s'accompagne d'altérations des fonctions membranaires des globules rouges qui présentent une fragilité accrue. Le marqueur biologique le plus classique d'hémolyse est la baisse de l'haptoglobine. L'hémolyse reste, dans la majorité des cas, infra-clinique, sans anémie, le fer libéré étant récupéré (CARRÉ, GUINOT, & BERMON, 2001).

Pour les adaptations chroniques (la "pseudo-anémie" du sportif), La principale modification chronique induite par l'exercice est l'augmentation du volume plasmatique (20 %), secondaire à l'augmentation de la réabsorption hydro-sodée d'origine hormonale (système rénine-angiotensine-aldostérone). Cette adaptation, qui favorise l'augmentation du débit cardiaque maximal, s'observe dans les sports d'endurance et augmente avec la fréquence de l'entraînement et des compétitions, surtout s'ils sont

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

réalisés dans des conditions de chaleur. L'hémodilution se traduit sur l'hémogramme par une baisse de l'hématocrite et de la concentration en hémoglobine, simulant une anémie. C'est la "pseudo-anémie" du sportif. Il n'est pas rare d'observer des sportifs avec un hématocrite à 37 % et 125 g d'hémoglobine par litre sans signe d'intolérance clinique, ni biologique. Dans notre expérience (données non publiées), nous observons cette situation dans environ 5 % des cas, sans signes biologiques associés de stimulation de l'érythropoïèse tels que l'augmentation des réticulocytes ou des récepteurs solubles à la transferrine (témoins indirects de manipulations pharmacologiques).

L'élévation de l'hématocrite au cours de la saison sportive serait un signe de mauvaise tolérance ou d'insuffisance de l'entraînement. Le VGM et la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine sont discrètement augmentés dans les sports d'endurance, témoins de l'adaptation chronique (globules rouges plus jeunes ayant une meilleure déformabilité et diminuant la viscosité sanguine).

Des adaptations qualitatives sont aussi décrites, même si elles ne sont pas explorées en pratique courante, on note que la courbe de dissociation de l'hémoglobine est déplacée vers la droite chez le sportif "endurant". Ceci favorise la libération de l'O₂ au niveau tissulaire dans les conditions d'acidose, d'hypercapnie et d'élévation de température, toutes conditions retrouvées lors d'un exercice physique. En pratique, il faut interpréter les chiffres d'hémoglobine et d'hématocrite en fonction de la discipline sportive et de l'intensité de l'entraînement (CARRÉ, GUINOT, & BERMON, 2001).

6.4. Hyperleucocytose :

Les effets de l'exercice sur la leucocytose ont été la source de nombreuses études, notamment pour tenter d'expliquer la fréquence

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

anormalement élevée d'infections du tractus respiratoire supérieur chez les sportifs.

Dès les premières minutes, l'exercice musculaire induit une hyperleucocytose qui peut atteindre 300 à 400 % de la valeur de repos.

Elle se normalise dans la demi-heure qui suit l'arrêt de l'effort. Toutes les lignées sont concernées, même si polynucléose et lymphocytose sont les plus citées dans les publications.

L'augmentation des neutrophiles est liée, à la démarginalisation induite par l'augmentation des catécholamines et de la cortisolémie, ainsi qu'à leur passage du compartiment médullaire au compartiment vasculaire. La lymphocytose est essentiellement due à l'augmentation de la sous-population NK (Natural killer) médiée par les catécholamines et l'hormone de croissance. La monocytose serait moins constante et, pour certains auteurs, n'apparaîtrait que pour des efforts maximaux.

A long terme, Pour certains auteurs, il n'y aurait pas de modification significative du nombre des globules blancs induite par l'entraînement. Notre expérience semble différente. Nous observons, dans 5 à 10 % des cas, une leucopénie relative touchant les lignées neutrophile et lymphocytaire, particulièrement dans les sports d'endurance. Ces chiffres, qui sont toujours à la limite inférieure de la normale, varient en fonction des périodes de la saison. Les valeurs les plus basses étant observées lors des phases d'entraînement les plus intenses (en quantité et en qualité). Leur interprétation n'est pas claire. S'agit-il d'une "pseudo-leucopénie" induite par l'hémodilution, ou d'une marginalisation excessive, plutôt qu'une hématopoïèse déficiente ? La normalisation lors des phases de "régénération" est rassurante, et en pratique, en cas de doute, la réalisation d'un test d'effort doit induire une hyperleucocytose réactionnelle et ainsi

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

éliminer une insuffisance médullaire (CARRÉ, GUINOT, & BERMON, 2001).

6.5. Le PH sanguin :

Au repos le pH du sang artériel est constant aux environs de 7,4 et donc légèrement alcalin. Pour un exercice ne dépassant pas 50 % des possibilités maximales, le pH varie peu. Au-delà de cette intensité le pH diminue et le sang devient plus acide. L'acidose peut apparaître très rapidement à l'approche de l'effort maximal. Dans les muscles actifs le pH baisse d'avantage jusqu'à 6,5 et même moins.

L'acidose sanguine résulte essentiellement de l'accumulation d'acide lactique (Wilmore & Costill, 2006).

7. Le cœur d'athlète (l'hypertrophie cardiaque du sportif) :

La pratique régulière et Intense d'une activité physique peut induire des adaptations cardiovasculaires Chroniques regroupées dans le syndrome du "cœur d'athlète". Le professeur HENSHEN de l'université de Iéna, en Allemagne, fut le premier à constater ce phénomène en 1988. Grâce au seul examen clinique, il évoqua pour la première fois l'existence d'une hypertrophie cardiaque chez les skieurs de cross country. De ces observations, il déduisit que le cœur des skieurs de fond s'était dilaté et les parois épaissies par la répétition des efforts. Il n'y aucune pathologique. Au contraire, ces athlètes seraient les plus performants dans les compétitions (GILBERT, NUTTER, FELNER, PERKINS, HEYMSFIELD, & SCHLANT, 1977).

L'hypertrophie cardiaque (HC), synonyme d'hypertrophie myocardique, est due à une hypertrophie myocytaire. C'est le plus souvent un mécanisme d'adaptation à une contrainte qui peut être physiologique (croissance, grossesse, pratique sportive intense) ou

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

pathologique (hypertension artérielle, anomalie génétique,...) (Lips, DeWindt, van Kraaij, & Doevendans, 2003).

L'hypertrophie du sportif n'est pas pathologique et elle est considérée comme une adaptation biologique à la charge d'entraînement.

7.1. Les facteurs déterminants de cette hypertrophie cardiaque :

7.1.1. Le niveau d'entraînement :

Cette hypertrophie est observée sauf chez les athlètes de haut niveau au moins 10 heures par semaine à plus de 60 % de la consommation maximale d'oxygène (VO₂ max).

7.1.2. Le type de sport pratiqué :

On oppose classiquement deux types d'exercice musculaire en fonction des contraintes cardiovasculaires qu'ils imposent (Gallagher, Raven, & Mitchell, 1999), on a les sports d'endurance qui "dilateraient" la cavité et les sports de résistance qui "épaissiraient" les parois, repose sur les deux types de surcharges décrits en pathologie : volumétrique pour les sports aérobies et barométrique pour les disciplines anaérobies.

Les comparaisons entre les sports devraient toujours être faites après normalisation des valeurs absolues des mesures par la surface corporelle ou le poids. En fait, seuls les rares sports de type purement anaérobie (comme le culturisme) semblent favoriser davantage l'épaississement pariétal que la dilatation du VG. Toutes les autres disciplines sportives favorisent une dilatation du VG, qui doit être équilibrée par un épaississement des parois (loi de Laplace). Cyclisme, aviron, canoë, natation, course à pied de longue distance et football sont les sports qui entraînent la dilatation et donc l'hypertrophie la plus nette. En moyenne, la masse ventriculaire gauche du sportif dépasse celle du sédentaire de 45 % (CARRÉ F., 2000).

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

Avec cette augmentation de ces cavités ventriculaires, le cœur sportif dispose d'un plus grand volume sanguin résiduel que celui d'un non – entraîné. L'augmentation de ce volume résiduel joue un rôle immédiatement disponible pour l'adaptation précise des variations du débit sanguin de retour, comme dans les expirations forcées.

Les modifications provoquées par l'entraînement sur le poids du cœur sont consignées dans le tableau(04).

Poids et volume du cœur	Non entraînés (Hommes)	Entraînés (Hommes)
Poids absolu	250-300	350-500
Poids relatif	4.8	8,0
Volume absolu	600-800	900-1300
Volume relatif	11-12	14-17

Tableau(04) : Volume et poids cardiaques absolus et relatifs chez des sujets entraînés et non entraînés (Weineck, 1998)

7.1.3. Le sexe :

-Chez l'homme adulte sportif :

Classiquement, le diamètre ventriculaire gauche en télé-diastole dépasse rarement 60 mm chez le sportif et exceptionnellement 70 mm. Ces grandes dilatations sont plus souvent observées chez des sportifs hyper-endurants comme les cyclistes sur route ou présentant des surfaces corporelles importantes comme les basketteurs. Il est donc préférable d'indexer les données par la surface corporelle. La limite de normalité est de 31mm/m².

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

-Chez la femme adulte sportive :

L'épaisseur pariétale du VG ne dépasse qu'exceptionnellement 12mm. Le diamètre ventriculaire gauche en télé-diastole dépasse rarement 55 mm et exceptionnellement 65 mm (sportives hyper-endurantes, surfaces corporelles importantes)

7.1.4. L'âge :

Chez les filles comme chez les garçons, les modifications sont moins nettes et se limitent à une dilatation cavitaire sans hypertrophie pariétale réactionnelle significative (Obert & al, 2003) . Ces adaptations sont plus marquées chez des nageurs que chez des gymnastes.

L'absence d'hypertrophie pariétale significative semble en rapport avec le statut hormonal, en particulier androgénique. En effet, chez de jeunes sportifs masculins pubères (< 18 ans), une hypertrophie pariétale est décrite. Elle doit rester modérée sans dépasser 12 mm (Carré, 2006).

7.1.5. La génétique :

Les modifications morphologiques liées à l'entraînement physique ne sont pas constantes. En effet chez les sportifs comme dans la population générale la variabilité de la masse ventriculaire gauche (MVG) a une composante génétique. Les effets synergiques de certains polymorphismes génétiques, comme ceux des gènes de l'enzyme de conversion et de l'angiotensinogène , expliquent pour une part la variabilité du degré de l'HC observée chez les sportifs de niveau d'entraînement comparable .

A ce jour, l'étude du génotype pour prédire le degré d'HC secondaire à l'entraînement a une valeur épidémiologique indéniable, mais n'a aucun intérêt diagnostique pour un individu donné.

Chapitre II Les Adaptations Cardiovasculaires à l'exercice et à l'entraînement

- conclusion :

Le système cardiovasculaire subit plusieurs adaptations qui lui permettent de faire face aux besoins de l'exercice musculaire.

Ces adaptations touchent plusieurs paramètres (centrales et périphériques)

Tels que (la FC, le VES, le Q, le sang,etc.).

Généralement on les regroupe en ; adaptations aiguës (immédiats) et adaptations chroniques (le syndrome du cœur d'athlètes).

Chapitre III

La performance sportive

-Introduction :

Beaucoup de chercheurs essaient d'améliorer l'aspect biomécanique, physiologique et psychologique des sportifs dont le but d'optimiser la performance sportive.

Dans ce chapitre, on va voir les différentes approches de la performance sportives et les multiples facteurs qui la contrôlent.

1. Définition :

Selon (Rothing,1983) « La capacité de performance (synonyme : aptitude à la performance, faculté de performance, potentiel de performance) d'un athlète se présente sous la forme de potentiel à réaliser une performance maximale (avec épuisement de toutes les réserves) dans un sport ou une discipline sportive déterminés . La probabilité que la réalisation d'une performance réelle diminue les chances d'en réaliser une autre par la suite dépend pour beaucoup des aptitudes de l'athlète » (Weineck, 1998) .

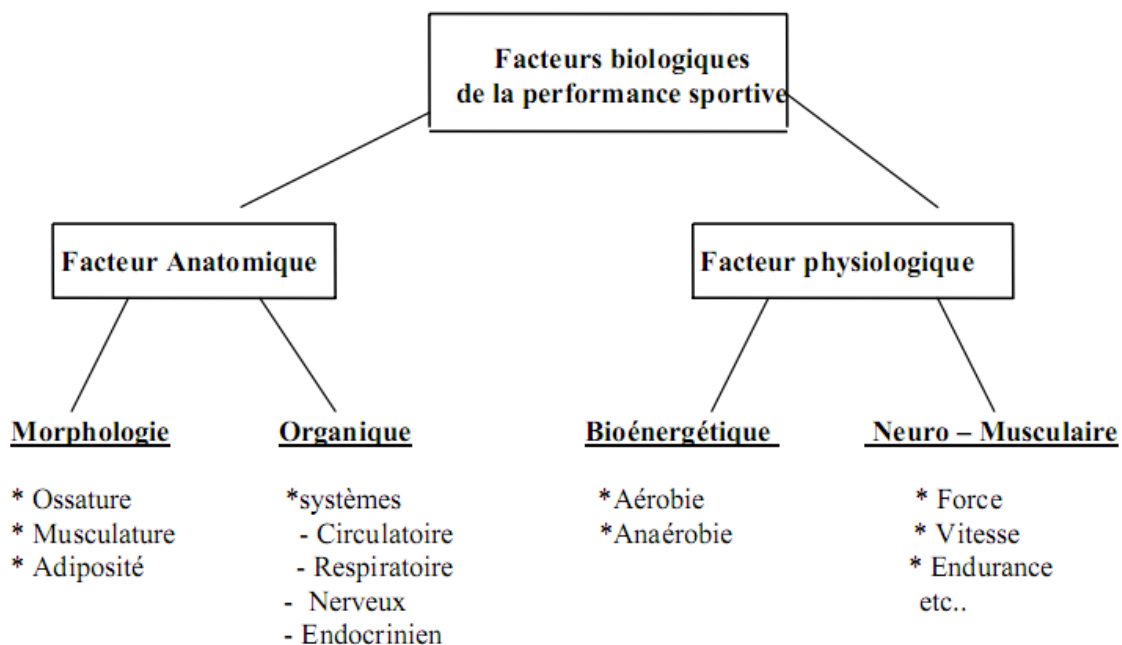
La performance s'identifie dans la réalisation d'une action motrice en fonction d'un objectif. Elle correspond à une optimisation progressive des capacités de l'athlète en fonction de ces propres potentialités. Cette référence au potentiel individuel du pratiquant se trouve confrontée par la définition de Durand(1987) : « Une performance sportive est l'expression d'un certain niveau d'habileté motrice acquise par un individu dans une tâche particulière... Il s'agit d'une à résoudre un problème moteur spécifique, à élaborer et à réaliser une réponse efficace et économique pour atteindre un objectif précis». Ainsi, nous avons transité de la performance, l'exploit authentique, vers une performance, simple réalisation réussie par un athlète dans une situation d'apprentissage (exercice techniques, situation technico-tactique, jeux,...) (Ferré & Leroux, 1996).

Nous essayons d'analyser le concept de la performance sportive chez les pratiquants du judo en basant sur l'approche biologique.

2. Approche biologique de la performance sportive :

Selon (Drissi, 2003), L'approche biologique adaptée et préconisée par bon nombre de théoriciens (weineck ,1980 ; matveev, 1983,zaciorsky,

1972) envisage la réalisation de la performance sportive comme un acte essentiellement biologique réalisable grâce aux capacités physiologiques et physiologiques de l'individu dont le niveau de développement et le degré de cohésion interne, déterminent en fait la valeur de la performance sportive finale. Ceci n'exclut pas, l'influence des précédents groupes de facteurs, à savoir psychologiques et sociologiques. Pour étudier cette approche, nous allons suivre le modèle de (Fergusson, 1974) .



Figure(09) : facteurs biologiques de la performance sportive
(Fergusson, 1974).

2.1. Les qualités morphologiques :

(Rodovan , Medved et Kintsu Hirata,1966) remarquèrent une liaison étroite entre paramètres anthropométriques et performance . Certains auteurs (Brikci & Dekkar, 1987)ont mentionné l'influence des différents facteurs morphologiques sur l'obtention de hauts résultats en course à pied. Les auteurs ont montré que le résultat sportif s'accroît par

rapport à l'augmentation de la taille de la surface corporelle absolue et relative à l'âge du sportif, à la circonférence de la cuisse et au composant adipeux.

Boubekeur (1987) montre l'influence de la taille et du poids du corps des lanceurs sur la performance (Drissi, 2003).

Dans l'étude des caractéristiques physiologiques du Handballeur Algérien (Brikci, 1995) montre l'existence de caractéristiques propres des joueurs selon le poste occupé sur le terrain et par rapport aux joueurs d'autres sports collectifs, le handballeur est plus grand que le footballeur, et présente des valeurs moyennes de poids et de taille plus basses que celles des volleyeurs et des basketteurs.

2.2. Les qualités fonctionnelles :

2.2.1. Les qualités physiques générales et spécifiques :

Pour Cazorla et Dudal les qualités physiques représentent « l'expression dynamique » la plus simplifiée des composantes biologiques de l'action motrice. Mais il faut signaler qu'au moment où certains utilisent le concept de qualités physiques d'autres parlent de capacités physiques. Il n'y a certes pas une grande différence car les gens qui ont défini ces concepts reconnaissent l'existence d'une base commune qui n'est autre chose que l'aptitude physique à partir de laquelle une capacité ou une qualité se développe et s'exprime.

Les capacités motrices, ou qualités physiques comme les a définies Zaciorskij, constituent le présupposé ou prérequis moteur de base, sur lequel l'homme et l'athlète construisent leurs propres habilités techniques.

En 1968, Gundlach a proposé une classification qui a été ensuite largement acceptée en Europe, et selon laquelle les capacités motrices se divisent en capacités conditionnelles et capacités de coordination.

Les capacités conditionnelles se fondent sur l'efficacité métabolique des muscles et des appareils, tandis que les capacités de coordination sont déterminées par l'attitude à organiser et à régler le mouvement.

La résistance, par exemple, est basée sur la disponibilité d'énergie, alors que la modification du rythme, de l'équilibre ou de la fréquence des efforts chez un gymnaste relèvent de la capacité de coordination.

Les facteurs limitant des capacités conditionnelles sont liés à la quantité d'énergie disponible dans les muscles, et aux mécanismes qui en règlent le débit (enzymes, vitesse et force de la contraction dues à la qualité des unités motrices).

Les capacités de coordinations sont au contraire conditionnées par la capacité d'acheminer et de traiter les informations en provenance des analyseurs impliqués dans les mouvements (tactile, kinesthésique, vestibulaire, optique, acoustique) et dans l'élaboration des habiletés motrices.

C'est presque exclusivement pendant la période pré-pubertaire, et notamment entre 6 et 11-12 ans, que se situe la phase la plus marquante du développement des capacités de coordination.

Pour les capacités conditionnelles, cette phase intervient au début de la puberté, et plus particulièrement entre 12 et 17-18 ans (Manno, 1989).

-(Fideluis & Koctasz, 1982) désignent la force, vitesse et endurance comme les qualités physiques intervenant dans la performance motrice.

2.2.2. Les facteurs bioénergétiques :

Selon (Brikci, 1995) Au repos, l'activité métabolique de l'homme représente une dépense énergétique d'environ 1.750 Kcal par 24 heures. Lors d'une activité physique, le métabolisme oxydatif peut atteindre jusqu'à 50 fois son niveau initial, grâce essentiellement, à l'activité musculaire.

Pour fonctionner, les muscles ont besoin :

1. d'un carburant spécifique : L'adénosine triphosphate (ATP) ;
2. d'un carburant: l'oxygène (O₂) ;
3. d'un système de régulation nerveuse et hormonale.

L'énergie nécessaire au fonctionnement de la cellule est libérée, par des réactions aérobies et/ ou anaérobie, sous forme d'énergie chimique. Cette énergie potentielle est contenue dans l'adénosine triphosphate (ATP), molécule découverte par Lohman en 1929. L'ATP, comporte deux liaisons phosphate, à haut potentiel énergétique, combinées à l'adénosine ribose. Elle constitue le précurseur immédiat de la contraction musculaire.

L'énergie est libérée suite à l'activité ATPasique de la myosine, selon la réaction (figure (10)) :

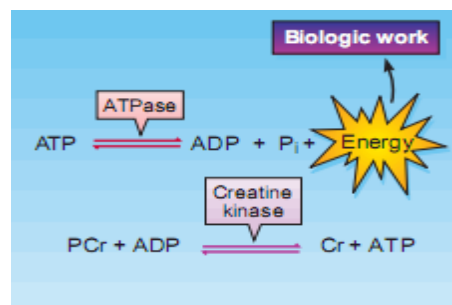


Figure (10) : la resynthèse de l'ATP.

La synthèse de nouvelles molécules d'ATP est assurée, quant à elle, par l'énergie libérée au cours du catabolisme des glucides, des lipides et quelquefois des protides, initialement puisés dans l'environnement. Pour sa contraction, comme pour son relâchement, le muscle doit transformer de l'énergie potentielle chimique en énergie mécanique qui donne naissance au mouvement.

En raison de l'insuffisance de la quantité d'ATP dans le muscle, un mécanisme doit exister pour régénérer l'ATP lorsque l'exercice se

prolonge. La resynthèse de l'ATP nécessite de l'énergie qui est fournie aux myofibrilles par trois systèmes métaboliques.

Selon (DOUTRELOUX, 1999) les mécanismes de resynthèse de l'ATP sont constitués par trois processus métaboliques libérateurs d'énergie intervenant soit sans oxygène (anaérobie) soit en présence d'oxygène (aérobie) et en utilisant des substrats énergétiques différents.

- Le processus anaérobie alactique.
- Le processus anaérobie lactique.
- Le processus aérobie.

Les processus anaérobie se déroulent au niveau du cytoplasme de cellule musculaire, tandis que les aérobies s'effectuent au niveau des mitochondries.

2.2.2.1. Processus anaérobie alactique:

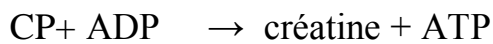
Au début de toute charge d'entraînement d'intensité élevée dans laquelle les besoins énergétiques ne peuvent être couverts par la voie oxydative – Le retard initial de l'absorption respiratoire d'oxygène provient sans doute de la réaction relativement lente du système circulatoire au début de l'effort (Hermansen,1969)- Le muscle est contraint de produire par la voie anaérobie l'énergie nécessaire à sa contraction.

Le réserve d'ATP contenue dans la cellule musculaire est d'environ 6 mmol/Kg de muscle humide (Keul , Doll et Kapler,1969) et pour une contraction maximale du muscle , elle ne suffit qu'à quelques fragments de secondes d'effort.

Les déchets de cette réactions biochimiques, ADP et phosphate inorganique (Pi) stimulent la respiration jusqu'au centuple, activant ainsi intensivement les systèmes fonctionnels qui assurent le métabolisme musculaire. Dès que (à la fin de l'effort) l'ADP et le Pi se retransforment

en ATP, la respiration est freinée et revient à sa fréquence de repos. Ce principe de régulation est ce que (Senger et Donath,1977) appellent le « Le contrôle de la respiration par le besoin d'énergie ».

Afin de permettre la poursuite du travail musculaire, l'ATP est renouvelé avec une extrême rapidité par les réserves intracellulaires de créatine – phosphate (CP), environ 20-30mmol/Kg de muscle humide (Keul , Doll et Keppler ,1969). Cette resynthèse immédiate permet, grâce aux composés phosphatés énergétiques (ATP, CP), un travail d'une durée de sept à huit secondes au maximum :



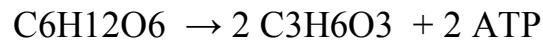
La mise à disposition d'énergie dans les sept premières secondes est aussi appelée phase alactacide de la production d'énergie anaérobie, car elle s'effectue sans augmentation notable d'acide lactique (weineck, 2003). La rapidité de la libération de l'énergie s'explique par le fait que la créatine-phosphate s'emmagasiné dans le système contractile des muscles et qu'il n'y a pas besoin d'O₂. Processus *anaérobie* : car le muscle n'utilise pas l'O₂ des poumons étant donné la brièveté de l'effort mais l'O₂ existant dans le muscle et dans le sang; alactique : car les déchets (acide lactique) n'ont pas le temps de s'accumuler dans les fibres musculaires.

Ce processus est utilisé spécifiquement pour les efforts brefs et intenses et permet la mise en route d'un autre processus si l'effort est intense et prolongé ou intense court et répété (Hermann & Cier, 1975).

2.2.2.2. Processus anaérobie lactique:

Consiste en la dégradation partielle des glucides (C6) en acide pyruvique (C3). Lorsque l'approvisionnement en oxygène des muscles est insuffisant ou nul, l'acide pyruvique se transforme en acide lactique. La formation de deux molécules de lactates à partir d'une molécule de glucose

apporte l'énergie nécessaire à la reconstitution de 2 ATP. Lorsque le glucose est lié au glycogène, sa dégradation anaérobie fournit trois ATP :



La glycolyse anaérobie, limitée par la phospho-fructokinase (PFK), a un débit de production d'ATP plus bas que celui des phosphagènes, avec cependant, une capacité plus importante (d'une durée de 40 s environ). Au-delà de cette durée, l'accumulation d'ion H⁺ bloque les réactions enzymatiques de la PFK, stimulant la resynthèse d'ATP par le métabolisme aérobie, entraînant une diminution de l'intensité de l'effort ou l'arrêt total. Ce mécanisme peut fournir environ 35 mmol d'ATP par Kg de muscle (Contre environ 29 pour les phosphagènes). L'approvisionnement de l'ATP par cette voie énergétique est rapide et joue un rôle très important dans les épreuves à puissance maximale d'une durée de prés, d'une minute. Seuls les glucides sont utilisables par ce processus (Brikci, 1995).

La capacité anaérobie lactique, quantité totale d'énergie disponible à partir de la source lactique, est grossièrement proportionnelle à la concentration maximale de lactate tolérée par l'organisme, celle-ci étant elle-même proportionnelle à la concentration du sang en lactate. La concentration maximale du sang en lactate est d'environ 14 à 17 mmol/L chez les sujets non sportifs, ce qui correspond à 75 KJ environ en tenant compte de l'espace de diffusion du lactate. Cette valeur peut être pratiquement doublée chez certains athlètes (Monod & Flandrois, 2003).

La théorie de la navette du lactate dans l'organisme est un mécanisme capital assurant la coordination du métabolisme intermédiaire dans les différents tissus. Cette navette fonctionne probablement dans tous les conditions métaboliques. Une fois formé dans les cellules musculaires,

le lactate peut être transporté dans d'autres sites ou il peut servir de source d'énergie et de précurseur gluconéogénique.

Il faut savoir que la production d'énergie sollicite l'intervention de substances que l'on nomme les enzymes.

Chaque processus fait appel à ces substances, or chez l'enfant «l'équipement enzymatique» lié à la croissance, au développement hormonal n'est pas complet avant la puberté. Il est donc inutile et même nuisible de demander à des enfants des efforts de type «Résistance» puisque leur organisme n'est pas encore «équipé» pour fournir l'énergie Correspondante (McArdel & Coll, 1989).

2.2.2.3. Processus aérobie:

La resynthèse de l'ATP se fait à partir de l'énergie produite lors de l'oxydation des corps réduits (NADH, H⁺ et NADH₂) au niveau de la chaîne respiratoire, formés lors de la dégradation du glucose et des acides gras par la glycolyse anaérobie, la β- oxydation sarcoplasmique des AG et Dans le cycle de Krebs. La chaîne respiratoire est une cascade de réactions de phosphorylation oxydative avec transfert d'électrons et de protons catalysés par des enzymes telles les flavoprotéines , le coenzyme Q et les cytochromes.

L'oxydation est complète en eau et en dioxyde de carbone sauf pour les acides aminés (AA) des protéines. Ceux –ci participent comme substrat énergétique à l'exercice, mais peu : 15 à 15 % selon la durée de l'exercice, et surtout, selon le niveau des réserves de glycogènes. Parmi les étapes clés, le transfert transmembranaire mitochondrial des métabolites implique des mécanismes complexes avec plusieurs substances intermédiaires dont la carnitine pour les acides gras et des enzymes avec des cofacteurs divers.

L'oxydation complète d'une molécule de glucose permet de récupérer une quantité d'énergie suffisante pour resynthétiser 38 molécules d'ATP (Brunet-Guedj, Brunet, Girardier, & Moyen, 2006) .

La production d'énergie à partir du processus aérobie implique la dégradation d'un combustible dans la cellule musculaire en présence d'O₂. Le combustible peut provenir de l'intérieur du muscle (acides gras libres, glycogène) et de l'extérieur du muscle (acides gras du tissu adipeux, glycogène hépatique). Pour que ce métabolisme contribue d'une manière significative à la production d'énergie, l'oxygène doit être fourni aux mitochondries des fibres musculaires en quantité suffisante.

Au repos, l'organisme consomme globalement environ, 250 ml d'O₂/min, la consommation d'O₂ musculaire en représente 20 à 25 %. Lors d'une épreuve musculaire à charge progressive, la consommation d'O₂ croît d'une manière linéaire avec la charge de travail; et atteint des valeurs 8 à 25 fois supérieures à celle au repos. La consommation d'O₂ au niveau musculaire atteint la valeur 100 fois supérieures par rapport à ce qu'elle est au repos (Brikci ,1995).

2.2.2.4. Caractéristiques des sources d'énergie :

Les trois processus dans la fourniture d'ATP se caractérisent par :

- Leur inertie : délai nécessaire à leur mise en jeu.
- Leur puissance : quantité d'énergie produite par unité de temps.
- Leur capacité : quantité totale d'énergie qu'elles sont susceptibles de produire, et par les facteurs susceptibles d'interrompre leur mise en jeu.

La connaissance de ces caractéristiques permet de mieux connaître les mécanismes physiologiques mis en jeu lors de différents types de pratiques sportives et de mieux comprendre les processus d'adaptation de l'organisme en fonction du type d'exercice à effectuer(brikci ,1995)

A) Le processus anaérobie alactique se caractérise par :

Inertie : délai d'intervention est très faible car il y a nécessité d'obtenir une réaction immédiate.

Puissance : Très élevée, en particulier chez les sportifs (pourcentage élevée de fibres rapides). La concentration en Myokinase et en CPKinase est 2 fois plus élevée dans les fibres rapides par rapport aux lentes.

Capacité : (durée de l'exercice), elle est faible car la concentration en créatine phosphate est peu importante (il y a faible resynthèse d'ATP). La poursuite de l'exercice implique l'intervention d'autres voies métaboliques.

B) Le processus anaérobie lactique se caractérise par :

Inertie : Elle est non négligeable (environ 10 secondes), mais certaines recherches montrent qu'elle intervient dans un temps inférieur (expérimentation par biopsie musculaire). L'augmentation de lactates peut intervenir, selon certains exercices, au bout de 5 secondes.

Puissance : elle dépend des concentrations enzymatiques et de la typologie des fibres. Elle est très importante chez des sujets ayant un fort pourcentage de fibres rapides. Cela s'explique par la concentration en Phosphorylase A et B qui est plus importante.

Capacité : elle est faible puisqu'il n'y a formation que de 2 ATP. A cela s'ajoutent les conséquences de l'accumulation de lactates et de la baisse du pH lorsque l'on augmente l'intensité de l'exercice. Cela se traduit par :

-L'inhibition de la phosphorylase

-La perturbation des propriétés contractiles (vitesse de contraction).

Tout cela va dans le sens d'un arrêt de l'effort.

C) Pour le processus aérobie :

Il présente une grande inertie, une faible puissance et une grande capacité.

Il intervient d'une manière prioritaire lors d'exercices longs et peu intenses.

Système d'énergie	Durée de l'épreuve	Exemples d'activités physiques
A.T.P et C.P	Moins de 20 secondes	Sauts, lancers ,100 m course
A.T.P et C.P et glycolyse anaérobie	De 30 à 90 secondes	400m course, 100m nage
Glycolyse anaérobie et aérobie	De 90 secondes à 3 minutes	800m course, sports de combat, gymnastique
Processus aérobie	Plusieurs minutes	Football, cross, jogging

Tableau(05) : systèmes de distribution d'énergie en fonction de la durée et des types d'épreuves (Brikci, 1995).

3. Facteurs influençant la performance sportive :

Selon (Astrand, 1994), les trois classes de facteurs à prendre en compte et à travailler pour réaliser une performance sportive sont en résumé, la condition physique, l'état psychologique et les aptitudes techniques et tactiques. Chacune d'entre elles se décline en plusieurs aspects. Pour la condition physique, ce sont des qualités comme l'endurance, la force, la puissance, la souplesse, la coordination sensorimotrice, etc. Pour l'état psychologique, ce sont les motivations à court et long terme, l'attention, la capacité de gestion du stress, l'anticipation, etc. L'entraînement doit donc s'inscrire dans une démarche pédagogique et technique qui répond à des exigences précises.

Enfin, qu'il s'agisse d'une pratique sportive compétitive ou de loisir, l'entraînement doit être planifié afin de prévoir :

- la nature, la durée et l'intensité des différents exercices à pratiquer lors d'une séance d'entraînement ;

- le nombre et l'articulation entre elles, des séances à même finalité (on parle de «microcycle»);
- l'organisation des microcycles entre eux pendant une, voire plusieurs saisons sportives (on parle de « macrocycle »).

Et pour ce qui concerne les conditions, l'entraînement s'appuie, en règle générale, sur les quelques principes que sont la progressivité, la spécificité et le travail.

La progressivité consiste à adapter graduellement la charge de travail entre le début d'une saison sportive et les objectifs à réaliser.

La spécificité est le développement des potentialités propres à la discipline concernée. Elle diffère, mais complète, la préparation générale qui consiste, surtout en début de saison, à améliorer l'ensemble de la condition physique (et notamment l'endurance).

Le travail représente le volume et l'intensité des exercices à réaliser. Le volume est, en résumé, la quantité de séances par semaine, le nombre d'heures par séance, etc. L'intensité désigne le degré d'activité par rapport aux possibilités maximales du sujet. Une planification adéquate prévoit une alternance entre travail et périodes de récupération, pour arriver au phénomène dit de « surcompensation », brièvement défini comme une amélioration substantielle du potentiel énergétique initial (Weineck, 1986)

3.1. Nutrition et performance sportive :

Les nutriments que nous absorbons quotidiennement dans notre alimentation fournissent l'énergie nécessaire au maintien des fonctions organiques au repos et au cours des diverses activités physiques.

Depuis un quart de siècle, la pertinence du concept de "nutrition du Sportif" a été bien démontré. L'activité sportive intense correspond bien à des besoins spécifiques en calories, en macronutriments et, sans doute aussi, en micronutriments. Le non respect de ces spécificités est une cause fréquente de contre-performance. Cependant, dans un milieu tel que celui du sport, le sensationnel et l'irrationnel ont souvent tendance à prendre le pas sur l'objectivité scientifique ou même le simple bon sens. Le développement exponentiel des "produits miracles" d'origine plus que douteuse, qui circulent dans les salles de sports et les vestiaires, ou s'achètent sur internet, illustre bien cette dualité.

3.1.1. Les besoins énergétiques du sportif :**a) la ration calorique :**

Le premier problème à considérer est celui des besoins énergétiques. Pendant des périodes d'activité physique élevée, il est évident que ces besoins sont accrus. Le tableau (06) rappelle les besoins de base d'un individu non sportif et le tableau(07), tiré de traités classiques de médecine du sport, permet de se faire une idée (assez approximative) de cet accroissement. Il existe, actuellement, des techniques permettant de chiffrer de façon plus fine ces dépenses, notamment en nutrition humaine. Elles sont basées sur la quantification de tous les mouvements et restent peu utilisées en médecine sportive. Leur développement chez certains sportifs dont l'équilibre énergétique est aléatoire pourrait être intéressant.

Pour compenser cette perte accrue d'énergie, il faut à l'évidence augmenter les apports caloriques, de manière à maintenir le poids corporel (Brun, 2008).

Le document de consensus américain insiste sur cette nécessité de stabilité pondérale et condamne ainsi fermement les pratiques visant à Changer rapidement de poids (daily weight –ins). Selon ce document, chez les sportifs, une perte de poids liée à une balance énergétique négative occasionne des réductions de masse musculaire, des troubles du cycle menstruel chez la femme, une diminution de densité osseuse et une baisse de forme liée à la fatigue s'accompagnant d'un affaiblissement des défenses immunitaires.

Age	Homme	Femme
10 ans	2000 Kcal/j	1800 Kcal/j
15-20ans	3000 kcal/j	2800 Kcal/j
20-45 ans	2500 Kcal/j	2300 Kcal/j
45-65 ans	2200 Kcal/j	2000 Kcal/j
> 65 ans	2000 Kcal/j	1800 Kcal/j

Tableau (06) : besoins énergétiques théoriques dans les deux sexes.

sport	Cout énergétique (Kcal/h)
Course à pied (vitesse)	500
Course à pied (fond)	750
Cyclisme sur route	360
Natation (vitesse)	700
Tennis simple	800
Tennis double	350
Escrime	600
Football	500
Rugby	500
Aviron	500
Lancer	460

Tableau(07) : cout énergétique (Kcal/h) correspondant schématiquement à 1 heure de l'un de ces sports.

-La masse grasse du sportif :

Les sportifs présentent, en général un moindre pourcentage de graisse corporelle, mais il est difficile de définir des normes, qui dépendent beaucoup du type de sport. Dans l'ensemble alors qu'aux environs de la trentaine la composition corporelle standard d'un homme sédentaire en bonne santé comprend 20 % de masse grasse (et 30 % chez une femme).

-Le calcul du besoin énergétique :

Les besoins nutritionnels des sportifs sont différents de ceux des sujets sédentaires. Chez un individu de sexe masculin, les besoins énergétiques sont d'environ 3 000 kcal/j entre 15 et 20 ans, de 2 500 entre 20 et 45 ans, de 2 200 entre 45 et 65 ans (TAB. 05). On peut aussi, si l'on a

déterminé la composition corporelle (masse grasse et masse maigre MM), estimer la dépense énergétique de fond (métabolisme de base kcal/24 h) à $34 \times MM$ (kg) et la multiplier par 1,2 à 1,4 pour obtenir les besoins journaliers d'une personne sédentaire.

En cas d'activité sportive, il faut rajouter à ces valeurs un niveau de dépenses d'environ 500 kcal/h (avec bien sûr des différences inter-sports), comme le montre le tableau 2. Si l'on interroge le sportif sur son volume d'activité hebdomadaire (heures/ semaine de sport), on multiplie ce dernier par le coût énergétique indiqué sur le tableau 6. Ces calculs permettront donc de connaître les besoins énergétiques d'un sportif donné.

-Le questionnaire nutritionnel :

Mais comment apprécier en pratique L'alimentation d'un sportif ? Une enquête diététique détaillée et informatisée effectuée sur semainier est très intéressante, mais demande du temps et est donc rarement réalisée en pratique. Il est pourtant dommage de faire l'impasse sur une telle information.

L'état nutritionnel peut être apprécié par des questionnaires simples. Nous utilisons, en routine, un auto questionnaire dérivé de celui que propose L. Monnier (Monnier , Colette, Percheron, & al, 2001)et (American college of sports medicine, Dietitians of Canada, & American Dietetic Association, 2000).

b)- L'apport en eau :

L'exercice fait perdre de l'eau du fait de la sudation. Cette sudation, mécanisme de thermolyse, est d'autant plus importante que le sportif est entraîné. Elle permet d'éviter l'hyperthermie qui serait un facteur limitant de l'exercice, comme le montrent les travaux de B. Nielsen.

Le sportif entraîné présente une adaptation de la fonction sécrétrice des glandes sudoripares qui permet d'éliminer plus d'eau tout en épargnant au mieux le capital électrolytique. Mais il reste le problème de la perte d'eau, qui ampute le volume extracellulaire et, donc, le capital volémique, déterminant du débit cardiaque. La déshydratation réduit la performance et la soif, qui est un signal traduisant une déshydratation débutante, est donc un indicateur trop tardif : il faut boire avant d'avoir soif.

La position consensuelle de l'American College of Sports Medicine est qu'un apport de boisson adapté pour compenser les pertes liées à l'exercice permet de maintenir l'hydratation de l'organisme, nécessaire à l'exécution physique optimale de l'activité physique. Ce rapport, basé sur une revue exhaustive de la littérature, insiste sur 7 points (Brun, 2008).

1- Au cours des 24 heures précédant une compétition, l'hydratation doit être régulière, mais à un niveau normal.

2- Environ 2 heures avant l'exercice, il faut boire 500 ml de liquide, c'est-à-dire réaliser une hydratation préalable, en laissant le temps à l'excrétion urinaire de s'effectuer et en évitant l'hyperhydratation, qui ne présente aucun avantage et peut s'avérer dangereuse.

3- Pendant l'exercice, les athlètes devraient commencer à boire tôt et à intervalles réguliers afin d'essayer de consommer des fluides à un taux suffisant pour remplacer toute eau perdue par la transpiration (c'est-à-dire perte de poids corporel), (Brun, 2008).

4- Les fluides ingérés doivent être plus frais que la température ambiante (entre 15 et 22° C) et fournis sous une forme permettant d'être ingérés avec facilité et avec une interruption minimale de l'exercice. Il est utile qu'ils aient un goût agréable.

5- Si l'exercice dure moins de 1 heure, il n'y a pas d'intérêt à enrichir la boisson en glucides ou en minéraux, il suffit de consommer de l'eau plate.

Si l'exercice est plus prolongé, il devient par contre intéressant d'avoir une boisson enrichie en hydrates de carbone et/ou en électrolytes (ce que X. Bigard appelle "le triumvirat eau-sel-sucre"). Là, se pose la question du niveau de la concentration : les sodas du commerce sont hyper osmolaires et l'absorption optimale est obtenue avec un liquide iso-osmolaire, qui peut être tout simplement un soda ou un jus de fruit du commerce dilué de moitié (solution assez économique !).

6- Pendant l'exercice intense durant plus de 1 heure, on recommande que des hydrates de carbone soient ingérés à un taux de 30-60 g/h. Comme on le verra plus loin, ces glucides, ingérés lors de l'exercice, sont remarquablement disponibles, immédiatement oxydés de façon préférentielle et, donc, épargnent le glycogène et retardent la fatigue. Le consensus américain conseille un apport sous forme liquide dans 600 à 1200 ml/h de solutions, contenant 4 à 8 % d'hydrates de carbone (% signifiant g/100 ml). Les hydrates de carbone peuvent être des sucres (glucose ou saccharose), ou encore de l'amidon (par exemple, sous la forme de maltodextrine).

7- L'adjonction de sodium (0,5 à 0,7 g/l d'eau) à la solution de réhydratation est intéressante si l'exercice dure plus de 1 heure. Son principal intérêt est d'augmenter la sapidité et, surtout, d'éviter les redoutables hyponatrémies de dilution observées lors d'épreuves d'ultra-endurance chez des sujets qui boivent des quantités excessives d'eau pure. Ce tableau, appelé dans la littérature anglo-saxonne EAH (Exercise-Acquired Hypo-natremia), peut entraîner des séquelles neurologiques fatales liées à un œdème cérébral (Brun, 2008).

3.1.2. Les substrats énergétiques :

L'essentiel des bases théoriques de l'alimentation énergétique du sportif est basé sur des données de physiologie classique. Un exercice très

bref de type “explosif” utilise les réserves locales d’ATP, ainsi que l’ATP resynthétisé à partir de la phospho -créatine. Dès que l’exercice dure plus de 30 secondes, ces réserves très faibles sont épuisées et il faut régénérer l’ATP à partir de réserves non phosphoryées : glucides et lipides.

Le choix entre les deux carburants va dépendre de trois facteurs :

1-l’intensité de l’exercice (les glucides sont le carburant de l’exercice à forte intensité, les lipides sont le carburant de l’exercice à faible ou moyenne intensité).

2-la part respective de ces deux substrats (quantifiée par la mesure du “point de croisement”) varie d’un sujet à l’autre de façon très importante, mais est modifiable de façon marquée par l’entraînement ; l’entraînement en endurance à faible ou moyenne intensité amplifie l’aptitude à oxyder les lipides et l’entraînement à forte intensité ou l’exercice intermittent amplifient l’aptitude à oxyder les glucides.

La théorie du « crossover » développée par (Brooks & Mercier, 1994) représente l’intégration de l’effet combiné de l’entraînement et de l’intensité de l’exercice sur la balance énergétique.

3- la durée de l’exercice, lorsque celui-ci est prolongé sans interruption, augmente l’utilisation des lipides, qui reste en fait stable pendant 45 minutes, puis augmente graduellement. Ainsi, selon le type d’exercice, les sources d’énergie utilisées seront différentes (Brun, 2008).

a)-Les glucides :

L’importance des glucides lors d’un exercice prolongé est mise en évidence par les hypoglycémies qui s’installent peu à peu et sont une cause de fatigue et de contre-performance (Brun, JF; Dumortier, M; Fédou, C; Mercier, J, 2001).

L’organisme dispose d’une vingtaine de grammes de glucose sanguin, mais la glycémie doit rester stable, et donc, ce glucose doit être

renouvelé par production hépatique ou apport exogène. Aussi, le muscle utilise-t-il des réserves locales de glycogène, mais celles-ci s'épuisent peu à peu lors d'un exercice prolongé, de sorte qu'en 3 à 4 heures s'installe une déplétion glycogénique.

L'organisme a deux solutions pour pallier à cette carence de glucides.

1. La glycogénolyse et la néoglucogenèse hépatique, sous commande hormonale (catécholamines, cortisol, interleukine 6 et hormone de croissance) qui n'est possible qu'à la condition que l'insuline soit basse, levant l'inhibition insulinique sur la production hépatique de glucose.
2. La supplémentation en sucres exogènes par voie orale.

-Stratégie d'utilisation des glucides à l'exercice :

- **Avant l'exercice :** l'apport de glucides vise à optimiser les réserves de glycogène. Il faut éviter les erreurs diététiques qui déclencheraient des hypoglycémies réactionnelles d'effort liées à une non-diminution de l'insulinémie. Pour cela, les consensus indiquent qu'il faut préférer les glucides à index glycémique (représente un indicateur relatif du pouvoir hyperglycémiant des glucides (McArdelle, Katch, & Katch, 2004) faible (pâtes, riz). Il est logique d'en enrichir la ration dans la semaine qui précède. Les "régimes dissociés scandinaves", développés pour augmenter les réserves de glycogènes, consistaient en 3 jours de régime aglucidique, suivis de 3 jours de régime hyper glucidique. En réalité, on sait maintenant que les mêmes effets sont obtenus avec 3 jours de régime hyperglucidique, sans nécessité de le faire précéder par un régime aglucidique.

Dans les heures mêmes qui précèdent l'effort, les consensus déconseillent les glucides à index glycémique élevé, susceptibles de déclencher une hyper-insulinémie relative et d'occasionner des hypoglycémies. En toute logique, ce n'est pas l'index glycémique qui importe ici, mais l'index

insulinémique. Or, les pâtes, même si elles sont peu hyperglycémiantes et ont un faible index glycémique, sont assez fortement insulinogènes.

Un aliment intéressant à ce niveau est le riz, quia un index glycémique analogue à celui du pain dans notre expérience (et contrairement à la littérature !), mais un faible index insulinémique. Le riz prolonge l'activité en endurance après déplétion glycogénique (travaux d'Elisabeth Noriega), (Noriega, Brun, Gautier, & al, 1997).

- **Pendant l'effort** : les travaux de P.J. Lefèvre (Pallikarakis , Jandrain , Pirnay, & al., 1986) ont montré que les glucides ingérés sont remarquablement disponibles, immédiatement oxydés de façon préférentielle, et donc, épargnent le glycogène et retardent la fatigue. Il est utile, lors des exercices d'une durée supérieure à 1 heure, comme indiqué plus haut à propos des boissons, de conseiller un apport glucidique sous forme de boisson contenant 4 à 8 % d'hydrates de carbone (glucose, saccharose, maltodextrine).

- **Après l'effort** : il faut reconstituer les stocks de glycogène. Physiologiquement, l'arrêt de l'exercice détermine une petite hyperglycémie puisque l'hyperconsommation de glucose s'arrête et celle-ci détermine un petit pic d'insuline, qui initie la recharge du muscle en glycogène. Le muscle, dans les heures qui suivent L'exercice, reste très avide de glucides qu'il stocke sous la forme de glycogène. A ce stade, la recharge glycogénique est donc initiée à partir du glucose circulant. Ensuite, la 2^e heure après l'effort est le moment où l'appétence pour les glucides est maximale : c'est donc le moment idéal pour recharger par voie orale. Les glucides conseillés à ce moment sont plutôt ceux qui ont un faible index glycémique, notamment les pâtes. Le riz, plus hyperglycémiant mais très assimilable et peu insulinogène, est aussi intéressant.

- Les hypoglycémies d'effort :

Nous avons consacré, récemment, une revue de la littérature très détaillée à ce sujet un peu méconnu malgré sa fréquence et son importance (Brun, Dumortier, Fédou, & Mercier , 2001) .

Les hypoglycémies à l'exercice surviennent chez des sujets dont l'organisme est caractérisé par un débit d'utilisation des glucides très important au niveau du muscle, du fait de valeurs élevées d'insulino-sensibilité et d'efficacité glucidique. En fait, l'entraînement sportif met en place des mécanismes de résistance à l'hypoglycémie à l'exercice en modifiant l'utilisation des substrats énergétiques et les adaptations hormonales à l'effort.

Ces mécanismes peuvent être mis en défaut à la suite d'erreurs diététiques, par exemple un repas hyper-glucidique précédant l'exercice et occasionnant un pic d'insuline qui "verrouillera" la libération compensatrice de glucose par le foie.

On a également montré qu'elles compromettent la thermorégulation lors d'exercices en milieu froid. La "crise énergétique" qu'elles déterminent pourrait aussi favoriser des lésions musculo-tendineuses, quoique cet aspect soit assez peu documenté. Ces hypoglycémies sont également favorisées par des circonstances particulières (écarts thermiques, altitude, rythme circadien). Les collations glucidiques avant les efforts favorisent souvent ces hypoglycémies.

b) - Les lipides :

En théorie, les lipides sont une réserve pratiquement inépuisable. On peut calculer que 1 kg de graisse permet de tenir de nombreuses heures.

Mais ces considérations sont théoriques et il faut une quantité considérable d'activité physique pour perdre effectivement du poids. Les réserves

lipidiques de l'organisme correspondent à l'énergie nécessaire pour courir une trentaine de marathons.

- L'utilisation des lipides :

La courbe du cross over concept , montre que L'utilisation par le muscle des lipides culmine à un niveau particulier appelé "LIPOX max" (Perez-Martin , Dumortier, Raynaud, & al, 2001), qui apparaît en fait à un pourcentage excessivement variable de la VO₂max selon les sujets, et dont l'amplitude est très variable, de 100 à 700 mg/min de lipides oxydés. Tout cela dépend des caractéristiques du sujet et de son entraînement, et les sports à type d'activité brève et intense ou intermittente sont caractérisés par une utilisation de glucides prépondérante ("gluco -dépendance") et une faible aptitude à oxyder les lipides. L'entraînement en endurance ciblé au niveau du LIPOX max est très efficace pour rétablir un débit important d'oxydation lipidique (qui permet d'épargner le glycogène). Comme nous l'avons vu, les glucides à faible index glycémique favorisent cette oxydation lipidique et, donc, l'épargne glycogénique. En fait, ce que le muscle oxyde, ce sont surtout, au départ, les triglycérides intramusculaires des gouttelettes lipidiques juxta -mitochondriales des fibres lentes oxydatives de type I. Les acides gras libres produits par la lipolyse dans le tissu adipeux ne constituent qu'une fraction des lipides oxydés et les lipoprotéines circulantes ne sont pas à l'effort une source d'énergie importante, même si l'exercice régulier modifie leur métabolisme dans un sens antiathérogène.

Donc, en fait, l'exercice déplete en lipides ces gouttelettes lipidiques juxta -mitochondriales qui se reconstitueront après l'exercice, un peu comme nous l'avons vu pour le glycogène, à partir des lipides circulants et des acides gras du tissu adipeux. On conçoit que la répétition de ce cycle est importante dans la stratégie de lutte contre l'obésité, puisque les

réserves adipocytaires sont ainsi en équilibre avec ces stocks intramusculaires disponibles pour l'oxydation.

-La ration idéale :

Le document de consensus américain (Position of the American Dietetic Association, 2000) précise que la réduction de la ration lipidique au-dessous de 15 % de la ration n'est pas à recommander. La ration idéale serait de 20-25 %. Au-dessous, on s'expose en effet à un apport insuffisant en acides gras essentiels et en vitamines liposolubles.

Les régimes hyper gras, par contre, étaient en général décriés et supposés avoir un effet négatif sur la performance. On supposait même qu'ils "coupaient les jambes". Toutefois, dans certains contextes particuliers d'activités très intenses en pleine nature et en milieu hostile ou très froid, des travaux de nutritionnistes (essentiellement militaires) ont montré leur intérêt. Prudemment, le document de consensus américain (1 se contente d'indiquer que ces régimes sont insuffisamment connus pour qu'on puisse les recommander à des athlètes.

- Les acides gras polyinsaturés :

Les acides gras polyinsaturés de la série $\omega 3$ (huiles de poisson) ont un intérêt particulier, mis en évidence par l'équipe de Y.C. Guézennec. Dans des conditions d'hypoxie d'altitude (mais pas en normoxie), ils augmentent la $VO_2\max$ du fait de leur effet favorable sur la déformabilité de la membrane du globule rouge, qui peut ainsi mieux assurer les échanges gazeux aux niveaux capillaire et pulmonaire.

3.1.3. Les matériaux énergétiques :**a) - Les protéines :**

Les protides peuvent constituer une source d'énergie, mais ne représentent, à l'exercice, pas plus de 3 à 10 % des sources d'énergie et

ceci, uniquement en cas de manque de glucose. Leur importance est donc plus “plastique” qu’énergétique. Ils ont pourtant une importance essentielle dans la nutrition du sportif. Le problème des apports protidiques chez le sportif est schématisé sur la figure 1. On rencontre deux excès opposés : certains sportifs ingèrent des quantités très excessives, dans l’espoir que cela leur fera prendre du muscle... ce qui n’est vrai que s’ils s’entraînent aussi intensivement. D’autres ont une alimentation carencée en protides.

- Quelle ration conseiller :

En fait, la ration conseillée pour une personne sédentaire n’est pas suffisante chez les sportifs, qui subissent un catabolisme protidique du fait des microtraumatismes liés à l’exercice et de l’utilisation des acides aminés dans la néoglucogénèse. Une ration protidique de l’ordre de 0,8 g/kg/j s’accompagne d’une balance azotée négative. Cette carence relative en protéines est visiblement un facteur de fragilisation et, notamment, d’affaiblissement des défenses immunes. Pour obtenir une balance azotée équilibrée ou positive, il faut que la ration protidique soit de 1,5 g/kg/j ou davantage. Par contre, les rations excédant 2 g/kg/j ne présentent aucun avantage en terme de performance. Or, certains sportifs en prennent beaucoup plus, sous forme de suppléments, allant jusqu’à 4 ou 5 g/kg/j. On avait tendance à considérer que de telles rations sont dangereuses pour le rein, entraînant une hyper-filtration glomérulaire qui favorise l’insuffisance rénale. Ces craintes sont peut-être excessives et de récents travaux sur l’alimentation des Inuit montrent que certaines peuplades ont, depuis toujours, une alimentation exclusivement protido- lipidique et pratiquement aglucidique. Il semble qu’au début, ces régimes, qui déclenchent une cétose, sont affaiblissants, mais que l’organisme s’y adapte au long cours. Et qu’une telle alimentation a été la règle au paléo- lithique dans notre espèce, pendant des centaines de milliers d’années.

Quoi qu'il en soit, ces régimes excessivement riches en protides, très atypiques, sont déconseillés sans ambiguïté par les documents de consensus. La ration adaptée, selon les sports et leur côté traumatisant pour les muscles, se situe entre 1,4 et 1,7 ou 1,8 g/kg/j (Brun, J.F; Aïssa Benhaddad, A; Raynaud, E, 1988).

Ce calcul concerne la ration de base sur 24 heures, sans qu'il soit précisé à quel moment, par rapport à l'exercice, il faut les prendre. Mais il a été observé que l'appétit pour les protéines est augmenté dans les minutes qui suivent un exercice. Le moment d'appétence physiologique pour ces nutriments se situe donc après l'effort et, notamment, après un entraînement en force. On peut donc penser que c'est à ce moment qu'il faut les ingérer.

oléagineux, les céréales et les graines. Ces protéines sont donc incomplètes et il manque des acides aminés, de la vitamine B12, du fer et du calcium. Il faut prendre soin d'associer céréales et légumineuses pour que cette ration protidique soit moins déséquilibrée.

b) - Les micronutriments :

Il existe une littérature très riche et un peu discordante sur l'intérêt nutritionnel de divers micronutriments (vitamines, minéraux et oligoéléments) chez le sportif. Le document de consensus recommande une grande prudence dans ce domaine et n'encourage pas du tout les suppléments en micronutriments chez les sportifs (Brun, 2008).

Le consensus indique que si la ration alimentaire est suffisante, on ne doit pas avoir de carences importantes.

Des suppléments en micronutriments ne sont à proposer, selon les experts du consensus, que chez les sportifs dont la ration alimentaire est trop restrictive. L'autre cas dans lequel ces suppléments sont recommandés sont les raids de plusieurs jours en pleine nature (raid

commando, expédition de haute montagne...), au cours desquels l'alimentation comporte peu de fruits frais. Des suppléments vitaminiques corrigeront là utilement une carence d'apport.

- Les carences rencontrées :

En fait, il faut se rappeler que bien des sportifs ont des rations alimentaires insuffisantes ou déséquilibrées...Et ainsi, dans notre expérience, des carences en fer et en zinc sont fréquentes. Toutes deux sont à même de déterminer des baisses de performances réversibles sous traitement substitutif. Un apport adéquat de viande rouge devrait les prévenir (Khaled, Brun, Micallel, & al, 1997), (Khaled S. , Brun , Bardet, & al, 1997).

Des carences en phosphore et en magnésium ont été décrites, là aussi associées à des baisses de forme que la supplémentation peut corriger. Lorsqu'on les recherche systématiquement elles restent en fait peu fréquentes.

- La créatine :

La créatine, précurseur de la phospho-créatine, est un acide aminé non essentiel synthétisé par l'organisme (de 1 à 2 g par jour dans les reins, le foie et le pancréas), à partir de l'arginine et de la glycine, et apporté par l'alimentation, notamment la viande, la volaille et le poisson, à raison d'environ 5 g par kilo. Très en vogue dans le culturisme, on a pu mettre en évidence un léger effet ergogénique pour certaines performances "explosives" utilisant la filière anaérobie alactique, mais son prétendu effet anabolisant sur le muscle est très improbable.

- La carnitine :

La carnitine , classée parmi les vitamines, est apportée par la viande mais aussi formée à partir de la lysine et de la méthionine. Son rôle principal est de permettre le transfert dans la mitochondrie des acides gras à

chaîne longue. De façon cocasse, elle a été beaucoup vendue comme “produit miracle pour maigrir” et “brûleur de graisses”, ce qui est totalement mensonger. Sa supplémentation chez le sportif n’a aucun effet ergogénique, mais chez des patients sédentaires dont le muscle présente un déficit secondaire en carnitine, elle augmente la VO₂max et diminue les sensations de crampes et de tiraillements musculaires. C’est donc un adjuvant intéressant pour des patients que l’on veut remettre à l’exercice plutôt que pour les sportifs (Reynier, Brun, & Orsetti, 1998).

On a résumé quelques points essentiels en relation entre la performance et la nutrition appliquée aux activités sportive en se basant sur le dossier nutrition et performance sportive dans la revue médecins du sport.

-Conclusion :

La performance sportive est déterminée par plusieurs facteurs (énergétiques , techniques , tactiques,..ect) , elle correspond à une optimisation et une mobilisation des capacités de l'athlète en fonction de son potentiel pour atteindre un objectif précis tout en préservant sa santé.

Chapitre *IV*

Profil physiologique

Du judoka

-Introduction :

Le judo, c'est un sport de combat qui était créé par le maître Jigoro Kano en 1882, il a éliminé les techniques dangereuses de jujitsu pour élaborer un modèle éducatif purement sportif.

Dans ce chapitre, on essaie de cerner et d'identifier le profil physiologique des pratiquants du judo.

1. Le profil d'exigence de l'activité :

Le judo de compétition est l'opposition de deux combattants en situation de préhension désireux de s'imposer à l'autre grâce à la combinaison de trois facteurs primordiaux:

1. La suprématie psychique ou "le mental".
2. La maîtrise d'actions technico-tactiques complexes ou "la technique".
3. L'utilisation de capacités physiques optimales ou "la condition physique".

Okano, champion olympique disait *"en premier mon mental, en second ma technique et ma condition physique."* Le Judo de compétition se résume bien dans cette phrase simple à comprendre et terriblement complexe à mettre en œuvre.

L'observation des compétitions à permis de constater que les combats sont décomposés en une suite d'efforts de 20 à 40 secondes séparés par une dizaine de pauses de 10 à 20 secondes pour 5 minutes de combat, imposant des efforts intermittents de durée courte et aléatoire, réalisés avec entrave respiratoire. De plus, les contractions dynamiques de l'ensemble des grandes chaînes musculaires, pour attaquer et défendre debout et au sol afin de marquer des actions décisives sur l'adversaire, sont nécessaires.

La prise de Kumi Kata demande également aux groupes musculaires mis en jeu (bras, tronc et jambes) de fournir des efforts de type statiques.

L'ensemble de ces efforts est réalisé avec entrave respiratoire et articulaire, en effet, les actions sont souvent explosives et freinées par l'adversaire ce qui ne permet pas de garder un équilibre respiratoire régulier tout au long du combat.

Il en est de même pour l'exécution des techniques, auxquelles s'oppose l'adversaire, et qui de ce fait, ne peuvent pas toujours s'effectuer dans des positions correctes que nécessite l'efficacité (Seguin, 1998)

Enfin, il faut garder à l'esprit que l'évolution des règlements peut faire varier la durée des efforts et celui des pauses ayant ainsi des effets sur les qualités physiologiques mises en jeu.

1.1. Les qualités physiques propres au judoka :

L'appareil neuromusculaire du judoka doit lui permettre d'agir avec vitesse, force, souplesse, précision, justesse, opportunité et agilité pour s'imposer à l'adversaire.

1.1.1. La force :

En physique la force (F) est le produit de la masse (M) déplacée par l'accélération (a) du déplacement. La fonction musculaire est caractérisée du point de vue physiologique par la tension développée par les muscles suite à l'exécution. (KRAL, 1970).

Selon (Manno, 1989) , la force musculaire est la capacité motrice qui permet à l'homme de vaincre une résistance ou de s'y opposer par un effort intense de sa musculature. Cette définition est typique de la méthodologie de l'entraînement sportif, qui la considère du point de vue des capacités potentielles du sujet à produire des prestations de force dans la pratique sportive.

Selon (Weineck, 1998), formuler avec précision une définition de la force qui englobe à la fois ses aspects physiques et psychiques , à l'inverse de la définition établie par la physique , présente certaines difficultés car les modalités de la force , du travail musculaire , de la contraction musculaire , etc., sont très complexes et dépendent d'une multitude de facteurs.

Une définition claire et précise de la notion de force n'est possible qu'en relation avec les différentes modalités d'expression de la force, telles que proposées ci-dessous.

La force se classifie de différentes manières, selon les modalités de son expression :

Lorsqu'elle implique une partie seulement ou la totalité de la musculature, on parle de la force localisée ou de la force générale respectivement. En partant de la spécificité de la discipline sportive, on définit la force générale ou la force spécifique. Vu sous l'angle du mode de travail musculaire, il s'agit de la force dynamique et de la force statique. Du point de vue de la vitesse et l'endurance –force, et finalement par rapport au poids du corps, la force relative et la force absolue.

La force peut revêtir plusieurs formes :

-La force maximale, qui est le maximum de force que puisse déployer le système neuro –musculaire pour une contraction maximale volontaire.

-La force-vitesse, qui désigne la capacité qu'a le système neuro- musculaire de surmonter des résistances avec la plus grande vitesse de contraction possible (Harre, 1976& Frey ,1977). La force explosive spécifique Judo est déterminante dans la réussite des attaques. Il est donc important de savoir transférer les acquis en force pure (muscultation) vers une force spécifique utilisant des exercices adaptés et similaires aux mouvements utilisés en judo.

- La force –endurance, qui est d'après (Harre ,1976)la capacité qu'a l'organisme de résister à la fatigue pour un effort de longue durée.

1.1.2. La vitesse :

Selon (Weineck ,1998), La vitesse est la capacité qui permet d'effectuer des actions motrices dans un laps de temps minimum , compte tenu des conditions extérieures , grâce à la mobilité des processus du

système neuro- musculaire et à la capacité de la musculature de développer de la force (Frey,1977).

Elle se caractérise par une intensité maximale et courte, mettant en jeu le métabolisme anaérobie alactique.

La vitesse d'exécution est un des éléments clés pour la réalisation d'une attaque. Il s'agira en outre de cultiver l'aptitude à fournir la solution technique efficace dans le minimum de temps dès que se présente l'opportunité. En situation de combat, la vitesse est notamment tributaire de la période de latence de la réaction motrice et de sa vitesse d'exécution.

Ainsi, l'accroissement des réserves énergétiques pourra permettre un geste explosif à n'importe quel moment du combat (NDIOUCK, 1994)

A terme, le développement des qualités de vitesse doit permettre au judoka de savoir anticiper et d'agir avec rapidité.

1.1.3. La souplesse :

La souplesse est cette capacité et cette qualité qu'a le sportif de pouvoir exécuter des mouvements avec une grande amplitude par lui – même, ou sous l'influence de forces externes, dans une ou plusieurs articulations (Weineck,1998).

On doit faire la distinction entre la souplesse générale et la souplesse spécifique, la souplesse active et la souplesse passive.

On parle de souplesse générale lorsque la mobilité des principaux systèmes articulaires est suffisamment développée (articulation scapulaire, coxo-fémorale, de la colonne vertébrale).

La souplesse spécifique, fait référence à la capacité de souplesse d'une articulation bien précise. Le coureur de haies, par exemple, a besoin d'une très bonne souplesse de l'articulation coxo-fémorale.

On entend par souplesse active l'amplitude maximale d'une articulation, qui peut être obtenue grâce à la contraction des muscles agonistes et à

l'étirement des antagonistes. Elle permettra au judoka d'améliorer l'efficacité des techniques grâce à une amplitude plus grande dans les mouvements tels que O-Soto-Gari, Uchi-Mata et Uchi-Gari, ou dans le combat au sol par exemple.

1.1.4. La résistance :

C'est la capacité à produire un travail pour lequel l'individu contracte et résiste à une dette en oxygène importante et à une acidification musculaire élevée.

La résistance organique est la capacité d'exécuter un travail à dominante anaérobie. Ce travail en acidose va avoir un retentissement important sur le fonctionnement des appareils cardio-vasculaires et pulmonaires. La résistance musculaire est la capacité du muscle, du groupe musculaire de produire un travail anaérobie statique ou dynamique d'où la nécessité de faire acquérir des réserves énergétiques aux différents groupes musculaires sollicités selon leurs modalités de fonctionnement.

Nous avons constaté lors de l'analyse de l'effort judo la nécessité d'imposer et de pouvoir subir des changements de rythmes dans le combat. Ces variations d'intensités proviennent :

- de l'antagonisme des saisies.
- de la fréquence des déplacements.
- de la fréquence des attaques.

Et plus généralement, de l'importance de la masse musculaire concernée par le travail, d'où :

- la recherche d'une résistance organique sur le fond de l'endurance pour permettre l'adaptation de l'organisme à l'effort lactique. La recherche de la résistance musculaire adaptée aux fonctions et aux besoins des groupes musculaires pour y accroître les réserves énergétiques (NDIOUCK, 1994).

1.1.5. L'endurance :

Sur le plan métabolique, l'effort d'endurance peut être caractérisé par la dégradation de produits énergétiques (glucide, lipide) par oxydation, sans production d'acide lactique. Ce type d'effort utilise les processus du métabolisme aérobie.

la spécificité de l'effort en judo et notamment de son caractère intermittent, les qualités d'endurance sont indispensables : elles servent de soutien aux efforts de résistance des phases les plus intenses du combat et de leurs répétitions (NDIAYE , 2007) .De plus, ce fond d'aérobie combiné à l'effort judo particulier, confère au sportif une endurance spécifique au Judo, lui permettant de durer dans ses combats et assurant le soutien aux efforts intermittents axés sur la résistance. Cette endurance est spécifique au Judo ce qui entraîne deux remarques principales:

-L'endurance pure (footing d'1 heure, 1 jour sur 2 durant l'inter saison par exemple) devra être transférée sur l'activité judo (10 randoris de 5 minutes, 3 fois par semaine en début de saison par exemple) pour être réellement efficace. Il serait inutile de faire beaucoup d'endurance pure (course longue) puis d'essayer de commencer tout de suite un entraînement judo de résistance. L'endurance pure acquise à l'inter saison par exemple ou en début de programmation ne pourra servir de base aux efforts de résistance qu'après avoir été transformée en endurance spécifique par l'exécution d'un grand nombre de combats sans temps de repos (travail en début de saison).

A l'inverse, **l'endurance spécifique** au judo ne permet pas forcément à l'athlète d'être à l'aise dans des sports d'endurance pure (3000 mètres ou marathon par exemple) qui eux-mêmes ont leur propre endurance spécifique. De mauvaises performances dans de telles disciplines ne doivent donc pas inquiéter le sportif ou l'entraîneur et ne peuvent pas servir à l'évaluation de l'endurance du judoka. On peut noter également que le

travail en endurance permet de diminuer la fréquence cardiaque au repos (séguin, 1998)

2. La perte du poids corporel :

En effet, le judo est un sport de combat avec des catégories de poids bien différenciées. Dans les sports de combats tels que le judo le premier adversaire à combattre ou le palier premier d'une compétition est le « poids ». Les judokas dans la gestion de leurs poids doivent avoir une meilleure connaissance en la matière, en ce qui concerne les moyens et les méthodes (par perte hydrique ou eau et par perte adipeuse ou graisse) pour perdre du poids volontairement. Les judokas ont souvent des kilogrammes en excès ou en manques et ne peuvent pas décider de faire la compétition dans une catégorie de poids idéale car ne maîtrisant pas les mécanismes de la composition corporelle en rapport avec le nombre de kilogrammes optimaux à enlever. Aussi dans des délais très brefs certains judokas veulent perdre un nombre de kilogrammes non négligeable, ils n'ont pas la notion de délai pour perdre du poids. A la recherche de la performance, certains jeunes judokas prennent le risque de perdre du poids sans en connaître la bonne démarche et sans conseil ou suivi d'une personne qui a des connaissances dans ce domaine. Il faut surtout déterminer l'âge pour le faire car cela peut poser des déformations sur l'état staturo-pondéral chez les jeunes dans le futur. Ensuite, nous savons que la perte de masse bien coordonnée avec la composition corporelle et associée à un bon suivi médical et alimentaire dans les meilleures conditions améliore la performance(NDIAYE,2007).

La volonté de perdre du poids corporel est associée à l'espoir de gagner un avantage compétitif en luttant dans des catégories de poids inférieures.

La perte du poids peut varier entre 2 et 6 Kg de masse corporelle. Un lutteur qui « fait le poids » associe habituellement des restrictions alimentaires à des déshydratations, soit en se privant de nourriture et de boissons, soit en s'entraînant dans un environnement chaud vêtu de vêtements en plastiques ou en caoutchouc, les diurétiques, les laxatifs, les saunas prolongés de sauna ou de bains de vapeur et les vomissements sont aussi utilisés pour perdre du poids. Dans une étude environ 2% des lutteurs inter-universitaires présentaient un comportement boulimique.

Il n'existe pas de données expérimentales fiables sur les effets à long terme des stratégies répétées de variations pondérales utilisées par les lutteurs.

Selon toute vraisemblance, la composition de la masse perdue par les lutteurs (eau et glycogène), associée à une déshydratation chronique, peut entraîner un risque potentiel autrement plus grave que les pertes et gains répétés de masse grasse et de masse maigre habituellement observés dans les variations pondérales de la population générale.

Les pertes rapides de liquides sont inquiétantes par leurs effets potentiels sur la réduction du volume plasmatique, du volume sanguin central et de la circulation sanguine vers les tissus en activité. Une perte de liquide correspondant à 2% de la masse corporelle produit une modification significative de la réponse cardiovasculaire à un exercice sous-maximal.

Ces modifications ont pour effet d'augmenter la température interne et de créer des changements indésirables de la concentration en électrolytes.

D'un point de vue psychologique, les lutteurs présentent souvent une détresse psychologique importante (agressivité, anxiété et dépression) associée à la perte du poids. (Mac Ardle, Katch, & Katch, 2004).

-Conclusion :

Le judo, c'est sport de combat qui nécessite plusieurs qualités (psycho-physiologiques, technico-tactiques,...etc.), il est caractérisé par un travail de très brèves durées ou intermittent d'une intensité élevée.

La régénération d'énergie lors de la pratique de cette discipline est dominée par le système anaérobie.

Partie pratique

Chapitre I
Méthodologie de
La recherche

1. Méthodes et moyens :**1.1. Population étudiée :****1.1.1. Population source :**

Notre échantillon provient de différents clubs (MCA, USMA,...etc.) qui représentent notre équipe nationale de judo.

1.1.2. Population ciblée:

Pour constituer notre échantillon, nous avons procédé à un échantillonnage à choix raisonné. L'échantillon est constitué de 100 athlètes de performance, en majorité des judokas national, ayant des antécédents sportifs importants.

A) Critères d'inclusion :

- Age : 20 à 28 ans
- Poids : 55 à 148 Kg
- Sexe : masculin
- Le pourcentage de la masse grasse.

B) Critères d'exclusion :

Des antécédents familiaux (hypertension artérielle, maladies cardiovasculaires).

C) Maitrise des variables :

- Variables dépendantes : la pression artérielle et la performance.
- Variables indépendantes : la masse grasse.
- Variables parasites : absence.

1.2. Type, période et lieux de l'étude :

Il s'agit d'une étude rétrospective (descriptive), visant à décrire l'influence du poids corporel sur la pression artérielle et la performance chez les pratiquants du judo.

Cette étude descriptive s'est déroulée entre le 01 mars 2011 et le 10 avril 2011 au niveau de l'établissement hospitalier spécialisée Dr. Maouche Mohand Amokrane (ex. CNMS).

1.3. Condition et déroulement de l'expérimentation :

Pour mieux comprendre notre recherche on a décrit les différentes étapes de l'évaluation anthropométrique et physiologique.

Tous les tests effectués : mesures anthropométriques, évaluations physiologiques, ont été réalisés au laboratoire dans des conditions normales et à l'aide d'un matériel considéré très fiable « Ergomètre, ECG et autres accessoires, de marque Schiller ».

Les démarches ont été faites auprès du centre national de médecine du sport (CNMS), L'expérimentation consistait d'abord en un ECG de repos ensuite aux différents étapes de l'évaluation anthropométrique et à la fin une épreuve d'effort.

1.3.1. Méthode de l'évaluation anthropométrique :

L'anthropométrie est la science de l'homme en générale (par opposition aux animaux) ainsi que des groupes humains (groupes raciaux) (Burt, 1946).

L'anthropologiste utilise des techniques variées. Pour la morphologie externe du corps, l'anthropologiste distingue des caractères descriptifs ou somatoscopie diffère de la morphologie clinique par l'importance données à certains caractères ; forme des cheveux, couleur de la peau, etc.

L'étude des caractères métriques s'appelle la somatométrie : c'est une des parties de l'anthropométrie, terme plus général qui désigne aussi bien les mensurations des os (ostéométrie) que les mensurations des vivants (somatométrie). En pratique, les termes de somatométrie et d'anthropométrie sont équivalents. Cependant, la somatométrie est fondée sur des règles générales, importantes à bien connaître ; les mensurations du corps humain se font à partir de points de repère cutanés, or :

- La peau ne doit pas être déprimée par l'appareil de mesure.
- Les points de repère ont été choisis au niveau de saillies osseuses facilement accessibles.
- Les dimensions latérales (ou paires) se mesure du côté gauche pour les droitiers et du côté droit pour les gauchers.
- Les mesures relevées n'ont souvent d'intérêt que par rapport à une autre mesure (souvent la stature) (MAhiddine, 2009).

La méthode anthropométrique permet grâce aux instruments tels que:

Le compas d'épaisseur, Le mètre ruban, Le lange ou Caliper, La balance médicale,.... etc.

Nous nous limiterons à l'évaluation des paramètres anthropométriques suivants :

1.3.1.1. Stature :

Ou la taille du corps, elle est mesurée à l'aide de la toise, c'est la distance séparant le vertex (le plus haut sinciput quant la position de la tête est à l'horizontale Allemande) jusqu'au point de l'appuie (le plat du pied).

1.3.1.2. Poids :

Le poids du sujet est mesuré au moyen de la balance médicale.

1.3.1.3. Indice de QUETELET :

Cet outil basé sur les recherches d'Adolphe QUETELET se propose d'évaluer le poids idéal. Réalisé à partir de méthodes statistiques appliquées à l'anthropométrie, QUETELET a mis au point un indice : l'indice de QUETELET ou Indice de Masse Corporelle (IMC) Sa formule est la suivante :

$$\text{IMC} = \text{poids (en kg)} / \text{taille}^2(\text{en m}).$$

L'indice obtenu s'analyse de la manière suivante :

Valeur d'IMC	interprétation
< 15	cachexie
15-18.4	Maigreur
18.5- 25	Poids normal
25.1- 30	Surcharge pondérale
30.1-35	Obésité modérée
35.1-40	Obésité sévère
> 40	Obésité morbide

Un IMC trop bas indique des risques de pathologies pulmonaires ou gastro-intestinales tandis qu'un IMC trop haut indique des risques de pathologies cardiovasculaires, de la vésicule biliaire ou encore des risques de développement d'un diabète de type II.

1.3.1.4. La masse grasse :

La méthode dite «des plis cutanés» a l'avantage d'être simple, rapide et de ne nécessiter que l'utilisation d'un adipomètre (pince de harpenden) très peu coûteux. Cette pince exerce une pression normalisée de 10 g/mm² sur le pli choisi. En fonction de l'écartement de la pince, on

connaît l'épaisseur de graisse sous cutanée. Grâce à des équations établies en comparaison avec des mesures de densité hydrostatique, on a ainsi la masse grasse corporelle.

a)-Somme des 4 plis chez le sujet adulte (Durnin & Womesley ,1974) ; --

-pli Tricipital : Sur le triceps au milieu du bras.

-Pli Bicipital : Pli vertical, situe à mi-distance entre l'insertion haute (tête humérale de l'épaule) et basse (pli du coude).

-Pli sous-scapulaire : Le pli se situé juste sous la pointe de l'omoplate.

-Pli supra-iliaque : Le pli se situe Sur le coté à environ 5 cm du nombril.

b)- Calcul de la densité corporelle ;(où C, M = constantes dépendantes de l'âge et du sexe) : $d = c - (M \times \log \Sigma \text{ des 4 plis})$.

Homme :

17-19 → $d = 1162,0 - 63,0 \log \Sigma \text{ des 4 plis}$.

20-29 → $d = d = 1163,1 - 63,2 \log \Sigma \text{ des 4 plis}$.

- Masse grasse déduite à partir de la formule de (SIRI):

$$\%MG = \left(\frac{4.95}{d} - 4.50 \right) \times 100$$

1.3.2. Méthode de l'évaluation physiologique :

La pratique sportive de haut niveau requiert généralement des qualités physiologiques de base, à un niveau déterminé, supérieur à la moyenne des sujets sédentaires.

Ces qualités physiologiques sont appréciées à partir d'une multitude de tests. On a retenu les tests qu'on a jugés utiles et fiables et selon la disponibilité du matériel, étant donné que tous tests pratiqués se sont déroulés au laboratoire.

1.3.2.1. Mesure de la fréquence cardiaque (FCR) :

Pour la mesurer, il suffit de prendre le pouls au niveau de l'artère carotide ou au niveau de l'artère radiale.

1.3.2.2. Mesure de la pression artérielle :

Il est à souligner l'importance de la mesure de la pression artérielle en pratique sportive, du fait qu'elle nous renseigne sur la pression sanguine et l'adaptation vasculaire de l'athlète. Comme elle peut témoigner aussi sur le niveau de développement de la capacité de récupération du sportif.

Certains chercheurs ont mis en évidence l'importance et l'impact de la pression artérielle, du fait que l'épreuve d'effort aérobie entraîne chez les sportifs une augmentation de la pression artérielle systolo-diastolique. La pression diastolique reste stable ou diminue à l'effort ce qui selon plusieurs chercheurs, serait un excellent signe d'adaptation vasculaire (Monod & Flandrois, 1996).

1.3.2.3. Mesure de la pression artérielle moyenne (PAM) :

La mesure de la pression artérielle (TA) est également un geste important aussi bien au repos qu'à l'effort. Elle permet notamment de déterminer une éventuelle hypertension au repos, et une éventuelle hypotension d'effort ou hypertension excessive pour l'effort fourni. La méthode de mesure utilisée chez l'athlète est non invasive ou indirecte. L'évaluation de la pression artérielle se fait également au moyen d'un sphygmomanomètre et d'un stéthoscope. Le brassard est placé sur l'un des deux bras du sujet examiné, à quelques centimètres au-dessus de l'articulation du coude. Après avoir repéré le pouls brachial avec le doigt, l'examineur place son stéthoscope sur l'artère au niveau de la fossette cubitale. L'opération de mesure de la TA est alors entreprise par la détermination des pressions systolique et diastolique. A partir de ces deux

dernières on peut estimer la pression artérielle moyenne (PAM) par la formule suivante :

$$\text{PAM} = \text{Pression diastolique} + 1/3 \text{ Pression différentielle.}$$

La pression différentielle correspond à la différence entre la pression systolique et la pression diastolique.

Lorsque la mesure doit être effectuée pendant l'effort, l'examineur placera son appareil avant l'exercice de telle façon à ne pas gêner le déroulement de l'épreuve. Il faut signaler, enfin, que très souvent la pression diastolique est difficilement repérable chez un sujet pendant l'effort.

Il s'agit de méthodes indirectes de mesure de la pression artérielle et à ce titre elles possèdent les insuffisances de ces mesures (Dekkar, Brikci, & Hanifi, 1990).

1.3.2.4. Le volume d'éjection systolique :

La valeur de (VES) au repos se situe entre 70 et 90 ml par battement cardiaque chez le sujet sédentaire, les valeurs maximales varient d'un individu à l'autre et sont comprises entre 100 et 120 ml. Chez le sujet entraîné, (VES) au repos est d'environ 100 et 120 ml et peut atteindre 200ml par battement lors de l'effort maximal. L'augmentation de (VES) résulte d'une augmentation de la force de contraction du myocarde laquelle est sous la dépendance de facteurs nerveux et hormonaux.

Dans notre étude le (VES) est calculé selon l'équation de « starr » :
 $\text{VES} = 100 + 0.5 (\text{PAS} - \text{PAD}) - [0.6 (\text{poids}) - 0.6 (\text{âge})]$.

1.3.2.5. Le débit cardiaque(Q) :

C'est le premier indicateur de la capacité du système cardio-vasculaire à satisfaire les besoins de l'organisme à l'effort. C'est le produit de la fréquence cardiaque par le (VES).

$$Q = FC \times VES$$

1.3.2.6. Détermination de la capacité de travail ou (PWC₁₇₀) :

La capacité du travail (CT₁₇₀) comme étant une adaptation d'un sujet à un effort sous maximal et elle est déterminée souvent par la recherche de la puissance de travail que peut effectuer le sujet lorsque sa fréquence cardiaque avoisine les 170 battements par minutes (170 b.min⁻¹), cette puissance est appelée CT₁₇₀ ou (PWC₁₇₀). (Dekkar, Brikci & Hanifi, 1990). L'épreuve de la détermination du PWC₁₇₀ a été réalisée selon le protocole d'évaluation appliqué au CNMS. La CT₁₇₀ ou PWC₁₇₀ est déterminé à partir de l'épreuve prise sur une bicyclette ergométrique de marque *Schiller* à freinage électromagnétique.

L'épreuve commence avec une charge égale de 75 watts pour l'échauffement du sujet, sur une durée de 3 minutes. Ensuite on détermine la charge initiale pour chaque sujet selon la formule : Poids du corps (Kg) X 2 Watts. A un rythme de pédalage de 60 trs.min⁻¹, on augmente la charge du 1/3 de la charge initiale par palier, toutes les deux minutes tout en vérifiant à la fin de chaque palier la fréquence cardiaque jusqu'à ce que cette dernière avoisine la valeur des 170b.min¹.

Dans le cas où la fréquence cardiaque dépasse les 170 b.min⁻¹, on prend en considération la fréquence cardiaque subalterne à cette dernière. A la fin de l'épreuve on laisse l'athlète pédaler à une charge de 30 watts (petite charge) afin de lui éviter le syndrome de *vagal*, aussi on le laisse

recupérer pendant quelques minutes en vérifiant sa FC durant les dernières secondes pour s'assurer que sa FC est revenu à la normale.

La FC est mesuré toutes les deux minutes, sur 6 secondes à la fin de la durée de chaque charge. Le chiffre obtenu est multiplié par 10 pour avoir la FC correspondantes pour chaque charge.

Il existe par ailleurs deux moyens pour déterminer la valeur de la CT_{170}

-Soit graphiquement en utilisant le graphe.

-Soit mathématiquement à partir de la formule de KARPMAN (in DEKKAR et COLL., 1990) selon la formule suivante:

$$PWC_{170} = P1 + (P2 - P1) \times \left[\frac{170 - FC1}{FC2 - FC1} \right]$$

-PWC 170: (physical work capacity) en watts.

-P1 et P2: Puissances ou charges de travail en watts.

-FC1 et FC2 : Fréquences cardiaques correspondant respectivement à P1 et P2.

Selon la formule ci dessus, on obtient le PWC_{170} en watts, qu'on multiplie par (6) six pour l'avoir ensuite en $kgm.min^{-1}$, ce qui représente la valeur absolue (Saïd Aissa ,1997).

Par contre la valeur relative est déterminée en divisant la valeur absolue en $kgm.min^{-1}$ par le poids du sujet en kg, ce qui donne la valeur relative en $kgm.min^{-1}.kg^{-1}$.

1.3.2.7. Détermination de la capacité aérobie :

Il existe des épreuves directes et d'autres indirectes pour la détermination du VO_2 max. la méthode utilisée pour estimer le VO_2 max est celle de KARPMAN (in DEKKAR et COLL., 1990) selon le protocole du Centre National de Médecine du Sport.

$$VO_2 \text{ max} = [2.2 \text{ PWC } 170 (\text{kgm} \cdot \text{min}^{-1})] + 1070$$

$VO_2 \text{ max}$: Capacité aérobie en $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$.

2.2 : Constante.

PWC 170 : Capacité du travail obtenue sur ergomètre en $\text{kgm} \cdot \text{min}^{-1}$.

1070 : Constante.

La valeur obtenue à partir de la formule citée ci-dessus est absolue, on la divise par le poids du sujet en kg, ce qui détermine le $VO_2 \text{ max}$ en $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

1.4. Méthodes statistiques :

L'analyse statistique a été réalisée par un logiciel XL Stat.

1.4.1. Calcul des paramètres de statistiques descriptives :

A)- Les statistiques d'ordre :

La première opération sur les données quantitatives consiste à mettre un peu d'ordre.

La statistique d'ordre permet en particulier de déterminer la valeur minimum des données (min) et la valeur maximum (max).

L'observation du minimum et du maximum permet souvent de détecter des erreurs de saisie de données ou des erreurs de mesures.

B)-Les statistiques de centre :

Il s'agit de déterminer une valeur représentative du jeu de données.

-La médiane: la moitié des données est plus grande que la médiane et l'autre moitié plus petite. On la notera Q_2 (Champely, 2004).

-La moyenne : permet de résumer par un seul nombre l'ensemble des observations de la série, facile à calculer. Elle à toutefois

l'inconvénient d'être affectée par les valeurs extrêmes (dites aberrantes)(Baillargeon ,1989).

Elle correspond à la somme des données divisées par leurs nombres.

$$\bar{Y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n}$$

C)- Les statistiques de dispersion :

Mesurer la dispersion, c'est quantifier si les données sont très différentes.

-L'étendue c'est la différence entre la valeur maximum et la valeur minimum.

-Quartiles : La médiane sépare la distribution en deux groupes d'effectifs égaux. Elle est le deuxième quartile Q_2 .

Le premier quartile Q_1 se calcule en prenant la médiane des données plus petites que la médiane. Le troisième quartile Q_3 se calcule en prenant la médiane des données plus grande que la médiane.

-La déviation: la différence $Y - \bar{Y}$ entre une donnée et la moyenne de l'échantillon est appelée déviation.

-La variance: La variance est la moyenne des déviations mises au carré. On la note $Var(y)$.

Si les données sont y_1, y_2, \dots, y_n .

$$Var(y) = \frac{(y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + \dots + (y_n - \bar{y})^2}{n}$$

- l'écart type (σ) : permet de caractériser la dispersion (l'étalement) d'une série d'observations autour d'une valeur centrale, en l'occurrence, la moyenne arithmétique.

C'est la racine carré de la variance. On le note (σ).

$$(\sigma) = \sqrt{Var(y)}$$

- Le coefficient de variation (CV) : permet d'apprécier la représentativité de la moyenne par rapport à l'ensemble des observations, il donne une très bonne idée du degré d'homogénéité d'une distribution, plus le CV est faible, plus la série d'observation est homogène.

1.4.2. Analyse en Composantes Principales (ACP) :

L'ACP est une méthode descriptive destinée à représenter, sous une forme graphique, le maximum d'informations contenues dans la matrice des données. Son objectif est de décrire un tableau de données quantitatives, sous une forme graphique, tout en réduisant les dimensions de l'espace de représentation (en général à deux dimensions) (Philippeau, 1986), et réduire le nombre de variables à étudier. Pour ce faire, la matrice des données originales est transformée en un plus petit ensemble de variables non corrélées qui sont des combinaisons linéaires (appelées composantes principales) des variables originales. Les composantes principales sont construites de manière à maximiser la variance expliquée. Ainsi, la première composante principale est une combinaison linéaire des variables originales (x_i) standardisées.

Cette approche facilite l'analyse en regroupant les données en des ensembles plus petits et en permettant d'éliminer les problèmes de multicollinéarité entre les variables (Vogt, 1993).

Pour observer les individus, on construit les plans à partir des composantes principales les plus importantes est le plan engendré par les axes 1 et 2, car par définition c'est le plan sur lequel le maximum d'information est visible. On examinera d'autres plans, selon la part d'information prise en compte par ces derniers.

A) Matrice de corrélation :

Une matrice de corrélation regroupe les corrélations de plusieurs variables entre elles. Le coefficient de corrélation (de Pearson), noté r , est tout simplement la racine carré du coefficient de détermination R , son signe (\pm) donne le sens de la relation. On peut calculer : $r = \pm\sqrt{R}$. (Messaoudi & Rahmoune, 2004).

B) Valeurs propres :

Une valeur propre représente la variation des individus sur l'axe correspondant. Dans un but de faciliter leurs interprétations, ces variables sont exprimées en pourcentages des valeurs propres totales. (Philippeau, 1992).

C) Le cercle de corrélation et la projection sur les axes :

Nous avons établi le cercle de corrélation entre les axes retenus, ainsi que la projection des échantillons sur le plan principal formé par les deux premières (dans notre cas).

D) L'interprétation des résultats d'une ACP :

Sur un plan factoriel déterminé, on n'interprète que les variables qui sont bien représentées c'est à dire celles qui sont proches ou sur le cercle de corrélation. On interprète deux types de positions :

a) Les positions des variables par rapport aux axes afin de déterminer quelles sont les variables qui « font les axes ». On va ainsi pouvoir nommer les axes en fonction des variables.

b) Les positions des variables les unes par rapport aux autres.

Le coefficient de corrélation entre deux variables étant le cosinus de l'angle formé par les vecteurs on en déduit que :

1- deux variables qui sont proches ou confondu (angle de 0°) sont corrélées positivement (coefficient de corrélation proche de 1) .

2- deux variables opposées (formant un angle de 180°) sont corrélées négativement (coefficient de corrélation proche de -1).

3- deux variables positionnées à angle droit (angle de 90°) ne sont pas du tout corrélées (coefficient de corrélation égal à 0).

1.4.3. Test 't' de STUDENT :

Le test t, ou test de STUDENT désigne un ensemble de tests d'hypothèse paramétriques où la statistique calculée suit une loi de STUDENT lorsque l'hypothèse nulle est vraie. Un test t peut être utilisé notamment pour tester statistiquement l'hypothèse d'égalité de deux moyennes.

1.4.4. Corrélation et régression linéaire :

A)-La corrélation :

La corrélation cherche à mesurer la force, la rigidité de la liaison statistique entre X et Y. Si cette liaison est rigide, il sera en particulier possible d'avoir une bonne idée de Y en connaissant seulement X, et vice versa.

B)-La régression linéaire :

cherche à caractériser la pente de la droite pouvant résumer au mieux la relation entre X et Y une fois choisies des unités de mesure pour X et Y et ça dans un but prédictif.

-Le coefficient de corrélation linéaire : définit l'intensité et la direction d'une relation linéaire entre deux variables quantitatives. On le note (r).

Il est toujours compris entre -1 et +1. Son signe indique le sens de la relation, sa valeur absolue exprime l'intensité de la relation. Proche de (0), il exprime l'absence de relation linéaire.

- Le coefficient de détermination :

On appelle coefficient de détermination le carré R^2 du coefficient de corrélation linéaire, il évolue de 0 (pas de relation linéaire) à 1 (relation parfaitement linéaire, qu'elle soit positive ou négative).

– La droite de la régression linéaire :

On va déterminer une fonction mathématique $y = f(x)$ qui modélise la relation entre y et x .

$$y = a + bx$$

- a est l'ordonnée à l'origine, c'est-à-dire la réponse moyenne de y lorsque x est nul.

- b est appelée pente de la droite de régression et indique le sens (Positif, nul ou négatif) et l'intensité de la relation entre les deux variables.

- Prédiction et résidus en régression linéaire :

A partir d'une valeur x , on peut effectuer une prédiction, que l'on notera \tilde{y} , grâce à :

$$\tilde{y} = a + bx$$

Pour les unités statistiques qui ont été mesurées, on peut calculer l'écart entre la prédiction et la valeur observée. On parle d'erreur ou de résidu

$$e = y - \tilde{y}$$

-Méthodes des moindres carrés :

Cette méthode essaie de construire une droite de régression empirique qui minimise la somme des carrés des distances entre cette droite et chacun des points observés.

L'objectif de la méthode des moindres carrés est de déterminer la droite de régression qui minimise $\sum_{i=1}^n e_i^2$.

Chapitre II

Présentation et interprétation des résultats

1-Les statistiques descriptives :

Suite aux données récoltés aux prés du CNMS (centre nationale de médecine du sport), les tableaux suivants représente les statistiques génériques de l'ensemble des variables.

	poids	Taille	IMC	%MG
Nbr.de valeurs utilisée	100	100	100	100
Minimum	55,00	159,00	19,48	6,08
Maximum	148,00	192,00	46,19	37,46
Etendue	93,00	33,00	26,70	31,38
Moyenne	87,76	176,60	27,85	19,06
CV	0,25	0,04	0,20	0,37
Variance d'échantillon	513,42	53,90	32,47	49,29
Ecart-type d'échantillon	22,65	7,34	5,69	7,02

Tableau (08) : statistiques descriptives des paramètres morphologiques.

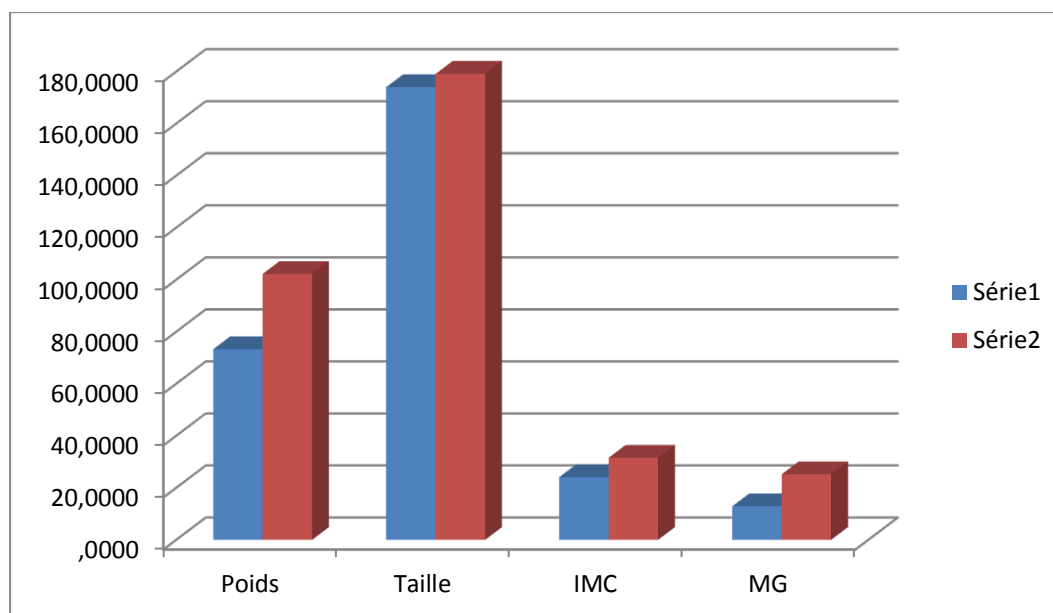
	CTR	VR	PAS	PAD	PAM	FCR	VES	Q
Nbr.de val	100	100	100	100	100	100	100	100
Minimum	6,00	18,71	90,00	40,00	60,00	45,00	73,20	3294,00
Maximum	32,00	65,15	170,00	100,00	116,66	90,00	120,40	9396,00
Etendue	26,00	46,44	80,00	60,00	56,66	45,00	47,20	6102,00
Moyenne	17,18	44,01	119,15	71,05	87,08	62,63	94,39	5919,28
CV	0,24	0,21	0,12	0,16	0,13	0,17	0,10	0,20
Variance d'échantillon	17,67	89,71	235,52	135,64	141,96	112,59	88,42	1435226,60
Ecart-type d'échantillon	4,20	9,47	15,34	11,64	11,91	10,61	9,40	1198,00

Tableau (09) : statistique descriptives des paramètres physiologiques.

2- Présentation et interprétation des résultats des paramètres morphologiques :

Paramètres morphologiques	Groupe1 (n=50)	Groupe2 (n=50)	TC	TT	ddl	Seuil
	moyenne±(σ)	moyenne±(σ)				
Poids	73,30±10,01	102,23± 22,82	8,20	1,98	98	0,05
Taille	174,03±6.18	179,17± 7,63	3,69			
IMC	24,13±2.38	31,57± 5,68	8,54			
%MG	12,91±3.38	25,21± 3,44	18,01			

Tableau (10) : données morphologiques des judokas.



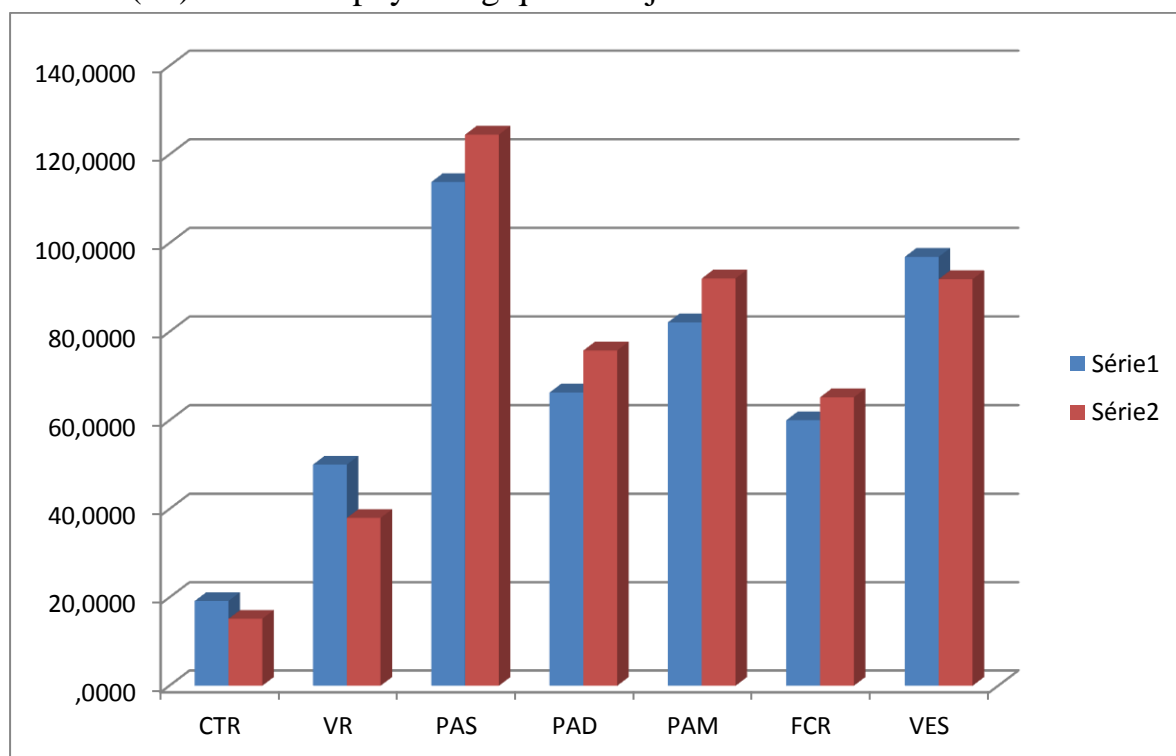
Figure(11): histogramme des valeurs moyennes comparées des paramètres morphologiques des judokas selon le taux des graisses (groupe1 et 2).

A partir des données des paramètres morphologiques présentés dans le tableau03, ou les 't' calculés varie de 3.69 a 18.01 , avec DDL 98 , un seuil statistique de 0,05 et un 't' tableau 1.98 qui est nettement inférieur au valeurs des 't' calculés . donc il y a des différences significatives .

3- Présentation et interprétation des résultats des paramètres physiologiques :

Paramètres physiologiques	Group1 (n=50)	Group2 (n=50)	TC	TT	ddl	Seuil statistique
	moyenne±(σ)	moyenne±(σ)				
CTR	19,2122±3,39	15,15±4,01	5,44	1,98	98	0,05
VR	50,0282±6,92	37,99±7,82	8,14			
PAS	113,80±13,30	124,50±15,65	3,68			
PAD	66,30±10,72	75,80±10,75	4,42			
PAM	82,13±10,61	92,03±11,27	4,52			
FCR	60,04±10,91	65,22±9,84	2,49			
VES	96,91±9,10	91,87±9,19	2,75			
Q	5826,12±1224,83	6012,43±1187,90	0,77			

Tableau(11) : données physiologiques des judokas.



Figure(12) : histogramme des valeurs moyennes comparées des paramètres physiologiques des judokas (groupe1 et 2).

La comparaison par le test t de student , du différents paramètres physiologiques (CTR, VR, PAS, PAD, PAM, FCR, VES), chez les deux groupes pris deux à deux, montre des différences significatives ($TC \geq TT$) sauf le débit cardiaque ne diffère pas d'une manière significative.

4- Matrice de corrélation entre les variables :

Les corrélations linéaires obtenues pour l'ensemble des 12 variables étudiées, prises deux à deux, figurent dans le tableau 05. L'examen de la matrice de corrélation du tableau 05, montre qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives, Parmi ces corrélations on observe des corrélations justes significatives, des corrélations hautement significatives et des corrélations très hautement significatives.

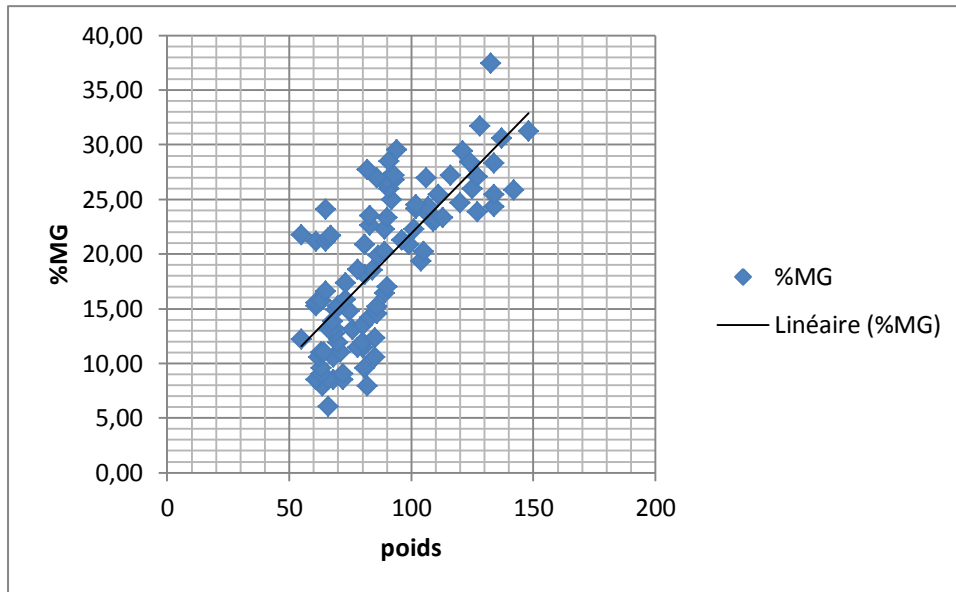
	poids	Taille	IMC	%MG	CTR	VR	PAS	PAD	PAM	FCR	VES	Q
poids	1											
Taille	0,718	1										
IMC	0,960	0,502	1									
%MG	0,740	0,430	0,748	1								
CTR	-0,570	-0,313	-0,596	-0,558	1							
VR	-0,845	-0,585	-0,828	-0,750	0,871	1						
PAS	0,583	0,413	0,550	0,411	-0,360	-0,464	1					
PAD	0,507	0,378	0,473	0,420	-0,263	-0,385	0,699	1				
PAM	0,581	0,423	0,544	0,450	-0,326	-0,450	0,885	0,952	1			
FCR	0,165	0,023	0,208	0,257	-0,321	-0,303	0,051	-0,047	-0,009	1		
VES	-0,162	-0,126	-0,147	-0,246	0,062	0,126	-0,115	-0,780	-0,557	0,071	1	
Q	0,074	-0,025	0,114	0,101	-0,241	-0,199	-0,003	-0,413	-0,271	0,867	0,551	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)

Tableau (12) : la matrice de corrélation entre les variables.

4-1-présentation et discussion des résultats des paramètres morphologiques :

-Le poids montre des corrélations significativement positive avec la taille et le % MG. Tableau(12) et la figure (13).



Figure(13) : nuage de points représentant la relation entre le poids et le % MG.

-Il y a une relation de corrélation positive hautement significative entre le poids et l'IMC ($r=0.96$). Tableau(12) et la figure (14).

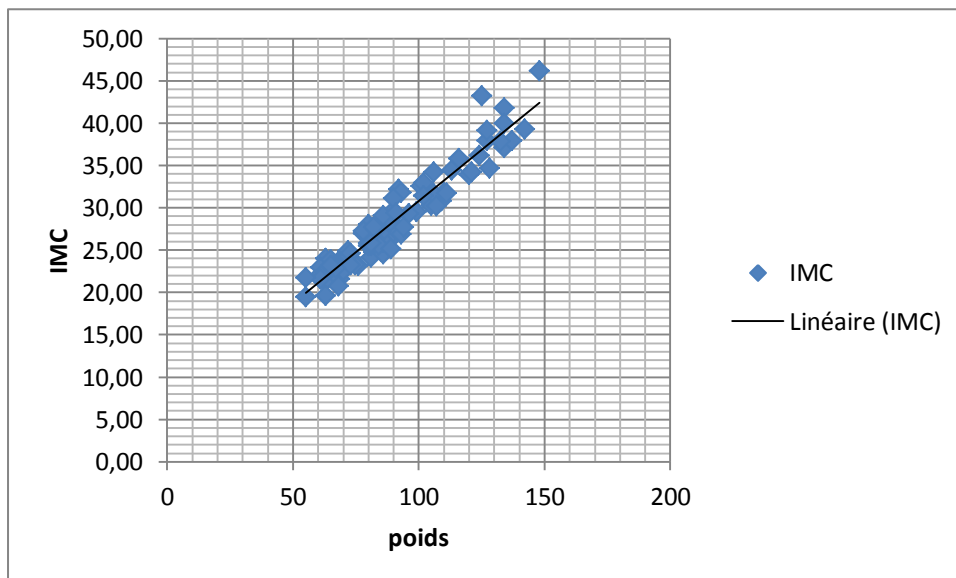


Figure (14) : le nuage de points représentant la relation entre le poids et l'IMC.

-La taille est positivement corrélée avec l'IMC et le %MG. Tableau (12).

-Il y a une corrélation positive d'une intensité moyenne entre l'IMC et le %MG ($r=0.74$). Tableau(12) et la figure (15).

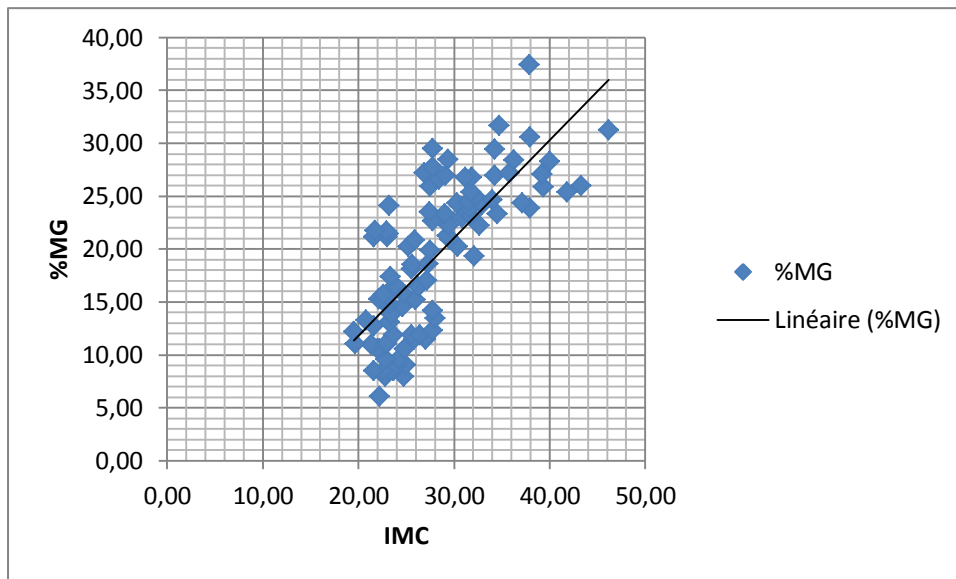
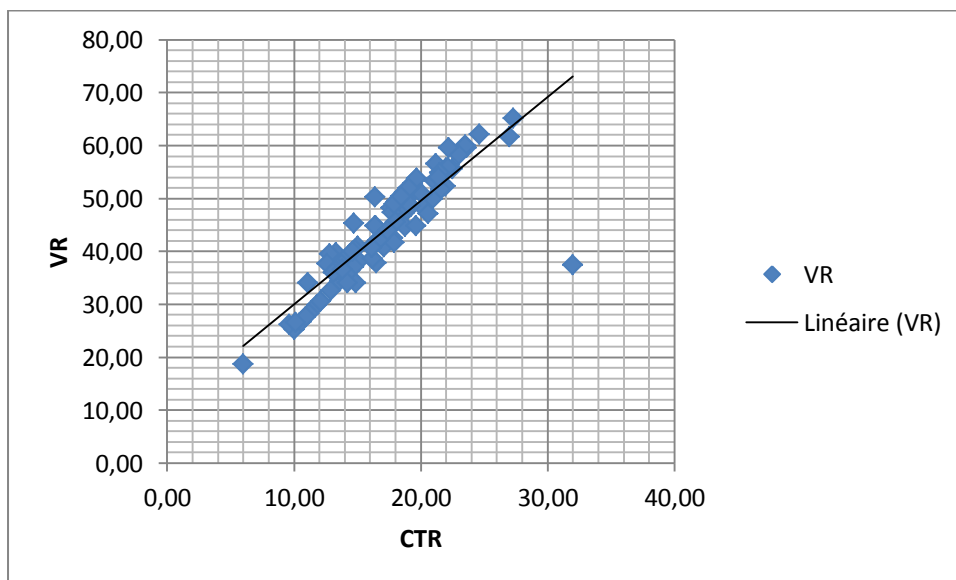


Figure (15) : le nuage de points représentant la relation entre l'IMC et %MG.

4-2-presentation et discussion des résultats des paramètres physiologiques :

-Il y a une relation de corrélation hautement significative entre la capacité du travail relative (CTR) et la consommation maximale d'oxygène (VR).

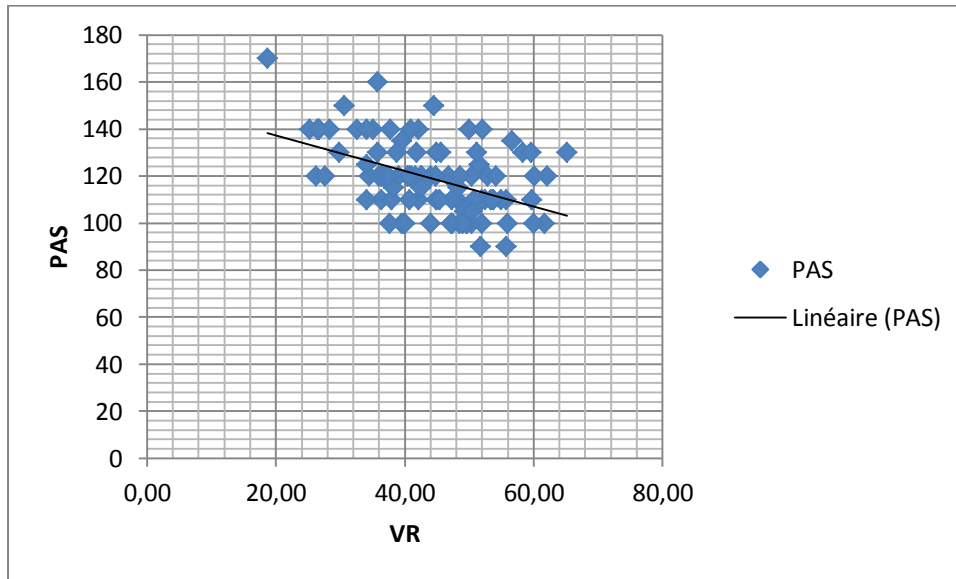
Tableau(12) et la figure (16).



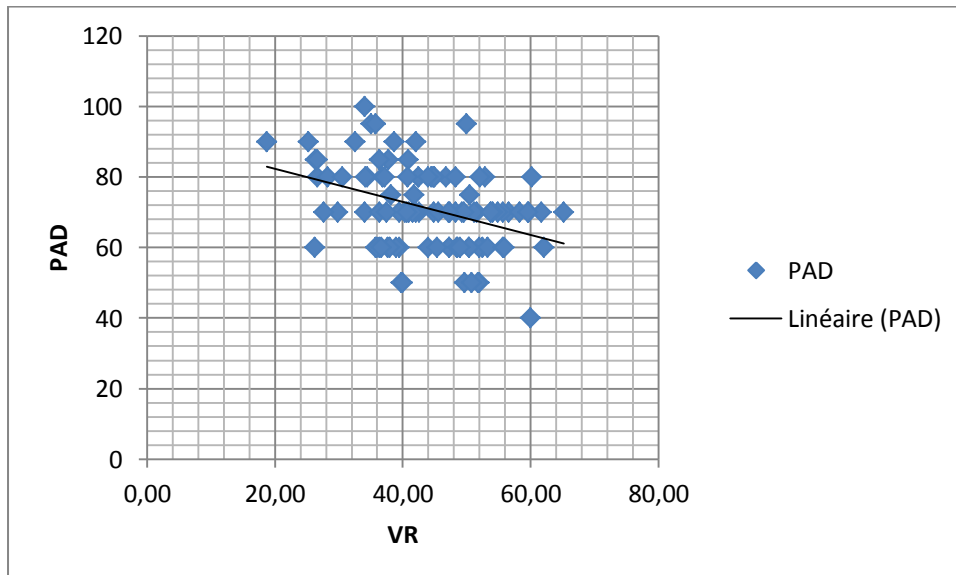
Figure(16) : nuage de points représentant la relation entre la (CTA) et le (VR).

-(CTR) montre des corrélations de faible intensité significativement négatives avec(PAS), (PAD), (PAM), (FCR) et (Q).Tableau (12).

-Il y a des corrélations négatives de faible intensité entre le VO2Max (VR) et les paramètres (PAS), (PAD), (PAM), (FCR) et le (Q). Tableau (05) et les figures(17), (18), (19), (20) et(21).



Figure(17) : nuage de points représentant la relation entre (VR) et (PAS).



Figure(18) : nuage de points représentant la relation entre (VR) et(PAD).

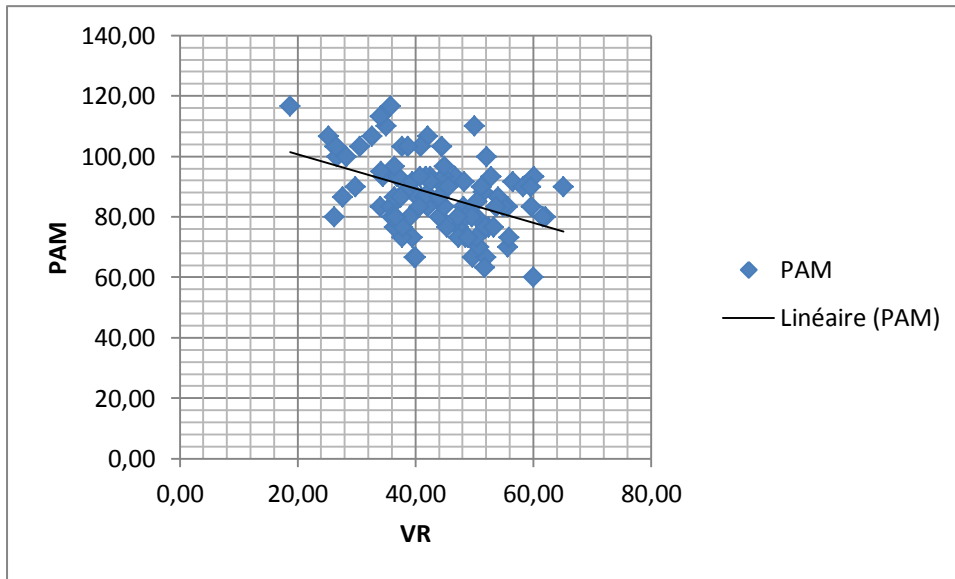
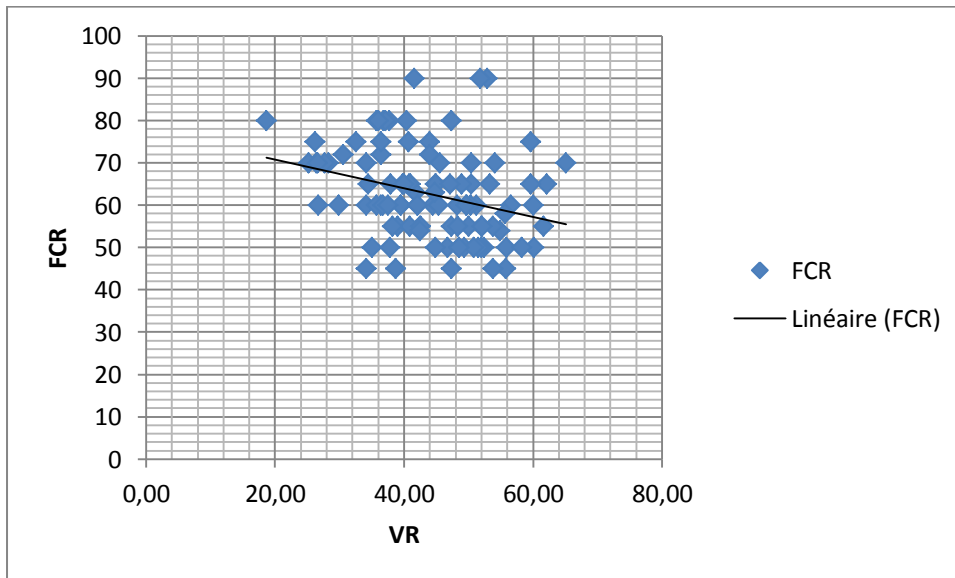
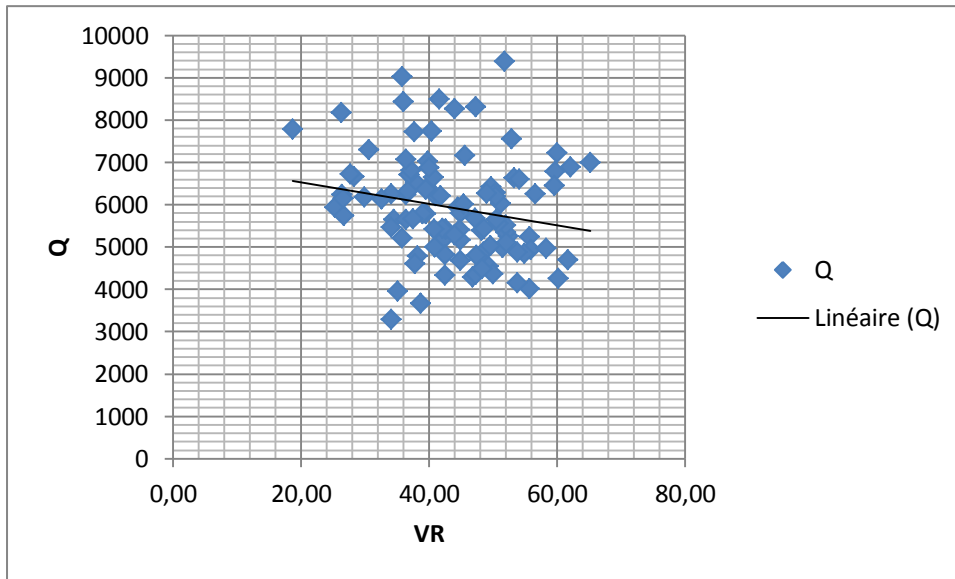


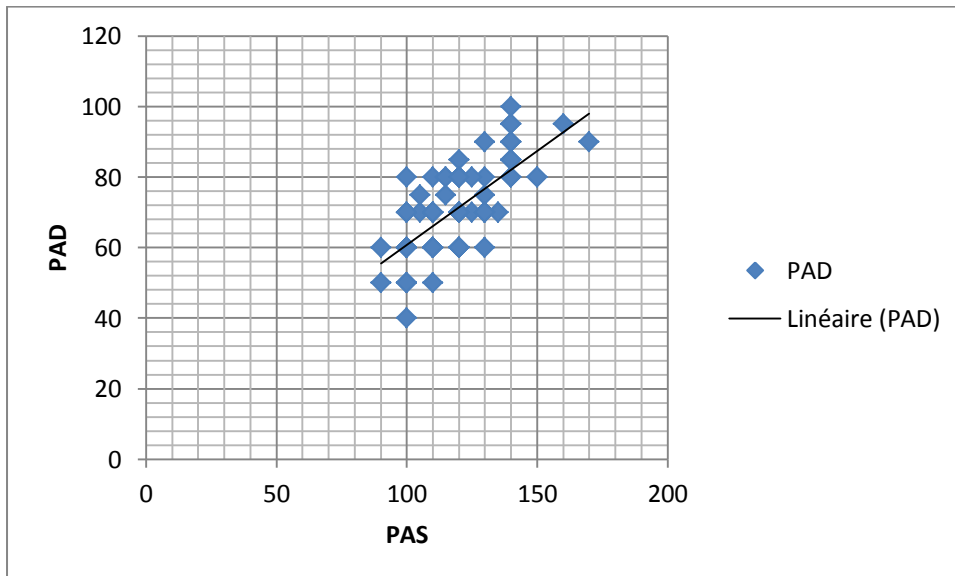
Figure (19) : nuage de points représentant la relation entre (VR) et (PAM).



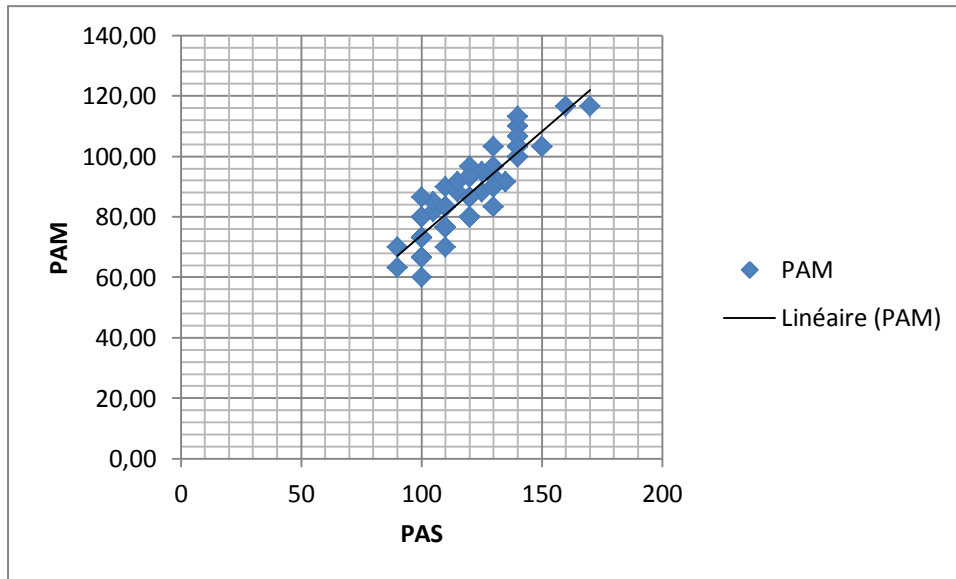
Figure(20) : nuage de points représentant la relation entre le (VR) et la(FCR).



Figure(21) : nuage de points représentant la relation entre le (VR) et (Q).
 -La (PAS) montre des corrélations positives avec la pression artérielle diastolique (PAD), des corrélations hautement significatives avec la pression artérielle moyenne(PAM). Tableau (12) et la figure (22), (23).

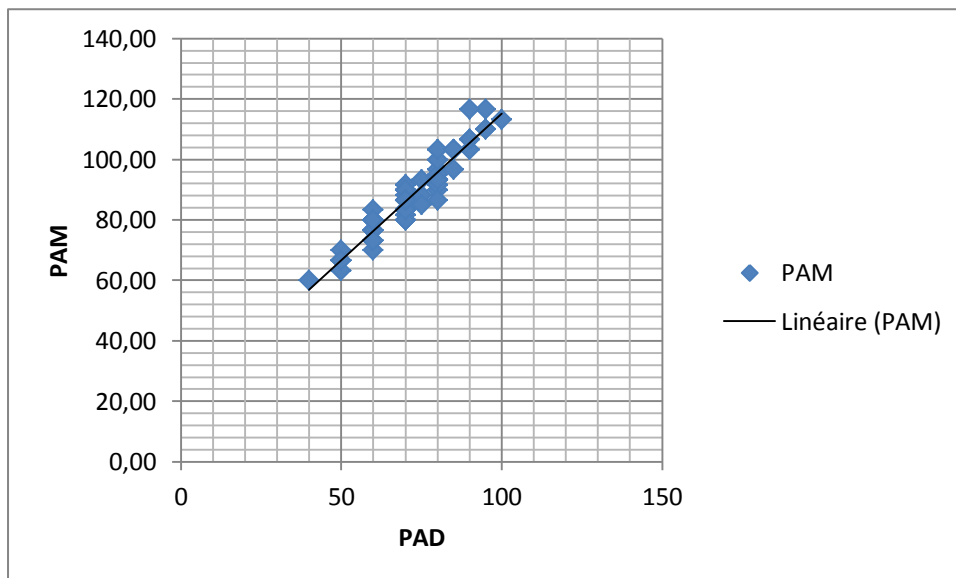


Figure(22) : nuage de points représentant la relation entre la (PAS) et la (PAD).

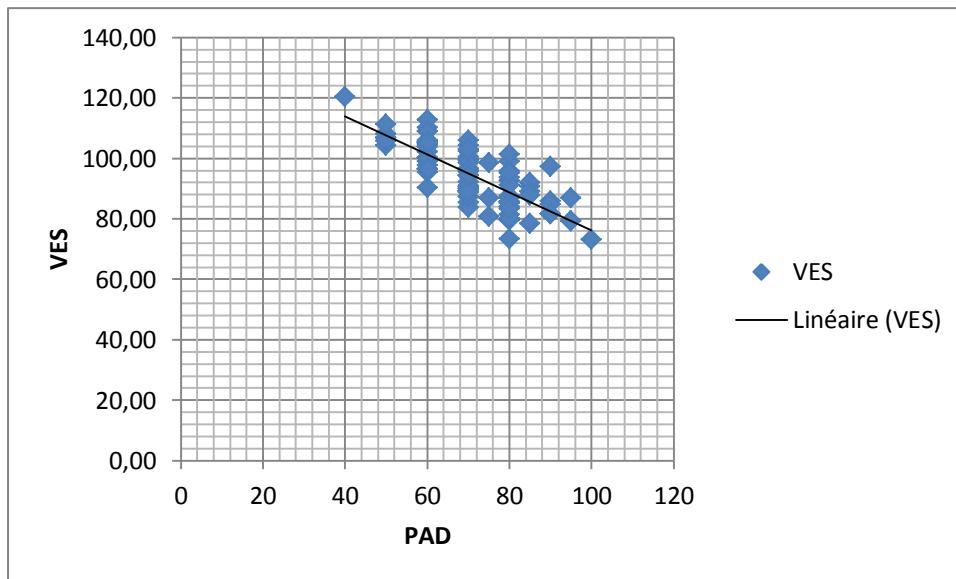


Figure(23) : nuage de points représentant la relation entre la(PAS) et la (PAM).

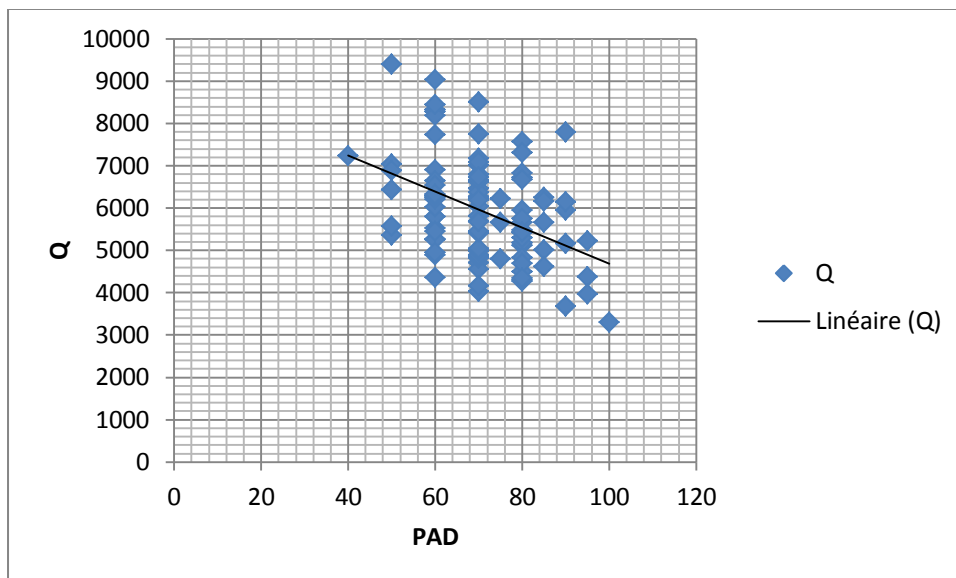
-La (PAD) montre des corrélations significativement positives avec la (PAM), et négativement avec le (VES) et le (Q).Tableau (12) et les figures (24), (25) et (26).



Figure(24) : nuage de points représentant la relation entre la (PAD) et la (PAM).



Figure(25) : nuage de points représentant la relation entre la (PAD) et le (VES).



Figure(26) : nuage de points représentant la relation entre la (PAD) et le (Q).

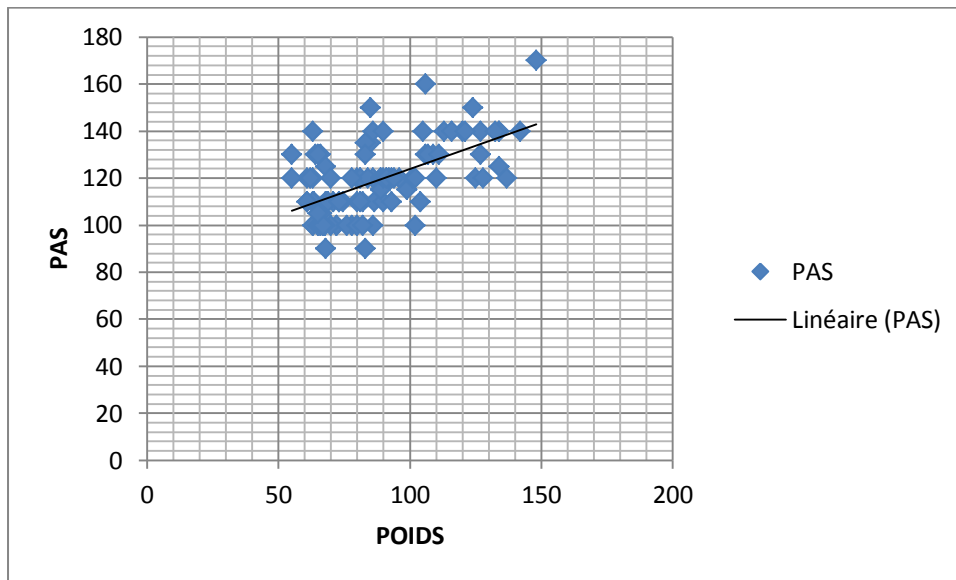
-La (PAM) montre des corrélations significativement négatives avec le (VES) et le (Q). Tableau (12).

-La (FCR) est fortement corrélé positivement avec le (Q).Tableau(12).

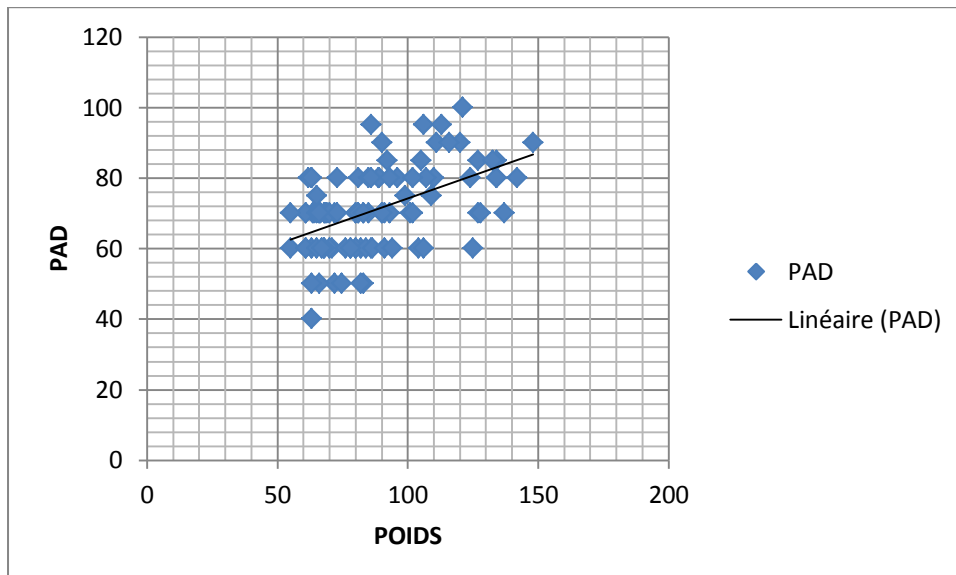
-Le (VES) est fortement corrélé avec le (Q).Tableau(12).

4-3-presentation et discussion des résultats des paramètres morpho- physiologiques :

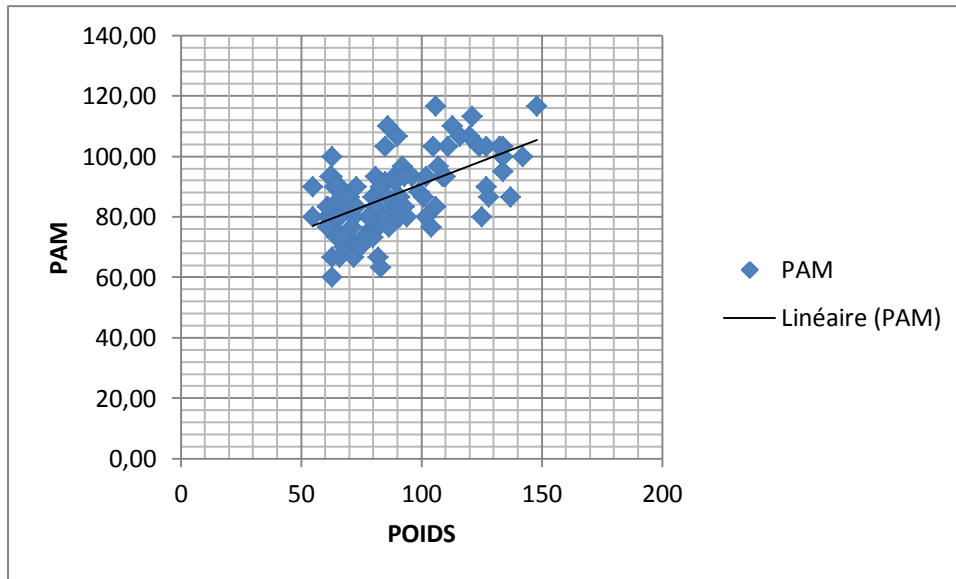
-Le poids montre des corrélations significativement positives avec la (PAS),(PAD) et la (PAM) , et des corrélations significativement négatives avec le (VR) et la (CTR).Tableau(12) figure (27) ,(28),(29), (30).



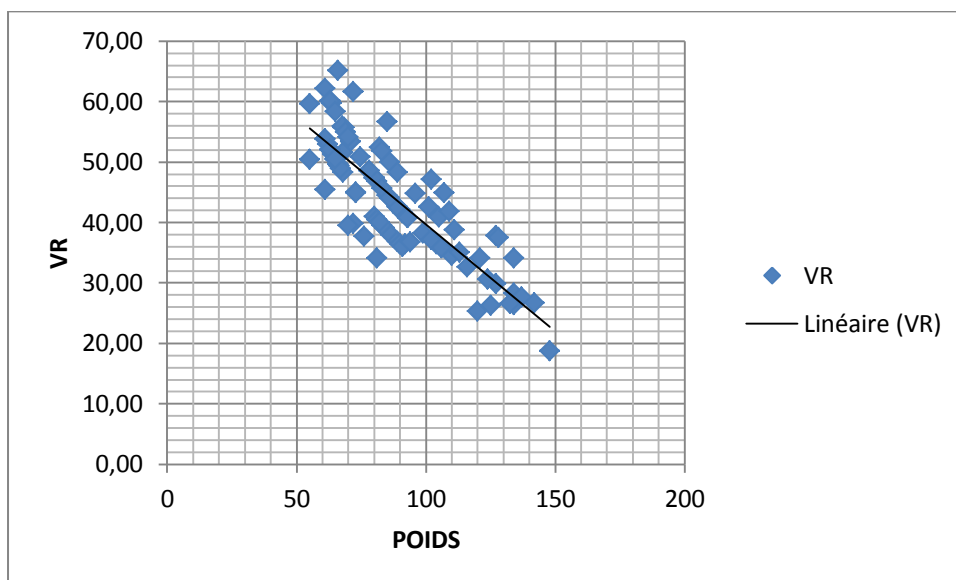
Figure(27) : nuage de points représentant la relation entre le poids et la (PAS).



Figure(28) : nuage de points représentant la relation entre le poids et la (PAD).



Figure(29) : nuage de points représentant la relation entre le poids et la (PAM).

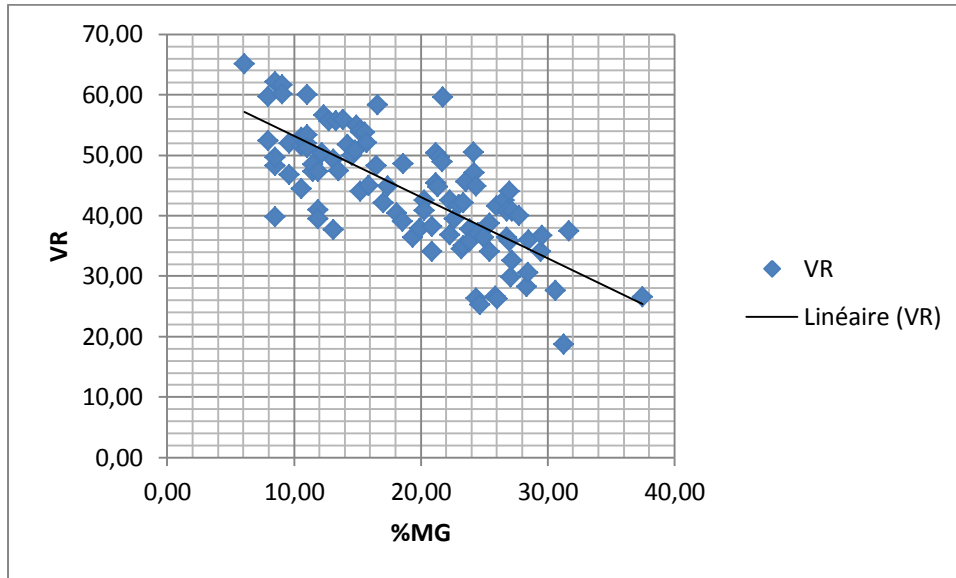


Figure(30) : nuage de points représentant la relation entre le poids et le (VR).

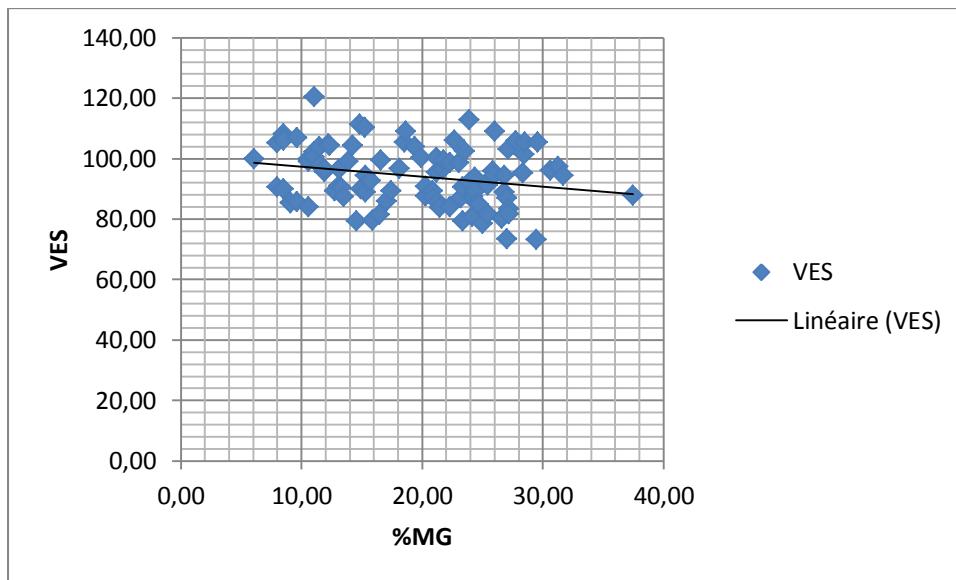
-La taille est positivement corrélée avec la (PAS),(PAD) et la (PAM), et négativement avec le (VR) et la (CTR).tableau(12).

-l'IMC a une relation de corrélation positive de faible intensité avec la (FCR) et d'intensité moyenne avec la (PAS), (PAD)et (PAM) , et inversement corrélée avec le (VR) et (CTR).Tableau(12).

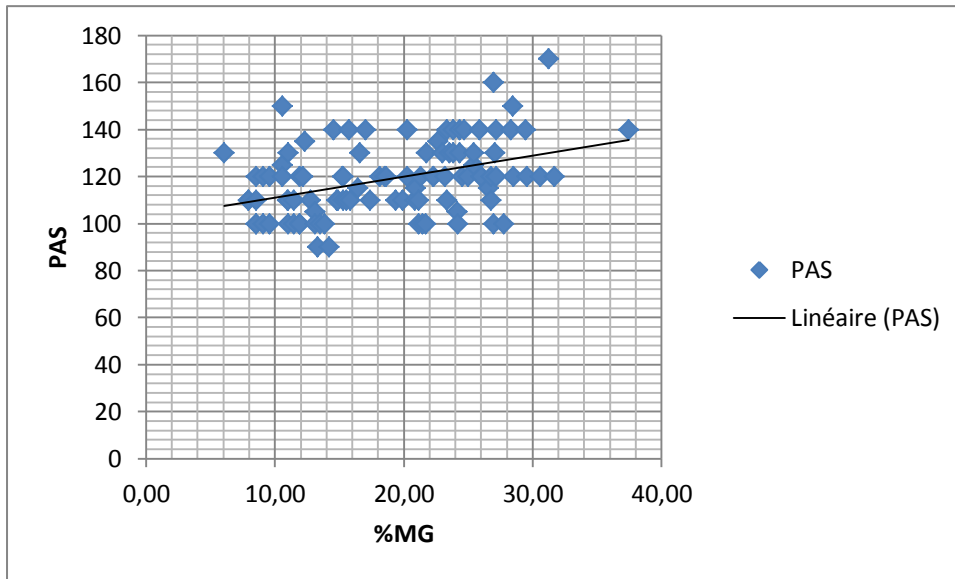
-(%MG) montre des corrélations sinificativement négatives avec (CTR),(VR) et le(VES), et positivement corrélé avec (PAS), (PAD) et (PAM).Tableau(12) et figures (31) ,(32),(33) et (34).



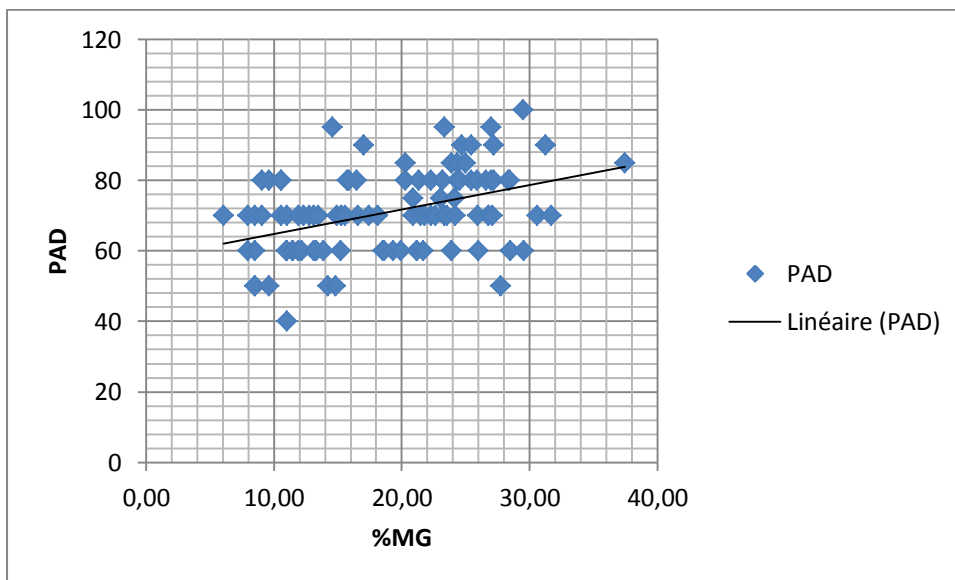
Figure(31) : nuage de points représentant la relation entre le (%MG) et le (VR).



Figure(32) : nuage de points représentant la relation entre le (%MG) et le (VES).



Figure(33) : nuage de points représentant la relation entre le (%MG) et la (PAS).



Figure(34) : nuage de points représentant la relation entre le (%MG) et la (PAD).

5- Application de l'ACP aux données recueillis :

L'analyse effectuée est une ACP centrée réduite qui a été réalisée sur un tableau à 12 variables (poids, taille, IMC, MG, CTR, VR,...etc.) en colonnes et à 100 individus (judokas de haut niveau) en lignes.

L'interprétation de l'analyse se fera selon l'ordre des informations données par le logiciel (xl stat).

La variance ou la valeur propre indique le degré de dispersion des variables par rapport à leur point d'origine sur l'axe d'une composante principale. Dans notre cas (tab : 13), la première composante principale a une valeur propre de (5,78), elle explique 48.21% de la variance totale. La valeur propre de la deuxième composante principale est égale à (2,69), elle exprime 22,47% de la variance totale. La valeur propre de la troisième composante principale est égale à (1,14), elle explique 9,52% de la variance totale.

La part la plus importante de l'information expliquée par les trois premiers axes est égale à la simple addition des parts des variances expliquées par chacun d'eux, qui est de 81.21% de la variance totale. Ces trois premiers axes sont retenus et serviront par la suite à l'étude de la distribution des variables dans des plans à deux dimensions.

A partir de la quatrième composante principale, la part expliquée et les variances deviennent très faibles pour être prise en compte.

	F1	F2	F3
Valeur propre	5,786	2,697	1,143
% variance	48,216	22,477	9,525
% cumulé	48,216	70,694	80,219

Tableau (13) : Les valeurs propres.

-D'après les figures (35) et (36) :

1)- (%MG) et (IMC) superposés, ce qui signifie que (%MG) n'apporte pas d'information supplémentaire que (IMC), et ces deux paramètres sont

proches du (poids) ce qui signifie que celui qui a un poids considérable a un (IMC) et un (%MG) élevés.

2)-(VR) et(CTR) proches, ce qui signifie que celui qui a un bon VO₂max a une capacité de travail relative (CTR) élevée, et que la capacité aérobie peut s'exprimer d'une manière équivalente soit par le (VR) ou la (CTR).

3)- Les paramètres (VR) et (CTR) s'opposent aux paramètres morphologiques(IMC), (%MG) et (poids) donc ils sont corrélés négativement, cela signifie que plus l'IMC est élevé plus les performances sont mauvaises (capacités aérobie).

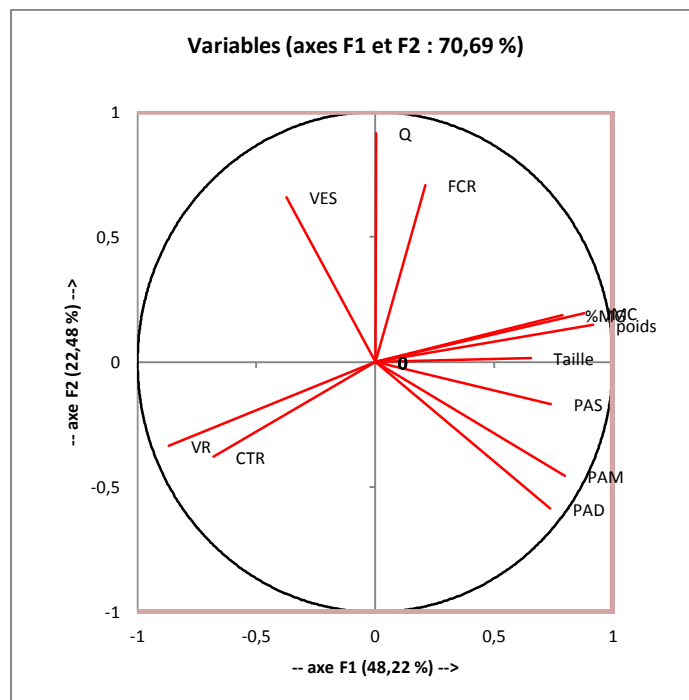
L'étude des liaisons avec les différents paramètres montre que la première composante F1 est déterminée par un groupe de paramètres (morpho-fonctionnels) qui s'est traduit avec une bonne corrélation positive de ce facteur d'une part avec : (%MG),(IMC), (Poids) et d'autre part avec : (PAS), (PAM) , et aussi il a une bonne corrélation négative avec (VR) et une faible corrélation négative avec le (CTR).

-La deuxième composante principale (F2) est déterminée par un groupe de paramètres (circulatoires) qui s'est traduit avec une bonne corrélation positive avec : Q et VES et une faible corrélation négative avec (PAD).

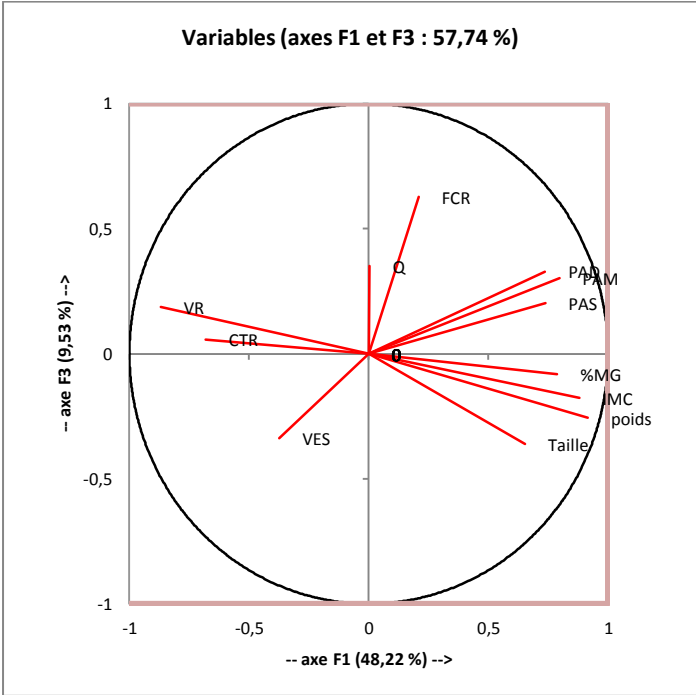
-L'axe 3 qui a une variance non négligeable montre une forte opposition entre la fréquence cardiaque du repos (FCR) d'une part et la (taille) d'autre part.

	F1	F2	F3
poids	14,486	0,819	5,716
Taille	7,398	0,008	11,367
IMC	13,363	1,395	2,750
%MG	10,708	1,284	0,601
CTR	8,009	5,337	0,284
VR	13,080	4,168	3,044
PAS	9,416	1,058	3,607
PAD	9,377	12,744	9,446
PAM	10,976	7,661	7,943
FCR	0,764	18,494	34,408
VES	2,422	16,075	10,023
Q	0,000	30,957	10,810

Tableau (14) : Corrélation des variables avec les composantes principales.



Figure(35) : le cercle de corrélation établie entre les deux axes (F1-F2).



Figure(36) : le cercle de corrélation établie entre les deux axes (F1-F3).

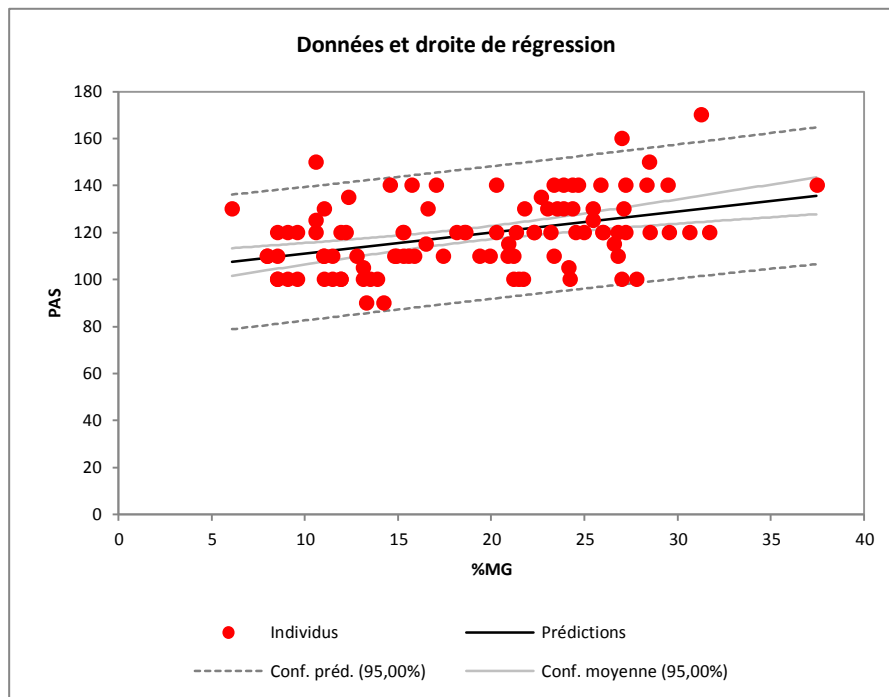
6-la régression linéaire :

6-1-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) :

$R^2=0.169$, le (%MG) permet d'expliquer 16,9% de la variabilité de la (PAS). La part qui reste (83,1%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le (%MG) et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c > F_t$ ($p(F_c \geq 19.92) = 0.0001$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information significative au modèle, et chaque fois le (%MG) augmente d'une unité, la (PAS) augmente de 0,89.

-L'équation du modèle s'écrit : **PAS = 102,02 + 0,89 × %MG.**



Figure(37) : données et droite de régression entre (%MG) et (PAS).

6-2-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAD) :

$R^2=0.176$, le (%MG) permet d'expliquer 17,6% de la variabilité de la (PAD). La part qui reste (82,4%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le (%MG) et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c > F_t$ ($p(F_c \geq 20.97) = 0.0001$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information significative au modèle, et chaque fois que le (%MG) augmente d'une unité, la (PAD) augmente de 0,69.

-L'équation du modèle s'écrit : **$PAD = 57,770 + 0,696 \times \%MG$** .

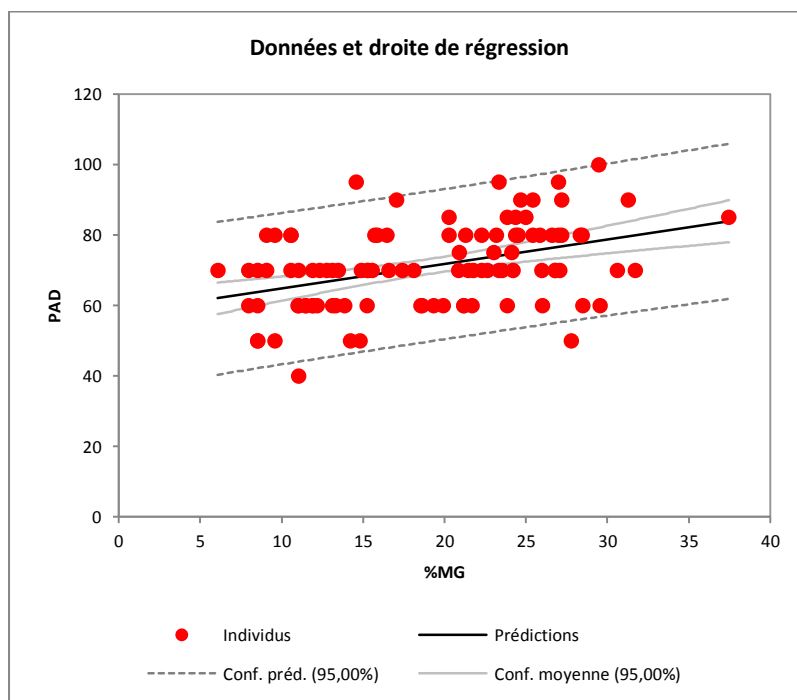


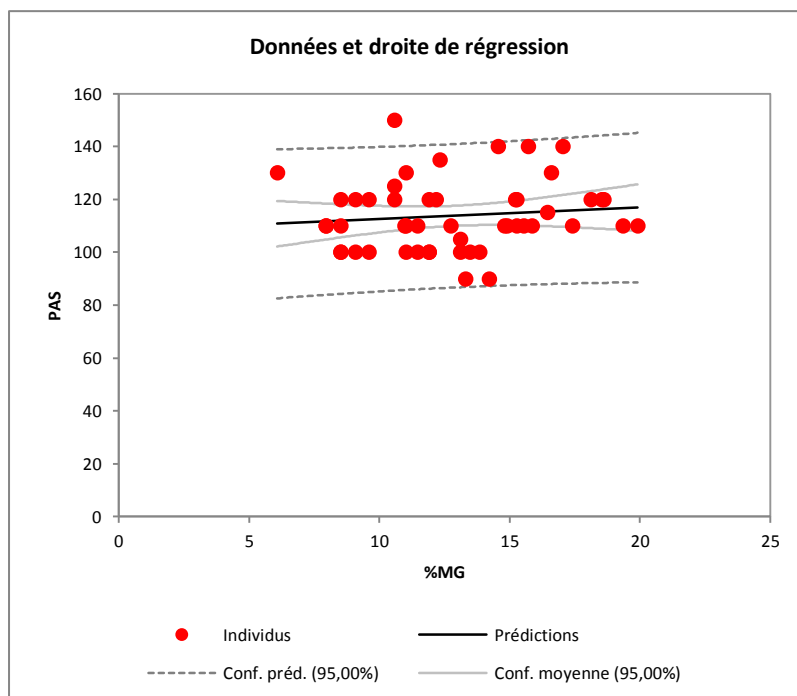
Figure (38) : données et droite de régression entre (%MG) et (PAD).

6-3-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) dans le groupe 01 :

$R^2=0.013$, le (%MG) permet d'expliquer 1,3% de la variabilité de la (PAS). La part qui reste (98,7%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le (%MG) et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c < F_t$ ($p(F_c \geq 0.614) = 0.0437$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information non significative au modèle.

- L'équation du modèle s'écrit : **PAS = 108,09 + 0,44 X %MG.**



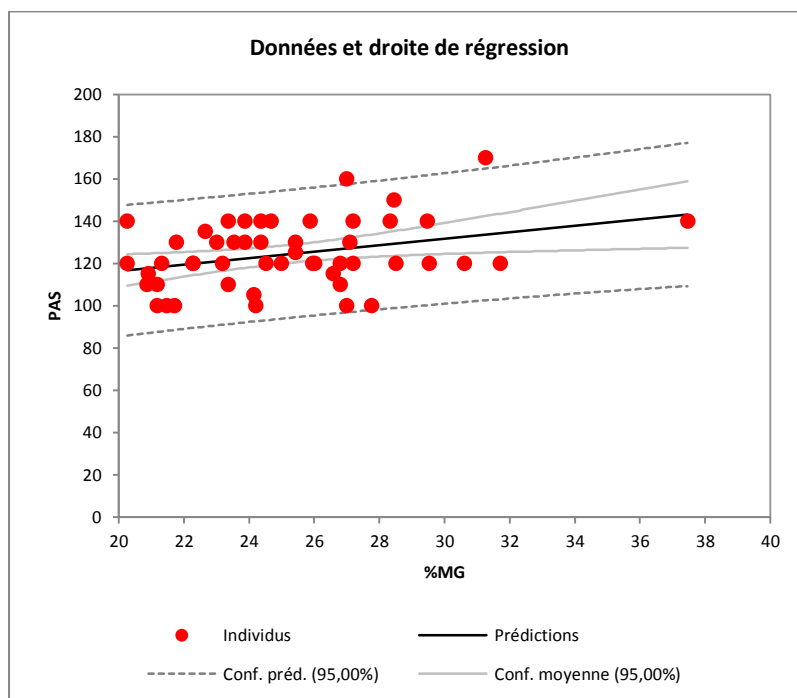
Figure(39) : nuage de points entre le (%MG) et la (PAS) dans le groupe 01.

6-4-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) dans le groupe (02) :

$R^2=0.113$, le (%MG) permet d'expliquer 1,3% de la variabilité de la (PAS). La part qui reste (88,7%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le (%MG) et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c > F_t$ ($p(F_c \geq 6.121) = 0.017$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information significative au modèle, et chaque fois le (%MG) augmente d'une unité, la (PAS) augmente de 1.52.

- L'équation du modèle s'écrit : $PAS = 85,97 + 1,52 \times \%MG$.



Figure(40) : nuage de points entre le (%MG) et la (PAS) dans le groupe 02.

6-5-La relation linéaire entre (IMC) et la (PAS) :

$R^2=0.303$, le (IMC) permet d'expliquer 30,3% de la variabilité de la (PAS). La part qui reste (69,7%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le (IMC) et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c > F_t$ ($p(F_c \geq 42.54) = 0.0001$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information significative au modèle, et chaque fois que le (IMC) augmente d'une unité, la (PAS) augmente de 1,48.

-L'équation du modèle s'écrit : $PAS = 77,87 + 1,48 \times IMC$.

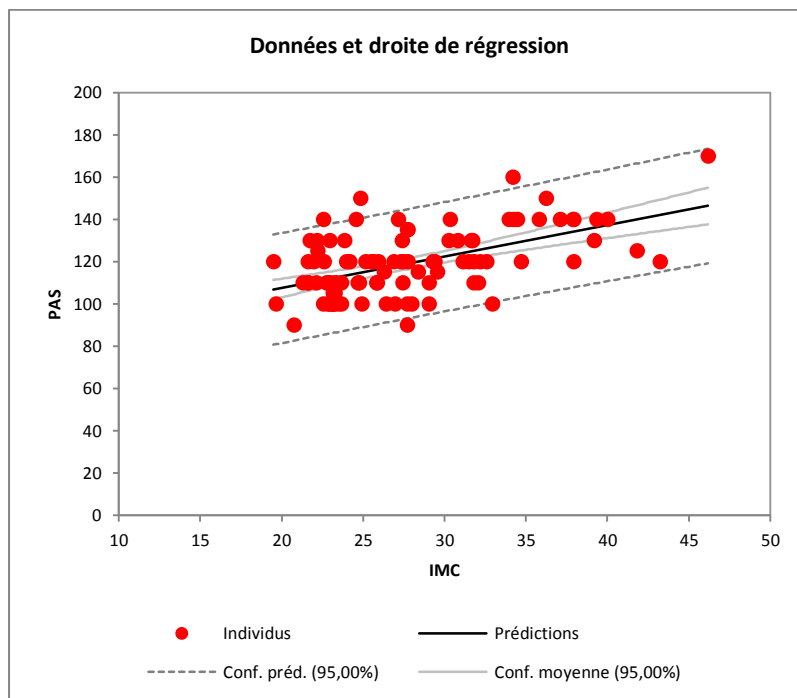


Figure (41) : données et droite de régression entre (IMC) et (PAS).

6-6-La relation linéaire entre (IMC) et la (PAD) :

$R^2=0.223$, le (IMC) permet d'expliquer 22,3% de la variabilité de la (PAD). La part qui reste (78,7%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le (IMC) et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c > F_t$ ($p(F_c \geq 28.18) = 0.0001$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information significative au modèle, et chaque fois le (IMC) augmente d'une unité, la (PAS) augmente de 0,96.

- L'équation du modèle s'écrit : **PAD = 44,14 + 0,96 X IMC.**

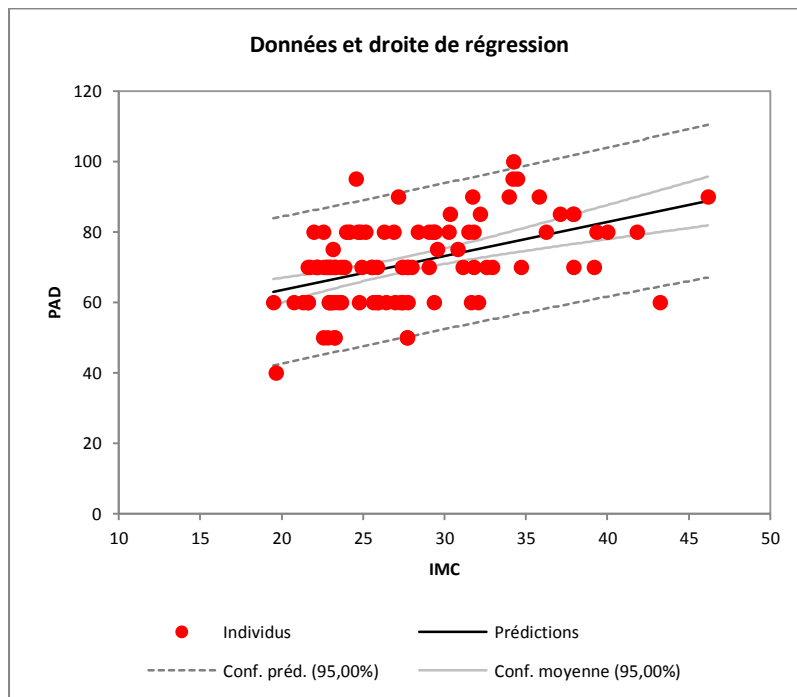


Figure (42) : données et droite de régression entre (IMC) et (PAD).

6-7-La relation linéaire entre (%MG) et la (VR) :

$R^2=0.562$, le (%MG) permet d'expliquer 56,2% de la variabilité de (VR). La part qui reste (43,8%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le (%MG) et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c > F_t$ ($p(F_c \geq 125.89) = 0.0001$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information significative au modèle, et chaque fois que le (%MG) augmente d'une unité, le (VR) diminue de 1,01.

-L'équation du modèle s'écrit : $VR = 63,29 - 1,01X \%MG$.

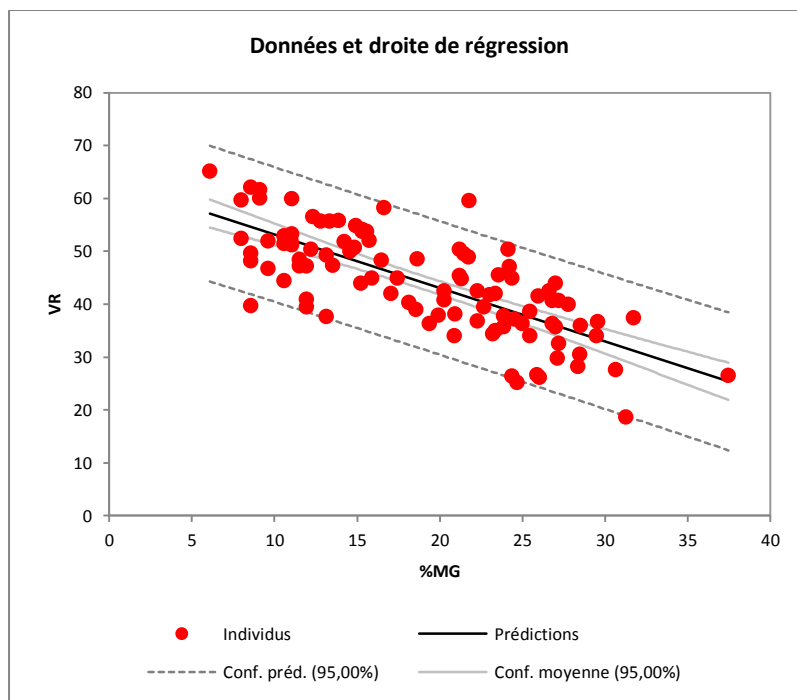


Figure (43) : données et droite de régression entre (%MG) et (VR).

6-8-La relation linéaire entre (IMC) et la (VR) :

$R^2=0.685$, le (IMC) permet d'expliquer 68,5% de la variabilité de (VR). La part qui reste (31,5%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le (IMC) et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c > F_t$ ($p(F_c \geq 213.02) = 0.0001$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information significative au modèle, et chaque fois que le (%MG) augmente d'une unité, le (VR) diminue de 1,37. (figure 44).

- L'équation du modèle s'écrit : $VR = 82,32 - 1,37 \times IMC$.

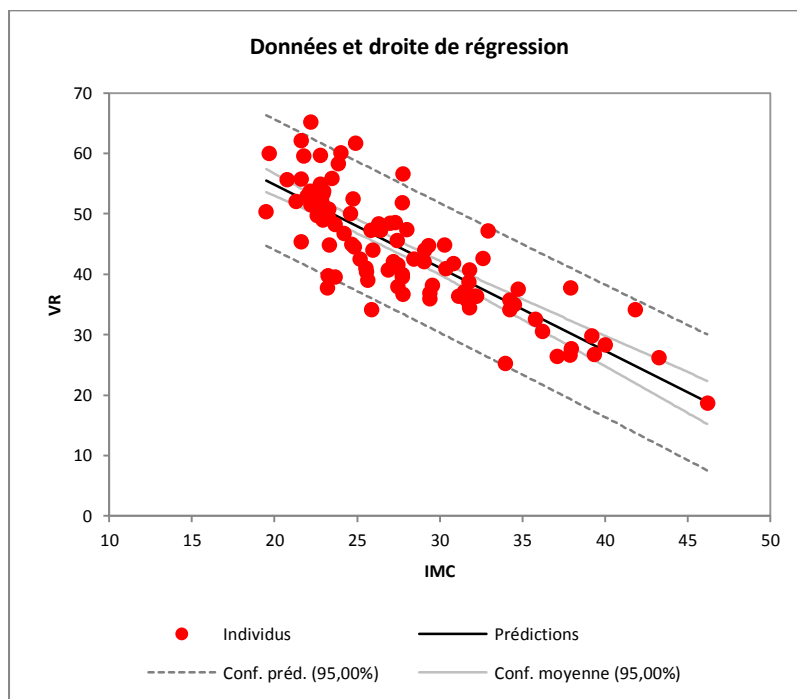


Figure (44) : données et droite de régression entre (IMC) et (VR).

6-9-La relation linéaire entre le poids et le (VR) :

$R^2=0.715$, le poids permet d'expliquer 71,5% de la variabilité de (VR). La part qui reste (31,5%) correspond à tout ce qui n'est pas expliqué par le poids et qui n'est pas entré dans le modèle.

On observe que $F_c > F_t$ ($p(F_c \geq 245.53) = 0.0001$), en concluant que la variable explicative apporte une quantité d'information significative au modèle, et chaque fois que le poids augmente d'une unité, le (VR) diminue de 0.35.

-L'équation du modèle s'écrit : **$VR = 75,02 - 0,35 \times \text{poids}$** .

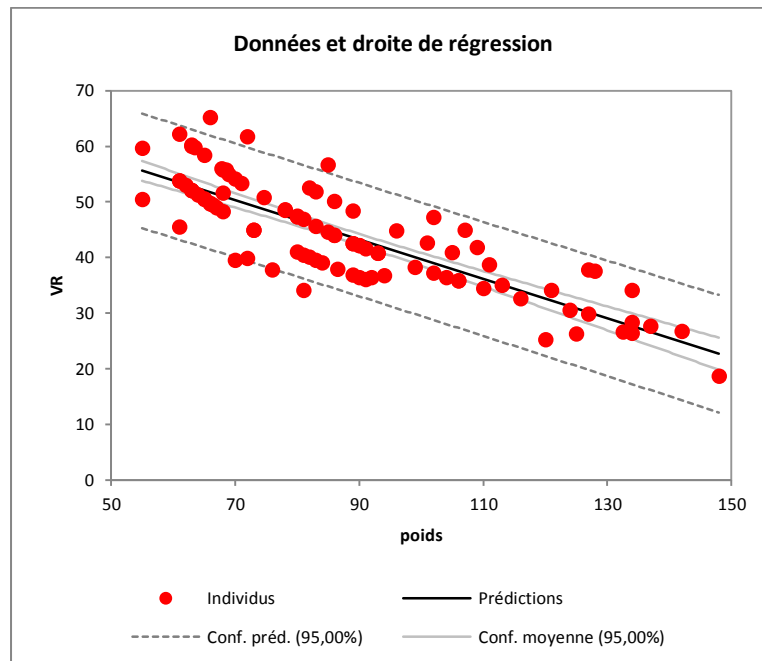


Figure (45) : données et droite de régression entre le poids et le(VR).

-Récapitulation des résultats :

1- La comparaison par le test t de student , du différents paramètres physiologiques et morphologiques chez les deux groupes pris deux à deux, montre des différences significatives ($TC \geq TT$) sauf le débit cardiaque ne diffère pas d'une manière significative.

2-Il y a des corrélations significativement positives entre le poids, l'IMC et le %MG.

3-Il y a une relation de corrélation hautement significative entre (VR) et (CTR).

4-Il y a une relation négative de faible intensité entre le (VR) et la (PAS), (PAD), (PAM), (FCR) et le (Q).

5-La (PAS) montre des corrélations positives avec(PAD) et la (PAM).

6-La (PAD) est positivement corrélée avec la (PAM) et négativement avec (VES) et le (Q).

7-Il y a des relations de corrélation positives entre le (poids), (IMC), (%MG) et (PAS), (PAD), (PAM), et négatives entre les paramètres morphologiques et le (VR) et la (CTR).

8-(%MG) montre une relation de corrélation négative avec le (VES).

9-pour les résultats de l'ACP :

- (%MG) et (IMC) superposés, ce qui signifie que (%MG) n'apporte pas d'information supplémentaire que (IMC), et ces deux paramètres sont proches du (poids) ce qui signifie que celui qui a un poids considérable a un (IMC) et un (%MG) élevés.

-(VR) et(CTR) proches, ce qui signifie que celui qui a un bon $VO_2\max$ a une capacité de travail relative (CTR) élevée, et que la capacité aérobie peut s'exprimer d'une manière équivalente soit par le (VR) ou la (CTR).

Chapitre II Présentation et Interprétation des Résultats

- Les paramètres (VR) et (CTR) s'opposent aux paramètres morphologiques (IMC), (%MG) et (poids) donc ils sont corrélés négativement, cela signifie que plus l'IMC est élevé plus les performances sont mauvaises (capacités aérobie).

10-pour l'élaboration d'un modèle par la régression linéaire :

- Il y a une relation linéaire positive entre (%MG), (IMC) et la pression artérielle systolique et diastolique (PAS, PAD).

- l'absence d'une relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) dans le groupe ou $(\%MG) \leq 20\%$ par rapport au deuxième groupe $(\%MG \geq 20\%)$.

- Il y a une relation linéaire entre (%MG) et le (VR), $R^2=0.562$.

- Il y a une relation linéaire entre (IMC) et le (VR), $R^2=0.685$.

- Il y a une relation linéaire entre poids et le (VR), $R^2=0.715$.

DISCUSSION

1. Les limites de l'étude :

Les limites de notre étude sont essentiellement liées au caractère rétrospectif de l'étude et les tests proposés ne couvrent pas l'ensemble des qualités mises en jeu en judo. Seuls quelques aspects morphologiques et physiologiques sont étudiés. Les conclusions issues de cette étude sont, de ce fait nécessairement partielles.

2. Discussion des résultats :

Les aspects morphologiques tiennent une place importante dans la performance sportive, si bien, que la plupart des scientifiques et des techniciens du sport, cherchent à déterminer le morphotype idéal pour chaque spécialité sportive, pour améliorer la performance.

Les paramètres les plus utilisés pour élaborer ce modèle sont le poids, la taille et le pourcentage de graisse (Brikci, 1995).

Le poids est une constante importante à gérer que beaucoup d'athlètes ignorent ou ne maîtrisent pas. Il peut varier d'un sexe à un autre, d'une personne à une autre. Il dépend à priori des dispositions génétiques et des conditions d'alimentation. Il est aussi la résultante d'un certain état de préparation physique (Anta Diop Ndiaye , 2008). D'un point de vue morphologique, les judokas présentent un poids plus élevé ($73,30 \pm 10,01$) et une taille moyenne ($174,03 \pm 6,18$) par rapport aux autres sportifs.

Les athlètes d'élite dans les sports tel que athlétisme, handball, basketball, natation ont une grande taille par rapport à la population normale, cependant, les gymnastes, skieurs, boxeurs, lutteurs et judokas ont une taille moyenne si on les compare à la population normale (Medved, 1996) .Selon l'étude de (Ford, 1984) une taille moyenne est particulièrement avantageuse dans l'accélération et le changement de direction (agilité) et une taille excessivement élevée n'est pas bénéficiaire

Discussion

pour succéder dans les sports de combat. Donc la taille et le poids sont des variables critiques qui sont très importantes dans le sectionnement des athlètes (Norton, Olds, Olive, & Graig, 1996).

L'indice de masse corporelle (IMC), ou Body mass index en anglais (BMI) calcule le poids idéal d'une personne en fonction de sa taille et de son poids. la mesure de (IMC) est en pratique considérée comme la référence pour définir le surpoids et l'obésité, aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte et il est relativement bien corrélé à la masse grasse chez l'adulte, avec des coefficients de détermination compris entre 0.60 et 0.80 en fonction du sexe, de l'âge et de l'origine ethnique (Gallagher, Visser, Sepulveda, Pierson, Harris, & Heymsfield, 1996) et il semble être l'un des meilleurs indicateurs de l'évaluation globale du risque cardiovasculaire (HTA). Mais l'IMC ne reflète pas vraiment l'obésité car il y a des limites à cette mesure, notamment il ne tient pas compte de la distribution de la masse grasse, ne différencie pas les types de masse (graisse, musculaire, osseuse et hydrique), ne considère pas les particularités hommes et femmes ainsi que l'âge des individus (Poirier, Alpert, Fleisher, & al, 2009), Conséquemment, les individus avec peu de masse maigre et un pourcentage de masse grasse moyen, en particulier les personnes âgées de 65 ans et plus, sont faussement classées comme ayant un poids et un IMC normaux (Racette, Deusinger, & Deusinger, 2003). Des individus minces ayant une masse musculaire importante, d'origine génétique ou consécutive à un entraînement physique, peuvent avoir, en raison de leur taille, un IMC élevé. Celui-ci pourrait ainsi suggérer, à tort, qu'ils sont trop gras et pour cela il y a des limites à son utilisation chez les sportifs (MacArdele, Katch, & Katch, 2004) et pour mieux estimer la masse grasse chez le sportif il faut connaître la composition corporelle. (Costill & Wilmore, 2006), (Tappyl, 2000) et (Fox & Mathews, 1984), La masse grasse idéale

Discussion

représente environ 15% du poids corporel chez l'homme et 25% chez la femme (McArdle, Katch, & Katch, 2001) pour les individus qui ne pratiquent pas du sport de haut niveau. Ce taux change avec la pratique du sport et diminue fortement en fonction du type de sport pratiqué et il peut aller de 5 à 20 %. Ce sont ces valeurs que les sportifs tentent d'atteindre. Il existe tout de même un seuil de 5% (Grande & Keys, 1998) en dessous duquel de graves troubles peuvent apparaître. En effet, si le corps n'a pas de masse grasse à sa disposition, il métabolise les protéines pour avoir de l'énergie (ATP) et il y a alors rejet de corps cétoniques, acidification du sang et de graves lésions rénales apparaissent. (Riendeau, Welch, Crips, Crowley, Griffin, & Brockett, 1958) ont montré qu'il existe une relation entre le poids du corps, le taux de MG et la performance.

dans notre étude le (%MG) calculé est bien corrélé avec l'IMC et le poids, dans l'ACP le (%MG) et l'IMC superposé autrement dit, ils fournissent la même information sur le plan de la pression artérielle et les autres paramètres (VR), (CTR), (FCR)...etc. , ce(%MG) est fréquemment utilisé par les entraîneurs , les diététiciens du sport , les physiologistes d'exercice et les médecins pour juger la santé et la performance chez l'athlète (Al-Masri & Bartlett, 2011).pour juger la santé des judokas sur le plan de la pression artérielle on a élaborer un modèle linéaire et les résultats étaient hautement significative.

Cette relation de linéarité (causalité) entre le (%MG) et la pression artérielle systolique et diastolique a été confirmé par plusieurs recherches (Bagnost, 2010) et (Marques-Vidal, Bochud, Mooser , & al, 2009) Plusieurs hypothèses physiopathologiques explique la relation entre l'obésité et l'HTA, on les résume dans ; une élévation (d'origine centrale) de l'activité sympathique (Krauss & al, 1998) et/ou une hypersensibilité aux catécholamines (provoquée par le cortisol ou les hormones

Discussion

thyroïdiennes) peuvent également accroître le débit cardiaque, l'augmentation de la réabsorption rénale du sodium (Scaglione & al, 1995), diminution du facteur atrial natriurétique (Dessi-Fulgherip & al, 1997) et enfin une élévation de l'activité rénine-angiotensine (Licata & al, 1994).

L'un des facteurs qui participe dans la part inexplicée dans le modèle linéaire est représenté par les effets hémodynamiques. Les sports statiques contractent les membres dans une position pendant toute la durée de l'activité physique (contraction isométrique). Donc le judo, c'est un sport de « résistance », anaérobie, caractérisé par des efforts soutenus de courte durée et répétés, parfois réalisés en apnée. D'après la classification de (Mitchell, 1994) le judo est caractérisé par une composante dynamique faible et statique forte. L'apnée dans les prises de judo rassemble aux manœuvres de Valsalva lors de chaque répétition dans la musculation ou les mouvements respiratoires sont interrompus ou leur influence a été évaluée en enregistrant la pression intra-thoracique au moyen d'un ballonnet oesophagien. Lors d'exercices à la presse de jambes, effectués à 95% de la force maximale, la manœuvre de Valsalva est responsable d'une élévation moyenne de la pression intra-thoracique de 60mmHg pendant les efforts avec raccourcissement musculaire, ces valeurs peuvent atteindre ponctuellement 200mmHg (Ientini, Mckelvie, McCartney, Tomlinson, & MacDougall, 1993) cette contre-pression s'exerce sur le ventricule gauche et les vaisseaux intra-thoracique réduisant d'autant leur pression transmurale. De même manière les effets de cette manœuvre sont transmises au liquide céphalorachidien contribuant à limiter les contraintes auxquelles est soumise la circulation cérébrale (Chanudet, Lambert de Crémer, Bonnevie, & Louembé, 2005).

On a trouvé une relation de corrélation négative d'une faible intensité entre le (%MG) et le (VES) et des différences significatives pour le groupe

Discussion

(01) ($\%MG \geq 20\%$), $VES_2 < VES_1$ est ça a été expliqué par les hypothèses physiopathologique qui expliquent la relation entre l'obésité et la fonction ventriculaire gauche on peut les résumer dans deux grands volets :

1-modéfication hémodynamique induite par l'obésité ;

-augmentation du volume ventriculaire et du débit ventriculaire gauche (gottdiener & al, 1994).

-diminution de la fonction d'éjection ventriculaire gauche (lorsque les contraintes systolique ventriculaire augmentent) (De simone & al, 1997).

-diminution de la fonction de remplissage ventriculaire gauche (muredu & al, 1996).

2- Activation du système nerveux sympathique (Caroll & al, 1997).

Donc on peut dire l'hypothèse 1, 2 et 3 sont confirmés.

On a trouvé un lien d'association entre la (FCR) et les indicateurs d'obésité (IMC, $\%MG$) et des différences significatives entre les deux groupes.

Une FC élevée peut être considérée comme un signe d'hyperactivité Sympathique qui, elle-même, a des conséquences sur tous les autres désordres métaboliques (Jouven , Empana, Schwartz, & al, 2005), et selon (P .Palatini et S. Julius, 1997) un tonus sympathique élevé peut entrainé une résistance à l'insuline qui entraine à son tour une dyslipidémie et d'autres désordres métaboliques (Bassiouny, Zarins, Kadowaki, & Glagov, 1994).

On a trouvé que l'IMC est le meilleur indicateur d'adiposité associé au profil tensionel (HTA) par rapport au ($\%MG$) ceci peut s'expliquer par ;

La norme (20%) qui était choisis comme limite pour classer les judokas en poids normal, Selon Lohman, la mesure du pourcentage de masse grasse ($\%MG$) n'est pas bien utilisée et mal interprétée par les cliniciens et les chercheurs (Lohman, 1982). Ce n'est pas, selon lui, une science exacte mais

Discussion

plusieurs études épidémiologiques ont démontré que lorsque les hommes présentaient un % MG > 20% à 25% et les femmes > 30% à 35%, ils avaient des résultats plus élevés de cholestérol sanguin, de tension artérielle, de sédentarité, un risque de MCV et de maladies métaboliques aussi plus élevés. Il n'existe pas de normes universellement acceptées pour la composition corporelle mais il y a un consensus d'opinions d'experts sur les valeurs du gras corporel associées à un niveau de santé optimal dans la population adulte en général (American College of Sports Médecine, 2008). Notamment, en excluant les athlètes qui ont un % MG généralement plus bas, les valeurs cibles idéales recherchées chez les hommes sont un % MG entre 10% et 22% et chez les femmes entre 20% et 32% (Lohman , 1982).

selon (AI-Hazzaa , 2010) la relation entre l'IMC et le (%MG) dans le corps est influencé par plusieurs facteurs tels que ; l'âge , le sexe , la race et les mesures du corps , il est connue que les asiatiques ont une petite structure corporelle par rapport aux occidentaux blancs , et le (%MG) chez eux est plus élevé (Deurenberg, Yap, & Van Staveren, 1998) et (Wang, Thornton, Russell, Burastero, Heymsfield, & Pierson, 1994) et les habitants des îles de l'océan Pacifique ont une grande taille par rapport aux occidentaux avec une grande masse musculaire et un faible (%MG) (Swinburn et al, 1999) .donc l'hypothèse (4) n'est pas confirmée.

La comparaison des données physiologiques (CTR, VR, FCR) entre les deux groupes montre des différences significatives.

La capacité du travail relative (CTR) est positivement corrélée avec le (VR), selon (brikci, 1995) ; d'après de nombreux auteurs, la capacité aérobie peut être exprimée d'une manière équivalente à partir de VO_2 max, de PMA, qu'à partir de PWC_{170} (capacité du travail).

Discussion

Le VO_2 max (VR) dans le groupe (01) était ($50,0282 \pm 6,92$) qui est bas par rapport aux résultats de (Brikci, 1995) qui a trouvé (59.6 ± 6.2 ml/kg. min) ,de (Callister, Staron, Fleck, Tesch, & Dudley, 1991) déterminent la valeur moyenne du VO_2 max chez les judokas américains (homme) d'une valeur moyenne de 55.6ml/kg.mn .Les judokas canadiens ont une valeur moyenne de 59.2ml/kg.mn (Sikorski, 2010) .

Selon (Brikci, 1995) Les athlètes pratiquants de disciplines de très brèves durées ou intermittentes, présentent des valeurs de VO_2 max plus basses, mais toujours supérieures à celles des sédentaires , parce que Pendant un combat de judo l'énergie est principalement livrée à partir du système glycolytique anaérobie (Waldemar, 2010).La valeur moyenne de VO_2 max dans le groupe (02) correspond à ($37,99 \pm 7,82$ ml/kg. Min). C'est un niveau très faible du métabolisme aérobie en comparaison avec les sédentaires.

Les données de la littérature scientifiques montrent qu'il y a une relation entre la composition corporelle et le VO_2 max , selon (Brikci, 1995) ; (Wyndham et coll, 1969) estiment qu'une part importante des différences interindividuelles de cet paramètre dépend des différences de masse corporelle. C'est pour cette raison, essentiellement que le VO_2 max s'exprime généralement en termes relatifs à la masse corporelle.

Dans beaucoup de recherches ont été trouvé un haut degré de corrélation ($r = 0,7$ à $0,8$) entre le VO_2 max, le poids des enfants et des adolescents. C'est pour cela qu'il est souvent rapporté au poids du corps. Une grande valeur du VO_2 max est habituellement considérée comme un pré requis indispensable pour la réussite des performances dans les courses de longues durées (Pirnay, 1992) et peut aussi intervenir

Discussion

indirectement dans la qualité des performances de courtes durées (Cazorla, Leger, & Marini, 1984).

Cette extrême variabilité interindividuelle est liée, tout d'abord, à un facteur génétique, il représente 30% de la variabilité. Elle dépend aussi de l'entraînement ou elle représente 10 à 50%. La pratique régulière d'une activité à l'école, ou mieux, la pratique d'un sport, permet un meilleur développement du VO_2 max chez l'enfant et l'adolescent (Monod & Flandrois, 1997). On observe aussi selon notre modèle de régression linéaire que le poids corporel semble avoir une plus grande association avec le VO_2 max comparativement à l'IMC et le (%MG).

D'une manière générale les études ont montré que la diminution du VO_2 max avec l'âge est affectée par la relation qui existe entre l'âge, le composant graisseux du corps, l'activité physique, la fonction cardiovasculaire (volume cardiaque maximal) et peut-être aussi les changements morphologiques tel que la diminution de la masse musculaire (Armstrong & WELsman, 1996).

Il a été observé une grande différence inter sexe, les hommes ayant un taux de MG inférieurs à ceux des femmes ce qui contribue à expliquer en partie les différences de performances entre les hommes et les femmes (Wilmore, Brown, & Davis, 1977).

Enfin , un important VO_2 max témoigne d'un cœur en bonne santé, c'est un indicateur des limites des systèmes cardiovasculaire et respiratoire et un déterminant de la capacité de la performance aérobie (Cazorla, Leger, & Marini, 1984).

Conclusion

Conclusion

-conclusion :

Cette étude avait pour objectifs de mettre en évidence l'influence du poids corporel sur la pression artérielle et la performance chez les judokas. Les caractéristiques morphologiques et physiologiques ont été étudiées chez 100 athlètes, de sexe masculin, appartenant à l'élite sportive Algérienne, sont répartis en deux groupes selon le pourcentage de la masse grasse.

On a trouvé que le poids, l'IMC et le %MG influent positivement sur la pression artérielle (PAS, PAD) et la performance (VR, CTR, FCR,....etc.).

L'analyse de la régression linéaire révèle un résultat très hautement significatif ($p < 0,0001$) entre le %MG, l'IMC et la pression artérielle, donc il y a une relation de cause à effet entre les indicateurs d'adiposité et l'élévation tensionnelle chez les sujets étudiés, en plus l'IMC paraît être supérieur comme indicateur d'adiposité associé au risque cardiovasculaire (HTA) par rapport au %MG et ça ne concorde pas avec les différentes études parce que l'IMC est influencé par des facteurs d'autres que la masse grasse (masse musculaire, masse osseuse, volume plasmatique, .., etc.). Les résultats du modèle étaient hautement significatifs mais le facteur déterminant était peu, cela nous conduit, pour dire qu'il y a des dispositions génétiques et d'autres facteurs absents dans le modèle, On peut dire aussi, que la mesure de la masse grasse avec les plis cutanés n'est pas fiable et il faut utiliser d'autres équations ou d'autres méthodes de laboratoire.

Le volume d'oxygène maximale et la capacité du travail étaient supérieurs chez les athlètes en poids optimale, les modèles de la régression linéaire ont montré la supériorité du poids par rapport aux autres paramètres, cela nous conduit à dire qu'il y a une relation parfaitement

Conclusion

linéaire entre le poids et le VO_2 max. On a trouvé dans cette étude que les judokas présentent des fréquences cardiaques de repos élevée et de faibles consommations maximales d'oxygènes pour des judokas de haut niveau, ceci laisse supposer que la baisse du VO_2 max et la FC est due au sous-entraînement et ça explique pourquoi l'IMC est le meilleur indicateur d'adiposité malgré l'échantillon est constituée par des sportifs de haut niveau

Enfin, les paramètres morphologiques représentent un facteur déterminant pour le succès dans la compétition sportive et dans la prévention des facteurs de risques des maladies cardiovasculaires.

-Recommandations :

Les résultats de cette recherche pourront être utilisés afin de :

- Diriger plus efficacement l'entraînement et avoir de bon résultat.
- préserver la santé des athlètes.
- Prédire la performance dans cette discipline sportive.
- Il est nécessaire d'avoir des études supplémentaires chez une plus grande population des athlètes de judo pour mieux comprendre la relation entre les sports dite en résistance comme le judo et la pression artérielle.
- refaire la même recherche en introduisant d'autres facteurs responsables de l'élévation tensionnelle .

-Résumé :

L'objectif de cette étude rétrospective est de connaître la relation entre le poids corporel (IMC, %MG) avec la pression artérielle (PAS, PAD) et la performance (VO_2 max, PWC₁₇₀, FCR,etc.) Chez les judokas.

Notre échantillon est constitué de 100 athlètes de performance, sexe masculin (20-28 ans) en majorité des judokas évoluant au niveau national, à Alger, ayant des antécédents sportifs importants.

L'Effectif a été divisé en deux groupes selon le pourcentage de la masse grasse (20%).

On a trouvé que le poids, l'IMC et le %MG influent positivement sur la pression artérielle (PAS, PAD) et la performance (VR, CTR, FCR,....etc.).

L'analyse de la régression linéaire révèle un résultat très hautement significatif ($p < 0,0001$) entre le %MG, l'IMC et la pression artérielle, donc il y a une relation de cause à effet entre les indicateurs d'adiposité et l'élévation tensionnelle chez les sujets étudiés, en plus l'IMC paraît être supérieur comme indicateur d'adiposité associé au risque cardiovasculaire (HTA) par rapport au %MG et ça ne concorde pas avec les différentes études parce que l'IMC est influencé par des facteurs d'autres que la masse grasse. Les résultats du modèle étaient hautement significatifs mais le facteur déterminant était peu, cela nous conduit, pour dire qu'il y a des dispositions génétiques et d'autres facteurs absents dans le modèle, On peut dire aussi, que la mesure de la masse grasse avec les plis cutanés n'est pas fiable et il faut utiliser d'autres équations ou d'autres méthodes de laboratoire.

Le volume d'oxygène maximale et la capacité du travail était supérieur chez les athlètes en poids optimale, les modèles de la régressions linéaire ont montré la supériorité du poids par rapport aux autres paramètres, cela nous conduire à dire qu'il y a une relation parfaitement linéaire entre le poids et le VO_2 max. On a trouvé dans cette étude que les judokas présentent des fréquences cardiaques de repos élevée et de faibles consommations maximales d'oxygènes pour des judokas de haut niveau, ceci laisse supposer que la baisse du VO_2 max et la FC est due au sous-entraînement et ça explique pourquoi l'IMC est le meilleur indicateur d'adiposité malgré l'échantillon est constituée par des sportifs de haut niveau.

-Conclusion :

Enfin, les paramètres morphologiques (%MG, IMC) représentent un facteur déterminant pour le succès dans la compétition sportive et dans la prévention des facteurs de risques des maladies cardiovasculaires (HTA).

-Mots clés : poids corporel, %MG, IMC, pression artérielle, VO_2 max, performance, HTA.

Abstract:

The aim of this retrospective study is to know the relationship between body weight (BMI, %BF) with blood pressure (SBP, DBP) and performance (VO_2 max, PWC_{170} , FCR, etc...) among judo practitioners. Our sample represents 100 performance athletes, male (20-28 years) The sample was divided in two groups according to the percentage of body fat (20%).

It was found that weight, BMI and % BF positively affect blood pressure (SBP, DBP) and performance (VR, CTR, FCR, etc...).

The linear regression analysis revealed a very highly significant result ($p < 0.0001$) between % BF, BMI and blood pressure, so there is a cause and effect relationship between indicators of adiposity and tensional elevation in studied athletes, in addition the BMI appears to be higher as an indicator of adiposity associated with cardiovascular risk (hypertension) compared with % BF and it does not accord with the different studies because BMI is influenced by other factors than body fat.

The model results were highly significant but the determining factor was little, it lead us to say that there are genetic dispositions and other factors absent in the model, we can also say that the measure of body fat with skinfolds is unreliable and we must use other equations or other laboratory methods.

The maximum volume of oxygen and the physical work capacity were higher among athletes with optimal weight, the linear regression models showed the superiority of weight compared to other parameters, which lead us to say that there is a perfect linear relationship between weight and VO_2 max. Were found in this study that the athletes have elevated resting heart rate and low consumption of maximum oxygen for

high-ranking of judo practitioners , this suggests that the decline in VO_2 max and HR is due to under-training and it explains why the BMI is the best indicator of adiposity despite the sample consists of elite athletes.

-Conclusion:

Finally, the morphological parameters (% BF, BMI) represent a key factor for success in athletic competition and in the prevention of risk factors for cardiovascular disease (hypertension).

-Keywords: body weight, % BF, BMI, blood pressure, VO_2 max, performance, HTA.

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة اثر الوزن الجسمي (مؤشر كتلة الجسم ، نسبة الشحوم) على ضغط الدم الانقباضي و الانبساطي و المتغيرات الفسيولوجية للأداء الرياضي (الحد الأقصى لاستهلاك الاوكسجين ، الكفاءة البدنية ، ضربات القلب في الراحة ،...الخ) عند ممارسي رياضة الجودو.

كانت العينة متكونة من 100 رياضي ذوى المستوى العالي ، جنس ذكور ، حيث تم تقسيم العينة الى فوجين كل فوج يضم 50 رياضي و هذا حسب نسبة 20 بالمائة و التي اعتبرت كمرجع للبدانة في هذه الدراسة ، حيث وجدنا انه هناك علاقة طردية بين كل من الوزن ، مؤشر كتلة الجسم ، و نسبة الشحوم من جهة و ضغط الدم و العوامل الفسيولوجية الاخرى التي تحدد الأداء عند الرياضي (الحد الأقصى للاستهلاك الأوكسجين ، الكفاءة البدنية ، ضربات القلب في الراحة،...الخ) . اذن هناك علاقة سببية بين مؤشرات البدانة و ضغط الدم عند ممارسي الجودو ، و زيادة على ذلك تبين ان مؤشر كتلة الجسم هو أفضل مؤشر للدلالة على مخاطر الاصابة بأمراض الجهاز القلبي الوعائي (ارتفاع الضغط الدموي) و جاءت هذه النتيجة مخالفة للدراسات السابقة و التي تعتبر مؤشر كتلة الجسم لا يعكس بدقة نسبة الشحوم في الجسم لأنه يتأثر بعدة عوامل كالتطول ، السن ، الجنس و العرق.

نتائج نموذج التنبؤ من معادلات الانحدار الخطى البسيط كانت ذات دلالة عالية ، لكن العامل المحدد كان بنسب قليلة جدا و يرجع هذا لغياب عدة عوامل اخرى لم تدخل في النموذج و التي تعتبر مسؤولة عن رفع ضغط الدم ، كما استنتجنا ان معادلة المستخدمة لقياس نسبة الشحوم في الجسم عن طريق الاربع طيات لم تكن ذات ثقة عالية ، اذن يجب استخدام طرق اخرى اكثر دقة مثل الطرق المخبرية الحديثة.

هناك فروق ذات دلالة احصائية في كل من الاستهلاك الاقصى للأوكسجين و الكفاءة البدنية و ضربات القلب في الراحة لصالح لصالح الرياضيين ذوى الوزن الصحي ، و تحليل الانحدار الخطى البسيط أظهر التأثير الواضح للوزن مقارنة بالمتغيرات الاخرى على التقييم الفسيولوجي للأداء الرياضي و بما ان الدراسة الدراسة كانت على رياضيي النخبة فان المؤشرات الفسيولوجية لكل من الاستهلاك الاقصى للأوكسجين و ضربات القلب في الراحة كانت ضعيفة و ربما يرد هذا لنقص اللياقة البدنية و هذه النتيجة تعكس لماذا كان مؤشر كتلة الجسم هو الاكثر دلالة على ارتفاع ضغط الدم ، هذه المؤشرات تقارب الحالة الفسيولوجية لغير الممارسين للرياضة او من العامة).

في الأخير المؤشرات المورفولوجية لها ارتباط عالي بالمؤشرات الفسيولوجية التي تعتبر من متطلبات الاداء الرياضي و هي تعكس أيضا عوامل الخطورة كارتفاع ضغط الدم و بالتالي الاصابة بأمراض الجهاز القلبي الوعائي .

الكلمات المفتاحية " الوزن ، مؤشر كتلة الجسم ،نسبة الشحوم ، الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، ضغط الدم ، الاداء الرياضي ، ارتفاع ضغط الدم " .

-Références bibliographiques:

01. ACSM. (1996). *ACSM position stand on weight loss in wrestlers*.
Medecine and science in sports and exercise.
02. Al-Hazzaa. (1998). La fréquence cardiaque pendant les activités et sportives. *Périodique Saudienne de la medecine du sport*(4), p. 116.
03. Al-Hazzaa , H. (2010). obesity in Arabic nation. *body mass index*.
bahrain center of studeis and research ,arabic center of nutrition.
04. Al-Masri, L., & Bartlett, S. (2011). *100 Questions & Answers About Sports Nutrition and Exercise*. USA: Library of Congress
Cataloging-in-Publication Data.
05. American College of Sports Médecine. (2008). *Body Composition Status and Assessment*. (Vol. 8). (W. a. Lippincott, Éd.)
Philadelphia.
06. American college of sports medicine, Dietitians of Canada, &
American Dietetic Association. (2000). Nutrition and athletic
performance. *J Am Diet Assoc*.
07. Anta Diop Ndiaye . (2008). COMPOSITON CORPORELLE ET
QUALITES PHYSIQUES DES KARATEKAS CHAMPIONS
D'AFRIQUE 2008. SENEGAL.
08. ARMSTRONG, N., & WELSMAN, R. (1996). Assessment and
Interpretation of aerobic fitness in children and adolescents.
international journal of sports medicie.
09. ASMAR, R. (2002). Pression artérielle. Régulation et épidémiologie.
Mesures et valeurs normales. *E. M. C, Cardiologie*.
10. Astrand, P. (1994). *Précis de physiologie de l'exercice musculaire*.
Masson.
11. Azbe, M. (2007). The effect of Predetermined Training Loads Using
Arms and Legs on Response of Blood Pressure and Heart Functions
–A Comparative Study. *Revue of islamique Uiniversity*, 15(2).

12. B. Gojanovic. (2010). Fitness, Sports and Blood Pressure. California, California.
13. Bagnost, T. (2010, décembre). interet de l'arginine comme nouvelle cible therapeutique dans le traitement de la dysfonction endotheliale associee a l'hypertension artérielle. france.
14. Barr, S., McCargar, L., & Crawford, S. (1994). practical use of body composition analysis in sport. *sports medecine*, 17(5), 277-282.
15. Barron, J.L, Noakes, T., Levy, W., Smith, C., & Millar, R. (1985). Hypothalamic dysfonctionn in overtrained athletes. *journal of clinical endocrinology and métabolism*.
16. Bassiouny, H., Zarins, C., Kadowaki, M., & Glagov, S. (1994). Hemodynamic stress and experimental aortoiliac atherosclerosis. *J Vasc Surg*.
17. BEHNKE. (1942). The specific gravity on healthy men ,body weight and volume as index of obesity. *american journal of medecine association*, 118, 495-498.
18. Boudida, Y. (2007). place du gras et du sel dans l'alimentation des hypertendus dans la wilayan de constantine. *thèse de magister*. université de Mentouri -faculté des sciences, Algérie.
19. Brikci, A. (1995). *physiologie appliquée aux activités sportives*. Tipaza, algerie: Abada.
20. Brikci, A., & Dekkar, N. (1987). Athlétisme , Variables prédictives de la performance. *medecine du sport*, pp. 64-69.
21. Brooks, G., & Mercier, J. (1994). Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise,effetct of training. *journal of applied physiology*.
22. Brozek, J., & al. (1963). Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions. *Ann N Y Acad Sci*, p. 110.

23. Brun, J. (2008, janvier/février). Nutrition et performance sportive. *Médecins du sport*(87).
24. Brun, J., Dumortier, M., Fédou, C., & Mercier, J. (2001). Exercise Hypoglycemia in nondiabetic subjects. *Diabetes Metab*, pp. 92-106.
25. Brun, J.F; Aïssa Benhaddad, A; Raynaud, E. (1988). *progrés en médecine physique et de réadaptation*. Paris: Masson.
26. Brun, JF; Dumortier, M; Fédou, C; Mercier, J. (2001). *Exercise Hypoglycemia in nondiabetic subjects*.
27. Brunet-Guedj, E., Brunet, B., Girardier, J., & Moyen, B. (2006). *Médecine du sport*. Paris: Masson.
28. Burt, C. (1946). *L'étude factorielle des types physiques*.
29. Butterfield, G. (1991). *Ergogenics - Enhancement of performance in exercise and sport* (éd. Dubuque). (D. Lamb, & M. Williams, Éds.)
30. BYRNE, H., & WILMORE, J. (2000). The Effects of Resistance Training on Resting Blood Pressure in Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
31. Callister, R., Staron, R., Fleck, S., Tesch, P., & Dudley, G. (1991). Physiological characteristic of elite judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*.
32. Caroll, J., & al. (1997). reduced cardiac contractile responsiveness to isoproterenol in obese rabbits. *Hypertension*.
33. Carré. (2006). **RECOMMANDATIONS SUR LA CONDUITE À TENIR DEVANT LA DÉCOUVERTE D'UNE HYPERTROPHIE VENTRICULAIRE GAUCHE CHEZ UN SPORTIF**. Consulté le 03 15, 2011, sur société française de cardiologie: www.sfcardio.fr
34. Carré, F. (2000). *Cardiologie du sport*. Masson.
35. CARRÉ, F. (2000, Avril/Mai). Les adaptations cardiovasculaires à l'exercice musculaire (2). *Medecins du sport*(35), p. 18.

36. Carré, F., & Laporte, T. (2000). adaptations cardiovasculaires à l'exercice musculaire- Les adaptation aigues. *Medecins du sport*.
37. CARRÉ, F., GUINOT, M., & BERMON, S. (2001). Hématologie et sport (1° partie). *Medecins du sport*(41), p. 13.
38. Carré, F., Verdier, J.-C., & Poncelet, P. (2007, Mai/Juin). Hypertension artérielle et sport. *Medecins du sport*(83), pp. 15-16.
39. Cazorla, G., Leger, L., & Marini, J. (1984). Les épreuves d'effort en physiologie , évaluation de la valeur physique. *travaux et recherches en EPS, 31*.
40. Champely, S. (2004). *Statistique vraiment appliquée au sport*. Bruxelles: deboeck.
41. Chanudet, X., Lambert de Créteur, G., Bonnevie, L., & Louembé, L. (2005). Pression artérielle et musculation. *science direct*.
42. Clapp, J., Wesly, M., & Sleamaker, R. (1987). Thermoregulatory and metabolic responses to jogging prior to and during pregnancy. *medicne and science in sports and exercise*.
43. comité scientifique de kino-quebec. (2006). *l'activité physique et le poids corporel*. Quebec: ministère de l'éducation,du loisir et du sport.
44. Costill, D., & Wilmore, J. (2006). *physiologie du sport et de l'exercice* (éd. deboeck). bruxelle: deboeck.
45. Cullum, I., Ell, P., & Ryder, J. (1989). X-ray dual-photon absorptiometry: a new method for the measurement of bone density. *british journal of radiology*.
46. Cureton, K., & Sparling , P. (1980). distance running performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentaly equated. *Medecine and science in sports and exercise*.
47. De simone , G., & al. (1997). Storke volume and cardiac output in normotensive children and adults , assesement of relation with body size and impact of overweight . *Circulation*.

48. Degoutte, F., Jouanel, P., & Filaire, E. (2009). Energy demands during a judo match and recovery . *British Journal of Sports Medicine*.
49. Dekkar, N., Brikci, A., & Hanifi, R. (1990). *techniques d'evaluation physiologiques des athlètes*. Algérie: COA.
50. Dempster, P., & Aitkens, S. (1995). A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med Sci Sports Exerc*.
51. Dempsy, J. (1986). Is the lung built for exercise ? *Medicine and science in sports and exercise*.
52. Dessi-Fulgherip, & al. (1997). plasma atrial natriuretic peptide and natriuretic receptor gene expression in adipose tissue of normotensive and hypertensive obese patients. *journal of hypertension*.
53. Deurenberg, P., Yap, M., & Van Staveren, W. (1998). Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic group. *international journal of obesity*.
54. Douard, H., Vuillemin, C., Bordier, P., & al. (1994). Profils tensionnels normaux à l'effort selon l'âge, le sexe et les protocoles. *Arch Mal Cœur* .
55. DOUTRELOUX, J. (1999). *Physiologie et biologie du sport*. Vigot.
56. drinkwater, B., Bruemner, B., & Chesnut, C. (1990). Menstrual history as a determinant of current bone density in young athletes. *Journal of the american medical association*.
57. Drinkwater, B., Bruemner, b., & Chesnut, C. (1990). Menstrual history as a determinant of current bone density in young athletes. *Journal of the american medical association*.
58. Drissi, B. (2003). Caractéristiques morpho-fonctionnelles et technico-tactiques de la performance . Alger, université d'alger- Département de l'Education Physique et Sportive, Algérie.

59. Durnin, J., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *british journal of nutrition*, 32.
60. ELMER-HAERRIG, V. (2006). *COURS - CARDIOLOGIE - LA PRESSION ARTERIELLE ET SA MESURE*. Consulté le 04 15, 2011, sur <http://www.infirmiers.com/etud/cours/cardio/la-pression-arterielle.php>.
61. expertise, c. (2008). *activité physique " contexte et effets sur la santé"*. INSERM.
62. Fate, R., Barnes, C., & Mitier, W. (1985). A physiology comparison of performance-matched female and male distance runners. *Reaserch Quarterly for exercise and sport*.
63. Fergusson, R. (1974, Avril). La condition physique. *La condition physique des québécois*. Canada/Québec.
64. Ferré, J., & Leroux, P. (1996). *Préparation aux diplome d'éducateur sportif* (Vol. 1). Paris: amphora.
65. Fery, a., Devoize, J., & Juquel, B. (2002, mars/avril). composition corporelle , quels méthodes utiliser? *Medecins du sport*, pp. 11-14.
66. Fideluis, K., & Koctaasz. (1982). *Atlas des exercices physiques*. Paris, France: INSEP.
67. Fields, D., Goran, M., & McCrory, M. (2002). McCrory, Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *american journal of clinical nutrition*, 3.
68. Flamm, S., Taki, J., Moore, R., Lewis, S., Keech, F., Maltais , F., et al. (1990). Redistribution of regional and organ blood volume and effect on cardiac function in relation to upright exercice intensity in healthy human subjects. *Circulation*.

69. Forbes, G. (1987). *Human body composition*. new york: Springer Verlag.
70. Forbes, G., & Hursh, J. (1963). Age and sex trends in lean body mass calculated from K40 measurements. *ann New York academy of science*, 110.
71. Ford, I. (1984). some consequences of body size. *american journal of physiology*.
72. Fox, E., & Mathews, D. (1984). *Bases physiologiques de l'activité physique*. Montréal: Décarie-Vigot.
73. G.Abiodun, A., O. Egwu, M., & A. Adedoyin, R. (2011). Anthropometric Indices Associated with Variation in Cardiovascular Parameters among Primary School Pupils in Ile-Ife. *International Journal of Hypertension*, 5.
74. Gallagher, D., Visser, M., Sepulveda, D., Pierson, R., Harris, T., & Heymsfield, S. (1996). How Useful Is Body Mass Index for Comparison of Body Fatness across Age, Sex, and Ethnic Groups? *American Journal of Epidemiology*, 228-239.
75. Gallagher, K., Raven, P., & Mitchell , J. (1999). *the athlete and heart disease. Diagnosis, evaluation and management*. (W.-L. e. –Wilkins, Éd.) Philadelphia: RA.
76. GILBERT, C., NUTTER, D., FELNER, J., PERKINS, J., HEYMSFIELD, S., & SCHLANT, R. (1977). Echocardiographic study of cardiac dimensions and function in the endurance trained athlete. *American journal of cardiology*.
77. Going, S. (1996). *Densitometry*. In *Human Body Composition*. Champaign: AF Roche, SB Heymsfield and TG Lohman, editors.
78. gottdiener, J., & al. (1994). Importance of obesity , race and age to the cardiac structural and functional effects of hypertension. *journal of the american college of cardiology*.
79. Grande, F., & Keys, A. (1998). *Body weight, body composition and calorie status*. Modern nutrition in health and disease.

80. GUEDON, G. (1974). *HEMODYNAMIQUE DE L'HYPERTENSION ARTERIELLE*. Médicales Merck Sharp et Dohm.
81. Guénard , H. (2001). *Physiologie humaine*. Pradel.
82. Hermann, H., & Cier, J. (1975). *Précis de physiologie*. Masson.
83. Hoffer, E., Meador, C., & Simpson, D. (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of applied physiology*, 4(27).
84. Houston, M. (1999). Gaining weight :the scientific basis of increasing skeletal muscle mass. *Canadian journal of applied physiology*.
85. Jouven , X., Empana, J., Schwartz, P., & al. (2005). Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* .
86. Katch, F., & McArdle, W. (1985). *nutrition , masse corporelle et activité physique* (éd. edition vigot). paris, Canada/quebec: Edisem.
87. Katch, V., McArdle, W., & Katch, F. (2011). *Essentials of Exercise Physiology*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
88. Khaled, S., Brun , J., Bardet, L., & al. (1997). Importance physiologique du zinc dans l'activité physique. *Science & Sports*.
89. Khaled, S., Brun, J., Micallel, J., & al. (1997). Serum zinc and blood rheology in sportsmen (foot-ball players). *Clin Hemorheol Microcirc* , 47-58.
90. Krauss, R., & al. (1998). obesity.impact on cardiovascular disease. *ciculation*.
91. Kuipers, H., & Keizer, H. (1988). Overtraining in elite athletes :review and directions of futur . *sports medecine*.
92. Laub, M., Hvid-Jacobsen, K., Hovind , P., Kanstrup, I., Christensen, N., & Nielsen, S. (1993). Spleen emptying and venous hematocrit in humans during exercise. *Journal opf applied physiology*.

93. Lentini, A., Mckekelvie, R., McCartney, N., Tomlinson, C., & MacDougall, J. (1993). Left ventricular response in healthy young men during heavy-intensity weight lifting exercise. *journal of applied physiology*.
94. Licata, G., & al. (1994). central obesity and hypertension , relationship between fasting serum insulin, plasma renin activity and diastolic blood pressure in young obese subjects. *American journal of hypertension*.
95. Lips, D., DeWindt, L., van Kraaij, D., & Doevendans , P. (2003). Molecular determinants of myocardial hypertrophy and failure :alternative pathways for beneficial and maladaptive hypertrophy. *The European heart journal*.
96. Lohman. (1996). *Dual Energy X-Ray Absorptiometry, in Human Body Composition*. (S. H. A.F. Roche, Éd.)
97. Lohman, T. (1982). Body composition methodology in sports médecine. *The Physician and Sports medecine*, pp. 47-58.
98. Lohman, T. (1996). *human body composition* (éd. human kinitics). (a. Roche, S. Heymsfield, & T. Lohman, Éds.)
99. Mac Ardele, W., Katch, F., & Katch, V. (2004). *Nutrition et performance sportive*. Bruxelles: Deboeck.
100. Mac Dougall, J., Tuxen, D., Sale, D., & Sutton, J. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of applied physiology*(58).
101. MAhiddine, D. (2009). influence des paramètres biométrique et des capacités motrices (physique et hydrodynamique) sur l'apprentissage différencié de jeunes enfants (8-9 ans) en crawl et en dos crawlé. thèse du doctorat, algérie.
102. Manno, R. (1989). *les bases de l'entrainement sportif*. italy: revue d'EPS.
103. Marieb, E. (1999). *anatomie et physiologie humaines*. Deboeck.

104. Marques-Vidal, P., Bochud, M., Mooser, V., & al. (2009). Obesity markers and estimated 10-year fatal cardiovascular risk in Switzerland. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular* .
105. McArdel, W., & Coll. (1989). *Physiologie de l'activité physique*. France: Vigot.
106. McArdele, W., & Katch, F. (1985). *Nutrition, masse corporelle et activité physique*. Edisem/vigot.
107. McArdelle, W., Katch, F., & Katch, V. (2004). *Nutrition et performance sportive*. bruxelle: Deboeck.
108. McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (1989). *Physiologie de l'activité physique, Energie Nutrition et Performance*. paris: Edition Vigo.
109. McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2001). *Physiologie de l'activité physique*. Edition Maloine/Edisem.
110. McArdle, w., Katch, V., & Katch, F. (1991). *Exercise physiology, energy, nutrition, and human performance*.
111. Medved, R. (1996). body height and predisposition for certain sports. *journal of sport medicine and physical fitness*.
112. MENEVEAU, N., & DUCLOUX, D. (2001). *hypertension artérielle essentielle de l'adulte*. Consulté le 05 12, 2011, sur ANAES.
113. Messaoudi, R., & Rahmoune, M. (2004). *Contribution à l'étude de la relation pluie débit à l'échelle du bassin versant d'oued ouahran, thèse d'ingénieur d'état en hydrolique*. (éd. UHBC).
114. Mitchell, J. (1994). Task force 4th. *J Am Coll Cardiol*.
115. Monnier, L., Colette, C., Percheron, C., & al. (2001). Dietary assessment in current clinical practice: how to conciliate rapidity, simplicity and reliability. *Diabetes Metab*.
116. Monod, H., & Flandrois, R. (1996). *physiologie du sport*. Masson.
- Monod, & Flandrois. (1997). *Physiologie du sport. Bases physiologiques des activités physiques (Abrégé)*. Edition Masson.

117. Monod, H., & Flandrois, R. (2003). *Physiologie du sport*. Paris: Masson.
118. Monod, H., Kahn, J., Amoretti, R., & Rodineau, J. (2000). *medecine du sport*. paris: masson.
119. muredu, G., & al. (1996). left ventricular filing pattern in uncomplicated obesity. *American journal of cardiology*.
120. NDIAYE , C. (2007). LA PERTE DE POIDS VOLONTAIRE DANS LES SPORTS DE COMBATS : EXEMPLE LE JUDO. SENEGAL.
121. NDIIOUCK, A. (1994, mars). Evaluation des pertes hydriques lors de l'entraînement chez les judokas Sénégalais. *Evaluation des pertes hydriques lors de l'entraînement chez les judokas Sénégalais*. Dakkar, inseps, Sénégal.
122. Noriega, E., Brun, J., Gautier, J., & al. (1997). Effects of rice on submaximal exercise endurance capacity. *Science & Sports*.
123. Norton, K., Olds, T., Olive, S., & Graig, N. (1996). *antropometry and sports performance*. (N. a. T.olds, Éd.) Marrick ville, Australia: UNSW press.
124. Obert, P., & al. (2003). Cardiovascular responses to endurance training in children:effect of gender. *europaen journal of clinical investigation*.
125. Pallikarakis , N., Jandrain , B., Pirnay, F., & al. (1986). Remarkable metabolic availability of oral glucose during long-duration exercise in humans. *journal of applied physiology*.
126. Perez-Martin , A., Dumortier, M., Raynaud, E., & al. (2001). Balance of substrate oxidation during submaximal exercise in lean and obese people. *Diabetes Metab* .
127. Pescatello, L., Franklin, B., Robert Fagard, M., Farquhar, W., Kelley, D.A, G., & Ray, C. (2004). Exercice et hypertension. (t. A. Medicine, Éd.) *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*.

128. Philippeau , G. (1992). *Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ?* Service d'Etude Statistiques (éd. ITCF).
129. Philippeau, G. (1986). *Comment interpréter les résultats d'une A.C.P.?* STAT-ITCF,.
130. Pirnay, F. (1992). Mesurer l'endurance. *Revue d' Education Physique*.
131. Poirier , P., Alpert, M., Fleisher, L., & al. (2009). Cardiovascular Evaluation and Management of Severely Obese Patients Undergoing Surgery. *The American Heart Association*, pp. 85-95.
132. Position of the American Dietetic Association, D. o. (2000). Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*.
133. Racette, S., Deusinger, S., & Deusinger, R. (2003). Obesity: overview of prevalence, etiology, and treatment. *physical therapy*.
134. Reynier, M., Brun, J., & Orsetti, A. (1998). Effets métaboliques de l'association L-Carnitine-L-Lysine Méthionine contre placebo au cours d'exercices submaximaux. *Science & Sports*, pp. 17-25.
135. Riché, D. (2007). *Guide nutritionnel des sports d'endurance*. Vigot.
136. Riendeau, R. &. (1958). Relation ships of body fat to motor fitness test scores. *Reseach quarterly*.
137. Riendeau, R., Welch, B., Crips, C., Crowley, L., Griffin, P., & Brockett, J. (1958). *Relationships of body fat to motor fitness test scores*. Research Quaterly.
138. Rodwell Williams, S. (1989). *Nutrition and diet therapy*.
139. Rowell, I. (1993). *Human cardiovascular control*. New York: Oxford university press.
140. Said Aissa, K. (1997). Influence physiologique du jeûne chez les athlètes de haut niveau. *thèse du doctora*. algérie.
141. sayed, A. N. (2003). *Théories et applications de la physiologie du sport*. Egypte: Dar el-Fikr al arabi.

142. Scaglione, R., & al. (1995). central obesity and hypertension : pathophysiologic role of renal haemodynamics and function. *international journal of obesity*.
143. Seguin, R. (1998). mémoire. *la programmation de l'entrainement de judo au niveau du club*.
144. Shanglod, M., Rebar, R., Wents, A., & Schiff, L. (1990). evaluation and management of menstruel dysfunction in athletes. *Journal of the american medical association*.
145. Sherman, w. (1991). *ergoginics - Enhancement of performance in exercise and sport*. (D. Lamb, & M. Williams, Éds.) Dubuque.
146. Sikorski, w. (2010). Identification of judo contest from physiological viewpoint. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*.
147. SILBERNAG, S., & DESPOPOULOS, A. (2000). *athlas de poche de physiopathologie*. Médecine-Science Flammarion.
148. Silverthorn, D. (2007). *Physiologie humaine une approche intégrée*. Pearson.
149. Simão, R., Deus, j., Miranda, F., Lemos, A., Baptosta , L., & Novaes, J. (2007). Hypotensive effects in hypertenses after judo class. *Fitness & performance*.
150. Siri, W. (1961). *Body Composition from fluid spaces and density, in Techniques for Measuring Body Composition*. washington: J. Brozek and H.A. Washington, Editors.
151. Sobol, w., Rossner, S., Hinson, B., Hilbrandt, E., Karsraedt, N., Santago, P., et al. (1991). Evaluation of a new magnetic resonance imaging method for quantitating adipose tissue areas. *international journal of obesity*, 15.
152. Stager, J., & Cordain. (1984). Relationship of body composition to swimming performance in female swimmers. *Journal of swimming Research*.

153. Steen, S., & Brownell, K. (1990). Patterns of weight loss and regain in wrestlers :has the tradition change ? *Medecine and science in sports and exercise*.
154. SZCZESNY, S. (1984). La détection des talents en cours de vitesse. *Travaux et recherche*(7).
155. Tanaka, I., Monaho, D., & Seals, D. (2001). age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American college of cardiology*(37).
156. Tappyl, G. (2000). dépense d'énergie , composition corporelle et activité physique chez l'homme. *medecine /sciences*, 16.
157. Verdier, J.-C. (2005). Place du sport dans le traitement. *EMC- Cardiologie Angéiologie 2*.
158. Vogt, W. (1993). *Dictionary of statistics and methodology : A nontechnical guide for the social sciences*. Newbury Park, CA.
159. Waldemar, S. (2010). Identification of judo contest from . *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 115-118.
160. Wang, J., Thornton, J., Russell, M., Burastero, S., Heymsfield, S., & Pierson, J. (1994). Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than whites: comparisons of anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr*.
161. Weineck, J. (1998). *biologie du sport*. Paris: vigot.
162. Weineck, J. (2003). *Manuel d'entrainement*. Vigot.
163. Wilmore, J., & Costill, D. (2006). *Physiologie du sport et de l'exercice*. deboeck.
164. Wilmore, J., Brown, C., & Davis, J. (1977). Body physique and composition of the female distance runner. *Annals of the New York Academy of Sciences*.

165. Withers, R., & al. (2000). *Two, Three and Four-compartment Chemical Models of Body Composition Analysis, in Anthropometrica*. (E. T. Olds and K. Norton, Éd.) UNSW Press.
166. Withers, R., & Hamdorf, P. (1989). Effect of immersion on lung capacities and volumes: implications for the densitometric estimation of relative body fat. *journal of sport science*, 1(7).
167. WONG, W., Cochran, W., Klish, W., Smith, E., Lee, L., & Klein, P. (1988). In vivo isotope-fractionation factors and the measurement of deuterium and-oxygen-18 -dilution spaces from plasma, urine, saliva, respiratory water vapor, and carbon dioxide. *Am J Clin Nutr*(47), 1-6.
168. Wullaert, P. (1984). *guide pratique du medecine du sport*. masson.

Sites Web :

-*La pression artérielle et sa mesure*. (2006). (Pfizer Inc) Consulté le 04 11, 2011, sur <http://www.infirmiers.com/etudiants-en-ifsu/cours/cours-cardiologie-la-pression-arterielle-et-sa-mesure.htm>

-Gilbert, D. (2004, Novembre 09). *Formation sur les expéditions et comment voyager léger (physiologie d'exercice)*. Consulter le 02 10, 2011, sur www.VoyagerUltraLeger.com

Annexe(01)

	VAR00014	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Age	1,00	50	21,5800	2,47510	,35003
	2,00	50	21,6800	3,05354	,43184
Poids	1,00	50	73,3080	10,01209	1,41592
	2,00	50	102,2300	22,82078	3,22735
Taille	1,00	50	174,0300	6,18211	,87428
	2,00	50	179,1700	7,63558	1,07983
IMC	1,00	50	24,1330	2,38539	,33735
	2,00	50	31,5782	5,68305	,80370
MG	1,00	50	12,9110	3,38664	,47894
	2,00	50	25,2188	3,44568	,48729
CTR	1,00	50	19,2122	3,39740	,48046
	2,00	50	15,1576	4,01871	,56833
VR	1,00	50	50,0282	6,92508	,97935
	2,00	50	37,9916	7,82440	1,10654
PAS	1,00	50	113,8000	13,30797	1,88203
	2,00	50	124,5000	15,65736	2,21429
PAD	1,00	50	66,3000	10,72904	1,51732
	2,00	50	75,8000	10,75516	1,52101
PAM	1,00	50	82,1332	10,61064	1,50057
	2,00	50	92,0330	11,27516	1,59455
FCR	1,00	50	60,0400	10,91705	1,54390
	2,00	50	65,2200	9,84428	1,39219
VES	1,00	50	96,9180	9,10272	1,28732
	2,00	50	91,8780	9,19947	1,30100
Q	1,00	50	5826,1240	1224,83214	173,21742
	2,00	50	6012,4360	1187,90144	167,99463

Annexe(02)

Etablissement Hospitalier Spécialisé
Dr MAOUCHE Mohand Amokrane

EPREUVE D'EFFORT

N°	1 ^{er} Examen					2 ^{ème} Examen					3 ^{ème} Examen					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Charges attendues	W					W					W					
	1					1					1					
W																
Fe																
TA	[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					
Récup	1 min	[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					[Handwritten notes]				
	2 min	[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					[Handwritten notes]				
	3 min	[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					[Handwritten notes]				
Résult.	[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					
Pwc 170	[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					
VO 2 min	[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					
Appréciation	[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					[Handwritten notes]					

Annexe(03)

1-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,411
R ² (coefficient de détermination)	0,169
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,160
SCR	19572,986

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	3979,764	3979,764	19,926	< 0,0001
Résidus	98	19572,986	199,724		
Total	99	23552,750			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	102,021	4,089	24,948	< 0,0001	93,905	110,136
%MG	0,898	0,201	4,464	< 0,0001	0,499	1,298

L'équation du modèle s'écrit : **PAS = 102,02 + 0,89 X %MG**

Annexe(04)

2-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAD) :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,420
R ² (coefficient de détermination)	0,176
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,168
SCR	11173,054

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	2391,696	2391,696	20,978	< 0,0001
Résidus	98	11173,054	114,011		
Total	99	13564,750			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	57,771	3,090	18,698	< 0,0001	51,640	63,902
%MG	0,697	0,152	4,580	< 0,0001	0,395	0,998

L'équation du modèle s'écrit : **PAD = 57,770 + 0,696 × %MG**

Annexe(05)

3-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) dans le groupe 01 :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,112
R ² (coefficient de détermination)	0,013
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	-0,008
SCR	8568,314

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	109,686	109,686	0,614	0,437
Résidus	48	8568,314	178,507		
Total	49	8678,000			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	108,094	7,521	14,373	< 0,0001	92,973	123,215
MG	0,442	0,564	0,784	0,437	-0,692	1,576

L'équation du modèle s'écrit : **PAS = 108,09 + 0,44 X %MG**

Annexe(06)

4-La relation linéaire entre (%MG) et la (PAS) dans le groupe (02) :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,336
R ² (coefficient de détermination)	0,113
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,095
SCR	10653,887

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	1358,613	1358,613	6,121	0,017
Résidus	48	10653,887	221,956		
Total	49	12012,500			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	85,970	15,715	5,471	< 0,0001	54,373	117,568
MG	1,528	0,618	2,474	0,017	0,286	2,770

L'équation du modèle s'écrit : **PAS = 85,97 + 1,52 X %MG**

Annexe(07)

5-La relation linéaire entre (IMC) et la (PAS) :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,550
R ² (coefficient de détermination)	0,303
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,296
SCR	16423,413

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	7129,337	7129,337	42,541	< 0,0001
Résidus	98	16423,413	167,586		
Total	99	23552,750			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	77,878	6,459	12,058	< 0,0001	65,061	90,695
IMC	1,482	0,227	6,522	< 0,0001	1,031	1,932

L'équation du modèle s'écrit : **PAS = 77,87 + 1,48 X IMC.**

Annexe(08)

6-La relation linéaire entre (IMC) et la (PAD) :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,473
R ² (coefficient de détermination)	0,223
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,215
SCR	10534,630

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	3030,120	3030,120	28,188	< 0,0001
Résidus	98	10534,630	107,496		
Total	99	13564,750			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	44,143	5,173	8,534	< 0,0001	33,878	54,409
IMC	0,966	0,182	5,309	< 0,0001	0,605	1,327

L'équation du modèle s'écrit : **$PAD = 44,14 + 0,96 \times IMC$**

Annexe(09)

7-La relation linéaire entre (%MG) et la (VR) :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,750
R ² (coefficient de détermination)	0,562
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,558
SCR	3927,025

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	5044,691	5044,691	125,892	< 0,0001
Résidus	98	3927,025	40,072		
Total	99	8971,716			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	63,295	1,832	34,556	< 0,0001	59,661	66,930
%MG	-1,012	0,090	-11,220	< 0,0001	-1,191	-0,833

L'équation du modèle s'écrit : $VR = 63,29 - 1,01X \%MG$.

Annexe(10)

8-La relation linéaire entre (IMC) et la (VR) :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,828
R ² (coefficient de détermination)	0,685
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,682
SCR	2826,866

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	6144,850	6144,850	213,026	< 0,0001
Résidus	98	2826,866	28,846		
Total	99	8971,716			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	82,326	2,680	30,723	< 0,0001	77,009	87,644
IMC	-1,376	0,094	-14,595	< 0,0001	-1,563	-1,189

L'équation du modèle s'écrit : **VR = 82,32 - 1,37 X IMC**

Annexe(11)

9-La relation linéaire entre le poids et le (VR) :

Coefficients d'ajustement :

R (coefficient de corrélation)	0,845
R ² (coefficient de détermination)	0,715
R ² aj. (coefficient de détermination ajusté)	0,712
SCR	2559,367

Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables (H0 = Y=Moy(Y)) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	1	6412,349	6412,349	245,533	< 0,0001
Résidus	98	2559,367	26,116		
Total	99	8971,716			

Paramètres du modèle :

Paramètre	Valeur	Ecart-type	t de Student	Pr > t	Borne inférieure 95 %	Borne supérieure 95 %
Constante	75,028	2,044	36,699	< 0,0001	70,971	79,085
poids	-0,353	0,023	-15,670	< 0,0001	-0,398	-0,309

L'équation du modèle s'écrit : **VR = 75,02 - 0,35 X poids.**