

EVALUATION DE L'APTITUDE PHYSIQUE DES SUJETS PORTEURS DE TRAIT DREPANOCYTAIRE : EFFETS D'UN APPORT HYDRIQUE AD LIBITUM SUR LES REPONSES THERMOREGULATRICES A LA CHALEUR.

EVALUATION OF PHYSICAL FITNESS OF SUBJECTS WITH SICKLE CELL TRAIT: EFFECTS OF AD LIBITUM FLUID INTAKE ON THERMOREGULATORY RESPONSES IN HEAT ENVIRONMENTS.

Diaw¹ M., Sar^{1*} F.B., Mbengue² A., Tiendrébéogo¹ A., Diop³ S., Ouédraogo¹ V., Sall⁴ N.D., Sarr⁵ M., Ba¹ A., Cissé¹ F., Samb¹ A.

Résumé :

La pratique des exercices physiques dans certaines conditions environnementales chez les porteurs de trait drépanocytaire (PTD) pourrait être associée à des accidents microvasculaires à type de néphropathie vasculaire. L'augmentation de la température ambiante et l'humidité très élevée semblent jouer un rôle non négligeable dans la survenue de rhabdomyolyse post exercice rapportée chez ces individus. Cependant un apport hydrique suffisant au cours des exercices physiques permettrait de limiter le processus de falciformation et par conséquent réduirait les risques des microvasculopathies.

Notre étude consistait à évaluer l'effet d'une hydratation ad libitum sur les réponses thermorégulatrices au cours d'un exercice aérobique chez les sujets porteurs de trait drépanocytaire en climat tropical. Vingt deux étudiants de l'Institut National Supérieur de l'Education Populaire et du Sport (INSEPS) de Dakar, de sexe masculin, de race noire, âgés de $26 \pm 2,16$ ans, pesant $65 \pm 5,45$ kg, pour une taille de $1,75 \pm 0,08$ m, ont participé à l'étude. Onze (11) sujets étaient de génotype AA (groupe contrôle) et 11 étaient de génotype AS (porteurs du trait drépanocytaire). Une électrophorèse de l'hémoglobine a permis de retrouver la présence de l'hémoglobine anormale HbS des AS. Les sujets ont été randomisés en deux équipes : une équipe A de 11 joueurs constituée de 6 sujets AA et 5 sujets AS, et une équipe B de 11 joueurs, comprenant 6 AS et 5 AA. Ces équipes se sont affrontées lors de deux matchs de football séparés de deux semaines, dans des conditions environnementales comparables (température : $24,5 - 25^{\circ}\text{C}$; hygrométrie : $65 - 68\%$). Au premier match, les joueurs de l'équipe A pouvaient boire de l'eau à volonté sans restriction durant le match (condition hydratée : H). En revanche les joueurs de l'équipe B n'étaient pas autorisés à boire (condition non hydratée : NH). Lors du deuxième match les conditions d'hydratation ont été inversées. Ainsi 4 groupes (AANH -AAH -ASNH -ASH) ont été constitués. La température rectale des sujets dans les deux groupes a été prise avant et après les matchs de football grâce à un thermomètre. Le poids corporel a été évalué au repos et à la récupération dans les deux groupes.

Nos résultats ont montré que le trait drépanocytaire n'est pas un facteur limitant de la thermorégulation et qu'une bonne hydratation au cours des exercices physiques permet de réduire significativement l'augmentation de la température rectale et la perte de poids chez les deux groupes.

Mots clés : Trait drépanocytaire – Match de football -Thermorégulation – Hydratation

¹¹ Laboratoire de Physiologie et Explorations fonctionnelles. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie. Université Cheikh Anta Diop. B.P. 5005, Dakar, Sénégal.

*Correspondance : Dr Fatou Bintou Sar/Sarr. E-mail : fatoubin.sar@ucad.edu.sn.

² Service d'Explorations Fonctionnelles, Hôpital Régional de Thiès, Sénégal.

³ Laboratoire d'hémo-immunologie. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

⁴ Laboratoire de biochimie et de biologie moléculaire. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

Laboratoire de Physiologie Pharmaceutique. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

⁵ Laboratoire de Physiologie Pharmaceutique. Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

Summary :

The practice of physical exercises under certain environmental conditions in carriers of sickle cell trait (SCT) may be associated with microvascular injury such as renal vascular disease. The increase in ambient temperature and high humidity seem to play a significant role in the occurrence of rhabdomyolysis reported post exercise in these individuals.

However, adequate fluid intake during exercise would limit the sickling process and therefore reduce the risk of microvascular injury.

Our study assessed the effect of hydration ad libitum on thermoregulatory responses during two football matches in carriers of sickle cell trait in tropical climates.

Twenty two students from the Higher National Institute of Popular Education and Sport (INSEPS) of Dakar , male, black, aged 26 ± 2.16 years and weighing 65 ± 5.45 kg, for a size of 1.75 ± 0.08 m, participated to the study.

Eleven (11) subjects were genotype AA (control group) and 11 were of genotype AS (sickle cell trait). A hemoglobin electrophoresis led to the discovery of the presence of abnormal hemoglobin HbS of SCT carriers.

Subjects were randomized into two teams: A team of 11 players consisting of 6 subjects AA and AS 5 subjects, and a B team of 11 players, including six AS and five AA. These teams competed in two football games separated by two weeks in comparable environmental conditions (temperature: 24.5 to 25 ° C, humidity: 65 - 68%).

In the first game, only players of Team A could drink water freely without restriction during the match (6AA hydrated and 5SCT hydrated), while the players of Team B were not allowed to drink during the match (5AA no hydrated + 6SCT no hydrated). Conditions were reverse in the second match. Rectal temperature of subjects in both groups was taken before and after football matches with a thermometer. Body weight was assessed at rest and recovery in both groups. Our results showed that sickle cell trait is not a limiting factor in thermoregulation and that great hydration during physical exercise can significantly reduce the increase in rectal temperature and weight loss in both groups.

Keywords: Sickle cell trait -Football match -Thermoregulation -Hydration

1 -Introduction

Le trait drépanocytaire, la forme hétérozygote de la drépanocytose, est fréquent chez les personnes noires, avec une prévalence atteignant 8 -10% pour les Afro -Américains, 10% pour les habitants des îles des Caraïbes et 10% à 40% dans les pays africains. Les sujets porteurs de trait drépanocytaire (PTD) synthétisent de l'hémoglobine A (HbA) normale et de l'hémoglobine S (HbS) anormale ; d'où leur profil HbAS. La symptomatologie des ces individus est généralement mineure, donc ils sont souvent asymptomatiques. Par conséquent, la forme hétérozygote de la drépanocytose est généralement considérée comme une affection bénigne par rapport à la forme homozygote encore appelée anémie falciforme. Cependant le caractère bénin des sujets ayant une seule hémoglobine anormale HbS a été remis en question par plusieurs auteurs après avoir analysé le comportement des sujets porteurs du trait drépanocytaire lors des activités physiques en climat chaud [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. En effet, des données épidémiologiques de l'Armée des USA ont montré que le risque de mort subite lié au stress de l'effort chez les noirs porteurs du trait drépanocytaire était 30 fois plus élevé comparativement aux militaires noirs à hémoglobine normale [5]. De plus des complications microcirculatoires à type de néphropathies vasculaires ont été enregistrées chez cette population après des activités physiques de longue durée en climat chaud [9, 10, 8, 11]. De même, Kark et al. [5] ont montré en 1987 que les conditions environnementales (température ambiante élevée, et humidité très élevée, parfois altitude) dans lesquelles sont réalisés les exercices physiques ainsi que la déshydratation qui s'en suit, pourraient jouer un rôle non négligeable dans la survenue de ces accidents vasculaires.

En 2010 Anzalone et al. [12] ont rapporté des cas de rhabdomyolyse fulminante chez un jeune étudiant Afro -Américain porteur du trait drépanocytaire après 15 minutes de

courses rapides successives au cours d'un match de football réalisé en climat chaud. Et il semblerait que l'augmentation de la température ambiante (36°C) ainsi que l'hygrométrie très élevée (90%) ont contribué à la mort de ce jeune joueur survenue dans les 15 heures après son admission dans un service hospitalier [12]. De plus, Mueller et al. [13] ont rapporté en 2008 que la prévalence des maladies de la chaleur (collapsus cardiovasculaire, coma hyperosmolaire etc.) au football n'est pas clairement déterminée, mais des incidents où les joueurs ont trouvé la mort ont été rapportés dans la littérature [13]. Cependant, Bergeron et al. [14] ont montré en 2004, lors d'une étude d'exercices physiques sous maximaux chez les PTD, qu'un apport hydrique suffisant permet de limiter efficacement l'hyperactivation du processus de falciformation et, par conséquent, réduire les accidents microvasculaires rapportés chez les sujets PTD.

Le but de notre étude était d'évaluer l'effet de l'hydratation et de la privation d'eau sur les réponses thermorégulatrices au cours d'un exercice aérobie chez des sujets PTD et chez des sujets à hémoglobine normale.

2 -Matériels et Méthodes

2.1 -Sujets et protocole.

L'étude s'est déroulée au stade Iba Mar Diop de Dakar. 22 étudiants de l'Institut National Supérieur de l'Education Populaire et du Sport (INSEPS) de Dakar, de sexe masculin, de race noire, ayant en moyenne $26 \pm 2,16$ ans d'âge, $65 \pm 5,45$ kg de poids corporel, et $1,75 \pm 0,08$ m de taille, ont participé à la présente étude après avoir signé un consentement éclairé.

11 sujets étaient de génotype AA (groupe contrôle) et 11 sujets étaient de génotype AS (sujets porteurs du trait drépanocytaire - PTD-). Une électrophorèse de l'hémoglobine a permis de confirmer la présence de l'hémoglobine anormale HbS

des AS. Ces sujets ont un taux moyen d'hémoglobine HbS de $38,75 \pm 4,12\%$.

Ils ont ensuite été randomisés en deux équipes : une équipe A de 11 joueurs constituée de 6 sujets AA dont le gardien de but et 5 sujets AS, et une équipe B de 11 joueurs, comprenant 6 sujets AS dont le gardien de but et 5 joueurs AA. Les deux équipes se sont affrontées lors de deux matchs de football de 90 minutes (2 X 45 minutes) avec une pause de 15 minutes pour chaque match. Ces deux matchs ont été réalisés à deux semaines d'intervalle, et dans des conditions environnementales comparables (température : $24,5 - 25^{\circ}\text{C}$; hygrométrie : $65 - 68\%$). Tous les tests ont été réalisés le matin, et les sujets étaient tous en tenue de sport.

Les joueurs ne devraient pas effectuer des activités physiques intenses à la veille du premier match, et au cours de l'intervalle séparant les deux matchs de football.

Au premier match, les joueurs de l'équipe A étaient autorisés à boire de l'eau à volonté, sans restriction (condition hydratée : H) durant le match. En revanche, les joueurs de l'équipe B n'étaient pas autorisés à boire (condition non hydratée : NH) pendant le match.

Lors du deuxième match, les conditions d'hydratation étaient inversées. Les joueurs de l'équipe A étaient privés d'eau, alors que ceux de l'équipe B pouvaient boire de l'eau ad libitum.

Ainsi nous avons constitué deux groupes (groupe AA et groupe AS) dans deux conditions hydratée et non hydratée ; ce qui constitue 4 sous -groupes : AANH -AAH -ASNH -ASH.

2.2 -Mesure des paramètres :

Les pertes hydriques des sujets ont été évaluées par le poids corporel. Un pèse - personne d'affichage électronique nous a permis de mesurer le poids des tous les

sujets avant et après les exercices physiques ; la consommation d'eau chez les joueurs hydratés ayant été calculée à la pause et à la récupération par des gobelets doseurs gradués.

La fréquence cardiaque des sujets ($n=9$ AS et $n=8$ AA) a été enregistrée au repos et continuellement durant les matchs de football à l'aide d'un cardiofréquencemètre (*S810*,

Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

La température rectale des sujets dans les deux groupes a été prise avant et après les matchs de football grâce à un thermomètre (*Thermistor thermomètre ; 400 OTD séries 700*).

2.3 -Traitement des données

Les données sont exprimées en moyennes et écart -types. Les caractéristiques anthropométriques ont été analysées en utilisant le test t de Student. L'analyse des variances (ANOVA) à 2 voies avec des mesures répétées a été réalisée pour comparer les résultats de la température rectale et du poids corporel des différents groupes.

Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un logiciel Statistica (v. 5.5, Statsoft, Tulsa, OK).

3 -Résultats

Les moyennes des données anthropométriques (âge, taille, poids corporel) des deux groupes ne sont pas significativement différentes ($p>0,05$). Le taux moyen d'HbS est de $38,75 \pm 4,12\%$ pour le groupe expérimental (**Tableau I**). Il est significativement différent ($p < 0,01$) de celui du groupe témoin.

Tableau 1. Comparaison des valeurs moyennes des paramètres anthropométriques et du taux HbS

Groupes	Age (années)	Poids (kg)	Taille (cm)	Taux HbS (%)
Control.	26.0 ± 1.3	71.5 ± 7.4	179.4 ± 53	0
PTD	26.8 ± 3.3	65.2 ± 8.1	175.9 ± 67	38,75 ± 4,12***

Control = groupe témoin ; PTD = porteur du trait drépanocytaire ; différence significative entre les deux groupes (***) $p < 0,001$.

L'analyse de la cinétique de la fréquence cardiaque (**Figure 1**) est similaire dans les deux groupes quelle que soit la condition (hydratée ou non hydratée).

Au repos la température rectale des sujets témoins était de $37,21 \pm 0,31^{\circ}\text{C}$, et celle des PTD était de $36,85 \pm 0,54^{\circ}\text{C}$. A la récupération elle est passée respectivement à $38,29 \pm 0,41^{\circ}\text{C}$ et à $38,12 \pm 0,60^{\circ}\text{C}$ en

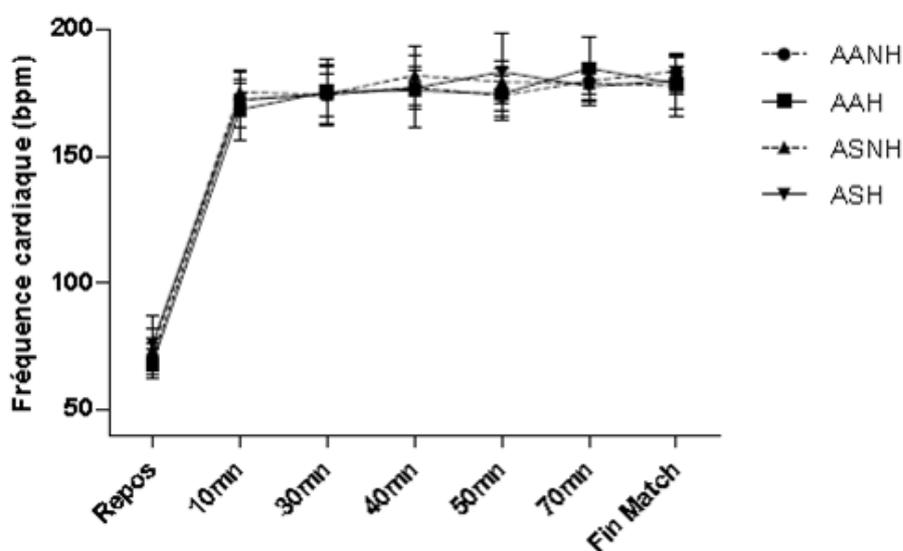


Figure 1 : Cinétique de la fréquence cardiaque en battements par minute (bpm) des deux groupes au cours des matches de football dans les deux conditions hydratée (AAH et ASH) et non hydratée (AANH et ASNH).

En condition non hydratée, de $71,5 \pm 7,6$ kg et de $65,2 \pm 8,3$ kg au repos, le poids corporel est passé à $69,6 \pm 7,4$ kg et à $63,0 \pm 8,6$ kg respectivement chez les sujets témoins et chez les PTD (**Tableau II**). Une perte significative ($p < 0,05$) du poids corporel a donc été notée chez les deux groupes (contrôle et PTD) uniquement en condition non hydratée.

condition non hydratée. Après les matches, en condition hydratée, la température était respectivement de $37,37 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$ et de $37,26 \pm 0,47^{\circ}\text{C}$ chez les sujets du groupe témoin et ceux porteurs du trait drépanocytaire (**Figure 2**).

Tableau II : Comparaison des valeurs moyennes du poids corporel au repos et à la fin des matches selon les conditions (hydratée et non hydratée).

Sujets	Conditions	Poids (Kg)	
		Repos	Fin match
Control	Hydratée	71.5 ± 7.6	71.1 ± 7.7
	Non hydratée	71.5 ± 7.6	69.6 ± 7.4**
PTD	Hydratée	65.2 ± 8.3	64.8 ± 8.2
	Non hydratée	65.2 ± 8.3	63.0 ± 8.6**

Control = groupe témoin ; PTD = Porteurs de Trait Drépanocytaire ; * Différence significative entre le repos et la fin des matches (**) $p < 0,01$

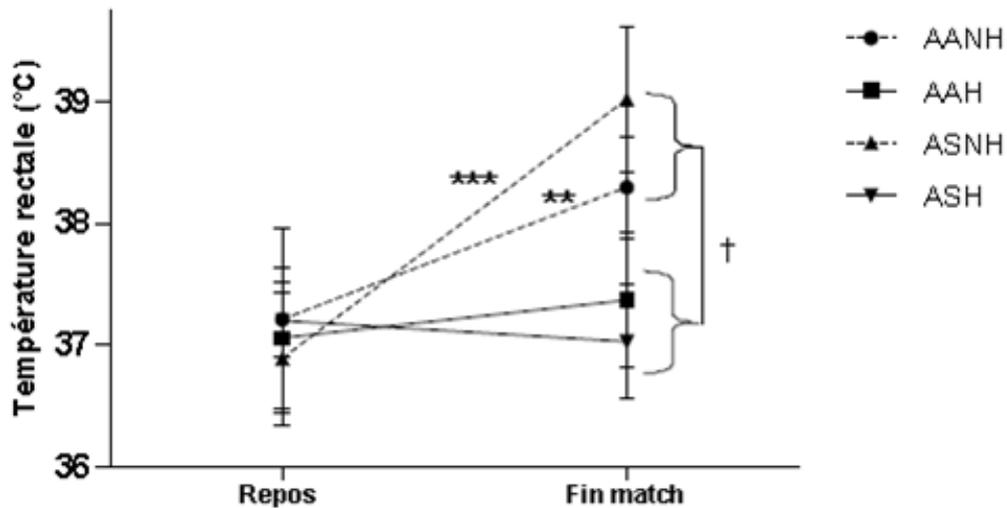


Figure 2. Evolution de la température rectale des deux groupes dans les deux conditions hydratée (AAH et ASH) et non hydratée (AANH et ASNH) au repos et à la fin des matchs. Différence significative à *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; † $p < 0,05$

La température rectale au repos entre les deux groupes n'était pas significativement différente dans les deux conditions. Cependant une augmentation significative de la température rectale a été notée à la fin des matchs de football chez les sujets PTD (** $p < 0,01$), et chez les sujets contrôles (** $p < 0,01$) uniquement en condition non hydratée (**Figure 2**).

En revanche, dans la condition hydratée, la température rectale diminue significativement ($p < 0,05$) dans les deux groupes (**Figure 2**).

4 -Discussion

La pratique d'exercices physiques dans les conditions de chaleur et d'humidité est à l'origine des modifications physiologiques importantes portant essentiellement sur le poids corporel et sur les mécanismes thermorégulateurs. Cependant, l'effet d'un apport hydrique suffisant sur les réponses thermorégulatrices au cours des activités physiques chez les PTD a été noté. En effet, des pertes significatives de $-2,9 \pm 0,9$ % et de $-3,1 \pm 0,6$ % ont été respectivement observées chez le groupe des sujets témoins et celui des PTD uniquement en condition non hydratée. Une compensation

significative de la diminution du poids corporel a été notée lorsque ces sujets s'hydrataient. L'analyse des modifications du poids corporel, ainsi que celle de la cinétique de la fréquence cardiaque montrent que le stress physiologique des activités physiques est comparable chez les sujets témoins et les PTD [15, 16]. Ces résultats indiquent aussi qu'une déshydratation a été observée chez tous les sujets (perte de poids $> 2\%$ [16]). Cependant, elle est plus marquée chez les PTD [15], et ceci confirme les résultats de Connes et al. [17] obtenus en 2008, qui suggèrent beaucoup plus d'attention sur ces individus lors des exercices physiques réalisés en climat tropical. Ces changements biologiques sont associés à des réponses thermorégulatrices importantes. En effet, en condition non hydratée, de $37,21 \pm 0,31$ °C et de $36,85 \pm 0,54$ °C au repos la température rectale est passée à $38,29 \pm 0,41$ °C et à $38,12 \pm 0,60$ °C respectivement chez les sujets contrôles et PTD, soit une augmentation de +2,6% dans le groupe témoin, et de +3,02 % chez les sujets à hémoglobine HbS. Nos résultats vont dans le même sens que ceux d'autres études [18, 16]. En effet la combinaison des activités physiques et des conditions

environnementales (température ambiante supérieure à 35°C pour les footballeurs non acclimatés et 38,5°C pour les acclimatés, et une forte humidité) serait responsable de l'augmentation de + 3,5 % de la température rectale [16]. Ce stress thermique [16] pourrait entraîner chez les joueurs des crampes musculaires persistantes, une hyperventilation et parfois la survenue de syncope. Aussi faut-il souligner les recommandations du Collège Américain de Médecine du Sport [15] qui suggèrent de considérer le seuil empirique du stress thermique de l'environnement à 21°C dans le cas des épreuves de marathon dans les latitudes septentrionales. Cependant, nos résultats montrent que la température rectale a fortement augmenté à la fin du match chez les PTD en condition non hydratée (+ 3,02%). Ceci confirme les résultats de Grantham et al. [15] en 2010, qui indiquent la présence de risque lié aux conditions environnementales et un risque individuel. En outre, la température du noyau est influencée par la production individuelle de la chaleur métabolique ainsi que par les conditions environnementales. Samb et al. [19] ont également trouvé en 2005, au cours d'une étude faite sur les réponses thermorégulatrices lors des exercices physiques endurants d'intensité sous-maximale chez des étudiants porteurs du trait drépanocytaire, des valeurs de température rectale significativement élevées dans cette population comparées à celles des sujets à hémoglobine normale.

Cependant, aucun incident lié à la chaleur n'a été noté chez nos sujets ; ceci pourrait être expliqué par les conditions environnementales et le type d'exercice. En effet, la température ambiante était, en moyenne, de 25°C, l'humidité était de 67% ; et ces conditions environnementales associées à la réalisation de courses rapides (sprints) constitue des facteurs favorables à la lutte contre l'augmentation de la chaleur induite par les exercices physiques. Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Cissé et al. [20] qui ont rapporté lors

d'études faites sur des étudiants porteurs du trait drépanocytaire, que les sujets PTD ont des capacités physiques aérobies similaires à celles des sujets à hémoglobine normale.

En revanche, lorsque les sujets s'hydrataient, nous avons noté que la perte de poids a été compensée, et la température rectale restait inchangée dans les deux groupes à la fin du match. En effet, de $37,06 \pm 0,58$ °C et de $37,26 \pm 0,47$ °C avant le match, la température rectale est passée à $37,37 \pm 0,55$ °C et à $37,26 \pm 0,47$ °C respectivement dans le groupe des sujets témoins hydratés et dans celui du groupe des PTD hydratés. Ceci confirme les résultats d'autres études [17, 21, 16]. Dans cet ordre d'idée, des auteurs ont rapporté qu'une perte de poids corporel de 1-2 % induite par une déshydratation au cours des activités physiques peut exacerber les contraintes thermiques et cardio-vasculaires [22, 15, 16] qui pourraient compromettre la performance physique de l'athlète. Et par conséquent, la position récente du Collège Américain de Médecine du Sport [16] a suggéré qu'un apport liquidien doit être suffisant pour limiter cette perte de poids corporel. De plus, en 2008 Connes et al. [17] ont montré que les PTD devraient être bien hydratés lors des activités physiques réalisés en climat chaud pour réduire efficacement le risque des accidents micro vasculaires rapportés chez ces individus.

5 -Conclusion

La drépanocytose est une affection génétique due à une mutation au niveau du sixième codon de la chaîne bêta (β) de l'hémoglobine. Cette hémoglobinopathie est répandue dans le monde et touche principalement les sujets de race noire. Les sujets drépanocytaires synthétisent une hémoglobine anormale appelée HbS qui modifie les propriétés du globule rouge. Il existe deux grandes formes : la forme homozygote et la forme hétérozygote ou trait drépanocytaire.

Le trait drépanocytaire a été longtemps considéré comme bénin et asymptomatique. Cependant, cette notion a été débattue aujourd'hui par plusieurs auteurs après avoir analysé le comportement des sujets AS lors de l'exercice physique. En effet, selon certains auteurs, la pratique d'exercices physiques en climat chaud chez les porteurs du trait drépanocytaire est associée à des réponses thermorégulatrices importantes liées aux conditions environnementales qui pourraient être impliquées dans la survenue des accidents microvasculaires rapportés

En revanche, nos résultats montrent que le trait drépanocytaire n'est pas un facteur limitant des mécanismes de la thermorégulation au cours d'un match de football, et que l'hydratation ad libitum permet de réduire significativement l'augmentation de la température rectale induite par les activités physiques.

Ainsi une bonne hydratation est fortement recommandée chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire pendant et après un exercice physique en climat chaud.

6. Bibliographie

- [1] Baskurt O.K., Meiselman H.J., Bergeron M.F. Re: Point:Counterpoint: Sickle cell trait should/should not be considered asymptomatic and as a benign condition during physical activity. *J. Appl. Physiol.*, 2007, **103** (5): 2142; author reply 2143–2144.
- [2] Connes P., Hardy -Dessources M.D., Hue O. Counterpoint: Sickle cell trait should not be considered asymptomatic and as a benign condition during physical activity. *J. Appl. Physiol.*, 2007, **103** (4): 2138–2140.
- [3] Connes P., Sara F., Hardy -Dessources M.D., Hue O. Effects of short supramaximal exercise on hemorheology in sickle cell trait carriers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2006, **97** (2) : 143 -150
- [4] Gardner J.W., Kark J.A. Fatal rhabdomyolysis presenting as mild heat illness in military training. *Mil. Med.*, 1994, **159**: 160–163.
- [5] Kark J.A., Ward F.T. Exercise and hemoglobin S. *Semin Hematol.*, 1994, **31**(3): 181–225.
- [6] Le Gallais D., Lonsdorfer J., Bogui P., Fattoum S. Point: Sickle cell trait should be considered asymptomatic and as a benign condition during physical activity. *J. Appl. Physiol.*, 2007, **103** (6): 2137–8; discussion 2141. Epub 2007.
- [7] Monchanin G., Connes P., Wouassi D., Francina A., Djoda B., Banga P.E., Owona F.X., Thiriet P., Massarelli R., Martin C. Hemorheology, sickle cell trait, and alpha -thalassemia in athletes: effects of exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2005, **37** (7): 1086 -92.
- [8] Tripette J., Hardy -Dessources M.D., Sara F., Montout -Hedreville M., Saint -Martin C., Hue O., Connes P. Does repeated and heavy exercise impair blood rheology in carriers of sickle cell trait? *Clin. J. Sport Med.*, 2007, **17** (6): 465–470.
- [9] Eichner E.R. Sickle cell trait in sports. *Curr Sport Med.*, 2010, **9** (6): 347 -51.
- [10] Eichner E.R. Sickle cell trait. *J.Sport Rehabil.* 2007, **16** (3): 197 -203.
- [11] Wirthwein D.P., Spotswood S.D., Barnard J.J., Prahlow J.A. Death due to microvascular occlusion in sickle cell trait following physical exertion.

- J. Fornesic. Sci., 2001, **46** (2): 399 - 401.
- [12] Anzalone M.L., Green V.S., Buja M., Sanchez L.A., Harrykisson R.I., Eichner E.R. Sick cell trait and fatal rhabdomyolysis in football training : a case study. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2010, **42** (1) : 3 -7.
- [13] Mueller F.O. Catastrophic sports injury research. Twenty -sixth annual report: fall 1982–spring 2008. *Nat Center Catastr. Injury Res.* 2008. **14**. Available at <http://www.unc.edu/depts/nccsi>.
- [14] Bergeron M.F., Cannon J.G., Hall E.L., KUTLAR A. Erythrocyte sickling during exercise and thermal stress. *Clin. J. Sport Med.*, 2004, **14** (6): 354 -356.
- [15] J. Grantham S.S., Cheung P. Connes M.A. Febbraio N. Gaoua J. Gonzalez -Alonso O. Hue J.M., Johnson R.J., Maughan R., Meeusen L., Nybo S., Racinais S.M., Shirreffs J. Dvorak. Current knowledge on playing football in hot environments. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2010, **20** (Suppl. 3): 161–167.
- [16] Sawka M.N., Noakes T.D. Does dehydration impair exercise performance? *Med Sci Sports Exerc.* , 2007 Aug, **39** (8) 39: 1209–17.
- [17] Connes P., Hue O., Trippette J., Hardy-Dessources M.D. Blood rheology abnormalities and vascular cell adhesion mechanisms in sickle cell trait carriers during exercise. *Clin. Hemorheol. Microcirc.*, 2008, **39** (3): 179–184.
- [18] LE Ward A. Effects of hydration state on plasma testosterone, cortisol and catecholamine concentrations before and during mild exercise at elevated temperature. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1994, **69**: 294–300.
- [19] Samb A., Kane M.O., Ba A., Gadji M., Seck D., Badji L., Diakhaté L., sarr F.B., Sarr M., Guèye L., Cissé F., Martineaud J.P. Etude de la performance physique et de la thermorégulation des sujets porteurs du trait drépanocytaire au cours d'un exercice sous -maximal. *Dakar Med.*, 2005, **50** (2): 46 -51.
- [20] Cissé F., Bèye A.B., Samb A. Aerobic Capacity training in heterozygote sickle cell trait athletes. *Dakar Med.*, 1992, **37** (1): 21 -7.
- [21] Hoffman J.R., Maresh C.M., Armstrong L.E., Gabaree C.L., Bergeron M.F., Kenefick R.W., Castellani J.W., Ahlquist L.E., Ward A. Effects of hydration state on plasma testosterone, cortisol and catecholamine concentrations before and during mild exercise at elevated temperature. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1994, **69** (4): 294–300.
- [22] Chevront S.N., Carter R III., Sawka M.N. Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr. Sports Med. Rep.*, 2003, **2** (4): 202–8.