

Sport et hydratation

Le bilan de l'eau dans l'organisme :

Le besoin hydrique quotidien résulte de l'équilibre entre les pertes et les apports. Il existe trois mécanismes réglant le niveau des pertes : l'élimination rénale, les pertes respiratoires et la sudation. Les pertes respiratoires sont relativement faibles. Les pertes sudorales sont les plus importantes et extrêmement variables selon la contrainte thermique. Les pertes rénales ont pour principale fonction de maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme en ajustant les pertes aux apports liquidiens. Sur une période de 24 heures en climat tempéré, l'équilibre hydrique d'un sujet adulte sédentaire est assuré selon sa composition corporelle par un apport se situant entre 1.5l et 2.5l d'eau dont une partie est fournie par les boissons et l'autre par l'eau liée aux aliments. Afin de maintenir constant le milieu intérieur le rein asservit l'élimination rénale de l'eau aux apports diminuée des pertes sudorales et respiratoires, chez un sujet sédentaire la diurèse de 24 heures se situe entre 1l et 1.5l. L'exercice physique et la contrainte thermique en climat chaud augmentent considérablement les pertes. Afin de fixer la limite supérieure de ce domaine on peut citer le fait qu'un travail intense en climat désertique chaud peut créer un besoin de 15 à 20 litres d'eau par 24 heures. La perte d'eau résultant d'une heure d'exercice intense en climat tempéré se situe entre 1 litre et 1.5 litre. La sueur représente 90% de cette perte hydrique, les pertes respiratoires 8% et les pertes rénales 2%. La réduction des pertes rénales est due au fait que les modifications hormonales de l'exercice musculaire réduisent l'excrétion rénale de l'eau, ce phénomène est adaptatif il permet une épargne de l'eau corporelle, qui sera principalement orientée vers la sudation. Ces mouvements de l'eau amènent à effectuer un bref rappel sur la répartition de l'eau dans l'organisme. L'eau représente chez l'homme 60% du poids du corps elle se répartit en deux compartiments :

- le compartiment extracellulaire principalement composé du secteur circulant. C'est ce secteur qui participe au échange rapide d'eau entre le milieu intérieur et l'environnement par le biais de l'élimination rénale, de la respiration, et de la sudation. Toute variation rapide de ce milieu retentit sur les conditions circulatoires et les performances de la pompe cardiaque.
- Le compartiment intracellulaire représente 40% du poids corporel, il est constitutif de toutes les cellules de l'organisme. Son importance tient au fait que tous les processus biochimiques de la vie des cellules doivent se dérouler en ambiance aqueuse. Ce rôle primordial explique qu'il soit protégé. Le secteur extracellulaire joue le rôle de tampon entre les variations

rapides sous l'effet de l'environnement et le stock d'eau totale. Une déshydratation intracellulaire est un phénomène grave qu'il faut éviter à tout prix.

La régulation des mouvements de l'eau entre le secteur extra cellulaire et l'extérieur de l'organisme est sous la dépendance des hormones du métabolisme hydroélectrolytiques telles que l'hormone antidiurétique, le système Renine-angiotensine-aldosterone, le facteur atrial natriurétique. Ces actions hormonales interagissent avec la pression artérielle et les volumes circulants.

La régulation des mouvements de l'eau entre secteur intracellulaire et extra cellulaire est réglée par des phénomènes physiques d'échanges basés sur des gradients de pression.

Rôle de l'exercice musculaire:

Le muscle squelettique fonctionne comme une machine thermique il transforme de l'énergie biochimique en travail mécanique et en chaleur. Son rendement est de 25%, c'est à dire que 25% de l'énergie produite apparaît sous forme de travail mécanique et 75% sous forme de chaleur. Ainsi il est possible de prévoir la charge calorique pour chaque niveau d'activité dès lors que l'on connaît le niveau moyen de dépense calorique.

Moyens physiologiques permettant d'évacuer la chaleur:

L'organisme dispose de plusieurs processus pour évacuer la chaleur. Cependant le principal et celui qui est réellement capable de réguler l'accumulation de chaleur dans le corps humain est la sudation. L'évaporation d'1 L de sueur à la surface de la peau permet d'évacuer 580 Kcal. La thermolyse peut s'effectuer par radiation, par convection, par conduction, et surtout par évaporation. A l'exercice, c'est principalement l'évaporation sudorale qui assure la thermolyse et l'équilibre du bilan thermique. Au cours de l'exercice, les débits sudoraux sont adaptés à l'intensité de la charge thermique. Le débit sudoral dépend bien sûr des conditions climatiques et de l'intensité de l'exercice, mais aussi du niveau d'entraînement, et de l'acclimatation du sujet. Dans ces conditions de contrainte thermique importante, il atteint une valeur maximale qui varie de 1.5 à 1.8 l/h, mais des débits beaucoup plus importants ont pu être décrits pouvant atteindre 3.7 l/h. Ce débit sudoral est responsable d'une perte hydrique qui sera prévisible en connaissant le niveau de travail musculaire et l'ambiance thermique. Une partie importante de la perte liquidienne provient du compartiment plasmatique mais si la perte est importante le compartiment intracellulaire participe au remplissage du secteur

circulant et on peut aboutir à une déshydratation intracellulaire dont les conséquences peuvent être graves pour la santé.

Niveau de dépense calorique par heure pour différents types d'activité pour un sujet de 70 Kg et besoin d'apport hydrique pour compenser les pertes sudorales à la neutralité thermique (23°C) :

	Dépense/heure	Besoin approximatif en eau en ml/heure
Dormir:	80 Kcal	50
Assis au repos:	100 Kcal	75
Debout immobile:	120 Kcal	100
Travail de bureau, conduite automobile:	160 Kcal	150
Marche lente:	180 Kcal	200
Marche rapide:	300 Kcal	350
Equitation :	350 Kcal	400
Natation loisir:	400 Kcal	500
Tennis loisir:	450 Kcal	500
Ski loisir:	450 Kcal	500
Football entraînement:	500 Kcal	600
Marche en montagne avec sac à dos:	500 Kcal	600
Tennis compétition:	600 Kcal	750
Natation compétition:	700 Kcal	800
Course à 10 Km/h:	700 Kcal	800
Vélo à 35 Km/h:	800 Kcal	1000
Course à 15 Km/h:	1000 Kcal	1200

Rôle de l'ambiance thermique:

Les caractéristiques de l'ambiance thermique sont susceptibles de moduler l'accumulation de chaleur dans l'organisme. Différents processus physiques vont permettre au corps de perdre de la chaleur en climat froid ou de gagner de la chaleur en ambiance chaude. De façon simple en climat chaud le gain de chaleur par l'organisme sera augmenté sous l'influence d'une augmentation de la température sèche de l'air mais aussi sous l'effet des radiations solaires et du contact du corps avec des surfaces solides chaudes. Un facteur important qui conditionne la capacité de l'organisme à évacuer de la chaleur est le degré d'humidité de l'atmosphère. Ces

différents paramètres se combinent pour faire varier le niveau de contrainte thermique d'une ambiance climatique. Des index réunissant le rôle respectif de ces différents paramètres sont disponibles pour évaluer cette contrainte et par conséquent l'accumulation de chaleur dans l'organisme. Le plus utilisé est l'index Wet Bulb Globe Temperature ou WBGT qui prend en compte la température sèche, le degré d'humidité, les radiations solaires. Une ambiance thermique est considéré comme pénible lorsque cet index dépasse 29°, le risque de coup de chaleur est important au delà de 33° WBGT. Leur utilisation permet de fixer de seuils de sécurité et surtout de prévoir des plans d'hydratation lors d'épreuves sportives. Actuellement des petites centrales météo permettent de les calculer sur le terrain.

Prévisions des pertes hydriques en fonction des activités et de l'ambiance thermique:

Dans une ambiance à la neutralité thermique, on peut prévoir facilement le débit sudoral nécessaire pour évacuer la production de chaleur métabolique puisque 75% de la production d'énergie apparaît sous forme de chaleur et que 1 l de sueur évacue 580 Kcal. Ainsi si nous prenons comme exemple la course à pied on peut utiliser le fait qu'il a été démontré que l'on dépense en moyenne 1Kcal par Kg de poids corporel par m parcouru. Un sujet de 70 Kg qui court 15 Kms dépense approximativement 1000 Kcal., 750 Kcal vont apparaître sous forme de chaleur. Pour évacuer cette chaleur il faudra évaporer à peu près 1.3 litre de sueur. Ce calcul devient beaucoup plus compliqué si il faut tenir compte de l'ambiance climatique. Dans ce cas il est plus facile de tenir compte de tables préalablement établies.

Besoins en eau en litres par heure pour différentes ambiance et par type d'activité :

Niveau d'activité	23°C	23°	30°	40°
	50% humidité	100% humidité	50% humidité	100% humidité
Légère, travail assis	0.75	0.2	0.3	0.5
Modéré marche	0.25	0.6	1	1.5
Intense, course à 15 Km/h	1.2	2	3	impossible

Conséquences d'une hydratation insuffisante

Lorsque les pertes hydriques sont supérieures au apport il en résulte plusieurs conséquences qui s'enchaînent. La première est la diminution des volumes liquidiens circulants ou hypovolémie. L'hypovolémie d'exercice a des conséquences sur l'ensemble des facteurs physiologiques assurant la thermolyse. Lors de l'exercice de longue durée, réalisé sans

apport hydrique, une hypovolémie progressive s'installe et peut atteindre 4% à la troisième heure, la sueur étant hypo osmolaire par rapport au plasma, la déshydratation d'exercice va avoir entre autre pour conséquence l'installation d'un état d'hypovolémie hyperosmolaire

Cette hypovolémie a une influence sur le système cardio-vasculaire:

afin de maintenir un débit sanguin musculaire adapté à l'intensité de l'exercice, et compte tenu de la réduction du volume systolique liée à la déshydratation, on enregistrera une augmentation progressive de la fréquence cardiaque malgré un niveau d'effort stable; Cette réaction a pour but de maintenir un débit cardiaque constant en dépit d'une réduction des volumes circulants. Ce phénomène va être responsable d'une apparition plus précoce de la fatigue.

Une autre conséquence de l'hypovolémie, est la réduction du débit sudoral et du débit sanguin cutané. Ceci a pour conséquence de limiter considérablement l'efficacité des processus de thermolyse. Associés à la chaleur métabolique ce phénomène majore l'augmentation de température centrale. L'hyperthermie qui en résulte est à l'origine d'une altération importante des performances et de l'arrêt prématuré de l'exercice.

Il est donc essentiel de restaurer au mieux les pertes liquidiennes liées à la sudation. Les objectifs poursuivis par la réhydratation au cours de l'exercice peuvent être interprétés de la manière suivante : le remplacement le plus rapidement possible des pertes liquidiennes, dans le but de préserver un débit sudoral suffisant pour assurer une thermolyse efficace et équilibrer le bilan thermique ; Un maintien de la stabilité du débit cardiaque et de la performance de la pompe cardiaque.

Le remplacement des fluides au cours de l'exercice:

Le problème majeur posé par la réhydratation au cours de l'exercice musculaire est celui de la vitesse avec laquelle les pertes sudorales seront remplacées. La vitesse de remplacement des liquides de l'organisme dépend à la fois

- du volume des apports liquidiens,
- de la vitesse de vidange gastrique,
- et du niveau d'absorption intestinale des fluides.

Apports liquidiens spontanés

Au cours de l'exercice, les apports spontanés en boisson sous l'effet de la soif ne permettent dans les meilleurs des cas, de remplacer que 80% des pertes hydriques. Lorsque le niveau d'hydratation est laissé libre malgré la parfaite disponibilité en boissons, il est classique

d'enregistrer des niveaux de déshydratation volontaires variant de 2 à 6% du poids corporel. Alors que dans les conditions expérimentales de laboratoire, les apports spontanés sont généralement corrects, les sportifs étudiés en compétition consomment spontanément de faibles volumes de boissons. Des mesures simples permettent d'estimer que la plupart des athlètes participant à des épreuves de longue durée (course de longue distance, cyclisme, triathlon), perdent de 2 à 3 kg de leur poids corporel. Ces données permettent de rappeler que la sensation de soif est un paramètre très imparfait de contrôle de la restauration des pertes liquidiennes. Cette imprécision de la soif dans la compensation des pertes rapides observées lors du travail musculaire s'explique par ses mécanismes. Un des facteurs déclenchant de la soif se situe au niveau du système nerveux central il est le résultat d'une déshydratation intracellulaire de cellules hypothalamiques. Ce phénomène se produit avec retard par rapport au fluctuation rapide du milieu circulant. A l'exercice musculaire un autre facteur dipsinogène est lié à la sécrétion d'angiotensine II mais cette action est elle aussi retardée par rapport au début de l'exercice. Il est donc important d'encourager l'apport volontaire en boissons, sans attendre l'apparition de la soif, et d'améliorer la palatabilité des boissons. Le caractère agréable des boissons de l'effort peut être amélioré par leur température et leur goût. Pendant la récupération d'un exercice de longue durée, l'apport hydrique est amélioré par l'ingestion de boissons dont la température avoisine 15°C. De même, au cours d'un exercice réalisé en ambiance chaude, la consommation spontanée de boissons à 15°C est de 32 à 43% supérieure à celle d'une boisson maintenue à température ambiante. De plus, l'aromatisation des boissons de l'effort favorise le volume des boissons spontanément absorbées.

La vidange gastrique

La vidange gastrique est une étape cruciale qui détermine la qualité du remplacement des liquides de l'organisme perdus par la sueur. Il est donc important de détailler quelques uns des facteurs assurant le contrôle de la vitesse de vidange de l'estomac qui interagissent entre eux, ce sont le volume ingéré, la composition des boissons, leur température, et l'intensité de l'exercice.

l/ Le volume d'ingestion et la séquence des prises de boisson conditionnent de manière importante la vitesse de vidange de l'estomac. La vitesse de vidange gastrique augmente avec le volume de boisson ingérée. On a proposé à des sujets réalisant un exercice de pédalage de 2 heures, d'ingérer une boisson à 3 débits différents, 200, 300, et 400 ml/min. Les résultats obtenus au cours de cette étude permettent de confirmer que le volume de boisson quittant l'estomac dépend de la quantité de boisson ingérée. On remarque cependant

au cours du temps, une augmentation de la sensation de pesanteur abdominale, l'inconfort abdominal apparaît pour la majorité des sujets dès la 45^{ème} minute. Il semble donc exister un débit maximal d'ingestion de boisson qui peut être défini, comme approchant 0.5 à 0.8 l/h. l'ingestion répétée de 150 ml de boisson peut, dans la majorité des cas, être facilement réalisée toutes les 20 minutes au cours de l'exercice, et favoriser ainsi la vidange rapide de l'estomac. L'ingestion de volumes plus importants (300-350 ml toutes les 20 minutes) va mettre en jeu la tolérance digestive des sujets. Il est important que les sportifs testent et connaissent leur tolérance aux pesanteurs gastriques liées à l'ingestion de volumes conséquents de boissons.

2/ l'osmolarité de la boisson ingérée joue un rôle déterminant dans la vitesse de vidange de l'estomac. L'étude princeps de Costill et Saltin (1974) permettait déjà de mettre clairement en évidence l'influence de l'osmolarité des solutés glucosés de réhydratation sur la vitesse de vidange gastrique. Au repos, et après l'ingestion d'un bolus de 400 ml de solutés glucosés dont les osmolarités varient de 209 à 902 mosm/l, les mesures de résidu gastrique réalisées à différents temps permettent de montrer que la vitesse de vidange de l'estomac diminue avec l'augmentation de l'osmolarité du soluté. En pratique si l'on veut diluer des hydrates de carbone dans l'eau de boisson il ne faut pas que le soluté de glucose dépasse 10% de la solution préparée.

3/ La température de la boisson est un facteur de contrôle de la vidange gastrique.

l'estomac accélère la vidange lorsque les boissons fraîches sont consommées. Cependant, il semble que les boissons glacées aient un effet freinateur sur les processus physiologiques de thermorégulation en agissant sur les récepteurs thermiques profonds. C'est pourquoi il paraît plus judicieux de conseiller la consommation de boissons fraîches entre 10 et 15°C qui pourront participer au refroidissement du noyau central de l'organisme, et être agréablement rafraîchissantes, ce qui, comme nous l'avons vu, favorisera leur consommation spontanée.

4/ L'intensité de l'exercice est un des facteurs de contrôle de la vidange gastrique. Il a été démontré que les exercices de faible et moyenne intensité n'avaient que peu de conséquences sur la vidange de l'estomac. Par contre la vidange gastrique est ralentie pour les efforts très importants en intensité.

Hydratation avant les efforts importants

Le niveau d'hydratation quotidien peut influencer considérablement la tolérance à un effort important. Si l'on a vu précédemment que la soif est un mauvais indicateur des pertes hydrique lors de la réalisation d'un effort unique, par contre plusieurs mécanismes se mettent

en action pour stimuler la prise de liquides en situation d'entraînement. Par ailleurs des mécanismes rénaux agissent pour épargner les pertes rénales. Ainsi lors d'un entraînement physique bien conduit on observe une augmentation chronique des volumes circulants. Ce facteur fait partie des adaptations qui augmentent la performance dans la mesure où le transport de l'oxygène par la circulation sanguine est amélioré par des volumes circulants élevés. Cette adaptation est totalement obtenue si le sportif même amateur s'astreint à un plan d'hydratation rigoureux dans sa vie quotidienne.

Récemment des médecins du sport Brésiliens ont étudié les effets de l'hyperhydratation volontaire prolongée pendant une semaine, sur les conséquences du stress thermique et les performances de footballeurs réalisées en ambiance chaude à Porto Rico (température sèche de 27°C, et humidité ambiante de 80%). Les sujets suivant le programme d'hyperhydratation consomment en moyenne 4.6 l/j, contre 2.7 l/j chez les Normohydratés. Malgré l'augmentation du débit urinaire, on enregistre une véritable augmentation de l'eau corporelle. Au cours des matches de football, l'augmentation de la température corporelle est reliée à la température ambiante, uniquement lorsque les sujets sont normohydratés. Cette relation n'est pas retrouvée chez les sujets hyperhydratés; on vérifie ainsi que pour des conditions climatiques sévères, l'augmentation de la température centrale est moindre chez les sujets hyperhydratés. Après la réalisation des 2 mi-temps du match les scores sont meilleurs chez les sujets hyperhydratés.

Pratique sportive spécifique et hydratation

En dehors de l'adaptation étroite des besoins aux dépenses selon les principes qui ont été exposés dans la première partie, certaines pratiques sportives ou de loisirs exposent à un déficit d'apport hydrique. La raison principale est le plus souvent la difficulté d'avoir de l'eau à disposition. Sans être exhaustif nous allons évoquer des circonstances qui concernent le plus grand nombre. En premier lieu la pratique des sports de montagne. Le plus souvent l'hydratation est très insuffisante parce qu'il est difficile d'emporter sur soi la quantité d'eau nécessaire pour une journée d'activité et aussi pour une autre raison qui tient au fait que les mécanismes de la soif sont en partie inhibés par les conditions de l'environnement. En montagne l'air froid stimule des thermorécepteurs au froid de la face qui inhibent la soif. Cependant l'efficacité des protections vestimentaires modernes associée à la dépense énergétique fait qu'il règne sous le vêtement d'un skieur ou d'un randonneur un climat quasiment tropical. Qu'en résulte-t-il ? Au bout de quelques jours d'un séjour actif à la montagne de nombreuses personnes se trouvent en situation chronique de déshydratation.

Cet état est une des causes de la fatigue qui s'installe progressivement et compromet à la fois la sécurité et la plaisir des pratiques sportives. Que faire?: prévoir un plan d'hyperhydratation volontaire en emportant avec soi un minimum d'eau de boisson et surtout en prévoyant des arrêts afin de se réapprovisionner en eau.

Autre pratiques à risques, les sports nautiques : De la planche à voile à la croisière en voilier habitable. Là aussi la fraîcheur de l'eau et les effets du vent inhibent la soif, malgré tout la déshydratation est intense surtout lié aux radiations solaires. Il faut donc éduquer les pratiquants, leur apprendre à s'arrêter pour se rehydrater, à prévoir une quantité de boisson suffisante. Ils éloigneront les grands coups de fatigue de la fin de journée qui se répercutent sur le lendemain.

Enfin nous pouvons aussi évoquer une situation à laquelle la majorité d'entre nous se trouve confronté, la conduite automobile. Il est très fréquent pour diverses raisons d'oublier de boire lors de longs trajets en été. Pour illustrer les conséquences nous pouvons utiliser de études faites en milieu aéronautiques. Afin de savoir quelles étaient les conséquences de la désydratation sur les fonctions psychomotrices on a soumis des pilotes à une réduction des apports hydriques à la chaleur et on a testé régulièrement en laboratoire leurs performances. A l'issue d'une heure passée à 30°C sans boire les temps de réaction se sont allongés de 75%, les capacités de raisonnement logiques se sont effondrées et, plus grave, l'autocritique des décisions est altérée. Qui n'est pas resté au volant plus d'une heure sans boire de l'eau, en plein été ?

Déshydratation et pathologie

Plusieurs conséquences pathologiques peuvent résulter d'une mauvaise hydratation. Elle s'échelonnent selon une échelle de gravité. Le plus grave est le coup de chaleur d'exercice ; cet accident est gravissime puisqu'il y a peu de temps encore il conduisait à la mort dans presque 50% des cas. A son origine il y a certes un exercice musculaire trop intense en climat chaud mais aussi pratiquement toujours une hydratation insuffisante comme facteur associé. Moins grave, la déshydratation chronique en période chaude est responsable de fatigue. Cette fatigue se manifeste aussi bien chez le sujet soumis à un travail modéré que chez l'athlète entraîné. La déshydratation est aussi responsable chez le sportif de troubles digestifs intestinaux. Enfin des travaux récents permettent de penser qu'une hydratation insuffisante sur une période prolongée associée à un entraînement physique régulier peut être responsable d'un vieillissement rénal accéléré.