

République du Sénégal

*** *Un peuple – un but – une foi****

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP
DE DAKAR
(U.C.A.D)

INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR
DE L'EDUCATION POPULAIRE
ET DU SPORT



INSEPS

DEPARTEMENT D'EDUCATION PHYSIQUE ET DU SPORT

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

THEME :

Contribution à l'étude de l'aptitude physique et de la thermorégulation des sujets porteurs du trait drépanocytaire en hypohydratation dans une épreuve sous maximale et de longue durée

Présenté par :

Mr EL hadji Mamouthiam DIOP

Sous la direction de :

Professeur Abdoulaye SAMB

Codirecteurs

Docteur Djibril SECK
Docteur Mamadou SARR

Année académique : 2005 - 2006

DEDICACES

Au nom de Dieu, le clément et miséricordieux, louange à ALLAH, le seul seigneur des êtres. Paix et salut sur son élu, seaux des prophètes, MOUHAMED IBN ABDALLAH, AL HACHIMI, AL KHOUREYCHI. Je dédie ce travail :

- A mon père YERIM CODE DIOP

Vous êtes un modèle de sagesse et de simplicité. Vous avez su nous guider et nous mettre sur le droit chemin. Merci pour tout ce que vous faites pour nous. Ce travail est le tien.

- A ma mère MARIEME F .L. SECK

Le moment est venu pour moi de te rendre un vibrant hommage et de témoigner mon immense affection et ma profonde reconnaissance pour tous les sacrifices consentis rien que pour qu'on ne manque de rien ; je ne saurai vous le rendre. Mon vœux le plus cher est que vous viviez longtemps afin que vous puissiez bénéficier des fruits de l'arbre que vous avez planté et dû entretenir avec succès dans des conditions difficiles.

- A mon oncle ABDOULAYE DAME SECK et à son épouse FATOU B GUEYE dite Adjï Gueye

Ma dette envers vous est absolue. Vous avez toujours été là pour me soutenir. Si aujourd'hui j'ose m'engager dans une entreprise c'est grâce à votre soutien. Vous êtes pour moi un maître, une référence, un père... l'homme du destin. Daignez trouver ici, les témoignages de ma profonde gratitude et toute mon admiration. Je vous dédie ce travail avec toute ma reconnaissance.

- A mes frères et sœurs : Boubacar Diop, Yacine Mar, Ndeye Maïmouna.
- A mes oncles et tantes
- A mes cousins et cousines
- Ames AMIS
- A TOUS MES CAMARADES DE PROMOTIONS

Votre compétence et vos qualités humaines témoignent d'un sens aigu des responsabilités. L'atmosphère et l'entente au sein de la promotion nous revigore et nous aide à surmonter les épreuves. Bonne réussite à tous.

REMERCIEMENTS

C'est l'occasion pour moi d'exprimer toute ma gratitude à tous ceux qui de près ou de loin n'ont ménagé aucun effort pour la réalisation de ce travail. Je veux nommer :

- Mon directeur de mémoire Monsieur le PR ABDOULAYE SAMB

Nous avons toujours été impressionnés par votre rigueur scientifique et votre disponibilité. Vous êtes un professeur consciencieux à l'enseignement riche et clair. Votre sympathie et votre compétence commandent notre admiration. Vous une référence pour nous, et sans vous ce travail n'aurait pu être ce qu'il est.

- Monsieur MBargou FAYE, merci pour tout ce que vous faites pour la réalisation de cette étude. Mention spéciale. Ce travail est le vôtre
- Mes encadreurs : MR DJIBRIL SECK, DR MAMADOU SARR. Votre clarevoyance et vos contributions sans limite nous ont été d'un grand apport.
- Monsieur le PR FALLOU CISSE. Je ne saurais vous remercier pour tout l'aide que vous nous avez apporté dans la réalisation de ce travail ; vous avez su être là au bon moment. Merci pour tout.
- Monsieur le DR Maurice DIOUF, technicien au laboratoire de biophysique qui nous a beaucoup aidé et soutenu dans la réalisation de ces travaux de recherche. Merci infiniment.
- Monsieur le PR MODIBE DIARRA, chef du laboratoire de biophysique à la faculté de médecine pour toutes ces contributions
- Madame RAHAMATOU OUON KOYE GATI, professeur de physiologie au Burkina Fasso
- Mention spéciale aux étudiants qui ont participé aux tests. Votre soutien, votre disponibilité malgré toutes les contraintes

lors des expérimentations m'ont touché profondément. Merci pour tout.

- Tous les professeurs de l'INSEPS qui ne ménagent aucun effort en nous donnant le meilleur d'eux même afin de nous livrer une formation de qualité
- Nos bibliothécaires : ANASTHASIE ET GREGOIRE, merci pour votre compréhension et votre disponibilité. Vos conseils nous ont été d'un grand apport.
- Nos secrétaire MARIE DIENE, Madame SYLLA et Madame DRAME pour leur gentillesse et leur disponibilité.
- Aux professeurs KHALIL CAMARA, SEYDOU SANO, JEAN FAYE. Vous m'avez beaucoup marqué durant cette formation. Nous avons beaucoup apprécié votre humilité, votre ouverture d'esprit, votre gentillesse et votre disponibilité. Toutes ces qualités sont preuves d'éminents scientifiques et d'hommes de bien.
- A tous mes amis et camarades. L'attention agréable et encourageante que vous n'avez cessé de me témoigner nourrit une émulation que je voudrais féconde

RESUME

La drépanocytose hétérozygote AS est une anomalie génétique de l'hématie qui provient de la mutation d'une seule gène parentale entraînant la substitution d'un acide glutamique de la chaîne bêta de la globine de l'hémoglobine par une valine. Pour les sujets porteurs du trait drépanocytaire (HbAS) se pose le problème de la pratique de l'exercice intense et/ou de longue durée et du mauvais fonctionnement rénale.

Douze sujets porteurs du trait drépanocytaire et douze sujets témoins à hémoglobine normale, en hypohydratation, ont été étudiés lors d'une épreuve d'effort à 85% de leur FC max théorique, sur bicyclette ergométrique avec une température ambiante moyenne de 25°96 Celsius et une hygrométrie de 65 à 68%. Les sujets étaient jeunes et bien entraînés, tous étudiants à l'institut National Supérieur de l'Education Populaire et du Sport (INSEPS) de Dakar.

Pour les besoins du test et soumettre les sujets en situation d'hypo hydratation, nous avons établi le protocole ainsi que suit :

- les sujets ne devaient pas effectuer d'effort physique la veille et dans les heures qui précèdent l'épreuve et prennent leur petit déjeuner (verre de lait, pain avec du beurre) entre 7h et 8h du matin. Ils ne buvaient qu'un seul verre d'eau (10ml environ) après le petit déjeuner.
- Ils déjeunaient (repas) entre 12h et 13h avec une prise d'un verre d'eau après le repas et ne devaient plus se réhydrater jusqu'à la fin de l'épreuve
- entre 14h et 15h on avait fait un premier prélèvement urinaire
- entre 15h et 16h on commençait le test d'effort

Lors de ce test il s'agissait de faire pédaler un sujet porteur du trait drépanocytaire en même temps qu'un sujet témoin à 85% de leur FC max. La fréquence de pédalage était en moyenne de 65 à 68 tours/min. Le temps de pédalage (60min) était réparti en 12 paliers de 5min où chaque palier était marqué de prises des paramètres suivants dans les 30 dernières secondes de chaque palier : la fréquence cardiaque - puissance développée - température cutanée - température rectale et la température ambiante. La pression artérielle était, elle, mesurée au repos et à la fin du douzième palier. Un deuxième prélèvement urinaire était fait pour l'ionogramme urinaire des ions sodium (Na⁺) et potassium (K⁺) 20 à 30min après l'effort.

Le bilan hématologique n'avait pas montré de différence significative entre les deux groupes de sujets. Les deux groupes ont pu effectuer l'épreuve d'effort mais avec quelques difficultés passagères (crampe, fatigue) observées chez les porteurs du trait drépanocytaire. Nous n'avons noté aucune différence significative des grandeurs cardio-vasculaires au repos, à l'exercice, et lors de la récupération. Par ailleurs, on observait une augmentation régulière de la température rectale au cours de l'activité. La privation hydrique a entraîné une augmentation significative de la température rectale, seulement lors de l'exercice, sans qu'elle n'eût atteint un niveau fatal, et de la température cutanée à partir de la 25^{ème} minute d'effort. S'agissant des résultats de l'ionogramme urinaire, nous n'avons pas noté de différence significative des rapports Na/K avant et après effort au sein du même groupe. Ceci montre que l'exercice musculaire n'a pas eu d'incidence sur le fonctionnement des reins. Cependant l'état du rein semble être meilleur chez les sujets normaux. L'étude comparative des résultats de l'ionogramme a révélé une différence significative

entre les deux groupes de sujets avec un rapport Na/K supérieur à 1 synonyme d'une insuffisance rénale organique.

Ces résultats montrent, en dehors du cas de dysfonctionnement rénal noté chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire en hypo hydratation que ces derniers ont une aptitude comparable à celle des témoins lors d'une épreuve musculaire sous-maximale d'une heure en climat d'aisance (25° à 26° C).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : REVUE DE LA LITTERATURE	
CHAPITRE I: GENERALITE SUR LA DREPANOCYTOSE.....	4
I/ HISTORIQUE.....	5
II/ DEFINITIONS ET GENERALITES.....	6
II-1 : La forme homozygote.....	8
II-2 : La forme hétérozygote.....	9
CHAPITRE II : QUELQUES RAPPELS PHYSIOLOGIQUES.....	12
I/ LA THERMOREGULATION.....	12
II/ LE REIN.....	13
III/ REIN ET TRAIT DREPANOCYTOSE.....	14
CHAPITRE III : ETAT ACTUEL DE LA RECHERCHE SUR LE TRAIT DREPANOCYTAIRE.....	16
DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES	
CHAPITRE I : MATERIELS.....	19
I/ POPULATION D'ETUDE.....	19
I-1 : Sujets expérimentaux.....	19
I-2 : Sujets témoins.....	20
II/ INSTRUMENTS UTILISES.....	20
CHAPITRE II : METHODES	22
I/ PROTOCOLE DE RECHERCHE.....	22
I-1: Examen médical.....	22
I-2: Test d'effort.....	22
I-3 : Ionogramme urinaire.....	23
I-3-1 : Méthode.....	23
I-3-1-1 : Principe de la recherche	23
I-3-1-2 : Application et intérêt de la méthode.....	24
I-3-2 : Protocole expérimental.....	24
I-3-2-1 : Recueil des urines.....	24

I-3-2-2 : Technique du dosage.....	25
I-3-2-2-1 : Matériels pour les dosages.....	25
I-3-2-2-2 : Réactifs.....	25
I-3-2-3 : Dosage du sodium urinaire.....	25
I-3-2-4 : Dosage du potassium urinaire.....	26
I-3-2-5 : Préparation de la solution mère du Na cl et du K cl.....	26
I-3-2-6 : Détermination de la droite d'étalonnage.....	27
I-4 : Précaution.....	27
I-5 : Déroulement du test.....	28
I-6 : Conditions environnementales.....	29
II/ ANALYSES STATISTIQUES.....	29
TROISIEME PARTIE : PRESENTATION – INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS	
I/ PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTAS.....	31
I-1 : Mesures anthropométriques.....	31
I-2 : Mesures des paramètres cardio- vasculaires.....	32
I-3 : Mesures des paramètres thermorégulatrices.....	37
I-4 : Analyse et interprétation des résultats de l'ionogramme.....	42
II/ DISCUSSION.....	48
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	52
BIBLIOGRAPHIE.....	54
ANNEXES	

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Pratique réunissant des centaines de millions de pratiquants, le sport revêt une importance capitale, tant du point de vue du nombre de pratiquants que du nombre de chercheurs qui s'intéressent à ce phénomène. Il est dans sa version moderne un fait social de première ampleur que certains qualifient même de « phénomène anthropologique Universel ». Son développement rapide et massif va de paire avec l'élévation du niveau des performances, exigées par les disciplines sportives.

L'individu, en faisant du sport, est motivé, soit intrinsèquement, soit extrinsèquement, par un désir de triompher. Cependant, ce désir de triompher l'oblige à aller au-delà de ses capacités physiques à cause des énormes enjeux financiers. La conséquence de ce phénomène est la survenue de plus en plus fréquente d'accidents sportifs allant parfois même jusqu'à la mort subite. La problématique de l'aptitude physique des sportifs se pose ainsi. L'aptitude n'est pas une donnée universelle. Elle est définie en fonction de l'intensité, de la durée de l'activité ou de la discipline sportive, de certains facteurs tels que l'âge, le sexe, mais aussi de certaines données physiologiques et physiopathologiques. Devant l'importance de ces phénomènes, nous nous sommes intéressés à l'aptitude physique des sujets porteurs du trait drépanocytaire au cours d'une épreuve endurante. Cette dernière nécessite un bon système de transport de l'oxygène.

L'inaptitude des drépanocytaires aux hémoglobines SS (homozygote) ne pose plus de contre verses. Ces sujets présentent des

syndromes d'insuffisance spirométrique restrictive, une hypoxémie artérielle et une réduction de la capacité de transport de l'oxygène. Ces troubles sont accentués dès qu'un effort physique même modéré est entrepris. Il a été démontré aussi dans des études antérieures, notamment dans les études de CISSE et Coll. (1984) pour ne citer que celle-là que les sujets drépanocytaires hétérozygotes sont capables de supporter des exercices résistants faisant appel à la filière anaérobique (courses 100m, 200m...) et de réaliser les mêmes performances que les sujets normaux (HbAA).

Le doute persiste toujours sur l'innocuité des activités physiques endurantes chez les drépanocytaires hétérozygotes à cause des risques potentiels auxquels ils pourraient s'exposer. En effet, l'épreuve endurante est un facteur de l'apparition des drépanocytes, favorisée par la diminution d'approvisionnement en oxygène, l'acidose, la déshydratation, liée à l'hyperthermie, pouvant occasionner des manifestations cliniques telles que les crises occlusives....

Le sport, sous toutes ses formes, est permis aux hétérozygotes asymptomatiques AS et AC. Cependant, au cours d'activités sportives intenses et prolongées (marathon, triathlon), de nombreuses études rapportent un risque de mortalité et de morbidité supérieur à la population AA. Les premières observations concernent des efforts physiques en haute altitude ou lors d'entraînements militaires (29). Quelques cas de morts subites ont été rapportés (16, 17). L'infarctus splénique et surtout l'hématurie avec parfois nécrose papillaire rénale, sont les complications les plus fréquentes. D'autres pathologies associées ont été décrites : rhabdomyolyse (13), l'obstruction des

micros vaisseaux par les érythrocytes rigides, une insuffisance rénale ou encore une ischémie tissulaire.

De nombreuses activités physiques et sportives génèrent ces différents facteurs néfastes : hypoxémie à l'effort, hyperthermie d'effort, déshydratation par polypnée et sudation, acidose sanguine par accumulation de déchets acides (lactique, urique) ; sans compter le stress, inévitable en cas de compétition ou de poursuite d'un record.

Ce travail est le résultat d'une comparaison sur une épreuve d'effort de laboratoire de longue durée entre un groupe de sujets, jeunes, porteurs du trait drépanocytaire et un autre groupe de sujets, jeunes, non porteurs de la maladie. Les objectifs de ce travail de recherche sont :

- d'une part, d'analyser les réponses cardio-vasculaires (fréquence cardiaque et pression artérielle) et thermorégulatrices (températures rectale et cutanée) en climat tropical des sujets aux hémoglobines normaux (HbAA) et des sujets aux hémoglobines AS en état d'hypohydratation lors d'un exercice endurant d'intensité sous maximale.

- d'autre part d'étudier, dans ces deux groupes, les éventuelles modifications de la concentration urinaire en ions sodium (Na^+) et potassium (K^+).

REVUE DE LA
LITTERATURE
SUR LA
DREPANOCYTOSE

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LA DREPANOCYTOSE

I/ HISTORIQUE :

Maladie génétique, et donc héréditaire, la drépanocytose est l'hémoglobinopathie la plus fréquente dans le monde (2). Connue depuis très longtemps dans la tradition médicale africaine (Konotey AHULU 1974,160), la drépanocytose n'a été étudiée qu'au 20^{ème} siècle (3):

- 1910 : HERRICK observe, chez un étudiant jamaïcain, la présence d'hématies déformées en faucille. Rapportant le premier cas de drépanocytose homozygote, il note déjà chez son patient la présence d'une albuminurie, d'une leucocytose et d'une faible osmolalité des urines
- 1917 : évocation du caractère familial par EMMEL qui remarqua la déformation des globules rouges chez un parent de malade drépanocytaire; ce qui lui permit de soupçonner la transmission génétique de la maladie
- 1927 : HAHN et GILLEPSIE notent que la falciformation des cellules n'apparaît qu'à basse tension d'oxygène ($PO_2 < 50 \text{ mmHg}$)
- 1933 : introduction de la notion des deux états cliniques complètement différents par DIGGS

- 1947 : NEEL interprète les observations de DIGGS comme les formes hétérozygote et homozygote et établit le mode de transmission selon la loi mendélienne

- SINGER et Coll. en 1948 dont les études portèrent sur la durée de vie des hématies démontrèrent que celle-ci était plus raccourcie chez le malade drépanocytaire alors qu'elle était normale chez le porteur du trait.

- 1949 : mise en évidence d'une différence électrophorétique entre l'hémoglobine A de l'adulte et l'hémoglobine S par PAULING, ITANO SINGER et WELLS. Ceci constitue le premier exemple, démontré d'une maladie moléculaire

- 1950 : observation d'un gel tactoïde par désoxygénation d'une solution d'hémoglobines S concentrée par HARRIS. Cette même année, PERUTZ met en évidence une diminution de la désoxygénation.

- 1959 : INGRAND démontra l'anomalie de structure biochimique de cette hémoglobine anormale (S) et précisa que la différence positive de charge, observée en électrophorèse, est due à la substitution en position 6 de la chaîne bêta d'un acide glutamique par une valine.

- 1960 : des études par diffraction de rayon X montrèrent une différence conformationnelle entre les formes oxygénée et désoxygénée de l'hémoglobine expliquant que cette dernière peut polymériser.

- 1962 : MONOD et JACOB, grâce à leurs travaux sur la synthèse protéique, précisèrent le déterminisme génétique de la synthèse protéique en général. Ils montrèrent qu'un type de gène bien déterminé, est responsable de l'apparition d'anomalie qualitative ou quantitative de l'hémoglobine.

II/ DEFINITION ET GENERALITES

Du grec drepanê ou drepanon signifiant fausse serpe, la drépanocytose tient son nom des déformations en faucille des hématies (globules rouges). La drépanocytose est une maladie des gènes de l'hémoglobine, protéine du sang servant à la fixation et au transport des gaz respiratoires : oxygène et gaz carbonique. Elle est une maladie autosomale récessive due à une mutation unique, ponctuelle, du gène β de la globine, situé sur le chromosome 11 (11p 11-5). La mutation du 6^{ème} codon (GAG6GTG) entraîne le remplacement de l'acide glutamique en position 6 par de la valine (Glu6Val).

L'hémoglobine S est un tétramère de globine dont les deux globines bêta sont anormales. Le gène bêta normal est appelé hémoglobine A (HbA), le gène anormal est appelé hémoglobine S (Hb S), caractéristique de la maladie drépanocytaire. Ces gènes conduisent à la formation d'une protéine d'hémoglobine anormale dont la présence dans les globules rouges peut entraîner leur destruction provoquant ainsi une anémie.

L'hémoglobine est constituée de l'association complexe d'une protéine, la globine, avec une substance pigmentée ferrugineuse, l'hème. Chaque molécule d'hémoglobine possède 4 atomes de fer qui peuvent, chacun, se lier réversiblement avec une molécule d'oxygène (15). La capacité de transport de l'oxygène est donc dépendante de la quantité d'hémoglobine dans le sang. Chez l'homme, le taux d'hémoglobine est d'environ 16% (16g par 100ml de sang) alors que chez la femme, il est de 14,5%.

C'est en Afrique centrale que les drépanocytaires sont les plus nombreux. Une personne sur trois serait atteinte. En République Démocratique du Congo, par exemple, 40% des habitants sont malades. Au Sénégal, la prévalence de l'hémoglobine S est de l'ordre de 10 à 12% (2). Les deux manifestations les plus fréquentes sont les formes homozygote et hétérozygote.

1/ La forme homozygote

C'est la forme grave de la maladie. Elle est caractérisée par des globules rouges contenant essentiellement d'hémoglobines S (HbSS). L'hémoglobine S, désoxygénée, a une solubilité réduite. Elle forme des cristaux allongés à l'intérieur du globule, lui conférant sa forme en faucille (phénomène de falciformation). La falciformation est une conséquence érythrocytaire de la polymérisation de l'hémoglobine S (à l'état désoxygénée seulement). Elle ne concerne que les syndromes drépanocytaires et, elle est en grande partie responsable de leur sévérité clinique. Le drépanocyte, hématie rigidifiée par ce phénomène, quand il obstrue les micros vaisseaux, provoque une ischémie voire un micro infarctus tissulaire. Heureusement, ce phénomène n'est ni permanent ni irréversible, dans certaines limites. A chaque passage dans les tissus, l'hématie qui vient de livrer son oxygène commence à falciformer. Mais, si elle regagne assez vite le poumon, échappant ainsi au blocage périphérique, la réoxygénation lui permet de reprendre sa forme normale. Les facteurs favorisant la polymérisation de l'HbS, et partant les manifestations aiguës, sont anciennement connus (29) : hypoxémie, acidose, déshydratation, hyperthermie, hyperviscosité.

Par ailleurs, dans la forme homozygote, les membranes cellulaires sont fragilisées, ce qui conduit à une destruction précoce des hématies. Cette modification des cellules provoque une augmentation de la viscosité du sang pouvant aboutir à des crises vaso-occlusives douloureuses....C'est pourquoi, toute activité sportive en compétition est à proscrire chez ces sujets, ainsi que les activités sous-marines ou en montagne (à plus de 1500 mètres d'altitude). Les séjours en altitude sont dangereux ; et la pratique du sport intensif leur est interdite. L'effort, résistif et/ou prolongé, expose au risque de myolyse (13). Toute condition, désaturant l'hémoglobine en oxygène, est un facteur de risque de falciformation chez les sujets drépanocytaires

2/ La forme hétérozygote

Communément appelée trait drépanocytaire, elle est la forme la moins grave. Les caractéristiques hématimétriques du sang périphérique des patients drépanocytaires hétérozygotes sont identiques à celles du sang normal, tant en ce qui concerne la lignée érythrocytaire que les lignées leucocytaires que plaquettaires (3). Chez les hétérozygotes, les globules rouges contiennent un mélange d'hémoglobines A et d'hémoglobines de type S ne conduisant pas, dans les conditions physiologiques habituelles, à la formation de drépanocytes. En effet, chaque être humain possède en principe tous les gènes de son patrimoine génétique en double exemplaire et possède donc deux gènes bêta, en combinaison pouvant être AA, AS, ou SS. Seuls les individus SS sont malades. Ceux qui ont un des deux gènes malades, par exemple AS, sont dits hétérozygotes. Chez eux la maladie ne s'exprime pas parce que le gène normal présent, suffit à

contrebalancer l'effet du gène malade. Il permet de fabriquer assez d'hémoglobine normale pour empêcher la destruction des globules rouges. Les AS sont des transmetteurs sains mais peuvent donner naissance à des enfants drépanocytaires.

Cependant, les globules rouges des porteurs du trait drépanocytaire peuvent également subir la polymérisation avec la falciformation des hématies à la saturation de l'oxygène (24-14). La quantité de polymérisation avec la désoxygénation est réfléchissante de la concentration en hémoglobine S, approximativement entre 35% et 70%. Le trait drépanocytaire, habituellement, n'est pas considéré comme un état de la maladie parce qu'il a les complications qui sont rares. Néanmoins, dans des circonstances peu communes, la morbidité ou la mortalité peut résulter des complications, liées à la polymérisation de l'hémoglobine S, tels que les problèmes de l'infection de l'appareil urinaire, l'hématurie, l'infarctus splénique avec l'hypoxie ou l'exercice d'altitude. Ces complications représentent un danger pour la vie lors de l'exercice (rhabdomyolyse, coup de chaleur, ou trouble de la fonction rénale ou de la mort soudaine idiopathique) (33-28). Les processus pathologiques ou physiologiques qui causent l'hypoxie, l'acidose, la déshydratation, l'hyperosmolalité ou l'hyperthermie peuvent transformer le trait drépanocytaire en maladie comparable à la forme homozygote avec les crises vaso-occlusives.

Alors qu'on accueille, de plus en plus de sujets porteurs du trait drépanocytaire dans le milieu sportif, de nombreuses études se sont intéressées au comportement de ces malades asymptomatiques à

l'effort et les effets de l'activité physique à cause des risques potentiels auxquels ils pourraient s'exposer.

CHAPITRE II : QUELQUES RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

I/ LA THERMOREGULATION

L'homme comme tous les mammifères, est un homéotherme. Il maintient constante la température des parties profondes du corps, malgré la variation de la température extérieure (32). La fonction de thermorégulation comprend l'ensemble des mécanismes qui produisent de la chaleur (thermorégulation chimique), des mécanismes qui transportent et ceux qui évacuent la chaleur (thermorégulation physique) d'après des conditions thermiques de l'environnement de telle sorte que la température centrale reste constante (32).

Cependant au cours d'un exercice musculaire, la température centrale augmente, habituellement, jusqu'à un niveau dépendant de l'intensité relative du travail. Cette augmentation de la température est bien contrôlée car la température centrale est maintenue dans certaines limites permettant les fonctionnements métaboliques de l'organisme. L'ajustement de la température se fait essentiellement par sudation – évaporation. La sudation réduit les réserves liquidiennes de l'organisme créant ainsi un état relatif de déshydratation. Si la sudation est excessive, et les liquides corporels non remplacés, le volume sanguin chute et la température corporelle peut atteindre un niveau fatal.

Un exercice, par temps chaud et humide, constitue un défi de thermorégulation, car les importantes quantités de sueur excrétée par temps humide, contribuent très peu au refroidissement de l'organisme. Une perte d'eau supérieure à 4 ou 5% de la masse corporelle nuit

grandement à la déperdition de la chaleur et au fonctionnement cardio-vasculaire, réduisant la capacité de travail.

En effet l'eau constitue 40 à 60% de la masse corporelle. Le muscle renferme 72% d'eau, la graisse n'en contient que 20 à 25%. Son entrée normale est d'environ 2,5 l/jour et provient de l'eau de la boisson (1,2l), l'eau des aliments, et l'eau du métabolisme (0,35l) produite par le catabolisme énergétique (15). Cette eau est évacuée du corps chaque jour dans l'urine (1 à 1,5l), la sueur (0,5 à 0,7l), l'air expiré (0,25 à 0,30l) et les matières fécales, constituées par 70% d'eau. L'eau joue un rôle extrêmement important dans la régulation de la température. Ainsi, l'exercice, par temps chaud, augmente de beaucoup les besoins en eau de l'organisme. Cependant, la quantité d'eau perdue, par sudation dépend de l'intensité de l'effort et de la température ambiante. L'humidité relative conditionne l'efficacité de la sudation, mécanisme thermorégulateur.

II/ LE REIN

Au nombre de deux, les reins sont richement vascularisés, recevant 1000ml de sang par minute, soit 333ml par minute et par 100g de tissu. Au repos, le rein est l'organe le plus richement irrigué (20 à 25%), en valeur relative par rapport à la masse, permettant ainsi à l'organisme d'excréter ces molécules gênantes à travers les urines et d'assurer l'homéostasie. Son fonctionnement anormal se répercute sur quatre substances : l'urée, la créatine, le sodium et le potassium. Le sodium et le potassium sont tous des électrolytes car ils sont dissous dans l'organisme sous forme d'ions chargés électriquement (32).

La concentration du sodium dans l'urine est de 3,5g/litre soit 150millimoles. Le sodium participe à l'équilibre acido-basique, à l'équilibre hydrique et la fonction nerveuse. Sa source est le sel de table. Sa carence est synonyme de crampe musculaire, apathie cérébral, et son excès peut entraîner une hypertension artérielle.

Le potassium est l'ion dominant de la cellule musculaire. Il a une concentration de 3g/l, soit 75mmol dans l'urine. Il a les mêmes fonctions que le sodium. Son manque peut occasionner une faiblesse musculaire allant jusqu'à la paralysie et l'excès de potassium peut entraîner la mort.

III/ REIN ET DREPANOCYTOSE HETEROZYGOTE

L'atteinte rénale est habituellement l'unique expression de la drépanocytose hétérozygote, symptomatique. Les conditions d'hypertonie et d'hypoxie déclenchent la falciformation dans la vasa recta (22), qui s'accroît avec l'accroissement de l'osmolalité ralentissant le flux sanguin, puis l'arrêtant, en provoquant l'infarctus médullaire et l'extravasation sanguine, responsable des hématuries. L'altération des vasa recta ampute le gradient cortico - médullaire. La baisse de l'osmolalité dans la médullaire entraîne une diminution de la réabsorption passive de l'eau à partir du tube collecteur, en présence d'hormones anti-diurétique hypophysaires (ADH). Cette « papillectomie fonctionnelle » expliquerait le trouble du pouvoir de concentration et la baisse du pouvoir d'acidification des urines.

L'hyposthénurie, c'est-à-dire l'incapacité de concentrer l'urine, a été bien démontré chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire (7-17). Elle est présente chez 70% des hétérozygotes, qui ont un défaut d'acidification des urines sans charge acide. Le début initial de ce défaut de concentration est variable mais se produit habituellement tôt dans la vie. Il tend à être intermittent et réversible au commencement et graduellement peut devenir structural et irréversible (27). En raison de cette capacité limitée de concentrer l'urine, il y a une capacité, diminuée, de compenser l'équilibre négatif de l'eau pendant l'exercice.

L'hématurie est au moins aussi fréquente chez les porteurs du trait que chez les homozygotes (27). Elle a été assez bien décrite dans des études multiples des individus avec HbAS (14-16). Dans une étude faite à Atlanta sur 40 patients, porteurs du trait drépanocytaire, hospitalisés pendant une période de 14 mois, 7 (18 %) ont été admis en raison de l'hématurie (6). Une étude jamaïquaine a montré que l'hématurie non expliquée a exigé une hospitalisation seulement une fois en 10 ans chez 119 patients présentant le trait drépanocytaire (23). Le mécanisme à l'origine de l'hématurie dans le trait drépanocytaire serait en relation avec les conditions hypertoniques, hypoxiques et acidotiques dans la médullaire rénale, qui clairement favoriserait le phénomène de falciformation.

CHAPITRE III : ETAT ACTUEL DE LA RECHERCHE SUR LE TRAIT DREPANOCYTAIRE ET LE SPORT

Le comportement physique et physiologique des porteurs du trait drépanocytaire est quelque peu équivoque sous des conditions nécessitant des efforts intenses et de longue durée, bien que ce caractère génétique, anormal, est généralement considéré comme étant un désordre bénin.

Le fait qu'il arrive des incidents et des cas de blessés graves chez ces derniers lors de l'exercice, a suscité la recherche pour tenter d'expliquer les causes de la mort soudaine qui a été imputée à la tare. Ainsi en dehors des études faites précédemment, montrant toutes de la capacité des porteurs du trait drépanocytaire à réaliser les mêmes performances que les sujets aux hémoglobines normaux, d'autres études sont venues, ces trois dernières années, enrichir la recherche dans ce domaine.

- Sara F et coll. (25) ont évalué la réaction lactique durant un test d'exercice physique sur bicyclette ergométrique sur une population, composée d'hommes et de femmes qui ont la drépanocytose hétérozygote. Au terme de leur étude, Sara et coll. ont montré que le fait que les sujets drépanocytaires aient une réaction lactique plus faible, est le fait d'un processus d'adaptation des globules rouges en relation avec la production d'acide lactique. Ces sujets ont une plus grande capacité à produire de l'acide lactique que les sujets à hémoglobine normale.

- Bergeron et coll. (4) ont fait deux tests, l'un avec ingestion de fluide et l'autre sans ingestion de fluide. Ils remarquèrent que les résultats étaient inférieurs lors du test où ils avaient administré du fluide, comparé au test où ils (sujets porteurs du trait drépanocytaire) n'avaient pas pris de fluide, avec un résultat qui ne disposait pas de différence statistique significative par rapport à l'ensemble d'efforts fournis. Ainsi, ils dénotent une progression constante des drépanocytes avec un pourcentage de 3,5% - 5,5% chez les porteurs de l'HbAS seulement pendant l'exercice où ils n'avaient pas pris de fluide, alors qu'aucun signe de fièvre n'a été détecté au sein des participants dans le groupe des HbAA.
- Samb.A et coll. (26) ont fait un test d'effort submaximal, d'une heure de pédalage à 75% de la FC max sur une bicyclette ergométrique. Dans ce test, il était question de comparer, entre deux groupes de sujets (HbAS et HbAA), l'évolution des paramètres tels que la fréquence cardiaque, les températures cutanée et centrale, la pression artérielle. Au terme de leur étude, les résultats ne montrèrent aucune différence significative entre les deux groupes. Ils ont conclu que ces sujets ont des performances comparables à celles des sujets aux hémoglobines normaux.
- Fagnete et coll. (11) comparaient l'activité de transport du lactate des globules rouges lors d'un test d'effort progressif à un niveau maximum entre deux groupes de sujets (porteurs du trait drépanocytaire et témoins (HbAA)) et la consommation maximale d'oxygène. Ils n'ont remarqué aucune différence entre les deux groupes pour ce dernier paramètre. Cependant pour ce qui concerne le transport du lactate, ils ont fait observer que les

globules rouges des sujets AS avaient produit plus de lactate à concentrations basses et élevées que ceux des sujets témoins.

- Connes. P et Coll. (7) ont fait une étude consistant à évaluer et à comparer la viscosité du sang et du plasma, l'hématocrite et la rigidité des globules rouges. L'étude consistait à un test d'effort supra maximal. Au terme de cette étude, aucune différence n'a été signalée entre les deux groupes concernant la viscosité du plasma et l'hématocrite. Mais la viscosité du sang et la rigidité des globules rouges étaient plus élevées chez les porteurs du trait drépanocytaire pendant tout le temps que ces points furent vérifiés. Ainsi, selon Connes et coll. (février 2006), le taux, élevé de la rigidité des globules rouges et de la viscosité du sang au repos, et, en réponse, à un bref exercice supra maximal, pourrait être un facteur de risque en rapport avec les complications micro circulatoires.

Cette étude vient confirmer celle de Monchanin.G et coll. (35). Les études, de ces derniers, comparaient les paramètres hématologiques entre un groupe d'athlètes, porteurs du trait drépanocytaire, avec ou sans l'alpha thalassémie et un groupe témoin dans un exercice de test progressif et maximal sur une bicyclette ergométrique. Outre les désordres de la micro circulation, ils ont fait observer que ces modifications sont limitées par la présence d'alpha thalassémie.

METHODO

LOGIE

CHAPITRE I: MATERIELS

A°) Population d'étude

Il s'agit d'une population de 24 sujets recrutés parmi les étudiants de l'Institut National Supérieur de l'Education Populaire et du Sport (INSEPS). Cette population se compose de deux groupes de 12 sujets, un groupe de sujets porteurs du trait drépanocytaire (groupe expérimental), et un groupe de sujets aux hémoglobines normaux AA (groupe témoin).

Les sujets sont des sénégalais, de race noire et de sexe masculin, et parfaitement adaptés au climat tropical. Ils ont volontairement accepté de participer à l'étude après qu'ils eussent été informés du protocole de recherche.

1°) Sujets expérimentaux

Ce sont des sujets, sélectionnés sur la base du test d'Emmel et de l'électrophorèse de l'hémoglobine, effectués lors de la visite médicale d'aptitude pour une admission définitive à l'INSEPS. Le taux d'hémoglobines S était en moyenne de $40,1\% \pm 3,36$, celui de l'hémoglobine A₁ de $57,4\% \pm 4,05$, et de l'hémoglobine A₂ de $2,7\% \pm 1,02$ (Cf. tableau1).

L'âge de ces sujets était en moyenne de 25 ans $\pm 2,13$, leur poids de $67,125\text{kg} \pm 6,68$ (écart-type) en moyenne et leur taille de $177\text{cm} \pm 5,90$.

2°) Sujets témoins

Ces sujets ont été choisis en fonction des résultats des tests, cités précédemment. Ils sont dans la même promotion que les sujets AS choisis pour les études. Ils sont des sujets aux hémoglobines normaux (HbAA) et ne présentent aucune pathologie contre indiquant la pratique sport. La moyenne d'âge des sujets était en moyenne de 25ans \pm 2,02, leur poids de 67,21kg \pm 4,48 en moyenne et leur taille moyenne était de 177 \pm 4,95.

B°) Instruments utilisés

Pour la réalisation de cette expérience, nous avons utilisé les instruments suivants :

- Deux (2) bicyclettes ergométriques de type MONARK comportant une tablette électronique incorporée sur laquelle se lit directement le nombre de tours de pédalage par minute. La bicyclette est dotée d'une selle réglable en fonction de la taille permettant aux sujets de pédaler confortablement. Son pédalier est relié par l'intermédiaire d'une chaîne et d'un pignon à un volant d'inertie sur lequel s'applique une sangle dont la tension est réglable. La force de frottement, développée par la rotation de cette zone, s'applique à l'intermédiaire de la sangle tangentiellement à une poulie solidaire d'un contre poids. La connaissance précise des caractéristiques mécaniques de ce système et de la vitesse de la roue permet d'étalonner directement en puissance le déplacement du contre poids.
- Deux (2) cardio fréquence - mètres, de marque Polar où l'on peut lire directement la fréquence cardiaque ;

- Un (1) appareil de mesure des températures : « Thermistor Thermomètre » 400OTO série 700. Cet appareil, fabriqué par YSI (Incorporated Yellow Springs Instruments), comporte cinq (5) canaux de sortie permettant de mesurer pour deux sujets, la température rectale, la température cutanée et la température ambiante.
- Un (1) tensiomètre à brassard doté d'un stéthoscope ;
- Une (1) toise graduée, en centimètres, pour mesurer la taille du sujet
- Un (1) pèse-personne de type SECA ;
- Deux (2) chronomètres pour mesurer la durée des phases d'exercice (de l'échauffement à la récupération) ;
- 48 tubes à essai permettant de recueillir les prélèvements (10ml d'urine pour chaque sujet avant et après effort) pour l'ionogramme.
- Une éprouvette graduée permettant de mesurer le volume urinaire des sujets
- Un photomètre Elvi 660 (ionomètre), appareil permettant de mesurer la concentration des différents ions contenus dans un liquide organique (plasma ou urine le plus souvent). Ces concentrations sont le plus souvent exprimées en millimole par litre (mmol/l)
- De l'eau distillée pour réaliser les dosages
- Fioles jaugées de 500ml
- 4 fioles de 100ml
- Bêchers en plastique pour le photomètre de flamme
- Bêcher de 50ml
- Pipettes de 50ml, 25ml, 10ml et 1ml

CHAPITRE II : METHODE

I/ PROTOCOLE DE RECHERCHE

Le protocole de la recherche a été établi comme suit :

- un examen médical
- un test d'effort
- l'ionogramme

1/ Examen médical

IL s'est composé de :

- un interrogatoire sur les antécédents médicaux en rapport avec la maladie drépanocytaire (céphalée, douleur ostéo-articulaire, crises vaso-occlusives)
- une analyse de la radiographie pulmonaire
- l'électrophorèse de l'hémoglobine.

2/ Test d'effort

IL s'est agi d'un test d'effort, de longue durée d'intensité sous maximale de laboratoire. Lors de ce test, il s'agissait pour les sujets (expérimentaux, témoins) de :

- pédaler sur une bicyclette ergométrique pendant une durée d'une heure de temps (1h) à 85% de la fréquence cardiaque maximale théorique, donnée par la formule d' Astrand : $FC_{max} = 220 - \text{âge (ans)}$
- la fréquence de pédalage était en moyenne de 65 à 68 tours/min

- maintenir la charge constante après que les sujets eussent atteint 85% de leur FC max après un échauffement de 5min
- de répartir le temps de pédalage en 12 paliers de 5min, où chaque palier était marqué par la prise des paramètres suivants :
 - la fréquence cardiaque
 - puissance développée
 - température cutanée
 - température rectale
 - température ambiante

3 – l'ionogramme urinaire

3 -1 / METHODE

Le dosage de la concentration urinaire en sodium et potassium s'est fait par photométrie de flamme ou photométrie d'émission. La dilution quant à elle s'est fait au cinquantième (1/50) qui est égale à la solution de travail.

3- 1-1 / Principe de la méthode

Lorsqu'une solution d'une espèce minérale est pulvérisée dans une flamme, le solvant est évaporé, et les particules solides entrent en fusion puis se vaporisent. Si la température est suffisamment élevée la dissociation moléculaire peut se produire ; et ceci d'autant plus que la température de la flamme augmente. Les atomes ainsi formés sont ensuite excités par absorption d'énergie thermique. Le retour de ces atomes à l'état fondamental par l'émission de raies lumineuses (en petit nombre dans le cas des spectres de flamme).

L'intensité de ces raies lumineuses (souvent, on se contente d'étudier la plus intense) mesurable à l'aide d'un spectrophotomètre est proportionnelle à la concentration du composé métallique dans la solution à analyser.

L'association d'un four permettant l'émission d'un rayonnement et d'un spectrophotomètre constitue donc un spectrophotomètre de flamme, susceptible d'applications analytiques qualitatives et quantitatives.

3-1-2 /Applications et intérêt de la méthode

Les laboratoires d'analyses médicales dosent à l'heure actuelle souvent le Sodium et le Potassium dans les milieux biologiques grâce à cette méthode et ce même appareillage.

Le taux de Na^+ et de K^+ (dans le sérum humain, les globules rouges, les cellules etc.) est particulièrement intéressant à connaître, d'autant qu'il ne varie que très faiblement sauf en cas de désordres physiologiques graves. Il est donc souvent fondamental pour le médecin de connaître précisément ces valeurs pour orienter son diagnostic et par de prescrire une médication efficace. Les ions du plasma les plus important sont : Na^+ :142mmoles/l ; K^+ : 5mmoles/l ; Ca^{++} : 5mmoles/l ; Cl^- :103mmoles/l ; SO_4^- :111mmoles/l.

3-2 / PROTOCOLE EXPERIMENTAL

3-2-1 / Recueil des urines

Pour les besoins de l'expérimentation chaque sujet avait à sa disposition quatre tubes à essai dont deux servaient respectivement à

recueillir le volume urinaire avant et après effort. Les deux autres étaient utilisés pour recueillir les prélèvements de 10ml, mesurés grâce à une éprouvette graduée, devant servir pour les tests d'ionogramme urinaire. Sur chaque tube à essai était mentionné le nom, le matricule (SPD ou ST) et l'instant du prélèvement (avant ou après)

3-2-2/ Technique du dosage

Après décongélation des urines, on a fait une dilution au cinquantième (1/50). Introduire 1ml d'urine à analyser et compléter au trait de jauge avec de l'eau bidistillée. Agiter et laisser au repos. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde 589nm pour le sodium et 767nm pour le potassium.

3-2-2-1/ Matériels pour le dosage

- Photométrie elvi 660
- Fioles jaugées de 500ml
- 4 fioles de 100ml
- Tubes à essai en plastique pour le photomètre de flamme
- Tubes à essai de 50ml
- Pipettes de 50ml, 25ml, 10ml et 1ml

3-2-2-2/ Réactifs

- eau bidistillée
- solution étalons Na^+ : 50mg ; 25mg ; 12,5mg ; 5mg
- solution étalons K^+ : 50mg ; 25mg ; 12,5mg ; 5mg

Ces étalons sont à conserver dans des flacons polyéthylènes

3-2-3/ Dosage du sodium urinaire

- Filtre Na⁺ (longueur d'onde = 589 nm)
- Faire le 0 avec l'eau bidistillée
- Tarer à l'aide de la solution étalon 50mg de manière à lire 90mv

Lire pour chaque dilution de l'étalon puis tracer la courbe d'étalonnage avec les solutions étalons :

$$f(C) = I \text{ (signal électrique)}$$

Lire l'échantillon de l'urine à analyser.

Déduire directement la courbe, la concentration de l'échantillon à analyser.

Remarque : rincer abondamment avec de l'eau bidistillée à la fin de chaque analyse

3-2-4/ Dosage du potassium urinaire

- filtre K⁺ (longueur d'onde = 767nm)
- Faire le 0 avec l'eau bidistillée.
- Même procédé que pour l'ion Na⁺ en tarant l'appareil avec l'étalon 50 mg de manière à lire 90 mv

3-2-5/ Préparation de la solution mère de Na cl et de Kcl

• Solution mère de Na Cl

1/Dissoudre 0.634 g de Na Cl dans 500ml d'eau distillée → solution A

$$\underline{0.634 \times 23} = 0.25 \text{g de Na}^+ / 500 \text{ml}$$

58.5

$$= 50 \text{mg de Na}^+ / 100 \text{ml}$$

$$= 2,173 \text{meq Na}^+ / 100 \text{ml}$$

2 / diluer 50 ml de A dans 100 ml → solution B

$$\underline{50 \text{ml} \times 50 \text{mg}} = 25 \text{ mg Na}^+ / 100 \text{ ml}$$

100ml

$$= 1,086 \text{ mEq} / 100 \text{ ml}$$

3 / Diluer 25 ml de A dans 100ml → solution C

$$\frac{25 \text{ ml} \times 50 \text{ mg}}{100 \text{ ml}} = 12,5 \text{ mg Na}^+ / 100 \text{ ml}$$

$$= 0,543 \text{ mEq} / 100 \text{ ml}$$

4 / Diluer 10 ml de A dans 100 ml → solution D

$$\frac{10 \text{ ml} \times 50 \text{ mg}}{100 \text{ ml}} = 5 \text{ mg Na}^+ / 100 \text{ ml}$$

$$= 0,217 \text{ mEq} / 100 \text{ ml}$$

- **Solution mère du K Cl**

1-On a dissout 0,477g de KCl dans 500ml d'eau distillée→ solution H
Même procédé que pour la préparation du sodium (solution H ; K ; L ; M)

b- 2 / **Détermination de la droite d'étalonnage**

Dans série de fioles jaugées de 100ml et numérotées, introduire dans chaque fiole, en agitant après addition successive de concentration croissantes de solution étalons. Compléter à 100ml avec de l'eau bidistillée. Agiter. Lire au spectrophotomètre

4/Précautions

Dans le cadre de l'expérimentation, les sujets :

- ne devaient pas effectués d'effort physique important la veille et le jour du test

- étaient regroupés dans l'enceinte de l'établissement le jour du test. Ils partageaient le même repas et prenaient la même quantité d'eau entre 12h et 13h
- ne devaient boire qu'un verre d'eau après la prise du petit déjeuner et du déjeuner, et, ne devaient plus se réhydrater jusqu'à la fin des tests c'est-à-dire, après le deuxième prélèvement urinaire
- devaient se présenter en tenue de sport.

Les tests débutaient à 15h

- le premier prélèvement urinaire se fera entre 14h et 15h (avant le début de l'épreuve)
- les sujets pédalaient torse nu ; seul le port d'un short et des chaussures était permis
- l'épreuve s'est déroulée en présence d'un médecin
- les paramètres tels que : la fréquence cardiaque, la pression artérielle, la température cutanée, la température rectale, le poids et la taille des sujets, de même que la température ambiante étaient pris avant le test (au repos), après trois minutes, et cinq minutes de récupération.

5/ Déroulement

Le test se déroulait suivant le protocole, défini précédemment. Ainsi nous avons tenu à respecter les paramètres suivants :

- quatre sujets (deux sujets témoins et deux sujets expérimentaux) passaient le test dans la même journée
- les sujets urinaient avant de commencer le test d'effort (1^{er} prélèvement urinaire)

- Le poids, la taille étaient pris avant le début de l'épreuve
- un sujet porteur du trait drépanocytaire pédalait en même temps qu'un sujet témoin pendant une heure
- la puissance de pédalage était, régulièrement, ajustée pour maintenir les 85% de la FC max théorique des sujets
- durant toute la durée de l'épreuve, on prend la fréquence cardiaque, la température rectale, la température cutanée, la charge de pédalage affichée dans les 30 dernières secondes de chaque palier (12 paliers de 5 minutes)
- ces paramètres étaient repris à la fin du douzième palier, après une récupération de trois minutes et de cinq minutes
- la pression artérielle finale est mesurée dans les trois dernières minutes du douzième palier
- le poids des sujets était repris à la fin de l'exercice
- le deuxième prélèvement urinaire était effectué après une récupération de trente minutes à la fin de l'épreuve.

6/ CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Les températures ambiantes étaient presque identiques au cours des journées de tests. Elle était en moyenne de 25°C 96 avec un pourcentage d'humidité de l'air qui tournait entre 65 et 68 %

II/ ANALYSES STATISTIQUES

Pour les besoins du traitement des données, recueillies lors de l'expérimentation, les moyennes et les écart-types ont été calculés pour tous les paramètres pris.

Le test de Student a été utilisé pour déterminer le degré de significativité des différences qui existent entre les deux groupes de sujets, nommés. Avec un degré de liberté égal à 11, le seuil de signification est pour :

- $P \geq .05 = 2,201$
- $P \geq .01 = 3,106$

**PRESENTATION ET
INTERPRETATION
DES RESULTATS**

I/ PRESENTATION ET INTERPRETAION DES RESULTATS

1- MESURES ANTHROPOMETRIQUES

TABLEAU 1 : Comparaison des données anthropométriques

	GROUPE EXPERIMENTAL		GROUPE TEMOIN		DIFFERENCE
	Moyenne	Ecart- type	Moyenne	Ecart- type	
POIDS (Kg)	67,12	6,68	67,21	4,48	NS p = 0,973
TAILLE (cm)	177	5,90	177	4,95	NS p= 0,974
AGE (ans)	25	2,13	24,5	2,02	NS p=0,509

Au regard du tableau, on voit que les deux groupes ont des valeurs moyennes quasi- identiques. Les deux groupes sont homogènes au point de vue de l'âge, de la taille et du poids ; les différences des données anthropométriques ne sont pas significatives.

2- MESURES DES PARAMETRES CARDIOVASCULAIRES

Les sujets ont pu effectuer l'heure de pédalage sans complications particulières. Mais nous avons noté que les sujets porteurs du trait drépanocytaire ressentent un plus la fatigue que les sujets témoins.

TABLEAU 2: Comparaison de la fréquence cardiaque de repos, après trois et cinq minutes de récupération

	GROUPE EXPERIMENTAL		GROUPE TEMOIN		Différence
	Moyenne (batt./min)	Ecart-type	Moyenne (batt/min)	Ecart-type	
AU REPOS	77	10,53	73	5,89	0,298
APRES 3min DE RECUPERATION	120	12,74	118	15,15	0,662
APRES 5min DE RECUPERATION	117	14,54	111	17,65	0,446

La moyenne de fréquence cardiaque au repos, après trois minutes et cinq minutes de récupération des sujets expérimentaux et témoins ne montrent pas de différence significative entre les deux

groupes malgré des valeurs moyennes sensiblement plus élevées chez les porteurs du trait drépanocytaires que chez les témoins.

TABLEAU 3 : Comparaison de la pression artérielle initiale (avant l'exercice)

PRESSION ARTERIELLE	GROUPE EXPERIMENTAL		GROUPE TEMOIN		Différence
	Moyenne (mmHg)	Ecart - type	Moyenne (mmHg)	Ecart - type	
Pression artérielle systolique	121	9,07	125	11,57	NS p = 0,363
Pression artérielle diastolique	80	6,89	79	7,64	NS p = 0,845

Les valeurs moyennes de la pression artérielle, des deux groupes, avant l'exercice ne présentent pas de différence significative

**TABLEAU 4 : COMPARAISON DE LA PRESSION
ARTERIELLE FINALE**

PRESSION ARTERIELLE	GROUPE EXPERIMENTAL		GROUPE TEMOIN		DIFFERENCE
	Moyenne (mmHg)	Ecart- type	Moyenne (mmHg)	Ecart- type	
Pression artérielle systolique	152	7,82	159	7,34	NS p=0,333
Pression artérielle diastolique	78	10,30	77	7,54	NS p=0,777

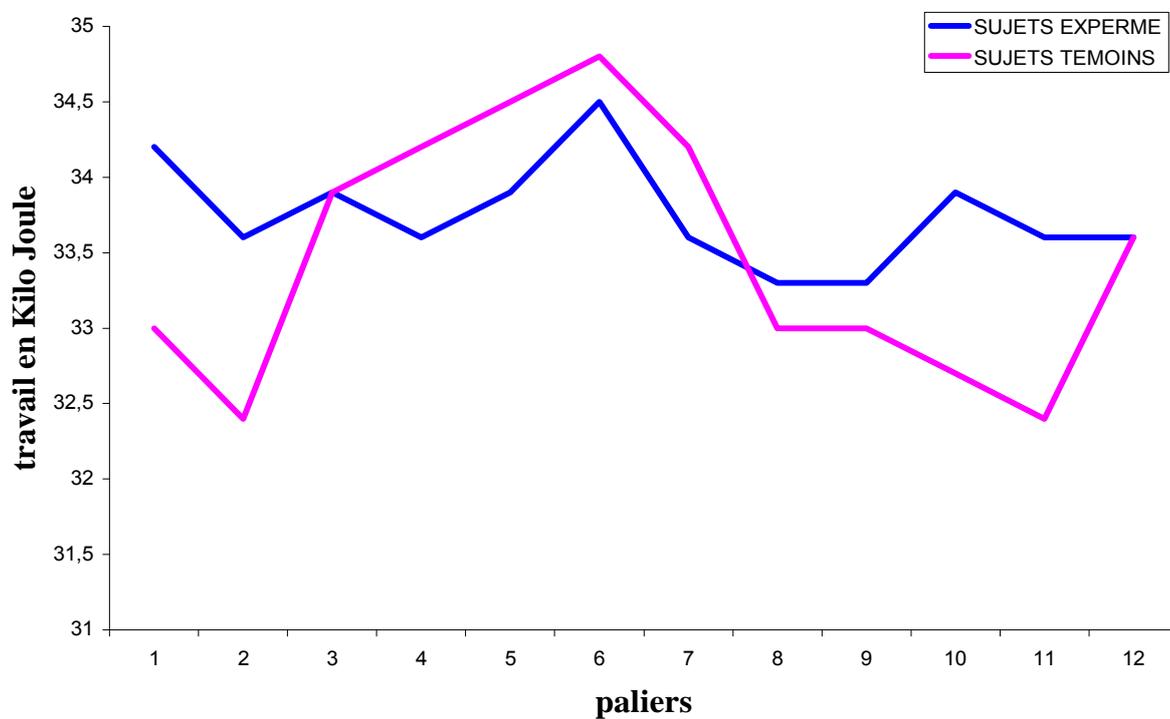
Parallèlement à la pression artérielle initiale, la pression artérielle finale c'est -à -dire celle enregistrée au dernier palier ne montre pas de différence significative entre les deux groupes.

**TABLEAU 5 : COMPARAISON DU TRAVAIL FOURNI
ENTRE LES SUJETS TEMOINS ET LES SUJETS
EXPERIMENTAUX**

	GROUPE EXPERIMENTAL		GROUPE TEMOIN		Différence
	Moyenne (KJ)	Ecart-type	Moyenne (KJ)	Ecart-type	
A L'exercice	33,75	0,35	33,47	0,83	0,231

La différence du travail fourni n'est pas significative entre les deux groupes. Cependant, on observe des valeurs moyennes plus élevées chez les drépanocytaires que celle des sujets témoins.

FIGURE 1: Courbe d'estimation du travail fourni en fonction de la puissance développée au cours de l'effort



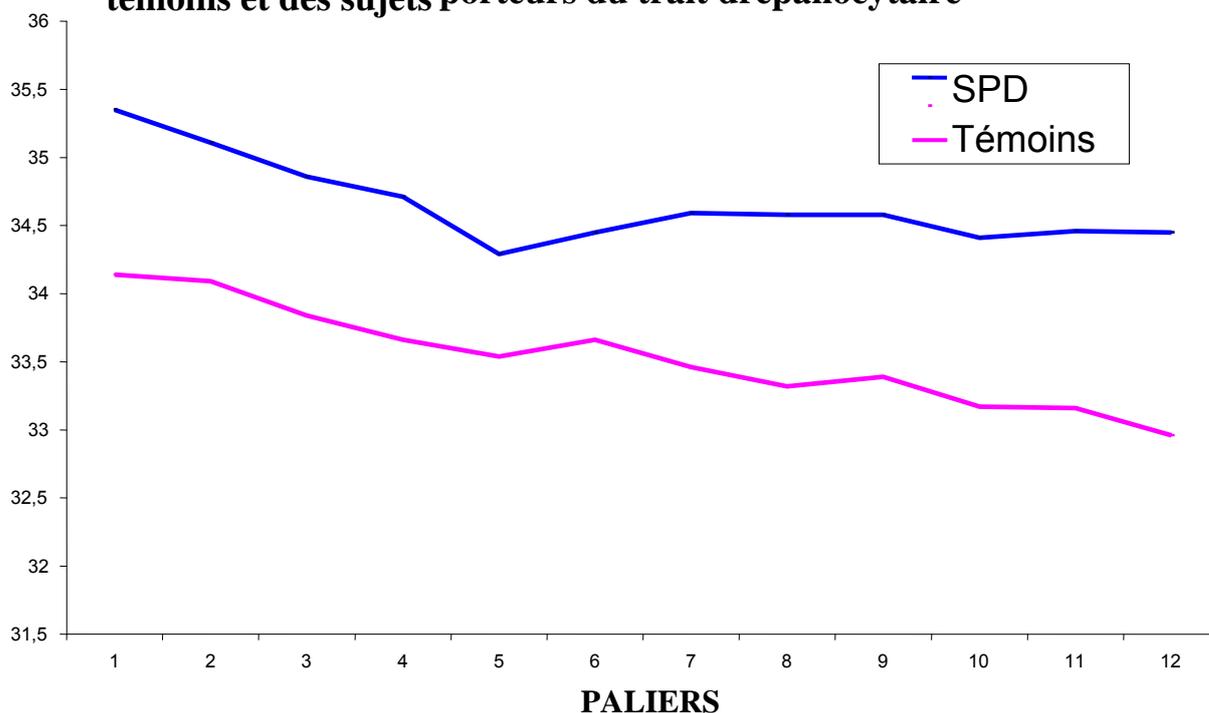
L'étude du travail fourni n'a pas révélé de différence significative entre les deux groupes de sujets.

3- MESURES DES PARAMETRES THERMOREGULATEURS

TABLEAU 6 : Comparaison de la température cutanée

	GROUPE EXPERIMENTAL		GROUPE TEMOIN		Différence
	Moyenne (°C)	Ecart-type	Moyenne (°C)	Ecart-type	
AU REPOS	35,06	0,88	34,85	0,64	NS p = 0,514
A l'exercice	34,65	0,31	33,53	0,37	NS p= 1,266
Après 3min de récupéra	34,65	1,91	34,61	1,35	NS p=0,964
Après 3min de récupéra	33,97	2,67	33,99	1,58	NS p = 0,987

La température cutanée moyenne était comparable pour les deux groupes au repos, à la troisième minute de récupération et la cinquième. Par contre lors de l'exercice, la température cutanée était moins élevée chez les sujets témoins que chez les sujets expérimentaux mais la différence des températures n'était pas significative partout ailleurs.

FIGURE 2: Evolution de la température cutanée des sujets témoins et des sujets porteurs du trait drépanocytaire

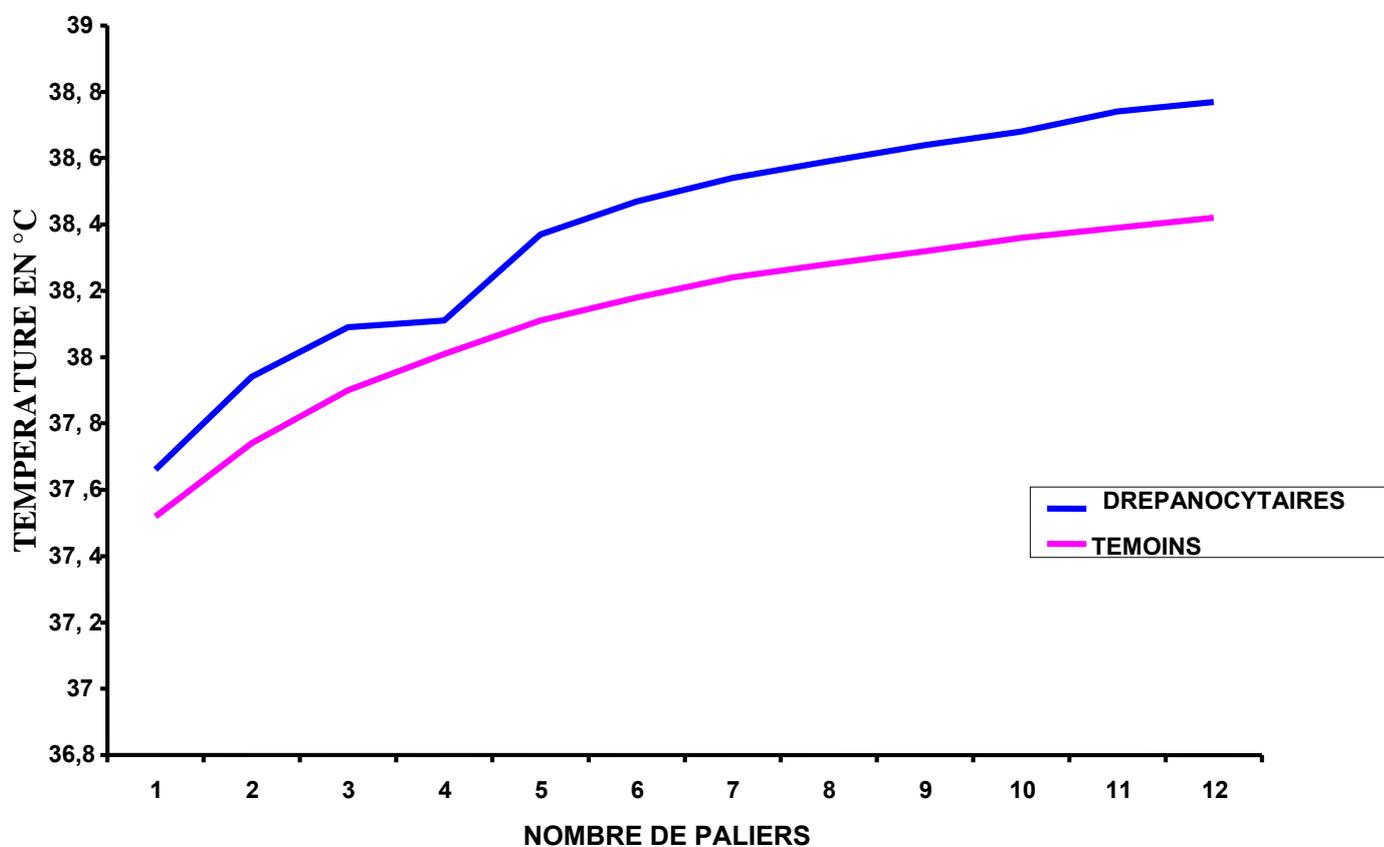
L'évolution comparée des courbes montre que les valeurs de la température cutanée des sujets drépanocytaires sont supérieures à celles des témoins à tout point où elles ont été comparées. Cette différence est d'autant plus nette à partir de la 25^{ème} minute d'effort. Celle-ci est démontrée par l'allure des courbes à partir de cet instant. Ici on voit nettement que la courbe d'évolution de la température cutanée des drépanocytaires est ascendante contrairement à celle des sujets témoins qui est descendante.

TABLEAU 7: Comparaison des températures rectales

	GROUPE EXPERIMENTAL		GROUPE TEMOIN		Différence
	Moyenne (°C)	Ecart-type	Moyenne (°C)	Ecart-type	
AU REPOS	37,31	0,24	37,18	0,21	0,186
Au cours de l'exercice	38,38	0,35	38,12	0,28	3,385
Après 3min de récupération	38,72	0,35	38,59	0,37	0,442
Après 5min de récupération	38,66	0,37	38,51	0,43	0,427

Les valeurs moyennes des températures rectales au repos, après trois minutes et cinq minutes de récupération ne montrent pas de différence significative entre sujets porteurs du trait drépanocytaire et les sujets n'ayant aucune anomalie génétique malgré que les valeurs moyennes de la température rectale soient plus élevées chez les porteurs de la drépanocytose que chez les témoins. Cependant on note, au cours de l'exercice, une tendance à la hausse des températures rectales. Cette hausse est d'autant plus élevée chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire que chez les sujets témoins, avec un test T student significatif à .01.

FIGURE 3 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE RECTALE DES SUJETS EXPERIMENTAUX ET DES SUJETS TEMOINS



Les valeurs moyennes de la température rectale des drépanocytaires sont plus élevées à tout point où celles-ci ont été comparées à celles des sujets témoins. La courbe d'évolution des températures des sujets témoins connaît une évolution linéaire contrairement à celle des sujets expérimentaux.

TABLEAU 8 : COMPARAISON DES PERTES DE POIDS DES SUJETS EXPERIMENTAUX ET DES SUJETS TEMOINS

	GROUPE EXPERIMENTAL		GROUPE TEMOIN		DIFFERENCE
	Moyenne (Kg)	Ecart-type	Moyenne (Kg)	Ecart-type	
Perte de poids	0,83	0,49	1,04	0,50	0,358

La différence des valeurs moyennes des pertes de poids n'est pas significative malgré une valeur moyenne des sujets témoins plus élevée que chez les porteurs du trait drépanocytaire.

4 Analyse et interprétation des résultats de l'ionogramme

Il est important de souligner que, contrairement à l'ionogramme plasmatique, il n'existe pas, pour les électrolytes urinaires, de valeurs normales fixes, puisque le rein adapte le taux d'excrétion des différents solutés pour équilibrer l'apport alimentaire et la production endogène. Dans certaines circonstances, un échantillon urinaire est suffisant pour la détermination du rapport sodium/potassium et l'établissement du diagnostic différentiel d'une atteinte rénale fonctionnelle ou organique.

Le Rapport Na/K urinaire

Insuffisance rénale aiguë (IRA) = éléments diagnostiques	IRA fonctionnelle ou pré-rénale	IRA organique
Sodium urinaire	<25mmol/l	>25mmol/l
Sodium urinaire potassium urinaire	<1	>1

Référence : Schmitt F, Labbé D (1992) Ionogramme plasmatique. Cahier de Formation Biochimie (Agence du Médicament/ Bioforma /SFBC) - Tome I, 172-179.

Le rapport Na/K urinaire est normalement supérieur à 1 et peut être modifié dans certaines circonstances pathologiques. Il peut être aussi inférieur à 1 dans les hyperaldostéronismes primaires (syndrome de Conn) ou dans les régimes désodés.

L'insuffisance rénale fonctionnelle ou pré-rénale est due le plus souvent à une hypoperfusion rénale, liée en général à une hypovolémie

par fuite sodée (vomissements, diarrhées, fistule, tubulopathie congénitale ou acquise, déshydratation extracellulaire majeure), la natriurèse est basse et l'excrétion du potassium est conservée, **le rapport Na/K est inférieur à 1.**

L'insuffisance rénale organique ou intra rénale résulte, elle d'une pathologie rénale intraparenchymateuse, glomérulaire, tubulo-interstitielle (néphropathie tubulo-interstitielle aigüe) vasculaire intra-rénale. La natriurèse est élevée et le **rapport Na/K est supérieur à 1.** Plusieurs étiologies sont possibles :

- Nécrose tubulaire aigüe
- Glomérulonéphrites
- Néphropathies interstitielles aigües
- Atteintes microvasculaires
- Atteintes macrovasculaires

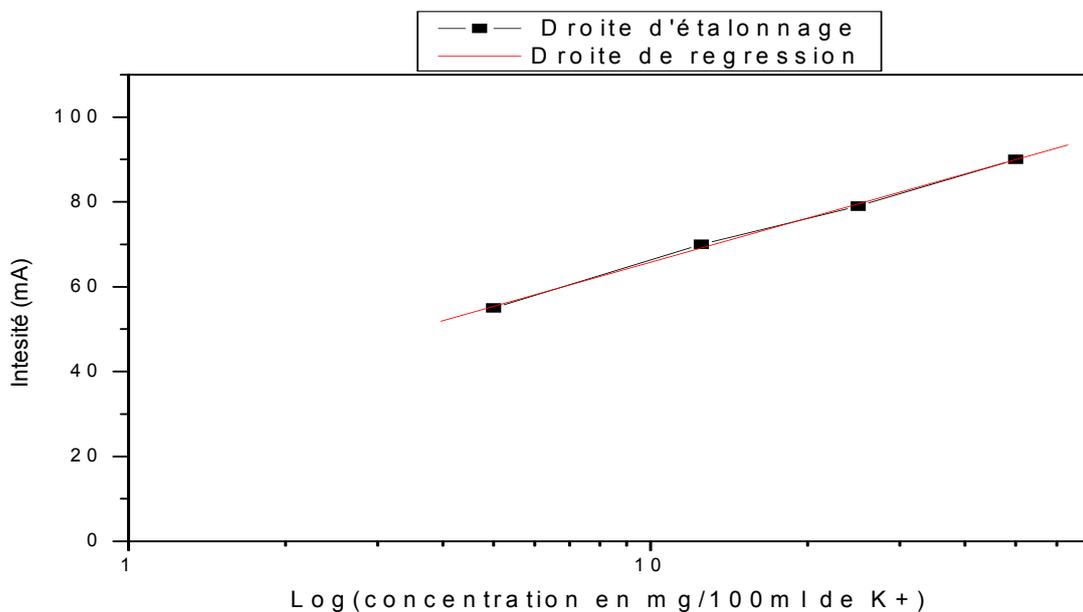
Résultats

- Valeurs courbes d'étalonnage

Solution Na Cl	Concentration en .mg /100ml	Concentration en m Eq /100ml	Valeur intensité en mV
Solution A	50	2, 173	90
Solution B	25	1, 086	69
Solution C	12, 5	0, 543	51
Solution D	5	0, 217	33

Solution KCl	Concentration mg /100ml	Concentration m Eq /100ml	Valeur intensité en mV
Solution H	50	2, 173	90
Solution I	25	1, 086	79
Solution J	12, 5	0, 543	70
Solution K	5	0, 217	55

Etalonnage du potassium



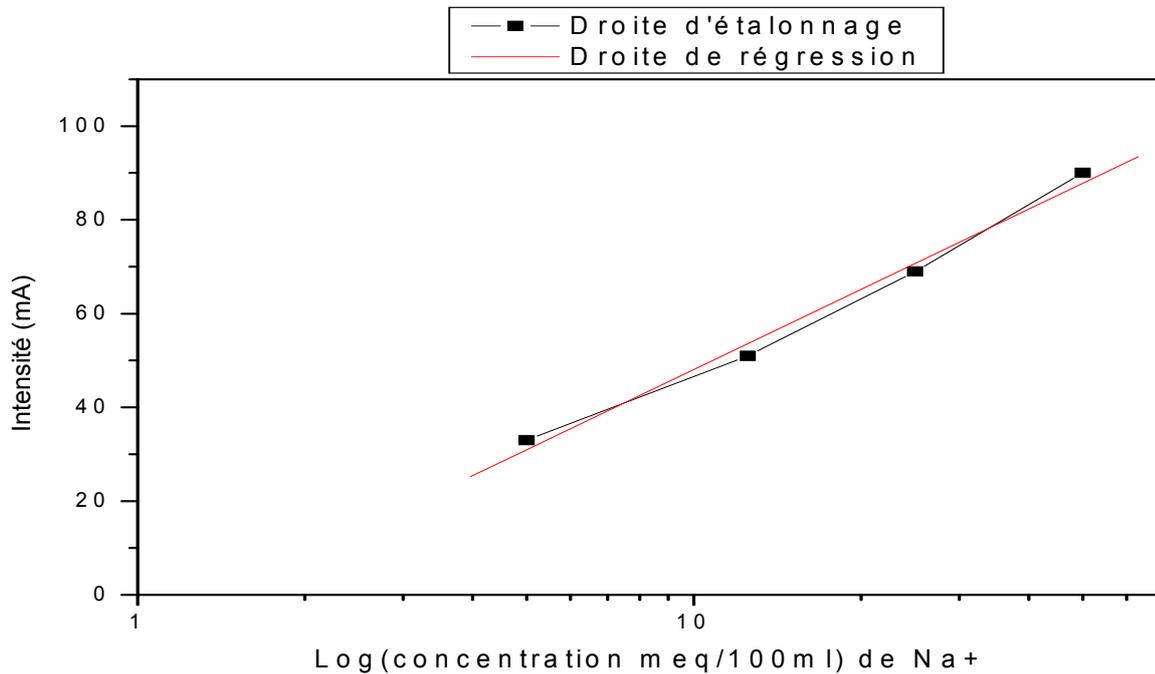
Equation de la droite régression : $Y = A + B * (X)$

<u>Paramètre</u>	<u>Valeur</u>	<u>Erreur</u>
A	31, 17156	1, 33014
B	34, 60474	1, 04085

<u>R</u>	<u>SD</u>	<u>N</u>	<u>P</u>
0,9991	0,77027	4	9,03473E-4

La différence est significative ($p < 0.05$) dans les deux groupes.

Etalonnage du sodium



Droite de régression : $Y = A + B * (X)$

<u>Paramètre</u>	<u>valeurs</u>	<u>erreur</u>
A	- 8, 79383	5, 25292
B	56, 85413	4, 11046

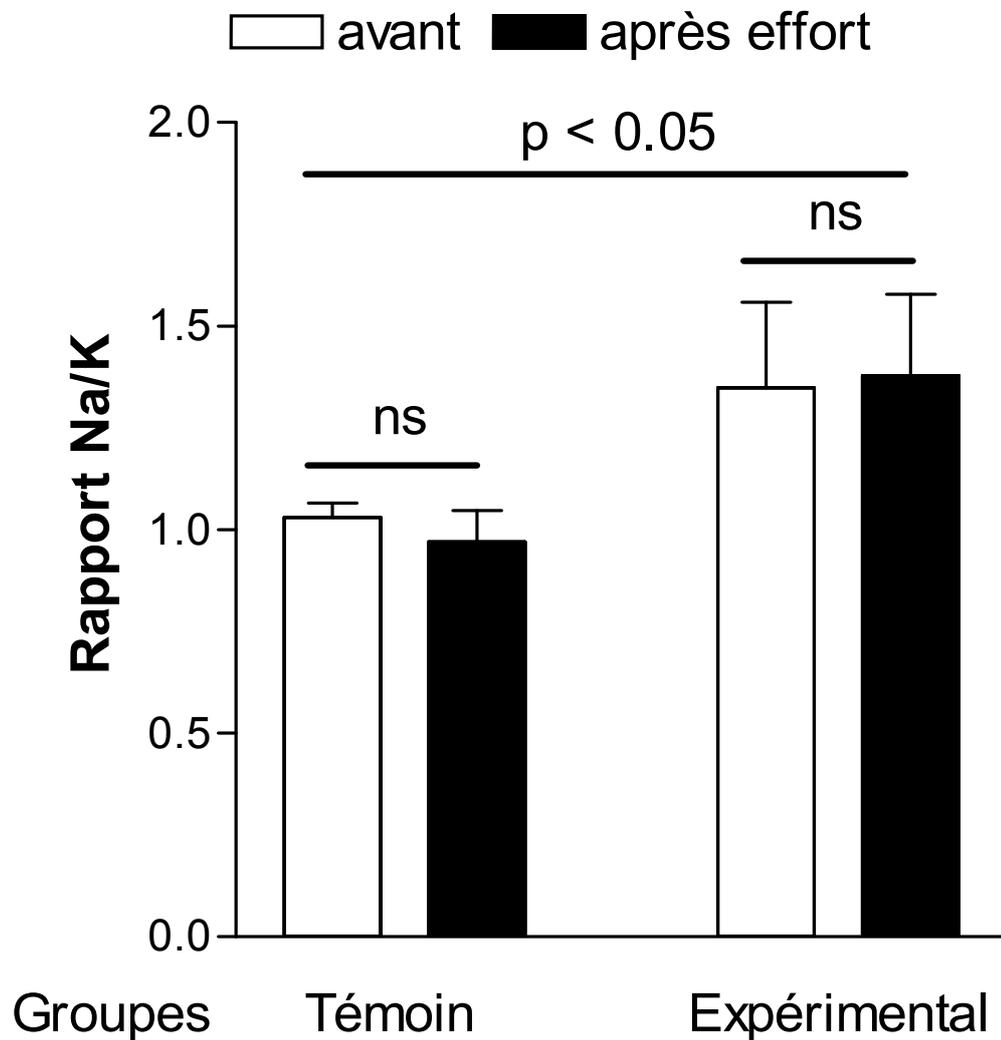
<u>R</u>	<u>SD</u>	<u>N</u>
0,99481	3,0419	4
		<u>P</u>
		0,00519

La différence n'est pas significative dans les deux groupes.

Rapport Na/K corrigé

Sujets	Groupe expérimental		Groupe témoin	
	Na/K avant	Na/K après	Na/K avant	Na/K après
1.	0,900	0,970	0,970	1,101
2.	2,856	2,705	1,205	0,800
3.	1,645	1,111	0,860	1,003
4.	2,080	1,357		1,349
5.	0,673	2,057	1,145	0,851
6.	1,038	0,831	1,089	0,815
7.	1,229	0,689	1,009	1,317
8.	0,892	1,796	0,930	0,970
9.	1,003	0,928	0,961	0,635
10	1,164	1,338	1,002	0,856
Moyenne	1,348	1,378	1,030	0,970
SEM	0,211	0,200	0,035	0,077

FIGURE 4 : Histogramme des rapports Na /K avant et après effort des deux groupes de sujets



Au regard de l'histogramme on voit que les valeurs moyennes des rapports Na/K avant et après effort des sujets porteurs du trait drépanocytaire sont supérieures à celles des sujets témoins. Le rapport Na/K des sujets porteurs du trait drépanocytaire est supérieur à 1. Mais la différence des rapports Na/K avant et après effort par groupe de sujets n'est pas significative dans les deux groupes. Contrairement à la différence des rapports Na/K entre les deux groupes qui est significative avec un $p < 0.05$.

II- DISCUSSION

Nous avons fait une étude comparative des réponses cardio-vasculaires et thermorégulatrices entre un groupe de sujets porteurs du trait drépanocytaire et un groupe témoin, en hypohydratation. Nous avons aussi comparé la concentration des ions sodium et potassium avant et après effort. L'originalité de ce travail c'est que nous avons travaillé à une intensité de 85% de la FC_{max} théorique alors que les travaux antérieurs ont été effectués à 75% de la FC_{max} , en plus de l'ionogramme urinaire qui n'a pas été étudié dans les travaux antérieurs sur les porteurs du trait drépanocytaire au Sénégal.

Au départ, nos deux groupes de sujets présentaient une homogénéité staturo- pondérale. Les données anthropométriques (poids, taille, âge), mesurées, ne montrent aucune différence significative entre les sujets normaux et les sujets porteurs du trait drépanocytaires.

En ce qui concerne les grandeurs cardio-vasculaires, les valeurs moyennes de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, mesurées, au repos, à l'exercice, après trois minutes et cinq minutes de récupération, sont comparables entre les deux groupes de sujets malgré une légère élévation de la fréquence cardiaque des sujets porteurs du trait drépanocytaires. Le test comparaison des moyennes (test t student avec un degré de liberté égal à 11) n'a pas révélé de différence significative. Les résultats, obtenus par notre étude, montrent que la restriction hydrique n'a pas d'incidence sur les grandeurs cardio-vasculaires (fréquence cardiaque et pression artérielle). Ces résultats confirment ceux d'une étude de Boutros-Toni

et coll. (34). Ces derniers ont étudié les réactions cardio-respiratoires et métaboliques à un exercice sous maximal chez 22 sujets porteurs du trait drépanocytaire et une population à hémoglobine normale. Les études de Bergeron et coll. (4) confirment aussi nos résultats. En effet, Bergeron, dans ces études, effectuées chez les porteurs du trait drépanocytaire avec ou sans apport hydrique ne montre aucune différence significative de la fréquence cardiaque lors de l'effort. Par contre nos sujets porteurs du trait drépanocytaire ressentaient plus précocement et plus intensément la fatigue que lors des études de Samb et coll. (26) où la fatigue se faisait moins ressentir. Ceci fait que les sujets porteurs du trait drépanocytaire affichaient une moins bonne récupération à trois (3) minutes et cinq (5) minutes. A ces deux périodes, la fréquence cardiaque était plus élevée chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire que chez les témoins comme les travaux de Le Gallais et coll. (19) sans que la différence ne soit significative. La moins bonne adaptation cardio-vasculaire chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire pourrait être en rapport avec leur hémoglobinopathie.

L'étude des valeurs moyennes de la température cutanée tant au repos, à l'exercice et après récupérations n'a pas montré de différence significative entre les deux groupes. Ceci est conforme à la notion qui veut que la température ne dépende que de la température ambiante mais pas de l'activité éventuelle du sujet (10). Cependant on note une élévation significative de la température cutanée des sujets porteurs du trait drépanocytaire à partir de la 25^{ème} minute d'effort, par rapport aux sujets normaux qui, par contre, enregistrent une baisse. Ce fait pourrait s'expliquer par la baisse du débit sudoral, observée chez ces sujets porteurs du trait drépanocytaire à ces

périodes de l'exercice. L'exercice musculaire de longue durée en plus de la restriction hydrique a occasionné un déficit en eau dans l'organisme ; ce qui a induit une moindre sudation chez les drépanocytaires du fait de leur besoin en eau. Cette moindre sudation a vraisemblablement occasionné le réchauffement de la surface cutanée chez ces derniers. Les moyennes faibles et pas significatives des pertes de poids observées chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire peuvent témoigner de l'effet de l'hypohydratation sur la thermorégulation. Si nous comparons nos résultats à ceux des travaux antérieurs de SAMB A et coll. (26) où les sujets étaient en hydratation normale, on voit que les pertes hydriques chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire étaient supérieures lors de leurs tests contrairement aux nôtres. De même si on observe nos résultats, on voit que la valeur moyenne des pertes de poids des sujets témoins (1,04kg) est supérieure à celle des sujets drépanocytaires (0,83kg) sans que la différence ne soit significative.

L'étude de la température rectale au repos et après récupération n'a pas montré de différence significative dans les deux groupes malgré une légère élévation de celle des sujets porteurs du trait drépanocytaire. Par contre l'exercice musculaire à 85% de la fréquence cardiaque maximale et l'hypohydratation auxquels les sujets étaient soumis ont entraîné une augmentation significative de la température centrale chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire avec un test t student égal à 3,385 significative à .05 et à .01 ($38,38 \pm 0,35$ contre $38,12 \pm 0,28$ degré Celsius ; $P < .01$). Ce qui est intéressant de signaler ici est que l'augmentation de la température rectale des sujets porteurs du trait drépanocytaire coïncide avec celle de leur température cutanée. En effet, il est admis que l'exercice

musculaire de longue durée entraîne, si les pertes hydriques ne sont pas compensées, une déshydratation qui s'accompagne d'une hypovolémie (8 – 13). La chute du débit sudoral intervient dans le processus qui dans les cas extrême laisse se développer une hyperthermie (1, 3,12). Nos résultats sont conformes avec le principe de la thermorégulation qui dit que quand un athlète transpire sans remplacer l'eau qu'il perd, de l'eau quitte le sang pour maintenir l'équilibre osmotique. Mais si la perte devient excessive, la sudation s'arrête pour maintenir le volume sanguin. Ceci fait que la température interne monte en flèche. Ces résultats obtenus dans notre étude viennent confirmer les travaux de Bergeron (4) qui affirme que la restriction hydrique a une incidence sur les données thermorégulatrices des patients porteurs du trait drépanocytaire et pourrait être un facteur de risque et un handicap dans la pratique des activités physiques et sportives surtout dans nos régions tropicales. .

En étudiant l'ionogramme nous avons noté une différence significative des rapports Na/K entre les deux groupes de sujets. Les sujets drépanocytaires ont en moyenne un rapport Na/K avant et après effort supérieur à 1 contrairement aux sujets témoins. Ce qui évoquerait, en dehors des problèmes techniques (prélèvement, transport et conservation des urines...), une atteinte de la fonction rénale (insuffisance rénale organique) que ce soit au repos qu'après exercice. Sesso et coll. ont déjà rapporté un dysfonctionnement de la fonction rénale au repos (30). Cependant la comparaison des rapports moyens avant et après effort au sein du même groupe n'a montré aucune différence significative. Ainsi donc nous pouvons dire que l'exercice musculaire n'a pas eu d'incidence sur le rapport Na/K. Ceci nous pousse à dire que les sujets porteurs du trait drépanocytaire

présentent une performance comparable à celle des sujets témoins. Il faut noter que des cas de dysfonctionnement rénal grave ont été notés chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire. (18)

Ainsi on pourrait dire, d'après notre étude, que la tare ne semble pas être un handicap dans la pratique de l'activité physique du fait que les sujets porteurs du trait drépanocytaire ont pu terminer l'épreuve en même temps que les sujets normaux. Ces résultats viennent confirmer ceux d'autres travaux sur l'aptitude physique des porteurs du trait drépanocytaire : SAMB et coll. (26); LE GALLAIS et al (19).

Cette conclusion optimiste quant à la bonne tolérance à l'effort musculaire des sujets porteurs du trait drépanocytaire doit être tempérée pour deux raisons :

- la première, liée aux caractéristiques de la population étudiée. En effet les conclusions ne peuvent pas être généralisées à une population qui serait moins homogène, où l'âge, la sédentarité... pourraient modifier la tolérance à l'exercice musculaire des sujets porteurs du trait drépanocytaire
- la seconde, liée aux conditions environnementales dans lesquelles s'est déroulé le test. Sous une température ambiante plus élevée ce type d'exercice pourrait être un facteur déclenchant de l'apparition des drépanocytes (19).

CONCLUSION
ET
RECOMMANDA
TIONS

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce travail montre que les sujets jeunes, bien entraînés à l'exercice musculaire et porteurs du trait drépanocytaire, ne présentent aucune différence par rapport à des sujets normaux quant à leur aptitude à supporter un effort physique de longue durée. Il montre également que la fonction rénale semble être meilleure chez les sujets témoins par rapport aux drépanocytaires au repos. Cependant l'exercice musculaire n'a induit aucune dégradation significative de ladite fonction. La différence de thermorégulation à l'effort, observée dans cette étude, est probablement liée à l'état d'hypohydratation auquel les sujets étaient soumis et à l'intensité de l'exercice. La nécessité serait donc de bien s'hydrater avant, pendant et après effort surtout lors des exercices de longue durée pour combler les pertes hydriques. Le porteur du trait drépanocytaire devrait être sûr d'ingérer à quantités suffisantes d'eau enrichie en ions sodium et potassium pour remplacer les pertes. Nous recommandons aussi de vérifier la couleur de la première urine dans une tasse en plastique claire qui est une méthode facile pour identifier les personnes qui sont déshydratées si la mesure de la densité de l'urine n'est pas aisément disponible. Ceux avec une urine plus foncée peuvent boire une pinte ou un quart additionnelle d'eau avant exercice. Pendant l'exercice soutenu et de longue durée, tel que marcher, au basket-ball, au football, course de fond..., les athlètes devraient boire de l'eau à des intervalles d'approximativement 15-20 minutes. Les sujets porteurs du trait drépanocytaire devraient aussi, pour des mesures préventives éviter des efforts soutenus et de longue durée sous une température élevée. Ce type d'exercice pourrait être un facteur déclenchant de l'apparition des drépanocytes (19) pouvant induire une polymérisation de l'HbS.

Ainsi donc des études devraient se poursuivre et on pourrait penser que si on augmentait la durée des épreuves (2heures voire 3heures de temps) une explication des cas de mort subite imputée à la tare serait sans doute trouvée. Il serait utile d'évaluer la performance physique des porteurs du trait drépanocytaire lors d'un jeûne complet avec ce même type d'exercice dans la perspective de trouver une explication aux accidents (mort subite, échec rénal...) qui ont été imputés à la tare. L'ionogramme sanguin permettrait aussi de mieux étudier l'état du rein.

BIBLIOGR

APHIE

BIBLIOGRAPHIE

- 1-Ashcroft MT.** Mortality and morbidity in Jamaican adults with sickle cell trait and with normal hemoglobin followed for 12 years. *Lancet*. 1976; 2:784.
- 2- Bangre Habibou :** Dans l'ombre de la drépanocytose : le drame d'une maladie inconnue. Dossier drépanocytaire. Juillet 2003
- 3- Begue Pierre :** la maladie drépanocytaire.1984
- 4- Bergeron MF, PhD, Joseph G. Cannon, PhD, Elaina L. Hall, BS, and Abdullah Kutlar, MD:** Erythrocyte Sickling During Exercise and Thermal Stress. *Clin J Sport Med* volume 14, Number 6, November 2004
- 5- Camille Craplet et Pascal Craplet:** Physiologie et activité sportive Ed Vigot PARIS 1986
- 6- Chapman AZ, Reader PS, Friedman IA, et al:** Gross hematuria in sickle cell trait and sickle cell hemoglobin-C disease. *Am J Med*. 1955; 19:773.
- 7- Cochran RT, Jr.** Hyposthénurie in sickle cell states. *Arch Intern Med*. 1973; 112:222.
- 8- Connes P, Sara F, Hardy Dessources MD, Marlin L, Etienne F, Larifla L, Saint-Martin C, Hue O:** Effect of short supramaximal exercise on hemorheology in sickle cell trait carriers
- 9- Diakhaté Mamadou N:** Contribution à l'étude de l'aptitude des sujets porteurs du trait drépanocytaire. Mémoire de maitrise

10- Edward L. FOX , Donald K Mathews. Bases physiologiques de l'activité physique.1981 Ed Vigot. Paris. p 305-307

11- Fagnete S, Philippe C, Olivier H, Mona MH, Maryse EJ, Marie-Dominique HD: Faster lactate transport across red blood cell membrane in sickle cell trait carriers. J Appl physiol 2006 feb;100

12- Galactéros F : Drépanocytose, physiopathologie et diagnostic. Revue du Prat 1995 ; 45 : 351-60

13- Hamilton RW et al: Acute tubular necrosis caused by exercise-induced myoglobinuria. Ann. Intern. Med 1972;

14- Heller P, Moneer Y. Clinical Problems: the usual and unusual. Sickle Cell disease, Diagnosis, Management, Education, and Research (Abramson H. Bertles JF, Wethers DL, eds.) St. Louis, C.V. Mosby C., 1973, p 39

15- Jürgen Weineck : Biologie du sport. Ed Vigot 4^e édition 1997

16 - Kark JA et al. Sickle cell trait as a risk factor for sudden death in physical training. N Engl J Med 1987 ; 317 : 781-87.

17 - Kerle KK et al. Sickle cell trait and sudden death in athletes. JAMA 1996 ; 276 (18) : 1472

18- Koppes GM, Daly JJ, Coltman CA, Butkalis O.E. Exertion induced rhabdomyolysis with acute renal failure and disemia intravascular coagulation in sickle cell trait. The Am. J. Med. 1977.63,313-317

- 19- LE Gallais D, Lonsdorfer J, Buguet A, Daures JP, Mercier J, Macabies J, Prefaut C.** Aptitude physique des porteurs du tyrait drépanocytaire. *Sci Sport.* 1987 ;2 :269-277.
- 20- Lucas WM, Bullock WH:** Hematuria in sickle cell disease. *J Urol.* 1960; 83:733Lucas
- 21- Oster JR, Lea SM, Vaamonde CA.:** Renal acidification in sickle cell trait (HgbAs). Proceedings of the first national Symposium on Sickle Cell Disease (Hercules JI, Schechter AN, Eaton WA, Jackson RE, eds). DHEW Publication No. (NIH) 75-723, 1974, p 319.
- 22- Perillie.PD, Epstein.FH:** Sickling phenomena produced by hypertonic solution: a possible explanation of the hypostenuria of sickle cell anemia, *J. CLIN.Invest.*42.570.1963
- 23-Ramirez A, Hartley LH, Rhodes D, et al.:** Morphological features of red blood cells in subjects with sickle cell trait: Changes during exercise. *Arch Intern Med.* 1976; 136:1064-1066.
- 24- Rodgers PG.** Overview of pathophysiology and rationale for treatment of sickle cell anaemia. *Semin Hematol.* 1997; 34:2-7.
- 25- Sara F, Hardy Dessources MD, Voltaire B, Etienne-Julan M, Hue O :** Lactic response in sickle cell trait carriers in comparison with subjects with normal hemoglobin. Université des Antilles et de la Guyane, Pinte a Pitre, Guadeloupe. *Clin J Sport Med .* 2003 Mars ;13 (2) :96-101

26- Samb A, Kane MO, BAA, Gadji M, Seck D, Badji L, Sarr FB, Sarr M, Dieng SA, Diakhaté EMN, Gueye L, Cissé F, Martineaud JP.: Etude de la performance physique et de la thermorégulation des sujets porteurs du trait drépanocytaire au cours d'un exercice sous maximal. Dakar medical 2005,50,2

27-Sears D.A: The morbidity of SC trait a review of literature. Am J Med Sci 239.773-778.1960

28-Sears DA.Sickle Cell trait.In: Embury SH, Hebbel RP, Mohandas N, Steinberg MH, eds. Sickle cell disease: basic principles and clinical practice. New York, Raven Press, 1994: 381-94.

29- Serjeant GR: Sickle cell disease. Oxford University Press 1992, 2e édition, 1 vol. 631 p.

30- Sesso R, M.A Almeida, MS. Figueiredo, J.O Bordin: Renal dysfunction in patients with sickle cell anemia or sickle cell trait. Braz J.Med Bio Res 31(10) 1998

31- Thiriet P, Le Hersan JY, Wouassi D, Bitanga E, Gozal D. Sickle cell trait performance in a prolonged race at high altitude. Med Sci Sport Exerci.1994;26(7):914-918.

32-W.D.Mc Ardle, F. Katch, V.Katch: Physiologie de l'activité physique énergie, nutrition et performance Ed Vigot PARIS 1987

33- The morbidity of sickle cell trait: a review of the literature. Am J Med 1978; 64: 1021-36

34- Boutros Toni F, Dosso Y, Freminet A, Leclerc I, Poyart C. Réactions cardiovasculaires et métaboliques à un exercice sous-maximal

de sujets africains porteurs du trait drépanocytaire. *Nouv Rev Fr Hématol.* 1980 ; 22 :37-45.

35- Monchanin G, Connes P, Wouassi D, Francina A, Djoba B, Banga PE, Owona FX, Thiriet P, Massarelli R, Martin C. Hemorheology, sickle cell trait, and alpha-thalassemia in athletes: effect of exercise. *Med Sci Sport Exerc.* 2005 Jul; 37 (7): 1086-92

ANNEXE

FICHE TECHNIQUE

PRENON :

NOM :

DATE :

AGE :
HEURE :

PAI :

% D' HUMIDITE DE L' AIR :
TAILLE :

PAF :

85% de la FC_{MAX}:

VALEURS DE REPOS

PUISSANCE	POIDS	FRC	T°A	T°C	T° RECT

VALEURS A L'EXERCICE

PALIER	FREQUENCE CARDIAQUE	T°RECTALE	T°CUTANEE	PUISSANCE
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

APRES 3 MINUTES DE RECUPERATION

FRC	T° A	T° C	T° RECT	POIDS

APRES 5 MIN DE RECUPERATION

FRC	T° A	T° C	T° RECT	POIDS

RESULTATS DE L'IONOGRAMME URINAIRE (ions K+ ET Na+) et du volume urinaire avant et après l'effort

EFFORT	VOLUME	% SOSIUM	%POTASSIUM
AVANT			
APRES			

TABLEAU 1 : RESULTAT DU TEST D' EMMEL en POURCENTAGE

SUJETS	HB A₁ %	HB S %	HB A₂ %
1	58,6	38,0	3,4
2	53,2	42,7	4,1
3	58,6	39,3	2,1
4	55,8	42,5	1,7
5	64,1	32,7	3,2
6	60,3	38,1	1,6
7	50,4	45,1	4,0
8	62,7	37,1	1,2
9	60,8	39,2	
10	57,5	42,5	
11	54,4	42,5	3,1
12	56,3	41,2	2,5
MOYENNE	57,4	40,1	2,7
ECART-TYPE	4,05	3,36	1,02

**TABLEAU 2 : RESULTATS DES MESURES ANTHROPOMETRIQUES DES
SUJETS TEMOINS**

SUJETS TEMOINS	POIDS AU REPOS (KG)	TAILLE EN CENTIMETRE (cm)	AGE EN ANNEE (ans)
1	66	178	22
2	62,5	176	26
3	64	181	23
4	62,5	178	22
5	70,5	174	26
6	62,5	173	29
7	75	185	23
8	72	180	25
9	72	180	26
10	64,5	169	24
11	64,5	181	24
12	70,5	169	24
MOYENNE	67,21	177	24,5
ECARTYPE	4,48	4,95	2,02

TABLEAU 3 : RESULTATS DES MESURES ANTHROPOMETRIQUES
DES SUJETS DREPANOCYTAIRES

SUJETS DREPANOCYTAIRES	POIDS AU REPOS EN KILOGRAMME (Kg)	TAILLE EN CENTIMETRE	AGE
1	72,5	182	22
2	66,5	179	24
3	69,5	174	23
4	61	178	25
5	52	162	26
6	62	180	24
7	69	177	23
8	66,5	173	28
9	64	177	27
10	75	180	27
11	73	175	23
12	74,5	186	28
MOYENNE	67 ,12	177	25
ECARTYPE	6,68	5,90	2,13

**TABLEAU 4 : RESULTATS DE LA TEMPERATURE RECTALE AU
REPOS, APRES TROIS (3) MINUTES ET APRES CINQ (5) MINUTES DE
RECUPERATION DES SUJETS DREPANOCYTAIRES**

SUJETS DREPANOCYTAIRES	TEMPERATURES RECTALES AU REPOS (°C)	TEMPERATURES RECTALES APRES 3MN DE RECUPERATION	TEMPERATURES RECTALES APRES 5MN DE RECUPERATION
1	37, 3	38, 79	38,84
2	37, 36	38, 81	38,74
3	37, 26	38, 28	38,22
4	37, 43	38,32	38,22
5	36, 70	38,26	38,15
6	37, 18	38, 63	38,53
7	37, 26	39, 10	39,04
8	37, 5	39, 04	38 ,99
9	37, 28	38, 82	38,76
10	37,70	39, 15	39,11
11	37, 20	39, 17	39,11
12	37,56	38, 36	38,27
MOYENNE	37,31	38,72	38,66
ECART-TYPE	0,24	0,35	0,37

TABLEAU 5 : RESULTATS DE LA TEMPERATURE RECTALE AU REPOS,

APRES TROIS (3)MINUTES ET APRES CINQ(5) MINUTES DE

RECUPERATION DES SUJETS TEMOINS

SUJETS TEMOINS	TEMPERATURES RECTALES AU REPOS (°C)	TEMPERATURES RECTALES APRES 3MN DE RECUPERATION	TEMPERATURES RECTALES APRES 5MN DE RECUPERATION
1	37,09	38,13	37,96
2	37,2	39,15	39,3
3	37,06	38,76	38,70
4	37,19	38,78	38,64
5	36,30	38,42	38,31
6	37,38	38,99	38,91
7	37,02	38,77	38,72
8	36,95	37,93	38,89
9	36,96	38,72	38,70
10	37,19	38,50	38,40
11	37,10	38,10	37,86
12	37,73	38,81	38,68
MOYENNE	37,18	38,59	38,51
ECARTYPE	0,21	+0,37	0,43

**TABLEAU 6 : RESULTATS DE LA TEMPERATURE CUTANEE AU
REPOS APRES TROIS (3) MINUTES ET APRES CINQ (5) MINUTES
DE RECUPERATION DES SUJETS TEMOINS**

SUJETS TEMOINS	TEMPERATURES CUTANEEES AU REPOS (°C)	TEMPERATURES CUTANEEES APRES 3MN DE RECUPERATION	TEMPERATURES CUTANEEES APRES 5MN DE RECUPERATION
1	35,10	34,58	34,55
2	35,3	35,52	31,6
3	35,06	34,80	34,7
4	33,76	31,92	31,45
5	34,70	35,84	35,68
6	35, 58	34,68	34,20
7	35,53	36,26	35,78
8	34,03	32,15	32,05
9	35,53	34,95	34,87
10	34,01	33,98	33,90
11	34,44	35,03	34,99
12	35,20	34,65	34,69
MOYENNE	34,85	34,61	33,99
ECARTYPE	0,64	1,35	1,58

TABLEAU 7 : RESULTATS DE LA TEMPERATURE CUTANEE AU REPOS, APRES TROIS (3) MINUTES ET APRES CINQ (5) MINUTES DE RECUPERATION DES SUJETS DREPANOCYTAIRES

SUJETS DREPANOCYTAIRES	TEMPERATURES CUTANEEES AU REPOS (°C)	TEMPERATURES CUTANEEES APRES 3MN DE RECUPERATION	TEMPERATURES CUTANEEES APRES 5MN DE RECUPERATION
1	36,1	36,15	27,7
2	36,27	36,7	36,62
3	34,89	34,57	34,44
4	35,83	34,5	34,09
5	33,54	30,81	30,55
6	34, 58	33,7	33,16
7	33,90	31,65	32,42
8	34,5	35,86	35,9
9	35,84	35,65	35,6
10	35,5	36,66	36,42
11	34,74	34,46	34,84
12	35,05	35,95	36,01
MOYENNE	35,06	34,65	33,97
ECARTYPE	0,88	1,91	2,67

TABLEAU 8 : RESULTATS DE LA FREQUENCE CARDIAQUE AU REPOS,

APRES TROIS (3) MINUTES ET APRES CINQ (5) MINUTES DE

RECUPERATION DES SUJETS DREPANOCYTAIRES

SUJETS DREPANOCYTAIRES	FREQUENCE CARDIAQUE_AU REPOS (batt. /min)	FREQUENCE CARDIAQUE APRES 3MN DE RECUPERATION	FREQUENCE CARDIAQUE APRES 5MN DE RECUPERATION
1	73	128	131
2	64	108	102
3	63	142	138
4	80	108	108
5	76	112	108
6	88	113	108
7	70	127	112
8	77	106	108
9	86	111	107
10	100	137	144
11	70	135	129
12	78	119	105
MOYENNE	77	120	117
ECARTYPE	10,53	12,74	14,54

TABLEAU 9 : RESULTATS DE LA FREQUENCE CARDIAQUE AU REPOS, APRES TROIS (3) MINUTES ET APRES CINQ (5) MINUTES DE RECUPERATION DES SUJETS DREPANOCYTAIRES

SUJETS TEMOINS	FREQUENCE CARDIAQUE_AU REPOS (batt. /min)	FREQUENCE CARDIAQUE APRES 3MN DE RECUPERATION	FREQUENCE CARDIAQUE APRES 5MN DE RECUPERATION
1	68	112	104
2	83	132	131
3	71	133	128
4	67	116	116
5	80	116	104
6	64	113	108
7	72	104	92
8	76	92	88
9	80	120	124
10	68	100	82
11	71	140	136
12	73	140	120
MOYENNE	73	118	111
ECARTYPE	5,89	15,15	17,65

**TABLEAU 10 : RESULTATS DE LA PRESSION ARTERIELLE INITIALE
(PAi) DE LA PRESSION ARTERIELLE FINALE DES SUJETS TEMOINS**

SUJETS TEMOINS	PRESSION ARTERIELLE INITIALE		PRESSION ARTERIELLE FINALE	
	PAS	PAD	PAS	PAD
1	110	80	140	80
2	140	90	160	90
3	110	70	145	70
4	110	80	150	70
5	120	80	150	80
6	120	80	160	80
7	130	85	160	80
8	125	70	150	70
9	120	80	150	80
10	120	80	140	80
11	120	70	160	60
12	130	90	160	100
MOYENNE	121	80	152	78
ECARTYPE	9,07	6,89	7,82	10,30

TABLEAU 11 : RESULTATS DE LA PRESSION ARTERIELLE INITIALE
(PAi) ET DE LA PRESSION ARTERIELLE FINALE DES SUJETS
DREPANOCYTAIRES

SUJETS TEMOINS	PRESSION ARTERIELLE INITIALE		PRESSION ARTERIELLE FINALE	
	PAS	PAD	PAS	PAD
1	120	80	170	80
2	130	80	140	80
3	130	80	170	60
4	140	85	140	70
5	140	90	190	90
6	120	80	160	80
7	130	80	140	80
8	110	70	140	70
9	110	80	170	80
10	140	85	180	80
11	110	60	155	80
12	125	80	150	80
MOYENNE	125	79	159	77
ECARTYPE	11,57	7,64	17,34	7,54

TABLEAU 12 : RESULTATS DES PERTES DE POIDS DES SUJETS**TEMOINS**

SUJETS TEMOINS	POIDS AU REPOS (KG)	POIDS A LA FIN DE L'EXERCICE (kg)	PERTE
1	66	64,5	1,5
2	62,5	61,5	1
3	64	63	1
4	62,5	61	1,5
5	70,5	68,5	2
6	62,5	62	0,5
7	75	74,5	0,5
8	72	71	1
9	72	70,5	1,5
10	64,5	64	0,5
11	64,5	64	0,5
12	70,5	69,5	1
MOYENNE	67.20	66,17	1,04
ECARTYPE	4,48	4,43	0,50

TABLEAU 13 : RESULTATS DES PERTES DE POIDS DES SUJETS**DREPANOCYTAIRES**

SUJETS DREPANOCYTAIRES	POIDS AU REPOS (KG)	POIDS A LA FIN DE L'EXERCICE (kg)	PERTE
1	72,5	71,5	1
2	66,5	64,5	2
3	69,5	68	1,5
4	61	60,5	0,5
5	52	51,5	0,5
6	62	61	1
7	69	68,5	0,5
8	66,5	66	0,5
9	64	63,5	0,5
10	75	74,5	0,5
11	73	72	1
12	74,5	74	0,5
MOYENNE	67,12	66,29	0,83
ECART-TYPE	6,68	6,64	0,49

**TABLEAU 14 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE RECTALE
DES SUJETS EXPERIMENTAUX ET DES SUJETS TEMOINS A
L'EFFORT**

SUJETS PALIERS		EXPERIMENTAUX	TEMOINS
	1	37,66	37,52
	2	37,94	37,74
	3	38,09	37,90
	4	38,11	38,01
	5	38,37	38,11
<u>T</u>	6	38,47	38,18
<u>A</u>	7	38,54	38,24
<u>B</u>	8	38,59	38,28
<u>L</u>	9	38,64	38,32
<u>E</u>	10	38,68	38,36
<u>A</u>	11	38,74	38,39
<u>U</u>	12	38,77	38,42
<u>1</u>			
<u>3</u>	MOYENNE	38,38	38,12
-	ECARTYPES	0,35	0,28
:			

**TABLEAU 15 : EVOLUTION DE LA TEMPERATURE CUTANEE
DES SUJETS EXPERIMENTAUX ET DES SUJETS TEMOINS A
L'EFFORT**

SUJETS PALIERS	EXPERIMENTAUX	TEMOINS
1	35,33	34,14
2	35,11	34,09
3	34,86	33,84
4	34,71	33,66
5	34,29	33,54
6	34,45	33,66
7	34,59	33,46
8	34,58	33,32
9	34,58	33,39
10	34,41	33,17
11	34,46	33,16
12	34,45	32,96
MOYENNE/	34,65	33,53
ECARTYPES	0,31	0,37
ECART-MOYEN	0,23	0,29

**TABLEAU 16 : EVOLUTION DES PUISSANCES DES SUJETS
EXPERIMENTAUX ET DES SUJETS TEMOINS A L'EFFORT**

SUJETS PALIERS	EXPERIMENTAUX	TEMOINS
1	114	110
2	112	108
3	113	113
4	112	114
5	113	115
6	115	116
7	112	114
8	111	110
9	111	110
10	113	109
11	112	108
12	112	113
MOYENNE/	112	112
ECARTYPES	1,17	2,81

TABLEAU 17 : ESTIMATION DU TRAVAIL ET DE LA CONSOMMATION**D' OXYGENE EN FONCTION DE LA PUISSANCE FOURNIE**

Paliers	SUJETS EXPERIMENTAUX			SUJETS TEMOINS		
	Puissance en watt	Travail en KJ	Consommation d'oxygène en l ⁻¹ /min	Puissance en watt	Travail en KJ	Consommation d'oxygène en l ⁻¹ /min
1	114	34,2	1,63	110	33	1,57
2	112	33,6	1,6	108	32,4	1,54
3	113	33,9	1,61	113	33,9	1,61
4	112	33,6	1,6	114	34,2	1,63
5	113	33,9	1,61	115	34,5	1,64
6	115	34,5	1,64	116	34,8	1,68
7	112	33,6	1,6	114	34,2	1,63
8	111	33,3	1,58	110	33	1,57
9	111	33,3	1,58	110	33	1,57
10	113	33,9	1,61	109	32,7	1,56
11	112	33,6	1,6	108	32,4	1,54
12	112	33,6	1,6	113	33,6	1,60
Moyenne	113	34	2	112	33	2
Ecart-type	1,17	0,35	0,02	2,81	0,83	0,04

**TABLEAU 18 : Mesures du sodium urinaire et du potassium urinaire
par photométrie de flamme des sujets expérimentaux**

sujets	SODIUM		POTASSIUM	
	AVANT	APRES	AVANT	APRES
1	45	54	55	57
2	40	44	38	40
3	40	52	43	53
4	32	45	39	47
5	28	47	53	42
6	48	47	53	58
7	43	53	48	67
8	40	49	53	44
9	36	42	49	53
10	52	51	52	49
moyenne	40,4	48,4	48,3	51
ecart-type	7,18	4,06	6,20	8,30

TABLEAU 19: Mesures du sodium urinaire et potassium urinaire par photométrie de flamme des sujets témoins

sujets	SODIUM		POTASSIUM	
	AVANT	APRES	AVANT	APRES
1	54	54	57	52
2	45	57	49	64
3	49	51	58	55
4		38		45
5	51	59	52	62
6	49	48	52	59
7	52	50	54	49
8	49	52	43	45
9	51	45	56	65
10	46	49	53	58
moyenne	49,67	50,50	51,67	56,33
écart-type	2,16	4,76	4,50	7,74

**TABLEAU 20 : Mesures du sodium urinaire et du potassium urinaire
par photométrie de flamme des sujets drépanocytaires**

SUJETS SPD	SODIUM Conversion I en meq/ml		POTASSIUM Conversion I en meq/ml	
	AVANT	APRES	AVANT	APRES
SPD 1	45 ≈ 0,946	54 ≈ 1,104	55 ≈ 0,689	57 ≈ 0,746
SPD 2	40 ≈ 0,858	44 ≈ 0,928	38 ≈ 0,197	40 ≈ 0,225
SPD 3	40 ≈ 0,858	52 ≈ 1,069	43 ≈ 0,342	53 ≈ 0,631
SPD 4	32 ≈ 0,717	45 ≈ 0,946	39 ≈ 0,226	47 ≈ 0,457
SPD 5	28 ≈ 0,648	47 ≈ 0,982	53 ≈ 0,631	42 ≈ 0,313
SPD 6	48 ≈ 0,999	47 ≈ 0,982	53 ≈ 0,631	58 ≈ 0,775
SPD 7	43 ≈ 0,911	53 ≈ 1,087	48 ≈ 0,486	67 ≈ 1,035
SPD 8	40 ≈ 0,858	49 ≈ 1,016	53 ≈ 0,631	44 ≈ 0,371
SPD 9	36 ≈ 0,788	42 ≈ 0,893	49 ≈ 0,515	53 ≈ 0,631
SPD 10	52 ≈ 1,069	51 ≈ 1,051	52 ≈ 0,602	49 ≈ 0,515
moyenne	40,4	48,4	48,3	51
écart-type	7,18	4,06	6,20	8,30
Concentration moyenne en meq/ml	0,865	1,006	0,495	0,573

**TABLEAU 21 : Mesures du sodium urinaire et potassium urinaire par
photométrie de flamme des sujets témoins**

sujets témoins	SODIUM Conversion I en meq/ml		POTASSIUM Conversion I en meq/ml	
	AVANT	APRES	AVANT	APRES
1	54 ≈ 1,104	54 ≈ 1,104	57 ≈ 0,746	52 ≈ 0,602
2	45 ≈ 0,946	57 ≈ 1,157	49 ≈ 0,515	64 ≈ 0,948
3	49 ≈ 1,016	51 ≈ 1,051	58 ≈ 0,775	55 ≈ 0,687
4		38 ≈ 0,823		45 ≈ 0,40
5	51 ≈ 1,051	59 ≈ 1,192	52 ≈ 0,602	62 ≈ 0,919
6	49 ≈ 1,016	48 ≈ 0,999	52 ≈ 0,602	59 ≈ 0,804
7	52 ≈ 1,069	50 ≈ 1,034	54 ≈ 0,660	49 ≈ 0,515
8	49 ≈ 1,016	52 ≈ 1,069	43 ≈ 0,342	45 ≈ 0,40
9	51 ≈ 1,051	45 ≈ 0,946	56 ≈ 0,717	65 ≈ 0,977
10	46 ≈ 0,964	49 ≈ 1,016	53 ≈ 0,631	58 ≈ 0,778
moyenne	49,67	50,50	51,67	56,33
écart-type	2,16	4,76	4,50	7,74
Concentration en meq/ml	1,028	1,043	0,592	0,733

TABLEAU 22 : Rapport Na/K

	Groupe expérimental		Groupe témoin	
	Na/K avant	Na/K après	Na/K avant	Na/K après
1.	1,373	1,480	1,480	1,678
2.	4,355	4,124	1,837	1,220
3.	2,509	1,694	1,311	1,530
4.	3,173	2,070		2,058
5.	1,027	3,137	1,746	1,297
6.	1,583	1,267	1,661	1,243
7.	1,874	1,050	1,539	2,008
8.	1,360	2,739	1,571	2,058
9.	1,530	1,415	1,466	0,968
10	1,776	2,041	1,528	1,306
Moyenne	2,056	2,102	1,571	1,479
SEM	0,322	0,306	0,056	0,117

TABLEAU 23 : Rapport Na/K corrigé

	Groupe expérimental		Groupe témoin	
	Na/K avant	Na/K après	Na/K avant	Na/K après
1.	0,900	0,970	0,970	1,101
2.	2,856	2,705	1,205	0,800
3.	1,645	1,111	0,860	1,003
4.	2,080	1,357		1,349
5.	0,673	2,057	1,145	0,851
6.	1,038	0,831	1,089	0,815
7.	1,229	0,689	1,009	1,317
8.	0,892	1,796	1,030	1,349
9.	1,003	0,928	0,961	0,635
10	1,164	1,338	1,002	0,856
Moyenne	1,348	1,378	1,030	0,970
SEM	0,211	0,200	0,035	0,077

FICHE TECHNIQUE

PRENON :

NOM :

DATE :

AGE :
HEURE :

PAI :

% D' HUMIDITE DE L' AIR :
TAILLE :

PAF :

85% de la FC_{MAX}:

VALEURS DE REPOS

PUISSANCE	POIDS	FRC	T°A	T°C	T° RECT

VALEURS A L'EXERCICE

PALIER	FREQUENCE CARDIAQUE	T°RECTALE	T°CUTANEE	PUISSANCE
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

APRES 3 MINUTES DE RECUPERATION

FRC	T° A	T° C	T° RECT	POIDS

APRES 5 MIN DE RECUPERATION

FRC	T° A	T° C	T° RECT	POIDS

RESULTATS DE L'IONOGRAMME URINAIRE (ions K+ ET Na+) et du volume urinaire avant et après l'effort

EFFORT	VOLUME	% SOSIUM	%POTASSIUM
AVANT			
APRES			

