

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION.....	1-3
PREMIERE PARTIE : Rappels.....	4
I- Rappels sur la respiration.....	5
1- définition de la fonction respiratoire.....	5
2- physiologie de la respiration.....	5
2-1 la ventilation.....	5
3- Effets de l'entraînement sur.....	6-7
les fonctions respiratoires.....	
II- Rappels sur l'électrocardiogramme (ECG) normal.....	7
1- Fréquence Cardiaque.....	7
2- La Séquence de base.....	8
a- onde P.....	8
b- Complexe QRS.....	8
c- Onde T.....	8
d- Espace PR.....	8
e- Segment ST.....	9
f- Intervalle QT.....	9
3- Axe QRS.....	9
4- Indices.....	9
a- Indice de Sokolow-Lyon (ISL).....	9
b- Indice de Heller-Blondeau (IHBL).....	10
c- Indice de Lewis (IL).....	10
5- Modifications courantes liées à l'entraînement.....	10
physique d'endurance:.....	

5-1 Particularités du rythme cardiaque chez le sportif.....	10
a- Bradycardie Sinusale.....	10
b- Rythmes ectopiques.....	10-11
c- Arythmies Ventriculaires.....	11
5-2- Particularités à la conduction cardiaque chez le sportif.....	11
a- Conduction auriculoventriculaire.....	11
b- Conduction intraventriculaire.....	12
5-3 Hypertrophie cardiaque électrique du sportif.....	12
5-4 - Particularités de la Repolarisation cardiaque chez le sportif...	12-13
III - Constitution et propriétés des fibres musculaires striées.....	13
squelettiques.....	
A- place du muscle dans l'organisme.....	13-14
1- Organisation du muscle en unités motrices.....	14
2- Caractères généraux des fibres musculaires.....	14
2-1- Membrane plasmatique.....	14
2-2- Les myofibrilles.....	14-15
2-3- Le sarcoplasme.....	15
3- Les différents types de fibres musculaires.....	15-16
B- Effets de l'entraînement.....	16
1- Augmentation de la masse musculaire.....	16
2- Effet sur la typologie des fibres.....	17
3- Développement des capillaires.....	17-18
4- Effets sur le métabolisme des muscles.....	18
C- Aspects mécaniques, techniques, et électriques.....	18
de la contraction musculaire.....	
1- Propriétés générales du muscle.....	18
a- Excitabilité.....	18
b- Elasticité.....	18
c- contractilité.....	18-19
2- L'état actif et le modèle mécanique du muscle.....	19
D- Exploration de la puissance anaérobie alactique.....	19

E- Description de la détente verticale.....	20
Deuxième: partie travail personnel.....	21
Chapitre I Sujets et Méthodes.....	22
1- Sujets.....	22
2- Matériels et Méthodes.....	22
2-1 Matériels.....	22-23
2-2- Méthodologie.....	23
a- Protocole.....	23
b- Utilisation du matériel.....	23-26
c- Calculs statistiques.....	26
Chapitre II : Résultats.....	27
A- valeur des données anthropométriques.....	27-28
B - Valeurs obtenues lors de l'EFR.....	29-32
C- Valeurs obtenues lors de l'ECG.....	33-34
D- Valeurs obtenues de la détente verticale.....	33
Etudes de la fonction respiratoire.....	35-36
A au niveau de volumes mobilisable.....	37
1- Capacité vitale lente (CVL).....	37
1-1 Résultats globaux.....	37
1-2 Résultats analytiques.....	37
B- Volume résiduel (VR).....	37
1-1 Résultats globaux.....	37
2-2 Résultats analytiques.....	37
3- Indice de Moltey.....	37
4- Capacité pulmonaire total (CPT).....	37
4-1 Résultats globaux.....	37
4-2 Résultats analytiques.....	38
B- Au niveau de débits bronchiques.....	38
1-Débit expiratoire maximal seconde (VEMS).....	38
1-1 Résultats globaux.....	38

1-2 Résultats analytiques.....	38
2 -Indice de Tiffeneau.....	38
2-1 Résultats globaux	38
2-2 Résultats analytiques.....	38-39
3 - Débit expiratoire médian 25 - 75 % (DEM 25-75 %).....	39
Débit expiratoire médian 25 % (DEM 25 %).....	
3-1 Résultats globaux.....	39
3-2 Résultats analytiques.....	39
C- Au niveau de la ventilation.....	39
1 Ventilation maximum minute (VMM).....	39
1-1 Résultats globaux.....	39
1-2 Résultats analytiques.....	39-40
Etude de la fonction cardiaque grâce à l'ECG.....	40
A - Au plan rythme.....	40
1- Résultats globaux.....	40
2- Résultats analytiques.....	40
B- Au plan de la fréquence cardiaque.....	40
1- Résultats globaux.....	40
2- Résultats analytiques.....	40
C- Au plan des axes électriques.....	40
1- Axe QRS.....	40
D- Au plan des auriculogrammes.....	41
1- Morphologie onde P.....	41
2- Durée onde P.....	41
3- Amplitude de P.....	41
3-1 Résultats globaux.....	41
3-2 Résultats analytiques.....	41
E- Au plan du complexe QRS.....	41
1- Durée QRS.....	41
1-1 Résultats globaux.....	41
1-2 Résultats analytiques.....	42

2- Onde Q d'activation septale.....	42
2-1 Résultats globaux.....	42
2-2 Résultats analytiques.....	42
F- Au plan de la repolarisation.....	42
1- Résultats globaux.....	42
2- Résultats analytiques.....	42
G- Au plan des indices.....	43
1- Indice de Sokolow-Lyon.....	43
1-1 Résultats globaux.....	43
1-2 Résultats analytiques.....	43
Etudes des résultats de la détente verticale.....	43
1- Résultats globaux.....	43
2- Résultats analytiques.....	43
Chapitre III Commentaires et discussions.....	44
A- Sur les résultats de la Spirométrie.....	44-45
B- Sur les résultats de l'électrocardiogramme.....	45
a) fréquence cardiaque.....	45-46
b) Rythme sinusal.....	46
c) Intervalle PR.....	46
d) Durée et morphologie du complexe QRS.....	46
e) Troubles de la repolarisation.....	47
f) Intervalle QT.....	48
g) Hypertrophie ventriculaire.....	48
C- Sur les Résultats de la détente verticale.....	48
1- Sur la méthodologie.....	48-49
2- Sur les résultats.....	49
CONCLUSION.....	50-52
BIBLIOGRAPHIE.....	53-58

INTRODUCTION

Par son examen le médecin du sport tente de répondre aux interrogations du sportif en apportant sa contribution à la poursuite d'un double objectif :

- D'une part améliorer la santé .
- D'autre part réaliser des performances.

L'examen médical permet de réduire les risques pour la santé en écartant momentanément ou définitivement les sujets porteurs d'affections organiques.

En plus d'un examen clinique habituel complet et orienté, il est important d'explorer les principales fonctions qui participent à l'exercice musculaire.

La radiographique thoracique est un examen courant qui permet d'apprécier l'état des poumons et le volume cardiaque.

La spirométrie, quand à elle permet de mesurer les volumes pulmonaires et les débits bronchiques.

Ces mesures simples constituent des données biométriques de référence et peuvent parfois nous fournir des renseignements sur l'aptitude des sujets et peuvent déceler d'éventuels anomalies. En particulier, l'hyper réactivité bronchique observée dont l'asthme peut être détectée grâce à la spirométrie.

Les accidents cardiovasculaires lors d'activités sportives chez les athlètes, peuvent être à l'origine de morts subites ce qui justifie la recherche systématique de facteurs de risque cardiovasculaire chez tout sujet désirant pratiquer un sport.

Un examen approprié comportant une bonne anamnèse et un examen cardiovasculaire soigneux, permet d'orienter vers une éventuelle pathologie qui sera confirmé par la réalisation d'examens complémentaires d'ou l'electrocardiogramme (25).

Cependant la pratique intensive et régulière d'un sport peut induire des adaptations cardiovasculaires clinique, electrocardiographiques, morphologiques et fonctionnelles regroupées sous le terme de cœur d'athlète (7).

La pratique de sport de haut niveau comme l'athlétisme nécessite une très bonne détente verticale. Différents tests de terrain permettent son évaluation notamment le test de détente verticale d'Abalakov(29).

Dans ce travail nous allons étudier l'électrocardiogramme au repos, l'exploration fonctionnelle respiratoire et la détente verticale chez les athlètes de haut niveau.

PREMIERE PARTIE :

~~PREMIERE~~ RAPPELS

I- Rappels sur la respiration :

1- Définition de la fonction respiratoire :

La fonction respiratoire est définie comme l'ensemble des processus qui assurent l'apport d'oxygène aux cellules et l'élimination du gaz carbonique. Ces processus ne sont pas limités aux échanges externes au niveau des surfaces respiratoires mais ils incluent aussi les transports internes vers des cellules, l'ensemble constituant le « système des échanges gazeux »(11).

2- Physiologie de la respiration :

2-1- La Ventilation :

C'est un processus qui va permettre les échanges gazeux entre l'air et les alvéoles pulmonaires. La réserve d'O₂ dans la poumons est à peine suffisante pour couvrir les besoins de l'organisme pendant 2 minutes. Au bout de deux minutes, on va avoir des lésions plus ou moins importantes de certains organes et surtout au cerveau. Il faut renouveler l'air en permanence contenu dans les poumons. Cette fonction de ventilation doit se faire sans arrêt tout au long de la vie, elle est vitale. La fonction de ventilation est dite automatique. Elle est sous la dépendance de cellules nerveuses appelées centres respiratoires.

❖ Les Centres Respiratoires :

Ils sont situés au niveau du bulbe rachidien et de la protubérance annulaire. On distingue les Centres inspiratoires et les centres expiratoires. Ces deux centres sont sous la dépendance d'afférences venant des centres supérieurs et de la périphérie et contrôlent les activités des muscles respiratoires et muscles lisses bronchiques.

La ventilation se fait grâce à l'augmentation et à la diminution du volume de la cage thoracique qui permet l'introduction et le rejet de l'air par différences de pression (pour que l'air puisse entrer jusqu'aux alvéoles pulmonaires, il faut que la pression qui règne à l'intérieur des poumons devienne plus basse que la pression de l'atmosphère).

Un adulte a en moyenne 16 mouvements ventilatoires par minutes. L'air inhalé qui arrive aux alvéoles est appelé alvéolaire. Il n'a plus la même composition que l'air ambiant.

➤ Composition air ambiant

-Oxygène : 21%

-Azote : environ 79%

-Dioxyde de carbone : des traces

➤ Air alvéolaire

-Oxygène : 14%

-Azote : environ 79%

-Dioxyde de carbone 5 à 6 %

L'activité des centres respiratoires sur les muscles permet de mobiliser un certain nombre de volumes.

3- Effets de l'entraînement sur la fonction respiratoire :

L'augmentation de la consommation maximale d'oxygène, consécutive à un entraînement à l'exercice intense et prolongé est concomitante d'une meilleure adaptation respiratoire à l'exercice(16).

Les possibilités fonctionnelles ventilatoires sont améliorées par l'entraînement. Cela est déjà manifeste au repos lors des épreuves de ventilation forcée : le débit ventilatoire instantané de pointe, la ventilation maximale par minute sont augmentés. En revanche, l'amélioration de la capacité vitale est plus discutée. Elle est plus évidente chez les enfants que chez les adulte. Au repos l'équivalent respiratoire n'est pratiquement pas modifié.

Lors de l'exercice sous maximal, à métabolisme égal, l'individu entraîné à un débit ventilatoire et par conséquent un équivalent respiratoire plus bas.

Cette diminution du niveau ventilatoire d'exercice est à rapprocher de la diminution du rôle de certains stimulus humoraux de contrôle ventilatoire tel que les stimulus O₂, CO₂ et H⁺.

Lors de l'exercice maximal, la ventilation est supérieure à celle observée avant entraînement. Il existe d'ailleurs une relation étroite entre Vo₂ max. (et par conséquent l'aptitude) et la ventilation maximale.

II- Rappels sur l'électrocardiogramme (ECG) normal :

L'électrocardiogramme correspond à l'enregistrement, via des électrodes cutanées, de l'activité électrique qui traverse le cœur.

Au repos les cellules cardiaques sont polaires c'est à dire qu'elles présentent une charge électrique positive à leur surface. Sous l'effet d'une stimulation, la surface cellulaire se dépolarise, ce qui donne lieu à un courant électrique qui génère la contraction. On peut assimiler l'activité électrique des différentes cellules cardiaques à celle d'une seule cellule qui serait parcourue par un dipôle électrique (influx) présentant des orientations successives variées en fonction des structures qu'il parcourt.

1- Fréquence cardiaque :

Lorsque le rythme est régulier, la fréquence est facilement déduite de la durée séparant deux événements consécutifs de même nature (deux ondes P, deux complexes QRS). Cette fréquence est généralement comprise entre 50 et 100 batt / min.

Fréquence cardiaque maximale théorique (Fc max. théorique):

Fc max. théorique = 220 – Age du sujet(ans) ± 10 batt / min.

Commentaire [a1]:

2- La séquence de base :

Quelque soit le mode d'enregistrement, l'électrocardiogramme normal comporte la même séquence.

a- Onde P :

C'est l'activité électrique engendrée par l'activation de l'oreillette, on dit aussi la dépolarisation auriculaire. C'est la première onde du cycle cardiaque. L'onde P est positive avec un sommet arrondi ou anguleux, elle dure 100 milli seconde (ms).

b- Le complexe QRS :

C'est l'activité électrique traduisant la dépolarisation ventriculaire. Par définition l'onde Q est la première onde négative, l'onde R est la première onde positive et l'onde S est l'onde négative suivant l'onde R.

La durée de QRS chez l'homme est d'environ 80 ms et peut atteindre 100 à 120 ms.

L'axe de QRS : $+30^{\circ}$ à $+110^{\circ}$

c- Onde T :

C'est la repolarisation ventriculaire. Elle est parfois suivie d'une petite onde U, dont la signification n'est pas connue.

L'onde T est asymétrique. Sa durée est d'environ $270 \text{ ms} = 0,27 \text{ s}$

d - Espace PR :

C'est l'intervalle de temps séparant l'onde P du complexe QRS. Il correspond au temps que met l'influx électrique pour aller des oreillettes aux ventricules.

La durée de l'intervalle PR chez l'homme sain varie entre 130 et 160ms, les variations extrêmes normales allant jusqu'à 250 ms.

e- Le Segment ST :

Il correspond à l'intervalle entre la fin du complexe QRS et le début de l'onde T. Il représente le temps qui sépare la fin de la dépolarisation au début de la repolarisation ventriculaire.

On peut observer un sus-décalage du point J et du segment ST (fréquent) et un sous-décalage du segment ST (rare).

Le segment ST est isoélectrique.

f- L'Intervalle QT :

Il est mesuré du début du QRS à la fin de l'onde T. Sa durée varie en fonction de la fréquence cardiaque, ce qui fait que l'on apprécie plutôt la valeur du QT corrigé (QTc)

$QTc = QT / \sqrt{RR}$ QTc est exprimé en seconde.

La valeurs de QTc ne doivent pas dépasser 0,39 seconde chez l'homme et 0,44 seconde chez la femme.

3-Axe du QRS :

La direction moyenne de l'axe dans le plan frontal varie de +30° à +110°.

4-Les Indices :

a- Indice de Sokolow-Lyon (ISL) :

C'est la somme arithmétique de SV1+RV5 ou RV6 (on choisit entre ces deux variations, celle où R est plus ample). ISL <35mm

a- Indice de Heller-Blondeau-Lenègre (IHL) :

$$IHL = Sv2 + Rv7$$

$$IHL < 40\text{mm}$$

a- Indice de Lewis (IL) :

$$(R \text{ en DI} - R \text{ en DIII}) + (S \text{ en DIII} - S \text{ en DI})$$

5-Modifications courantes liées à l'entraînement physique d'endurance :

La pratique intensive et régulière d'un sport peut induire des adaptations cardiovasculaires cliniques, électrocardiographiques, morphologiques et fonctionnelles regroupées sous le terme de syndrome du cœur d'athlète.

5-1- Particularités du rythme cardiaque chez le sportif :(CARRE F. 2001)

a- Bradycardie du sportif :

la bradycardie sinusale reste le plus souvent modérée. Ainsi une fréquence cardiaque inférieure à 60 batt / min est décrite chez 50 à 85 % des sportifs. Cette bradycardie est le reflet de la réponse individuelle du sportif à un entraînement intense, elle ne témoigne pas d'un niveau de performance élevé.

b- Rythmes ectopiques :

Habituellement, l'activation cardiaque débute au niveau du nœud sinusal. Cela se traduit sur l'ECG par la présence d'onde P positive qui précède un complexe QRS.

On parle de rythme ectopique lorsque l'activation cardiaque démarre à un autre niveau.

Ces aspects sont en règle générale associés à une fréquence cardiaque assez lente (40 à 60 batt / min) et disparaissent rapidement lors de l'exercice, ce qui témoigne de leur bénignité .

c- Arythmies supra ventriculaires :

La prévalence des extrasystoles isol es   asymptotiques, est superposable à celle observ e chez les sédentaires. Elles disparaissent à l'effort et sont consid r es comme bénignes.

d- Arythmies ventriculaires :

Dans les études concernant de grandes populations de sportifs, leur prévalence n'est pas significativement augment e par rapport aux sédentaires.

Classiquement, on oppose les extrasystoles asymptomatiques, connues de longue date et qui disparaissent à l'exercice à priori peu inquiétants, aux extrasystoles récentes d clench es et (ou) major es par l'effort qui sont plus péjoratives.

5-2- Particularités de la conduction cardiaque chez le sportif :

On distingue la conduction auriculo-ventriculaire qui correspond à l'intervalle de temps séparant l'activation auriculaire de l'activation ventriculaire et la conduction inter ventriculaire qui correspond aux temps de dépolarisation de chaque ventricule.

a- Conduction auriculo-ventriculaire :

Elle correspond sur l'ECG à l'intervalle PR. Les troubles de la conduction auriculo-ventriculaire sont le témoin d'une baisse du tonus sympathique et d'une augmentation de tonus para sympathique.

b- Conduction intra ventriculaire :

La durée du complexe QRS n'est pas augmentée chez les sportifs .

Les blocs de branches droit incomplets reflètent un ralentissement de la vitesse de conduction dans le ventricule droit.

Les autres troubles de conduction intra ventriculaire comme les blocs de branche droit complets, les héli blocs, blocs de branche gauche ne font pas partie des particularités du cœur du sportif.

5-3- Hypertrophie cardiaque électrique du sportif :

La pratique intensive et régulière d'une activité sportive peut induire des modifications morphologiques à type d'hypertrophie (dilatation harmonieuse modérée des quatre cavités cardiaques).

Les ondes P sont souvent plus amples et peuvent présenter des aspects en double bosse chez les sportifs de type aérobie. Cela peut évoquer une hypertrophie auriculaire droite.

Avec l'indice de Sokolow-Lyon ($RV1+SV5 > 10,5\text{mm}$), une hypertrophie ventriculaire droite est décrite pour le ventricule droit

L'hypertrophie ventriculaire gauche est souvent définie par le seul indice de SL pour le ventricule gauche ($SV1+RV5$ ou $RV6 > 35\text{mm}$).

5-4- Particularités de la Repolarisation cardiaque chez le sportif :

Elles posent le plus de problèmes d'interprétation de diagnostic étiologique et donc d'aptitude. Elles ne s'observent pas chez tous les sportifs de haut niveau d'entraînement et il faut éviter de les rattacher trop facilement à la pratique sportive.

Malgré quelques données contradictoires liées pour une grande part aux méthodes de mesures employées, la durée de l'intervalle QT n'est pas allongée chez le sportif.

Les modifications de repolarisation peuvent concerner le segment ST et (ou) l'onde T.

Certaines modifications sont inquiétantes. Il s'agit de l'aplatissement ou inversion des ondes T en D2 et D3 et Vf (l'onde T est toujours négative en Vr) et en V1.

De même l'existence, d'une onde T très ample, pointue qui peut être associée à un segment ST sus décalé ascendant ou horizontal est souvent observée.

Lorsque ce segment ST ascendant est concave vers le haut avec une surélévation du point J (qui marque le début du segment ST), on parle de syndrome de repolarisation précoce.

Les ondes T positives présentent des aspects en double bosse s'observant le plus souvent chez les spécialistes d'endurance, en particulier lors des périodes intenses d'entraînement.

Les autres modifications doivent rendre méfiants même si elles ne témoignent pas toujours d'une cause pathologique.

Il s'agit de la présence des ondes T négatives ou diphasiques dans les autres dérivations que celles citées auparavant.

Un sous-décalage de ST peut se voir chez certains sportifs.

La découverte de troubles de la repolarisation chez un sportif, doit toujours rendre prudent quant à leur lien de causalité avec l'entraînement.

III-Constitution et propriétés des fibres musculaires

striées squelettique (Monod 2000) :

A- Place du muscle dans l'organisme :

La contraction musculaire permet à l'homme de se déplacer, de saisir des objets, de maintenir des attitudes. Sur le plan de la vie de relation, le muscle strié est donc créateur de postures et de mouvements, que ce soit dans la vie de tous les jours, dans les tâches professionnelles ou dans les activités physiques et sportives.

Lors d'un exercice maximal, la dépense énergétique de base peut être multipliée par 15 ou 20, grâce à l'activité renforcée des muscles striés ; ceux-ci sont donc le siège d'une augmentation de l'ordre de 50 fois de leur activité.

1. Organisation du muscle en unités motrices :

Le dénombrement des fibres nerveuses contenues dans un nerf moteur et des fibres musculaires dans le muscle innervé par celui-ci, conduit à la conclusion qu'un même moto-neurone innerve plusieurs fibres musculaires.

Sherrington a donné le nom d'unité motrice (UM) à l'ensemble constitué par un motoneurone, dont le corps cellulaire est situé dans la corne antérieure de la moelle (pour la musculature du tronc et des membres), avec son prolongement axonal et les divisions de celui-ci, et l'ensemble des fibres musculaires innervés par ce motoneurone. C'est aussi ce que Lapicque avait appelé la « grappe myo-neuronale ». un muscle peut comporter de 50 à 2.000 unités motrices.

2- Caractères généraux des fibres musculaires :

Les fibres musculaires sont des cellules géantes multinuclées comportant une membrane, des éléments contractiles, les myofibrilles, et un sarcoplasme riche en inclusions diverses.

2-1- Membrane plasmique :

la cellule musculaire est limitée par une membrane, ou sarcolemme. Cette dernière est différenciée à sa partie moyenne, constituant avec la terminaison nerveuse qui vient à son contact la plaque motrice.

2-2- Les myofibrilles :

Encore appelées sarcostyles, les myofibrilles sont les éléments contractiles de la fibre musculaire. Les myofibrilles présentent une alternance régulière de bandes sombres et de bandes claires ; la parfaite correspondance

de niveau d'une myofibrille à l'autre donne aux fibres musculaires un aspect strié.

Chaque myofibrille est constituée d'une succession de sarcomères, entités mécaniques élémentaires. Ceux-ci apparaissent comme formés d'un disque sombre entouré de deux demi-disques clairs. La zone de jonction entre deux sarcomères voisins constitue la ligne Z.

Un sarcomère est constitué de deux sortes de myofilaments, les uns, dits primaires, épais et en position centrale, les autres, dits secondaires, fins et plus périphériques :

- ❖ Les filaments primaires sont formés de molécules de myosine
- ❖ Les filaments secondaires, formés de molécules d'actine G, polymérisés en chaîne (actine F) et disposés en doubles spirales, sont fixés sur la ligne Z, ou peut être même participent à sa formation.

2-3- Le sarcoplasme :

Le milieu cellulaire joue un rôle nutritif capital, renfermant les divers substrats du métabolisme énergétique.

Riche en glycogène, le sarcoplasme (encore appelé myoplasme) renferme également de la myoglobine, pigment qui donne aux muscles leur coloration plus ou moins rouge.

3- Les différents types de fibres musculaires :

Ranvier avait établi, dès 1874, une distinction entre les muscles blancs, riches en myofibrilles, à réponse rapides, et les muscles rouges, plus riches en sarcoplasme, donnant lors de leur stimulation une contraction et une décontraction lente.

En général les muscles rouges sont des muscles constitués en grande majorité de fibres rouges : ils sont richement irrigués, leur contraction est lente. Ce sont des muscles à fonction tonique et à activité prolongée, assurant notamment le maintien postural.

A l'opposé, des muscles blancs sont des muscles hétérogènes formés par juxtaposition en proportions variables de fibres blanches, prédominantes, de fibres rouges peu nombreuses et de fibres d'un type intermédiaire.

Les fibres musculaires se distinguent également par la structure chimique de la myosine lourde des sarcomères, étudiée par les techniques d'analyse immunohistologique et chromatographique :

- ❖ Les fibres I (fibres rouges, fibres lentes)
- ❖ Les fibres II (fibres blanches, fibres rapides).

B- Effets de l'entraînement :

La pratique régulière d'une activité physique et l'entraînement systématique des sportifs en vue de la compétition ont des effets sur la masse musculaire, la typologie des fibres, la capillarisation du muscle, donc sur son métabolisme. L'arrêt de l'entraînement a des effets inverses.

1- Augmentation de la masse musculaire :

Contrairement à la croissance du muscle en long, parallèle à celle de la taille jusqu'à l'âge adulte, l'entraînement détermine une croissance du muscle en épaisseur.

La formation des myofilaments, puis de myofibrilles, est responsable d'une hypertrophie cellulaire : le diamètre des fibres, quel qu'en soit le type, augmente avec l'entraînement, mais seulement si les forces mises en jeu au cours des exercices atteignent un pourcentage élevé ($> 70\%$) de la force maximale volontaire.

L'entraînement musculaire est également marqué par un accroissement de l'ADN, indiquant une multiplication des noyaux.

2- Effets sur la typologie des fibres :

les effets observés sont liés au type d'entraînement. Chez les sujets pratiquant un sport ou un entraînement dit en endurance (marathon, course de fond), on assiste à une augmentation du pourcentage des fibres rouges qui dépassent 50%.

Lorsque le muscle est utilisé en résistance, les fibres augmentent leur contenu en myofibrilles et leur métabolisme glycolytique. La proportion des fibres II se situe au dessus de 50% pour les sauteurs, de 75% pour les sprinters et même de 95% pour les coureurs de 60m..

La prise d'androgène, pratique courante (bien qu'interdite en compétition), notamment chez les haltérophiles, stimule la formation de myofibrilles, et l'orientation vers le métabolisme glycolytique.

Les modifications des propriétés musculaires avec l'entraînement peuvent être expliquées par une hypertrophie sélective portant sur l'un des types de fibres seulement. C'est pourquoi les protocoles d'entraînement musculaire ont aussi un caractère orienté en fonction du but poursuivi.

3- Développement des capillaires :

Les échanges entre capillaires et fibres musculaires sont plus difficiles lorsque le diamètre de celles-ci augmente.

Lorsque l'entraînement se fait en endurance, le réseau capillaire, déjà très développé dans les muscles rouges, étend son importance, ce qui augmente la surface d'échange.

Le nombre de capillaires par fibre augmente avec le diamètre des fibres chez tous les sujets ; il est systématiquement plus élevé chez les sujets entraînés. A, l'inverse, il diminue après arrêt de l'entraînement.

4- Effet sur le métabolisme des muscles :

L'entraînement en endurance, incluant à la fois un pourcentage élevé de la capacité aérobie et une durée suffisante d'activité, s'accompagne à long terme d'un accroissement du nombre et du volume de mitochondries, ce qui contribue avec la capillarisation au développement de la puissance aérobie du muscle.

C- Aspects mécaniques, techniques et électriques de la contraction musculaire :

1- Propriété générale du muscle :

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

a- Excitabilité :

Une structure vivante est dite excitable, lorsqu'elle répond de façon spécifique à la stimulation. Un stimulus électrique, porté directement sur le muscle ou sur son nerf moteur, détermine une réponse mécanique. La contraction volontaire résulte de la mise en jeu de la voie motrice à partir du cortex moteur.

b- Elasticité :

On dit qu'une structure, vivante ou non, est élastique, lorsqu'elle se laisse déformer sous l'influence d'une force extérieure et reprend sa forme initiale lorsque cette force cesse de s'exercer.

Lorsqu'un muscle est suffisamment étiré, il naît entre ses extrémités opposées une certaine tension.. L'élasticité est une propriété du muscle au repos.

c- Contractilité :

On désigne par contractilité, la capacité du muscle à se raccourcir ; contraction peut être pris comme synonyme de raccourcissement.

Mais le terme « contraction » est mal choisi, car le muscle n'a pas toujours la possibilité de se raccourcir. Le terme « activation » conviendrait le mieux.

2- L'état actif et le modèle mécanique du muscle :

Le physiologiste anglais A.V. Hill a montré que l'état d'activation du muscle, encore appelé état actif, débute bien avant qu'une réponse mécanique ne soit enregistrée.

Au cours de certaines activités physiques, la conjonction d'une contraction particulièrement intense et d'un étirement extérieur énergétique peut aboutir à une rupture d'un tendon ou de quelques fibres musculaires seulement.

L'énergie contenue dans les éléments élastiques peut être récupérée dans certaines activités sportives : dans le saut, dans la course ... Les muscles concernés sont mis sous tension par un étirement préalable (action des muscles antagonistes) ; l'énergie élastique est alors restituée lors de l'exécution du geste.

Plusieurs modèles mécaniques du muscle ont été proposés. Le plus simple est celui de Sandow, ne comportant que des éléments élastiques (en série et en parallèle) et des éléments contractiles. D'autres, plus élaborés, ajoutent des éléments visqueux.

D- Exploration de la puissance anaérobie alactique :

La connaissance des possibilités anaérobies d'un sportif est intéressante pour juger de l'aptitude du sportif à des exercices intenses et brefs. Elle est acquise à travers des mesures soit de la puissance, soit de capacité. Dans le premier cas, l'exploration porte sur la relation force-vitesse déterminée sur érgocycle (test de l'institut Wingate), la montée d'escalier (Margaria), la détente verticale (test Abalakow).

E- Description de la détente verticale :

La détente verticale représente un test d'évaluation retenu parmi les tests physiques généraux délivrés par le secrétariat d'état à la jeunesse et aux sports, (Mathew, 1976).

Il permet de quantifier la force explosive des membres inférieurs (Sargeant, 1981). Le protocole de passation le plus souvent utilisé est celui décrit par Lewis. Il s'agit de mesurer la hauteur d'un saut vertical à deux pieds sans élan. Sur une échelle graduée fixée à un mur, on mesure dans un premier temps la hauteur bras levé du profil (M1) exprimée en cm.

Après trois essais consécutif de saut, la détente est obtenue en calculant la différence entre la plus grande hauteur de saut (M2) et la taille bras levé (M1).

Cette méthode étant d'application parfois difficile, plusieurs variantes respectant le principe du test ont été proposées, en particuliers par Abakalov (Scheiff, 1980).

Les valeurs normales de la détente verticale sans élan

❖ 60 cm → chez les femmes

❖ 45 cm → chez les hommes

D'après Ruffier Diskson on pourra dire pour une détente verticale égale à :

45 cm à 55 cm → Moyen

55 à 65 cm → Bon

Plus de 65 cm → Excellent

DEUXIEME PARTIE : TRAVAIL PERSONNEL

CHAPITRE I : SUJETS ET METHODES

1- Sujets :

Cette étude a été réalisée sur une population de vingt cinq (25) athlètes : douze (12) hommes et treize (13) femmes du Centre International d'Athlétisme de Dakar (CIAD), basé au stade Léopold Sédar SENGHOR.

L'âge de ces athlètes varie entre 18 et 32 ans avec une moyenne de 23,1 ans, leur taille entre 1,59 m et 1,86 m avec une moyenne de 1,74 m et leur poids entre 53 Kg et 85 Kg avec une moyenne de 69,97 Kg.

Ils sont originaires du Bénin, du Burkina Fasso, du Cameroun, de la Côte d'Ivoire, de l'Ile Maurice, de Madagascar, du Mali, du Sénégal, du Togo et du Zimbabwe.

Leurs spécialités sont le 100 mètres, 200 mètres, 100 mètres haie, 400 mètres plat, triple saut, et saut en longueur .

2- Matériel et Méthode :

2-1- Matériel :

Le matériel utilisé dans cet étude était constitué par :

- ❖ Un balancier
- ❖ Un somatomètre servant à mesurer la taille des athlètes
- ❖ Un tensiomètre à pression pour évaluer la pression artérielle.
- ❖ Un fréquence-cardiomètre pour mesurer la fréquence cardiaque.
- ❖ Un électrocardiographe à trois pistes de type Hellige EK 53 avec 12 dérivations.
- ❖ Un appareil permettant la mesure de la détente verticale avec élan et sans élan
- ❖ Spirographe de type Pulmotest Godart pour l'exploration fonctionnelle respiratoire.
- ❖ Spirographe de type Volugraph VG 2000 utilisé surtout pour la mesure du volume résiduel.

❖ Un débitmètre de pointe ou fluxmètre pour mesurer le débit expiratoire, de pointe.

2-2. Méthodologie :

a – Protocole :

Elle consistait à mesurer pour chaque sujet, le poids, la taille, la fréquence cardiaque, la détente verticale.

L'enregistrement de l'Electrocardiogramme au repos avait été réalisé ; de même que l'exploration fonctionnelle des voies respiratoires.

b- Utilisation du Matériel :

❖ Les sujets montaient sur la base du somatomètre, dos contre une tige verticale graduée en centimètre. Une autre petite tige orthogonale à la première et mobile aidera à lire la taille, une fois reposée au-dessus de la tête du sujet par projection orthogonale.

❖ Pour la mesure du poids, chaque sujet se plaçait sur le balancier et s'immobilisait. On lisait, ensuite, sur le cadran, le poids.

❖ Pour le tensiomètre à pression, les sujets portaient le brassard contenant le manomètre relié à un tuyau muni d'une pompe et d'une poire. A l'aide de la pompe, on gonflait le brassard et avec la poire on décompressait progressivement. La pression est lue directement sur le manomètre suivant l'indication de l'aiguille, en millimètre de mercure (mmHg).

❖ La fréquence cardiomètre est un bracelet qui permet de lire directement la fréquence cardiaque une fois serrée au tour du poignet.

❖ L'électrocardiographe permet d'enregistrer un électrocardiogramme et nous donne des informations qui concernent le fonctionnement électrique du cœur.

L'ECG s'inscrit sur une bande de papier millimétré. Il est composé de 12 dérivations séparées :

- Six dérivations thoraciques ou précordiales
- Six dérivations périphériques ou des membres

❖ Rappels sur l'exploration fonctionnelle respiratoire

➤ Définition :

L'exploration fonctionnelle respiratoire consiste à mesurer les volumes d'air qui pénètrent dans les poumons et qui en ressortent, ainsi que leur débit c'est à dire la rapidité avec laquelle l'air circule dans les bronches. Il permet d'apprécier la capacité respiratoire chez le sportif.

➤ Technique :

Elle consiste à souffler le plus vite et le plus fort possible à travers un embout buccal pour vider les poumons après avoir inspiré au maximum. L'embout est relié à un appareil. Pendant cette expiration forcée, cette dernière mesure un certain nombre de paramètres (volume expiratoire maximal par seconde, capacité vitale, courbe débit volume...) qui sont ensuite comparés à ceux que l'on obtiendrait chez une autre personne du même âge, du même sexe et de même taille dite « normale » car n'ayant aucun problème respiratoire.

➤ Précautions particulières

Cet examen ne nécessite aucune préparation particulière. Toute fois il est recommandé d'éviter de fumer et, dans la mesure du possible (en dehors de toute crise d'asthme), de ne pas prendre de thérapeutique inhalée comme des médicaments dilatateurs des bronches dans les 12 à 24 heures qui précèdent l'examen. Mieux vaut signaler au médecin la prise éventuelle d'oxygène.

➤ Les résultats sont connus dans les 24 heures sous forme d'un compte rendu écrit mentionnant notamment les valeurs de débits et volumes mesurés.

➤ Le spirographe permet la mesure :

○ des volumes mobilisables :

-Volume courant (V_c) : c'est le volume de base .Il correspond au volume d'air que l'on déplace à chaque fois que l'on fait un mouvement respiratoire. Il est d'environ 500ml.

-Volume de réserve inspiratoire (VRI) : c'est le volume d'air qu'un sujet peut encore inspirer après une inspiration normale. Il est égal à 2000ml.

-Volume de réserve expiratoire (VRE) : il est égal à 1500ml.

-Volume résiduel :il est égal à environ 155ml. C'est le volume d'air qui reste dans les voies aériennes après une expiration forcée.

-Capacité pulmonaire totale (CPT):il est égal à 5500 ml

-Capacité vitale lente (CVL) : il est d'environ égal à 4000ml

○ des débits bronchiques :

-Débit Expiratoire de Pointe (DEP) :

-Débit Expiratoire Médian 25-75% (DEM 25-75%)

-Débit Expiratoire Médian 25% (DEM 25%)

Nous avons également calculé le pourcentage ou taux de variation de ces variables par rapport aux mesures de référence.

❖ Pour le débitmètre, les sujets se mettaient debout. On plaçait le curseur en bas de l'échelle graduée. Les sujets gonflaient au maximum leur poitrine bouche ouverte. On plaçait l'embout dans leur bouche en fermant leurs lèvres autour de l'embout pour éviter les fuites. Ensuite, ils expiraient le plus fort et le plus vite possible sans gonfler leurs joues. Enfin on notait la valeur indiquée par le curseur. On répétait l'opération trois fois de suite à quelques secondes d'intervalle (ne retenir que la plus élevée des trois valeurs).

❖ Pour la mesure de la détente verticale, une ceinture est fixée sur le sportif. Cette ceinture est munie d'une ficelle montée sur un enrouleur qui lors du saut se déroule et permet la mesure de la performance. Chaque sujet effectue deux sauts, l'un sans élan et l'autre avec élan.

c- Calculs statistiques :

Nous avons utilisé la moyenne et l'écart type pour l'exploitation des résultats.

CHAPITRE II : RESULTATS

A- Valeurs des données anthropométriques :

Tableau I: Valeurs moyennes et Ecart types des données anthropométriques chez les hommes.

Sujets	Age (ans)	Taille (m)	Poids (kg)	IMC
1	23	1,78	80,5	25,40
2	24	1,77	71	22,66
3	28	1,83	78	23,29
4	22	1,86	82,75	23,92
5	20	1,74	71,7	23,68
6	25	1,83	77,9	23,26
7	18	1,78	70	22,09
8	25	1,83	85	25,38
9	19	1,75	75	24,49
10	20	1,76	64,3	20,76
11	29	1,84	78,2	23,10
12	27	1,83	76,5	22,84
Moyennes	23, 33	1,8	75,30	23,40
Ecart types	3, 63	0,04	5,85	1,32

IMC = Index de Masse Corporelle.

Tableau II : Valeurs moyennes et Ecart types des données,
anthropométriques chez les femmes.

Sujets	Age (ans)	Taille (m)	Poids (kg)	IMC
13	23	1,75	60,5	19,75
14	23	1,70	56,8	19,65
15	18	1,68	60	21,26
16	22	1,79	58	18,10
17	24	1,71	66,7	22,81
18	22	1,64	58,8	21,86
19	22	1,59	56	22,15
20	23	1,74	69,1	22,82
21	22	1,66	56	20,32
22	19	1,74	59,5	19,65
23	25	1,67	56	20,08
24	32	1,63	53	19,95
25	24	1,69	58	20,31
Moyennes	23	1,69	59,11	20,67
Ecart types	3,32	0,05	4,42	1,41
Moyennes population globale	23,16	1,74	67,17	21,98
Ecart types population globale	3, 40	0, 07	9, 94	1, 93

B- Valeurs obtenues lors de l'Exploitation Fonctionnelle Respiratoire:

Tableau III : Valeurs moyennes et Ecart types des grandeurs spirométriques chez les hommes.

Sujets	CVL		VR		CPT		VMM	
	Valeurs mesurées BTPS (l)	Taux de variations %	Valeurs mesurées BTPS (l)	Taux de variations %	Valeurs mesurées BTPS (l)	Taux de variations %	Valeurs mesurées BTPS (l/min)	Taux de variations %
1	4,74	+ 27	1, 95	+ 21	6,69	+ 25	112	+ 30
2	4,91	+ 14	2 ,82	+ 74	7,73	+ 31	161	+ 67
3	5,04	+ 12	1,7	- 5	6,74	+ 7	147	+ 66
4	4,93	+ 16	1 ,73	+ 2	6,66	+12	105	+ 7
5	5,31	+ 33	1,8	+21	6,11	+ 29	124	+61
6	4,62		3,19	+ 85	7,81	+24	171	+69
7	3,83	+6	2, 45	+64	6,28	+23	68	- 21
8	4,81	+ 5	2, 22	+29	7,03	+12	120	18
9	4,04	+15	2,21	+48	6,25	+25	101	+20
10	4, 99	+43	3,61	+137	8,6	+71	88	+4
11	5,51	+20	1,96	+7	7,47	+16	139	+40
12	4,6	+2	1,63	- 7	6,23		136	+ 39
Moyennes	4,69	+ 16,08	2,27	+ 39,67	6,97	+22, 92	122, 67	+33,33
Ecart types	0,46	+ 12,96	0, 63	+43, 52	0,78	+17, 81	30, 05	+28,99

CVL = Capacité vitale lente

VR = Volume Résiduel

CPT = Capacité Pulmonaire Total

VMM = Volume Maximum Minute

Tableau IV : Valeurs moyennes et Ecart types des grandeurs
spirométriques chez les femmes.

Sujets	CVL		VR		CPT		VMM	
	Valeurs mesurées BTPS (l)	Taux de variations %	Valeurs mesurées BTPS (l)	Taux de variations %	Valeurs mesurées BTPS (l)	Taux de variations %	Valeurs mesurées BTPS (l/min)	Taux de variations %
13	3,04		2,21	+ 44	5,25	+ 14	76	- 5
14	3,14	+21	1,92	+ 35	5,06	+26	80	+ 14
15	3,33	+ 31	1,49	-+13	4,82	+ 25	116	+ 73
16	3,76	+ 16	1 ,91	+ 20	5,67	+17	92	+ 6
17	3,67	+ 11	1,87	+26	5,54	+ 15	86	+46
18	3,39	+ 47	1,86	+ 41	5,25	+45	71	+13
19	2,67	+19	1,21	- 2	3,88	+11	68	+ 17
20	4,02	+ 34	1,23	- 19	5,25	+16	87	+ 12
21	3,61	+44	1,03	- 24	4,64	+21	106	+63
22	3,73	+24	1,27	- 12	5	+12	120	+50
23	3,48	+11	1,85	+30	5,33	+17	97	+67
24	3,02	+5	1,24	- 15	4,26	-2	76	+ 41
25	3,52	+30	1,88	+31	5,4	+30	109	+60
Moyennes	3,41	+22,54	1,61	+12,92	5,03	+19	91,08	+35,15
Ecart types	0,37	+14,31	0,38	+24,30	0,51	+11,17	17,30	+26,58

Tableau V : Valeurs moyennes et Ecart-types des grandeurs
des débits expiratoires chez les hommes

DEBITS EXPIRATOIRES										
Sujets	VEMS		Tiffeneau VEMS / CV		DEP		DEM 25- 75%		DEM 25 %	
	Valeurs mesurées BTPS (l/s)	Taux de variation%	Valeurs mesurées BTPS (%)	Taux de variation%	Valeurs mesurées BTPS (l/mn)	Taux de variation%	Valeurs mesurées BTPS (l/s)	Taux de variation%	Valeurs mesurées BTPS (l/s)	Taux de variation%
1	4,18	+ 31	83	- 4	650	+17	4,02	- 5	1,53	- 33
2	4,53	+ 26	89	+ 6	660	+ 10	4,75	+ 32	2,71	+ 17
3	4,29	+ 16	88	+ 7	715	+ 17	6,06	+ 69	2,08	- 5
4	4,32	+ 15	86	- 3	620	- 4	4,77	- 2	1,98	- 28
5	3,69	+ 57	86	+ 19	675	+ 30	4,05	+ 2	1,72	- 27
6	4,27	+ 13	92	+ 12	640	+ 3	5,74	+ 56	3,22	+ 47
7	3,38	- 5	87	- 11	500	-10	3,83	- 10	2,39	00
8	4,26	+ 14	84	+ 2	630	+ 2	5,32	+ 46	2,26	+ 3
9	3,85	+ 28	90	+ 5	590	+ 11	4,90	+ 22	1,99	- 14
10	4,38	+ 46	87	+ 1	645	+ 17	7,07	+ 76	3,04	+ 22
11	4,05	+ 9	74	- 9	620		3,34	- 7	1,75	- 20
12	4,12	+ 11	92	+ 12	775	+ 26	8,31	+ 131	2,89	+ 32
Moyennes	4,11	+21,75	86,50	+3,08	643,33	+9,92	5,18	+34,17	2,30	-0,5
Ecartstypes	0,32	+17,01	4,83	+8,93	66,38	+12,11	1,44	+43,31	0,56	+25,65

VEMS = Débit Expiratoire Maximal Seconde

CV = Capacité Vitale

DEP = Débit de Pointe Expiratoire

DEM 25-75% = Débit Expiratoire Médian

DEM25% = Débit Expiratoire MEDIAN25%

compris entre 25-75% de la CVF

CVF= Capacité Vitale Forcée

Tableau VI : Valeurs moyennes et Ecart types des grandeurs
des débits expiratoires chez les femmes

DEBITS EXPIRATOIRES										
Sujets	VEMS		In Tiffeneau VEMS / CV		DEP		DEM 25 – 75%		DEM 25 %	
	Valeurs mesurées BTPS (l/s)	Taux de variation %	Valeurs mesurées BTPS (%)	Taux de variation%	Valeurs mesurées BTPS (l/mn)	Taux de variation%	Valeur mesurées BTPS (l/s)	Taux de variation%	Valeur mesurées BTPS (l/s)	Taux de variation%
13	2,76	+1	96	+7	440	- 12	3,81	- 2	1,97	- 16
14	2,84	+17	90	- 4	530	+8	3,96	+9	1,84	- 16
15	2,92	+27	88	+ 7	715	+ 17	6,06	+ 69	2,08	- 5
16	3,47	+22	93	+6	480	- 9	4,70	+13	2,43	- 5
17	3,16	+15	84	+1	500	+23	3,76	+21	1,31	- 22
18	2,10	- 2	64	- 31	560	+38	1,52	- 52	0,68	- 65
19	2,35	+12	90	- 3	500	+28	3,15	+5	1,34	- 26
20	3,54	+34	88	+00	670	+57	6,01	+54	2,61	+18
21	3,20	+39	92	+00	510	+2	4,60	+37	1,68	- 16
22	3,36	+24	94	+4	620	+25	5,07	+33	2,28	- 3
23	2,90	+11	82	- 1	490	+11	3,39	+12	1,68	+8
24	2,90	+21	96	+16	535	+29	4,45	+55	2,66	+72
25	3,09	+29	86	- 3	540	+9	3,87	+10	2,32	+9
Moyennes	2,97	+19,23	87,92	- 0,85	533,46	+17,61	4,02	+16	0,57	- 5,15
Ecart – types	0,41	+11,99	8,39	+10,62	60,46	+18,96	1,06	+27, 25	0,57	+30,98

C-VALEURS OBTENUES DE L'ECG :

Tableau VII: Valeurs moyennes et Ecart types des grandeurs de l'ECG chez les hommes

Sujets	Fc Bat /mn	AxeQRS		Onde T durée (s)	PR durée (s)	QT		ISL (mm)
		Durée (s)	Axe (degré)			QTm (s)	QTc (s)	
1	77	0,08	+ 60	0,28	0,12	0,36	0,40	29
2	46	0,08	+ 60	0,16	0,22	0,41	0,36	36
3	49	0,08	+ 60	0,20	0,16	0,44	0,39	39
4	68	0,1	+10	0,24	0,16	0,40	0,42	21
5	60	0,1	+ 60	0,20	0,16	0,40	0,40	29
6	81	0,08	+15	0,20	0,14	0,36	0,41	34
7	60	0,08	+ 60	0,18	0,20	0,36	0,36	50
8	53	0,08	+ 60	0,24	0,16	0,40	0,37	54
9	51	0,08	+ 70	0,20	0,20	0,40	0,36	47
10	47	0,08	+ 105	0,22	0,16	0,40	0,35	13
11	48	0,08	+ 50	0,20	0,18	0,40	0,35	31
12	57	0,1	+ 15	0,18	0,24	0,38	0,37	29
Moyennes	58, 08	0,085	+ 52, 08	0,21	0,17	0,39	0,38	34, 33
Ecart types	11, 75	0,01	+ 27	0,03	0,03	0,02	0,02	11, 86

Fc : Fréquence cardiaque

QRS : dépolarisation ventriculaire

PR : Temps de conduction auriculo-ventriculaire en seconde

ISL : Indice de Sokolow Lyon en mm

Onde P : durée de la dépolarisation auriculaire

T : Onde T

QT : durée systole électrique du cœur en seconde

QTm : QT mesuré

QTc = QT corrigé = QTm / \sqrt{RR}

Tableau VIII : Valeurs moyennes et Ecart types des grandeurs de l'ECG
chez les femmes

Sujets	Fc Bat /mn	QRS		Onde T durée (s)	PR durée (s)	QT		ISL (mm)
		Durée (s)	Axe (degré)			QTm (s)	QTc (s)	
13	61	0,08	+ 60	0,16	0,16	0,36	0,36	34
14	67	0,08	+ 75	0,18	0,22	0,36	0,38	28
15	58	0,06	+ 60	0,16	0,20	0,40	0,39	25
16	74	0,08	+60	0,16	0,24	0,36	0,40	22
17	59	0,06	+ 60	0,24	0,16	0,40	0,39	22
18	97	0,08	+70	0,20	0,16	0,32	0,40	24
19	76	0,06	+ 60	0,20	0,16	0,36	0,40	23
20	51	0,08	+ 60	0,16	0,18	0,42	0,38	27
21	59	0,06	+ 60	0,20	0,18	0,40	0,39	28
22	65	0,06	+ 60	0,16	0,22	0,36	0,37	20
23	59	0,1	+ 60	0,20	0,20	0,38	0,37	18
24	58	0,08	+ 60	0,20	0,14	0,40	0,39	21
25	71	0,06	+ 60	0,20	0,16	0,36	0,39	23
Moyennes	65, 77	0,07	+61, 92	0,19	0,18	0,37	0,38	24,23
Ecart types	11, 82	0,01	+4, 80	0,02	0,03	0,03	0,01	4,21
Moyenne population globale	62, 08	0,07	+57, 20	0,19	0,18	0,38	0,38	29,08
Ecart types population globale	12, 18	0,01	+19, 26	0,03	0,03	0,03	0,02	9,99

D- Valeurs obtenues de la détente verticale :

Tableau IX : Valeurs moyennes et Ecart Types des grandeurs de la détente verticale chez les hommes

Sujets	Détente verticale	
	Sans élan (cm)	Avec élan (cm)
1	81	87,5
2	81,5	83
3	82	90
4	79	84
5	77,5	90
6	65,5	70,5
7	70	75,5
8	71	81,5
9	64	71
10	77	80,5
11	79	90
12	74,5	77
Moyennes	75,17	81,71
Ecart types	6,19	7,07

Tableau X : Valeurs moyennes et Ecart Types des grandeurs de la détente verticale chez les femmes

Sujets	Détente verticale	
	Sans élan (cm)	Avec élan (cm)
13	73	79
14	61	69,5
15	69,5	77,5
16	71,5	81,5
17	75	77,5
18	65	75,5
19	50	72,5
20	67	78
21	56	60
22	53	62
23	74,5	79,5
24	62,5	64
25	81	90
Moyennes	66,08	74,35
Ecart types	9,28	8,52

ETUDE DE LA FONCTION RESPIRATOIRE

A- AU NIVEAU DES VOLUMES MOBILISABLES :

1- Capacité Vitale Lente (CVL) :

1-1- Résultats globaux :

Tous les sujets ont une capacité vitale lente normale.

1-2- Résultats analytiques :

❖Chez les hommes : Les valeurs mesurées de la CVL, les plus élevées, sont observées chez les hommes avec une moyenne de 4,69 l .

❖Chez les femmes : On a observé les valeurs mesurées de la CVL les plus faibles.

2- Volume Résiduel (VR) :

2-1- Résultats globaux :

Tous les sujets possèdent tous un volume résiduel normal.

2-2- Résultats analytiques :

❖Chez les hommes : Ils possèdent tous un volume résiduel supérieur à la normale avec une moyenne de 2,27l.

❖Chez les femmes : Six sujets ont un volume résiduel inférieur à la moyenne, mais qui sont dans les limites acceptables.

3 – Indice de Moltey :

Indice de Moltey = Volume Résiduel / Capacité pulmonaire totale

Tous les sujets présentent un Indice de Moltey normal c'est à dire compris entre 15 et 35%.

4- Capacité Pulmonaire Totale (CPT) :

4-1- Résultats globaux :

Les vingt cinq sujets présentent une capacité pulmonaire totale normale.

4-2 – Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : Ils ont tous des valeurs mesurées de la CPT supérieures à la moyenne (5 à 6 l).

❖ Chez les femmes : La CPT la plus basse est observée chez le sujet N° 19 (3,88 l).

B – AU NIVEAU DES DEBITS BRONCHIQUES :

1- Débit expiratoire maximal seconde (VEMS) :

1-1- Résultats globaux :

Tous les sujets présentent des valeurs de VEMS normales qui sont comprises entre 3 à 4 l/s chez les Hommes et 2 à 3 l/s chez les femmes. Seuls les sujets N° 7 et N° 18 présentent des taux de variations négatifs ainsi que les plus faibles valeurs mesurées.

1-2 Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : Tous les sujets ont un VEMS normal, avec une moyenne supérieure à la normale (4,17 l/s). Le sujet N° 7 possède la plus faible valeur mesurée avec 2,35 l/s.

❖ Chez les femmes : Chacun des sujets a un VEMS situé dans les limites de la normale. Le sujet N° 18 possède la plus faible valeur mesurée avec 2,10 l/s.

2- Indice de Tiffeneau (I.T.) :

2-1- Résultats globaux :

Seul, le sujet N°18 a un rapport de Tiffeneau inférieur à la normale (80%).

2-2- Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : Tous les sujets ont un indice de Tiffeneau normal. Le sujet N°11 a un indice de Tiffeneau inférieur à 80% mais possède un taux de variation dans la limite de normale.

L'IT la plus élevée est observée chez les sujets N°6 et 12 avec 92%.

❖ Chez les femmes : Le sujet N° 18 a un I.T inférieur à la normale. Le reste du groupe a un I.T supérieur à la normale avec une moyenne de 87,92% .

3- Débit Expiratoire Médian 25-75% (DEM 25-75%) et Débit Expiratoire Médian 25% (DEM 25%) :

3-1- Résultats globaux :

L'analyse des débits bronchiques montre une diminution significative du DEM 25-75% et du DEM 25% pour le sujet N° 18.

Le reste du groupe présente des débits bronchiques normaux.

3-2- Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : Tous présentent des débits bronchiques normaux. Le sujet N° 7 présente le plus faible taux de variation pour le DEM 25-75%.

❖ Chez les femmes : Seul le sujet N° 18 présente une diminution significative du DEM 25-75% et du DEM 25% avec respectivement des taux de variations de – 52% et –65%.

C – AU NIVEAU DE LA VENTILATION:

1- Ventilation Maximum Minute (VMM) :

1-1- Résultats globaux :

La ventilation maximale minute qui témoigne de la force motrice expiratoire est dans les limites de la normale. Le sujet N° 7 a le plus faible taux de variation (-21%).

1-2- Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : Seul le sujet N°7 a un taux de variation négatif. Cependant la valeur mesurée de VMM, la plus élevée, est observée chez eux (sujet N° 6 = 1711 /min) avec une moyenne de 122,67 l / min.

❖ Chez les femmes : Seul le sujet N° 13 a un taux de variation négatif.

Cependant, le VMM est normale chez tous les sujets avec une moyenne de 91,08 l / min.

ETUDE DE LA FONCTION CARDIAQUE GRACE A L'ECG :

A- AU PLAN DU RYTHME :

1- Résultats globaux :

Tous les sujets ont un rythme sinusal régulier et un seul avec de rares extrasystoles ventriculaires.

2- Résultats analytiques :

- ❖ Chez les hommes : Tous présentent un rythme sinusal régulier .
- ❖ Chez les femmes : Tous présentent un rythme sinusal régulier et une seule avec de rares extrasystoles ventriculaires.

B- AU PLAN DE LA FREQUENCE CARDIAQUE :

1- Résultats globaux :

Treize sujets (52 %) ont une fréquence cardiaque inférieure à 60 bat/mn (extrêmes de 46 à 59 bat/mn) ; donc présentent une bradycardie sinusale .

2- Résultats analytiques :

- ❖ Chez les Hommes : Sept sujets présentent une bradycardie sinusale . Il s'agit des sujets N° 2, N° 3, N° 8, N° 9, N° 10, N° 11 et N° 12.
- ❖ Chez les femmes : Six sujets présentent une bradycardie sinusale (sujets N° 15, N° 17, N° 21 et N° 24).

C- AU PLAN DES AXES ELECTRIQUES DU CŒUR :

1- Axe QRS :

Tous présentant un axe de QRS qui tend vers + 60°

D- AU PLAN DES AURICULOGRAMMES :

1- Morphologie Onde P :

Tous ont une morphologie de l'onde P normale

2- Durée de P :

Ils présentent tous une durée de P, normale dans l'ensemble environ 0,08s.

3- Amplitude de P :

3-1- Résultats globaux :

Tous ont une amplitude de P comprise dans les limites de la normale c'est à dire entre 0,15 millivolt (mv) et 0,25 millivolt (mv).

3-2- Résultats analytiques :

❖Chez les hommes : Ils ont tous une amplitude de P comprise entre 0,05 et 0,3 mv. Le sujet N°11 a une amplitude P égale 0,05 mv. Les sujets N° 8, 7, 9, 3, 5 et 2 ont une amplitude égale à 0,15 mv. Les sujets N° 10, 12, et 4 ont une amplitude égale à 0,2 mv. Tandis que le sujet N° 6 a une amplitude égale à 0,3 mv.

❖Chez les femmes : Elles ont toutes une amplitude de P comprise entre 0,1 mv et 0,25 mv. Les sujets N°15, 16, 19, 21 et 23 ont une amplitude de P égale à 0,1 mv. Les sujets N° 13, 20, et 25 ont une amplitude de P égale à 0,15 mv. Les sujets N° 14, 17, 18, et 22 ont une amplitude de P égale à 0,2 mv. Tandis que le sujet N° 24 a une amplitude de P égale à 0,25 mv.

E- AU PLAN DU COMPLEXE QRS :

1- Durée QRS :

1-1- Résultats globaux :

Parmi les vingt cinq sujets, six ont une durée égale à 0,06s, quatre une durée égale à 0,01s et le reste du groupe a une durée égale à 0,08s.

1-2- Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : Trois sujets ont une durée égale à 0,1s. Il s'agit des sujets N° 4, N° 5 et N° 12. Le reste du groupe a une durée QRS égale à 0,08s.

❖ Chez les femmes : Six sujets ont une durée égale à 0,06s, six autres une durée de 0,08s et un sujet une durée de 0,1s.

2- Onde Q d'activation septale :

2-1- Résultats globaux :

L'onde Q d'activation septale est présente chez 17 sujets (68% des sujets).

2-2- Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : L'onde Q d'activation septale est absente chez le sujet N° 1.

❖ Chez les femmes : L'onde Q d'activation septale est absente chez sept sujets (53 %).

F- AU PLAN DE LA REPOLARISATION :

1- Résultats globaux :

Six sujets ont une repolarisation normale, deux une repolarisation de type D, trois une repolarisation de type T et un sujet une repolarisation de type B. Tandis que le reste des sujets a une repolarisation de type A.

2- Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : Le sujet N°6 a une repolarisation de type D. Les sujets N°1, N°7 et N°11 ont une repolarisation de type T. Tandis que le reste du groupe a une repolarisation de type A.

❖ Chez les femmes : Le sujet N° 1 présente une repolarisation de type D. Le sujet N°5 présente une repolarisation de type B. Les sujets N° 19, N° 20, N° 21, N° 24, N°25 présentent une repolarisation de type A.

G- AU PLAN DES INDICES :

1- Indice de Sokolow-Lyon (ISL):

1-1- Résultat globaux :

Cinq sujets présentent un indice de Sokolow-Lyon supérieur à 35 mm.

1-2- Résultats analytiques :

❖ Chez les hommes : Cinq sujets ont un ISL > 35 mm. On parle d'hypertrophie ventriculaire gauche pour ces sujets.

❖ Chez les femmes : Tous les sujets ont un ISL normal.

ETUDE DES RESULTATS DE LA DETENTE VERTICALE :

1- Résultats globaux :

Les valeurs obtenues lors de la détente verticale sont largement supérieures aux valeurs proposées par Abalakov.

Et selon les critères de Dickson, leur détente verticale est excellente.

Ce qui confirme que ce sont des athlètes de haut niveau.

2- Résultats analytiques :

❖ Détente verticale sans élan

En valeur absolue les hommes, présentent des valeurs plus élevés que chez les femmes, 75,17 cm contre 66,08 cm soit sensiblement 10 cm de différence.

❖ Détente verticale avec élan

Les hommes présentent également des valeurs plus élevés que chez les femmes.

Par contre pour chacune de ces deux populations la différence entre les deux types de test est d'environ 6 cm.

❖ Chez les femmes, elle passe de 66,08 cm à 74,35 cm.

❖ Chez les hommes, elle passe de 75,17 cm à 81,71 cm.

CHAPITRE III : COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS

A. Sur les résultats de la spirométrie :

La présente étude montre une EFR normale chez la presque totalité des sujets (96%).

✓ Les volumes pulmonaires mobilisables sont supérieurs à la normale chez tous nos sujets. En effet, la capacité pulmonaire totale de nos sujets est supérieure à 20,96% .

Ainsi, seul un effort maximal, tel que le sujet n'en fournit pratiquement jamais dans la vie quotidienne ou dans son travail, mais qui est demandé en revanche dans la pratique du sport de haut niveau, suppose l'ouverture de toutes les alvéoles. L'entraînement ne peut pas provoquer la croissance des alvéoles, ni par conséquent l'augmentation de la surface respiratoire du poumon, mais il peut développer la disposition du poumon à faire entrer en jeu toutes les alvéoles disponibles et ainsi augmenter la capacité vitale (35).

Selon Wolfgang H. et col. (35) la capacité vitale varie considérablement pour un seul et même sportif dans des conditions inchangées. Seule une augmentation supérieure 20% peut être considérée comme un effet de l'entraînement.

La capacité vitale pulmonaire dépend pour une large part des facteurs constitutionnels et des besoins d'oxygène propre aux différentes disciplines sportives. Les nageurs et coureurs de fond se situent en première place avec des valeurs moyens de 5 l comparés à 3 et 4 l chez un sédentaire (35).

Nos sujets qui sont des athlètes ont en moyenne une capacité vitale (5,96l) globalement au dessus des valeurs obtenues dans la population générale, comme ce qu'à noté Monod et coll.(16) chez les nageurs comparés aux sédentaires . Ceci est à rapporté à l'entraînement.

✓ Les débits bronchiques sont supérieurs d'environ 20,44%, ce qui est due à l'augmentation de l'activité des muscles respiratoires induites par l'entraînement (34).

Cependant, chez un des sujets de sexe féminin, nous avons noté une diminution des débits bronchiques par rapport à la normale et du rapport de Tiffeneau .

Et après un test broncho-dilatateur, nous avons notés une nette amélioration des débits bronchiques. Ce qui est en faveur d'un asthme, qui a été confirmé par l'interrogatoire de la patiente.

✓ La ventilation maximum minute, en moyenne (106,24 l/min) est supérieur à la normale chez les hommes et les femmes.

Selon H. Monod et coll.(16) le débit ventilatoire qui au repos, chez l'adulte est d'environ 5 à 8 l / min, peut atteindre, lors de l'exercice maximal, des valeurs de 100 à 120 l /min chez les sujets modérément entraînés et de 150 à 200 l/min chez les athlètes de haut niveau.

Cependant deux seulement de nos sujets ont des VMM supérieurs à 150 l/min.

L'augmentation de la ventilation résulte de l'accroissement du volume courant et de la fréquence respiratoire (34).

B- Sur les résultats de l'Electrocardiogramme :

a- Fréquence cardiaque :

Treize sujets (52%) présentent une bradycardie sinusale. La bradycardie sinusale chez le sportif est en général corrélée avec le niveau d'entraînement en endurance, sans qu'il y ait nécessairement de relation entre fréquence basale et performance (27). La fréquence de repos des sportifs entraînés est souvent inférieure à 60 bat / min (3,22,23,32) mais peut être supérieure (14). Chez les sportifs de fond d'élite, des fréquences plus basses, en moyennes inférieures à 50 bat/min sont habituelles (13).

L'entraînement abaisse la fréquence cardiaque par augmentation du tonus vagal et diminution du tonus sympathique mais également par diminution de la fréquence propre du nœud sinusal comme cela a pu être montré après suppression médicamenteuse des influences neurovégétatives (31). Par contre l'absence de ralentissement de la fréquence cardiaque chez un spécialiste de discipline aérobie doit faire évoquer une mauvaise tolérance à l'entraînement ou une mauvaise conduite de celui ci (7).

b-Rythme sinusal :

Il existe un fond de rythme sinusal et régulier chez tous les athlètes. On observe aussi de rares extrasystoles ventriculaires chez une athlète, extrasystoles qui devraient disparaître à l'effort. Ce qui traduirait leur caractère non péjorative.

c- Intervalle PR :

Parmi les types de bloc auriculo-ventriculaire observés, les aspects du premier degré (BAVI) sont plus fréquents sur l'ECG des sujets entraînés en endurance que chez les sédentaires (3). Cinq athlètes soit 20 % ont un BAVI.

d- Durée et morphologie du complexe QRS :

Un seul sujet présente un bloc de branche droit incomplet (BBDi). Dans la littérature l'aspect de BBDi est cependant plus fréquent chez le sujet entraîné.

Présent chez 18 à 24 % d'une population sportive de diverses disciplines (5, 17, il est plus mis en évidence chez les athlètes de grande endurance : 35 à 51% (21, 33).

Il serait moins fréquent chez la femme ; conformément aux résultats obtenus. (le seul sujet présentant un BBDi est un homme).

Le BBDi du sportif ne semble pas lié à un trouble conductif de branche droite mais à une activation particulière du ventricule droit mise sur le compte d'une hypertrophie (20) ou d'un mécanisme vagal (25).

e-Troubles de la repolarisation :

Un athlète peut être très performant et ne présente aucune particularité de la repolarisation (27). Six sujets (24 %) présentent une repolarisation normale. Sous l'influence de l'entraînement, et seulement quand celui ci est intense et prolongé, l'ECG du sportif peut parfois objectiver des atypies de repolarisation.

Il ressort des observation faits par **TELBOT** au 1958 et **MOINE** en 1970 (15) sur les coureurs du tour de France, que l'ECG normal est rare et que les tracées de type T, A, B sont fréquents ; le type D est plus rare . Ceci est conforme à nos résultats obtenus avec 8% pour la repolarisation type D et 68 % pour les repolarisations de type A, T et B.

Ces anomalies de la repolarisation sont considérées comme évoluant du type T au type D. Le type T serait le plus souhaitable pour un athlète de haut niveau, le type D ayant une signification péjorative, traduisant un entraînement cardiaque. Le type D n'a pas de signification coronarienne ce que confirme sa disparition à l'effort ; l'origine de ces modifications serait métabolique.

En effet **KAHN** et **MELON** (26) ont en effet démontré que ces altérations de ST et T du type de celles que nous avons relatés dans notre étude se poursuivent et persistent tant que le muscle cardiaque n'est pas capable d'utiliser l'acide lactique circulant. Il est obligé au contraire d'utiliser son glycogène pour fabriquer à son tour l'acide lactique.

On conçoit donc très bien que la survenue fréquente d'états d'hypoxie myocardique, relative, transitoire, empêchant le muscle cardiaque d'utiliser l'acide lactique circulant, finisse par créer un aiguillage métabolique dont l'organisme prendrait l'habitude ; ce qui expliquerait la persistance des altérations pendant des semaines après l'effort de même que leur bénignité (26).

f- Intervale QT :

Il existe des désaccords à propos de l'influence de l'entraînement physique sur la durée de l'intervale QT. L'athlète est souvent bradycarde, ce qui induit un allongement notable de QT et nécessite pour l'interprétation une correction de la fréquence cardiaque : QT corrigé (QT).

Cette correction est souvent réalisée dans les études à l'aide de la formule de **BAZETT**() qui est mal adoptée aux sportifs car elle tend à surévaluer QTc en cas de bradycardie (18).

Van Ganse (32), **Palatini** (23) on **BjØrnstad** (4) constatent que QTc est plus long chez les sportifs que chez les sédentaires. Northcote (6) conclut à l'absence de différence.

Les valeurs limites de QTc habituellement admises chez l'athlète sont de 420ms avec des externes jusqu'à 470 ms (4,8), ce qui est cohérent avec nos propres constatations.

g- Hypertrophie ventriculaire :

Douze pour cent (12 %) des sujets présentent une hypertrophie ventriculaire gauche (HVG). L'hypertrophie ventriculaire gauche est souvent définie par le seul indice de Sokolow-Lyon pour le ventricule gauche.

La prévalence de l'HVG est de 5 % dans la population standard et varie selon les études entre 8 et 85 % chez le sportif (6,24,27).

Ce critère doit donc être durci chez le sportif. Pour certains il doit être confirmé par la présence associée d'autres critères électriques avant de parler d'hypertrophie cardiaque chez un sportif (7).

C- Sur les résultats de la Détente verticale :

1- Sur méthodologie :

Le test d'Abalakov(29) montre rapidement ces limites, en effet il ajoute souvent à la mesure de la détente verticale la position du centre de gravité au moment du décollage. Ce test a donc tendance à surestimer de manière grossière la performance de l'individu.

De plus, les résultats ne permettent pas un classement précis car ils sont trop sensible aux conditions (saut dans l'axe verticale, ceinture mal fixée...).

Dans la plupart de la littérature, on utilise seulement la détente verticale sans élan. En plus la méthode de Sargeant(28) est plus utilisé au profit des autres tests comme celui utilisé lors de notre étude(test d' Abalakov).

2- Sur les résultats :

Lors de la détente verticale sans élan la position fléchit au départ, fait que la composante contractile est supposée être la seule active parce que les énergies stockées dans les composantes élastiques passives (tendon) et actives (sarcomères) sont dissipées en chaleur.

Par contre lors de la détente verticale avec élan (cycle étirement raccourcissement) en plus de la force générée par les composantes contractiles, s'ajoutent les forces générées par les éléments élastiques brusquement étirés.

Comparés aux résultats d' Abalakov (29), nos sujets ont une bonne détente verticale. Et d'après la classification de Dickson (2), ils sont excellents .

Notre étude a révélé que les athlètes ayant comme spécialité le saut en longueur ou triple saut possèdent les meilleurs détente verticale.

CONCLUSION

Dans ce travail nous avons effectués une exploration de la fonction cardiaque, de la mécanique ventilatoire et de la détente verticale chez vingt cinq athlètes de haut niveau venant de plusieurs pays et qui sont pensionnaires du Centre International d'Athlétisme de Dakar (CIAD).

En effet ces explorations vont permettre à l'athlète de connaître son niveau de performance et détecter les différentes fonctions à améliorer pour réaliser ses objectifs. Des mesures périodiques au laboratoire et sur le terrain permettront de préciser les modalités et les effets de son entraînement.

Les résultats obtenus en laboratoire, nous donnent des mesures chiffrées de quelques éléments qui contribuent à évaluer l'aptitude physique :

❖ Au plan de l'exploration de la fonction respiratoire :

Nous avons observés :

➤ Vingt quatre sujets présentent une exploration fonctionnelle respiratoire normale, avec le plus souvent des valeurs (de CPT, de débits bronchiques et de VMM) au dessus de la normale.

➤ Un seul sujet présente une diminution significative des débits bronchiques (DEM 25-75% et DEM 25%) et du rapport de Tiffeneau (diminuée de 64%). C'est un asthmatique.

❖ Au plan de l'étude des tracés électrocardiographiques :

S'intéresser à l'électrocardiogramme de repos stricto-sensu du sportif peut paraître paradoxale dans cette période d'explosion technologique que connaît la cardiologie. Il constitue cependant l'examen de base de tout sujet voulant pratiquer ou pratiquant une activité physique et sportive.

L'étude de ces tracées électrocardiographiques montre un certains nombres de particularités :

➤ Rythme sinusal

➤ Bradycardie sinusal (52% des sujets)

➤ Blocs de branche droit incomplet (4% des sujets)

- Blocs auriculo-ventriculaires de premier degrés (20%)
- Trouble de la repolarisation
- QT allongé
- Hypertrophie ventriculaire (12%)

Ces particularités sont dues à la modification de la balance autonome (sympathique et parasympathique) et à l'hypertrophie cardiaque, induites par le sport de haut niveau d'entraînement.

Elles ne doivent pas s'accompagner de symptomatologie clinique. Elles disparaissent rapidement à l'effort et plus progressivement à l'arrêt de l'entraînement.

L'ECG du sportif peut être normal. Cependant l'entraînement physique soutenu peut faire apparaître certaines anomalies qu'il est utile de connaître pour d'une part ne pas interdire indûment la pratique du sport à un homme sain, et d'autre part pour ne pas méconnaître un cœur pathologique sous couvert de diagnostic de facilité de « cœur de sportif ».

Il faut préciser que toutes anomalies de l'onde P, du complexe QRS, du segment ST doivent être considérées comme pathologiques jusqu'à preuve du contraire, ainsi que les anomalies de l'onde T dans les dérivations standards et les précordiales gauches.

❖ Au plan de la détente verticale

Tous les sujets présentaient une bonne détente verticale, surtout les sauteurs (saut en longueur et triple saut). Ceci est à rapporter à l'entraînement.

La détente verticale fait partie de la préparation physique et donc de la forme.

Bibliographie

1- AOYAGI Y. SHEPARD R.J.

Anging and muscle fonction. Sport Med, 1992 ; 14 : 376-396

2- ASTRAND PO. et RODAHL K.

Manuel de physiologie de l'exercice musculaire (traduction française)
Masson, Paris, 1977, 2^e ed., 1 vol, 606 pages

3- BALADY G.J., GADIAN J.B, RYAN T.J.

Electrocardiogram of athlete : an analysis of 289 professional football players. Am. J. cardiol ; 1984 ; 53 : 1339 – 1343.

4- BJØRNSTAD H., STORSTEIN L., DYRE MEEN H., HALS O.

Electrocardiographic findings of repolarisation in athletic students and control subjects. Cardiology, 1994 ; 84 : 51 – 60.

5- BRION R.

ECG du sportif : particularités de la repolarisation : Médecine du sport pour le Praticien, SIMEP SA, 1993 : 132 – 138.

6- CARRE F.

La surveillance cardiologique du sportif. Paris : Masson, 1988 : 90 pp.

7- CARRE F. , CHIGNON J.C.

Particularités électrocardiographiques de l'athlètes : quelles limites ?
source : la revue du Praticien : (Paris) France ; DA 2001 ; vol 51;
NO – NS : 7 – 14

8- CHAPMANN J.

Profound sinus bradycardia in the athletic heart syndrom. J. sports Med. Phys. Fitness, 1982 ; 22 : 45 – 48

9- CISSE MACOUMBA.

Contrôle médical de l'entraînement du sprint long (400 m plat)
Thèse de pharmacie N° 70 année 2002.

10- COUSTEAU JP

Electrocardiogramme du sportif : Revue du praticien ; 1987 ; vol 3 ;
N° 1 : 552 – 555

11- DEJOURS P.

Physiologie de la respiration ; Flammarion, Paris, 1982, 3^e ed, 1 vol, 315 pages.

12- GAYJ ; COUSTEAU J.P.

L'électrocardiogramme du sportif : semaine des hôpitaux, 1985 ; vol 61
N° 37 – 38 : 2646 – 2647

13 GIBBONS L., COOPER K., MARTIN R., POLLOCK M.

Medical examination and electrocardiographic analysis of elite distance runners. Ann. N.Y. Acad. Sci., 1977 ; 301 : 283 296

14- HANNE PAPARO N., DRORY Y., SHOENFELD Y., SHAPIRA Y., KELLERMANN JJ.

Common ECG changes in athletes. Cardiology, 1976 ; 61 : 267 – 278.

15- HUGUES MONOD ; ROLAND FLANDROIS

Electrocardiogramme du sportif : physiologie du sport : MASSON, 2000 : 60 – 61

16- HUGES MONOD. , ROLAND FLANDROIS.

Effets de l'entraînement sur l'adaptation respiratoire et circulaire à l'exercice : physiologie du sport : MASSON, 2000 : 57-59

17- KLEMOLA E.

Electrocardiographic observations on 650 Finnish athletes. Ann. Med. Finn., 1951 ; 40 : 121 – 132

18- LECOCQ B., LECOQ V., JAILLON P.

Physiologic relation between cardiac cycle and QT duration in Healthy volunteers. Am.J. cardiol. 1989 ;1 : 481 – 486

19- MATHEWS K.D., FOX E.L.

The physiological basis of physical education and athletics.
Philadelphia, W.B. Sanders Company, 1976 : 499-500.

20- MOORE E.N., BOINEAU P., PATTERSON D.F.

Incomplete right bundle branch block : and electrocardiographic enigma and possible misnomer. Circulation, 1977 ; 44 : 678 – 687.

21- NAKAMOTO K.

Electrocardiograms of 25 marathon runners before and after 100 meters dash. Jpn. Circ J., 1969 ; 33 : 105 – 126.

22- NORTHCOTE R.J. CANNING G.P., BALLANTYNE D.

Electrocardiographic findings in male veteran endurance athletes. Br. Heart J., 1989 ; 61 : 155 – 160.

**23- PALATIN P., MARAGLINO G., MOS L., MUNARI L.,
RONSISVALLE, CALZARA A. , LUSIANA L. , LOMBARDINI
M., PESSINA A. C. , DALPALU C.**

Effect of endurance training on QT interval and cardiac electrical stability in boys aged 10 to 14. *Cardiology*, 1987 ; 74 : 400-407

24- PELLICIA A, MARON B.J., CULASSO F. et al.

Clinical significance of abnormal electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athlete. *Br. J. sports Med.* 1999 ; 33 : 319 – 24.

25- PLAS F.

L'électrocardiogramme des sportifs. *Ann. Cardiol. Angeiol.* 1977 ; 6 : 729 –131

26- PLAST F.

Guide de cardiologie du sport – Paris – BESINS – IS Covesco ; DA 1976 : 157 pages.

27-R. BRION J. P. Van DEWALLE

Electrocardiogramme du sportif. *Cardiologie du sport*, Paris, Masson – 2000 : 268 pages.

28- SARGEANT A.J., HOINVILLE E., YOUNG A.

Maximal leg force and power out-put during short-team dynamic exercise : *J. Appl. Physiol.*, 1981, 51 : 1175-1182

29- SCHEIFF A.

La détente verticale, comparaison et étude critique de deux tests : Jump et abalakov. – *sport*, 1980, 23, n° 2 : 73-80

30- SLUYSMANS T. , OVAERT C., RUBAY., VLIERIA.

Evaluation cardiovasculaire de l'enfant sportif : Archives de pédiatrie
1995, 2 vol., N° 11 : 1101-1115.

31- SMITH M., HUDSON D., GRAITZER H., RAVEN P.

Exercise training bradycardia : the role of autonomic balance.
Med. Sci. sports Exerc., 1989 ; 21 : 40 – 44.

32-VAN GANSEW., VERSEE L. , EYLENBOSCH W., VUNLSTEEK

The electrocardiogram of athlete. Comparison with untrained subjects. Br.
Heart J., 1970 ; 32 : 160 – 164.

33- VENEROMBO A., RULLI V.

Frequency morphology and meaning of the electrocardiographic
anomalies found in olympic marathon runners and Walkers. J. sports
Med. Phys. Fitness, 1964 ; 4 : 135 – 141.

34- WILMORE ET COSTILL.

Physiologie du sport et exercice physique., DEBOECK université SA,
Paris, Bruxelles, 1998 : 542 pages.

35- WOLF GANG H. ET COL.

La respiration : Médecine du sport, Paris 1990 : 49-53