

Brûlures et chimie du sang

Lorsque les médecins arrivent au chevet d'un patient gravement brûlé, l'un des soins de première urgence qu'ils mettent en oeuvre est l'injection intraveineuse de liquides. Ce traitement est nécessaire, parce que c'est la variation du pH du sang qui constitue la menace la plus immédiate pour la survie d'une personne gravement brûlée.

Le pH du sang humain est normalement maintenu dans un domaine étroit (7,35 - 7,45) par plusieurs systèmes tampon, dont le principal est le système acide carbonique -hydrogénocarbonate (bicarbonate). Le rapport normal de HCO_3^- à H_2CO_3 dans le sang est 20:1. Lorsque la concentration de HCO_3^- augmente par rapport à celle de H_2CO_3 , le pH du sang augmente. Si cette augmentation est suffisante pour que le pH du sang dépasse le domaine normal, on parle d'*alcalose*. Inversement, le pH du sang diminue lorsque le rapport diminue, et si le pH descend au-dessous du domaine normal, on parle d'*acidose*.

Les concentrations de l'acide carbonique et du bicarbonate dans le sang sont contrôlées par divers mécanismes. La concentration de l'acide carbonique est contrôlée par la respiration: lorsque nous exhalons, nous épuisons le CO_2 de notre système, et donc H_2CO_3 . Une respiration plus rapide et plus profonde augmente la quantité de CO_2 exhalée et abaisse la concentration de H_2CO_3 dans le sang. La concentration de l'ion hydrogénocarbonate est contrôlée par la vitesse de son excrétion dans l'urine.



Les patients qui subissent une intervention chirurgicale ont souvent besoin de diverses sortes de solutions intraveineuses. Ces médecins sont en train d'opérer le foie d'un patient, une intervention qui nécessite trois solutions intraveineuses différentes et une transfusion sanguine.

Lorsqu'une personne est brûlée, le plasma sanguin s'écoule du système circulatoire vers la zone blessée, ce qui provoque un gonflement (œdème) et une diminution du

volume sanguin. Si la zone brûlée est étendue, cette perte de volume sanguin peut être suffisante pour faire diminuer le courant sanguin et l'apport d'oxygène à tous les tissus du corps. Le défaut d'oxygène, à son tour, provoque la production par les tissus d'un excès d'acide lactique qui pénètre dans le courant sanguin, réagit avec l'ion hydrogénocarbonate pour donner H_2CO_3 , ce qui entraîne la diminution du rapport de HCO_3^- à H_2CO_3 . Pour modérer la diminution du pH qui en résulte (appelée *acidose métabolique*), la personne blessée respire plus fort, augmentant ainsi l'excrétion de CO_2 par la respiration. Mais si le volume sanguin décroît au-delà de ce que le corps est capable de compenser, la pression sanguine chute; l'excrétion du CO_2 diminue, et l'acidose s'aggrave. Les personnes dans cet état sont dites en état de *choc* et meurent si elles ne sont pas soignées rapidement.

On évite ou on traite l'état de choc par l'injection intraveineuse de grands volumes d'une solution saline, habituellement la *solution lactique de Ringer*. L'administration de liquide augmente le volume et le courant sanguin, ce qui améliore l'apport d'oxygène le rapport $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ augmente alors jusqu'à un niveau normal, permettant la survie de la personne gravement brûlée.

Le danger augmente si on a inhalé de la fumée au moment de la brûlure. Les produits chimiques contenus dans la fumée provoquent le gonflement du tissu pulmonaire, ce qui peut gêner l'excrétion normale du CO_2 . L'accumulation résultante de H_2CO_3 dans le sang fait diminuer le rapport $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ et le pH du sang, et provoque une *acidose respiratoire*. On traite cet état en utilisant un appareil de ventilation mécanique qui aide la victime à respirer.



Trois solutions administrées couramment par voie intraveineuse: la solution lactique de Ringer, du chlorure de sodium à 0,9 % et du dextrose (glucose) à 5%. Les deux premières servent à contrôler le niveau des électrolytes, la troisième maintient le niveau du sucre dans le sang, et les trois contribuent à conserver le volume sanguin.

D'autres constituants du sang, comme les ions sodium et potassium, sont impliqués dans la réaction du corps aux brûlures. Le plasma que le courant sanguin laisse dans la zone brûlée contient des ions sodium, et cette perte doit être compensée par l'injection

intraveineuse d'une solution saline identique à celle qui combat l'état de choc. Bien que cette injection renforce la quantité totale d'ions sodium dans le corps, la concentration en sodium du liquide ajouté est toujours inférieure à celle du plasma sanguin normal, et on constate une légère *hyponatrémie*, c'est-à-dire une concentration trop faible d'ions sodium dans le plasma. Dans les cas graves, l'hyponatrémie peut provoquer de la confusion mentale ou même un coma. Les patients brûlés peuvent aussi développer de l'*hypernatrémie*, c'est-à-dire une concentration excessive de sodium dans le sang, parce que la couche protectrice de la peau est endommagée et que de l'eau non salée peut s'évaporer des zones brûlées. Pour éviter les complications, le personnel médical contrôle fréquemment la concentration en sodium du plasma chez les patients brûlés et mesure quotidiennement le poids du corps et le sodium excrété dans l'urine. Ces informations servent à calculer les doses convenables de sel et d'eau qui permettent de maintenir au meilleur niveau possible la concentration du sodium dans le sang.

La plus grande partie du potassium du corps se trouve à l'intérieur des cellules. Après une brûlure, les cellules endommagées par la chaleur libèrent des ions potassium dans le courant sanguin. La légère augmentation de la concentration des ions potassium dans le plasma sanguin est appelée *hyperkaliémie*. Plus tard, lorsque la guérison commence, les patients traités peuvent développer une *hypokaliémie*, c'est-à-dire une concentration insuffisante de potassium dans le plasma. Si nécessaire, ce déficit peut être corrigé par l'injection intraveineuse de solutions de sels de potassium.

QUESTIONS

1. Une respiration très rapide et très profonde, appelée hyperventilation, provoque des vertiges et perturbe l'équilibre $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$. Dites dans quel sens l'équilibre est déplacé en expliquant votre réponse.
2. Le pH du sang est contrôlé par un mélange complexe d'acides et de bases. Quel serait le pH d'un tampon où le rapport de HCO_3^- à H_2CO_3 est 20:1 s'il n'y avait pas d'autres acides ni d'autres bases? Prenez la valeur de $\text{pK}_a = 6,1$ pour H_2CO_3 dans le sang.
3. Quel est le domaine efficace du tampon $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ dans l'eau?

* Cette étude de cas est une adaptation d'une contribution du Dr B.A. Pruitt et du Dr A.D. Mason, de l'U.S. Army Institute for Surgical Research.

Tiré de "Chimie, molécules, matière, métamorphoses" de Atkins et Jones, DeBoeck Université, 1998.