

PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

EMPLOI DU POTASSIUM 42 POUR L'ETUDE DU FONCTIONNEMENT RENAL

par

F. MOREL et M. GUINNEBAULT

Rapport CEA No **1218**

1959

CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boîte postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.- t.O.)

Sommaire. - Après injection intraveineuse au lapin de radiopotassium comme indicateur. L'analyse des courbes de la radioactivité spécifique du potassium, mesurée en fonction du temps dans le plasma artériel, dans le plasma veineux efférent du rein, dans l'urine et dans diverses régions du rein, lui-même, permet de montrer :

- 1) que la vitesse de renouvellement du potassium contenu dans les cellules du cortex (tubes contournés proximaux et distaux), apparaît très grande et semble limitée par le débit sanguin rénal ;
- 2) que la vitesse de renouvellement du potassium contenu dans les régions profondes (anses de Henlé et tubes collecteurs) est beaucoup plus faible.
- 3) que le potassium de l'urine a pour précurseur le potassium des cellules des tubes contournés et non celui des cellules des anses de Henlé ou des canaux collecteurs, ni celui du filtrat glomérulaire ;
- 4) que le potassium filtré au niveau des glomérules serait entièrement réabsorbé au niveau du tube proximal, tandis que la totalité du potassium de l'urine résulterait d'un processus d'excrétion par les cellules du tube distal.

L'analyse de ces résultats est compatible avec l'hypothèse que les mouvements du potassium entre le milieu interstitiel et les cellules du tube contourné résulteraient de processus entièrement passifs.

1959

12 pages

Summary. - Following an intravenous injection of potassium-42 as indicator, an analysis of the specific activity vs. time curve in arterial plasma, in venous plasma efferent from the kidney, in urine and in various regions of the kidney of rabbits reveals that :

- 1) The turnover rate of potassium in the cortex cells (proximal and distal convoluted tubes) is very large, being limited only by renal blood flow.
- 2) The turnover rate of potassium in deep regions (Henle loops and collector tubules) is much smaller.
- 3) Potassium in the urine comes from cells of the convoluted tubes and not from cells of Henle loops, collector ducts, or glomerular filtrate.
- 4) Any potassium filtered at the level of the glomerules would be entirely reabsorbed at the level of the proximal tube, while total potassium in the urine results from a process of excretion by cells of the distal tube.

These results are comparable with the assumption that the movement of potassium between interstitial medium and convoluted tube cells results from entirely passive processes.

1959

12 pages

PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

EMPLOI DU POTASSIUM 42 POUR L'ETUDE DU FONCTIONNEMENT RENAL

par

F. MOREL et M. GUINNEBAULT

Rapport CEA No **1218**

1959

CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boîte postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-et-O.)

Emploi du potassium 42 pour l'étude du fonctionnement renal

par F. MOREL et M. GUINNEBAULT

Commissariat à l'Energie Atomique, Saclay, France

Présenté par F. MOREL

Résumé

Après injection intraveineuse au lapin de radiopotassium comme indicateur, l'analyse des courbes de la radioactivité spécifique du potassium, mesurée en fonction du temps dans le plasma artériel, dans le plasma veineux efférent du rein, dans l'urine et dans diverses régions du rein lui-même, permet de montrer:

1. que la vitesse de renouvellement du potassium contenu dans les cellules du cortex (tubes contournés proximaux et distaux), apparaît très grande et semble limitée par le débit sanguin rénal.
2. que la vitesse de renouvellement du potassium contenu dans les régions profondes (anses de Henlé et tubes collecteurs) est beaucoup plus faible.
3. que le potassium de l'urine a pour précurseur le potassium des cellules des tubes contournés et non celui des cellules des anses de Henlé ou des canaux collecteurs, ni celui du filtrat glomérulaire.
4. que le potassium filtré au niveau des glomérules serait entièrement réabsorbé au niveau du tube proximal, tandis que la totalité du potassium de l'urine résulterait d'un processus d'excrétion par les cellules du tube distal.

L'analyse de ces résultats est compatible avec l'hypothèse que les mouvements du potassium entre le milieu interstitiel et les cellules du tube contourné résulteraient de processus entièrement passifs.

INTRODUCTION

Les modalités de l'excrétion du potassium font, depuis plusieurs années, l'objet de nombreux travaux qui ont contribué à accroître notre connaissance sur les mécanismes qui contrôlent l'élimination urinaire de cet ion et sa régulation.

Si, dans les conditions normales, l'urine excrétée contient moins de potassium que le filtrat glomérulaire (1), ce qui indique l'existence d'une réabsorption tubulaire de cet ion, il est des circonstances (2-3) où le rapport de la clearance du potassium à celle de l'inuline (ou d'une autre substance glomérulaire) est supérieur à l'unité, indiquant formellement l'existence d'une excrétion tubulaire de potassium dans ces cas.

Des arguments physiologiques et pharmacologiques ont amené Mudge et Collab. (4) ainsi que Berliner et collab. (5) à poser l'hypothèse que le potassium urinaire proviendrait, même dans les conditions normales, d'un processus d'excrétion tubulaire, tandis que le potassium du filtrat glomérulaire serait plus ou moins complètement réabsorbé.

Mais les méthodes habituelles d'exploration rénale, toujours indirectes, ne permettent pas la détermination quantitative des processus de réabsorption et

de sécrétion, lorsqu'ils coexistent. Par l'étude cinétique des modalités d'excrétion du potassium radioactif K^{42} après son administration par voie intraveineuse chez le lapin, nous avons cherché à préciser l'importance respective de ces processus de réabsorption et d'excrétion tubulaire.

I. ORIGINE TUBULAIRE DU POTASSIUM EXCRETE PAR LE REIN

Toutes les expériences rapportées ci-dessous (6-7) ont été réalisées chez le lapin, sous anesthésie au nembutal, respiration artificielle et héparine.

Les échantillons de sang artériel ont été recueillis à la carotide, et ceux d'urine au niveau de l'uretère à l'aide d'un cathéter de polythène.

Pendant la durée de l'expérience, une diurèse osmotique a été installée par infusion continue de Mannitol à 10% dans une solution de sérum physiologique.

L'administration du K^{42} (sous forme de KCl isotonique) a été réalisée soit par injection intraveineuse rapide soit par infusion continue.

Nous présentons à titre d'exemple (figure 1) les courbes montrant l'évolution de la radioactivité spécifique du K dans le plasma artériel et dans l'urine, dans une expérience comportant deux périodes successives d'infusion lente (6).

On voit que la radioactivité spécifique du potassium urinaire évolue d'une façon très différente de celle du plasma artériel.

Le décalage entre les deux courbes ne peut pas s'expliquer par l'espace mort des voies urinaires, comme le montrent des courbes obtenues après l'injection d'une substance glomérulaire marquée (par exemple $S_2^{35}O_3Na_2$) ou même après l'injection de Na^{24} .

D'autre part, les seuls processus de réabsorption de potassium ne sauraient, par eux-même, modifier la radioactivité spécifique du potassium de l'urine s'écoulant dans le tubule.

Nous sommes donc amenés à admettre que le potassium de l'urine excrétée pourrait provenir de deux sources différentes:

d'une part du filtrat glomérulaire, après réabsorption plus ou moins complète à un niveau proximal;

d'autre part d'une sécrétion par les cellules d'une portion plus distale du néphron.

Appelons

K_d la quantité totale de potassium échangeable contenue dans le compartiment cellulaire sécrétant (mg).

k_d le flux total de potassium (mg / min) entrant dans K_d ou en sortant par unité de temps.

k_s la quantité de potassium sécrétée dans l'urine par le compartiment K_d (mg/min).

k_u la quantité totale de potassium excrétée dans l'urine par unité de temps. (mg/min).

p , u , et c , la radioactivité spécifique du K à une temps t quelconque respectivement dans le plasma artériel, l'urine et le compartiment distal sécrétant.

En supposant que la radioactivité spécifique du K dans les liquides interstitiels et dans le filtrat glomérulaire est identique, à chaque instant, à

celle du plasma artériel, la variation Δc de c en fonction du temps sera:

$$\frac{dc}{dt} = \frac{k_d}{K_d} (p - c) \quad (1)$$

La quantité de radiopotassium excrétée par unité de temps dans l'urine peut être calculée comme la somme des radioactivités provenant du filtrat glomérulaire et de la sécrétion tubulaire.

$$k_u \times u = (k_u - k_s) p + k_s c \quad (2)$$

et sa variation en fonction du temps peut s'écrire

$$\frac{du}{dt} = \frac{(k_u - k_s)}{k_u} \times \frac{dp}{dt} + \frac{k_s}{k_u} \times \frac{dc}{dt} \quad (3)$$

En éliminant c et dc/dt , variables inaccessibles à la mesure, entre ces trois relations, nous obtenons la relation (4).

$$\frac{du}{dt} = \frac{(k_u - k_s)}{k_u} \frac{dp}{dt} + \frac{k_s}{k_u} (p - u) \quad (4)$$

Dans cette relation subsistent deux paramètres inconnus: k_s , la quantité de potassium sécrété par le tube distal et k_d/K_d qui représente la vitesse de renouvellement du compartiment sécrétant.

Toutes les autres valeurs, p , u , $\frac{dp}{dt}$, $\frac{du}{dt}$ peuvent être déterminées expérimentalement en fonction du temps

Il suffit donc de résoudre deux à deux les équations numériques obtenues pour chaque point pour avoir autant de valeurs de k_s et de k_d/K_d . On peut, en effet, au cours d'une expérience, considérer ces paramètres comme constants.

Le tableau 1 montre les résultats obtenus pour l'expérience présentée sur la figure 1.

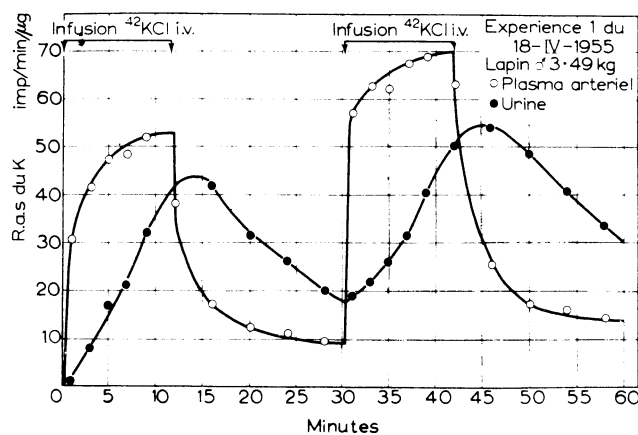


Fig. 1.

Dix autres expériences ont donné des résultats analogues (6).

On constate, d'une part, que la vitesse de renouvellement du compartiment sécrétant est extrêmement grande (entre 5% et 20% par minute); d'autre part que la quantité de potassium excrétée par les cellules distales (k_s) est égale à la quantité totale de potassium excrétée dans l'urine au même moment (k_u).

Les résultats apparaissent indépendants du temps et du mode d'injection de K^{42} .

Il apparaît donc que la totalité du potassium urinaire résulte d'une sécrétion par des cellules tubulaires, et que le potassium du filtrat glomérulaire doit être entièrement réabsorbé à un niveau plus proximal que celui de la sécrétion.

Ces résultats sont en accord avec les expériences de microponction du tube proximal chez le rat, où Wirz (8) suggère un schéma de l'excrétion rénale du potassium analogue à celui-ci.

II. LOCALISATION DU COMPARTIMENT CELLULAIRE EXCRETANT LE POTASSIUM

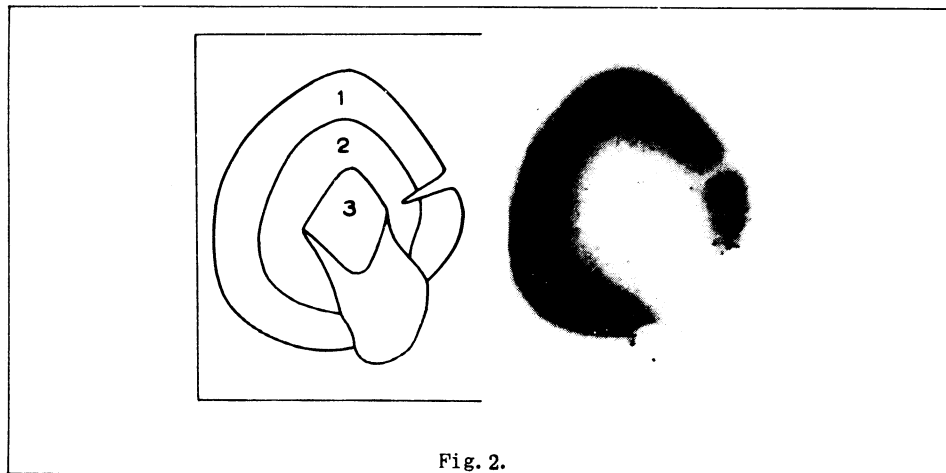
Nous avons cherché à vérifier s'il existe dans le rein un compartiment de potassium cellulaire dont la vitesse de renouvellement soit en accord avec celle trouvée par l'analyse des courbes développée ci-dessus.

Nous avons prélevé, chez des lapins placés dans des conditions physiologiques équivalentes à celles précédemment décrites, dans un premier temps, le rein non cathétérisé (2 à 5 minutes après l'injection rapide de K^{42}), puis, en fin d'expérience (15 à 30 minutes après l'injection) le deuxième rein.

Pour chaque rein, nous avons mesuré la radioactivité spécifique du potassium dans deux régions:

- d'une part dans un fragment de la zone corticale, qui est principalement constituée par l'ensemble des tubes contournés proximaux et distaux.
- d'autre part dans un fragment de la zone médullaire qui comprend essentiellement les anses de Henlé et les canaux collecteurs.

L'évolution de la radioactivité spécifique du potassium dans le plasma et les urines était également mesurée en fonction du temps.



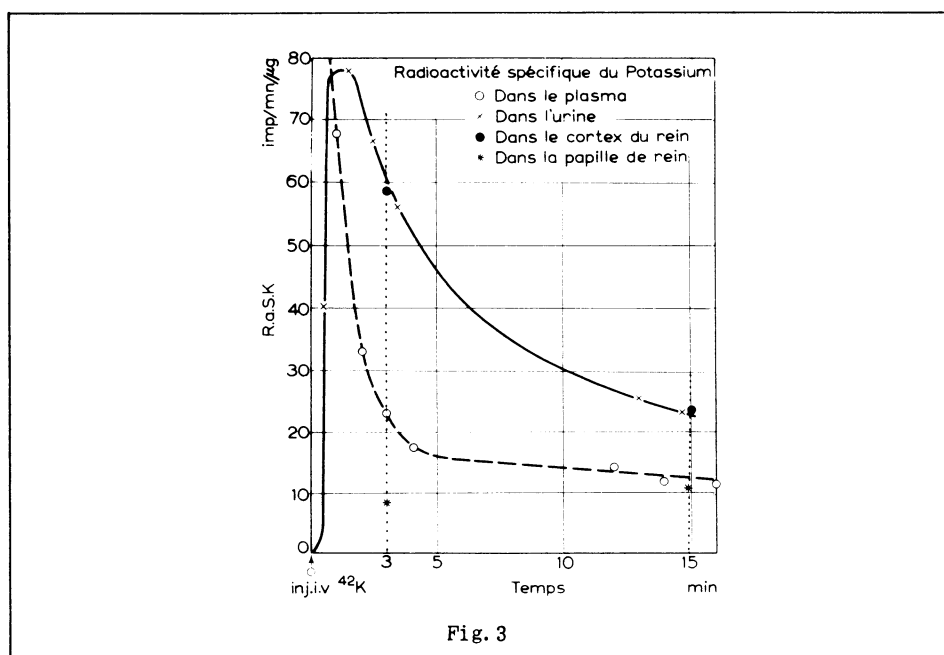
La figure 2 montre l'autoradiographie d'une tranche de rein prélevé trois minutes après l'injection et la figure 3 montre, sous forme graphique, les résultats d'une expérience (7).

On constate que la radioactivité spécifique du potassium dans le cortex apparaît chaque fois très comparable à celle du potassium urinaire mesurée au même moment. (La moyenne du rapport RAS K cortex/RAS K urine est de 0,85 pour les six animaux étudiés (7))

L'écart de 15% entre la radioactivité spécifique moyenne du potassium du cortex et celui de l'urine pourrait résulter de la présence, dans les échantillons prélevés, de potassium cellulaire (notamment celui des hématies) se renouvelant lentement.

Compte tenu de cette correction, l'égalité des radioactivités spécifiques du K, à tout instant, dans le cortex rénal et dans l'urine excrétée, indique que le potassium cortical est le précurseur du K urinaire.

Par contre, l'évolution de la radioactivité spécifique du K dans les régions profondes évolue de façon très différente: faible pour les reins prélevés peu du temps après l'injection, elle croît lentement en fonction du temps et se trouve en équilibre avec le plasma au bout de 20 minutes environ.



La figure 3 illustre la différence dans les vitesses de renouvellement des deux zones.

Nous avons pu calculer la vitesse de renouvellement du potassium du cortex rénal K_c en nous fondant sur les variations de la radioactivité spécifique pendant l'intervalle séparant le prélèvement des deux reins.

$$\frac{k_c}{K_c} = \frac{\Delta a / \Delta t}{p - a}$$

k_c/K_c désigne la fraction du potassium du cortex renouvelé par unité de temps, a et p les radioactivités spécifiques du potassium dans le cortex et dans le plasma respectivement.

Les valeurs de k_c/K_c trouvées figurent dans le tableau 2 où l'on a inscrit également, pour trois expériences, les valeurs de k_d/K_d calculées d'après la méthode indiquée plus haut.

On voit que les valeurs de k_c/K_c et de k_d/K_d sont du même ordre de grandeur; ce qui indique que non seulement le potassium des cellules distales sécrétantes mais également celui des cellules du tube contourné proximal (siège des processus de réabsorption) se renouvellent à un taux très rapide.

III. LE TAUX DE RENOUVELLEMENT MESURE EST-IL LIMITE PAR LE FLUX DE POTASSIUM CIRCULATOIRE?

La très grande vitesse de renouvellement du compartiment de potassium cellulaire cortical K_c (5 à 20% par minute d'une quantité de K relativement importante) implique un flux d'échanges cellulaires de potassium non négligeable par rapport au flux de potassium délivré au rein par la voie circulatoire.

On peut se demander si les échanges mesurés sont limités par la perméabilité des membranes cellulaires, ou par le flux de potassium délivré au rein.

Pour trancher cette alternative, nous avons comparé le flux rénal de potassium circulatoire au flux qui rend compte de la vitesse de renouvellement mesurée.

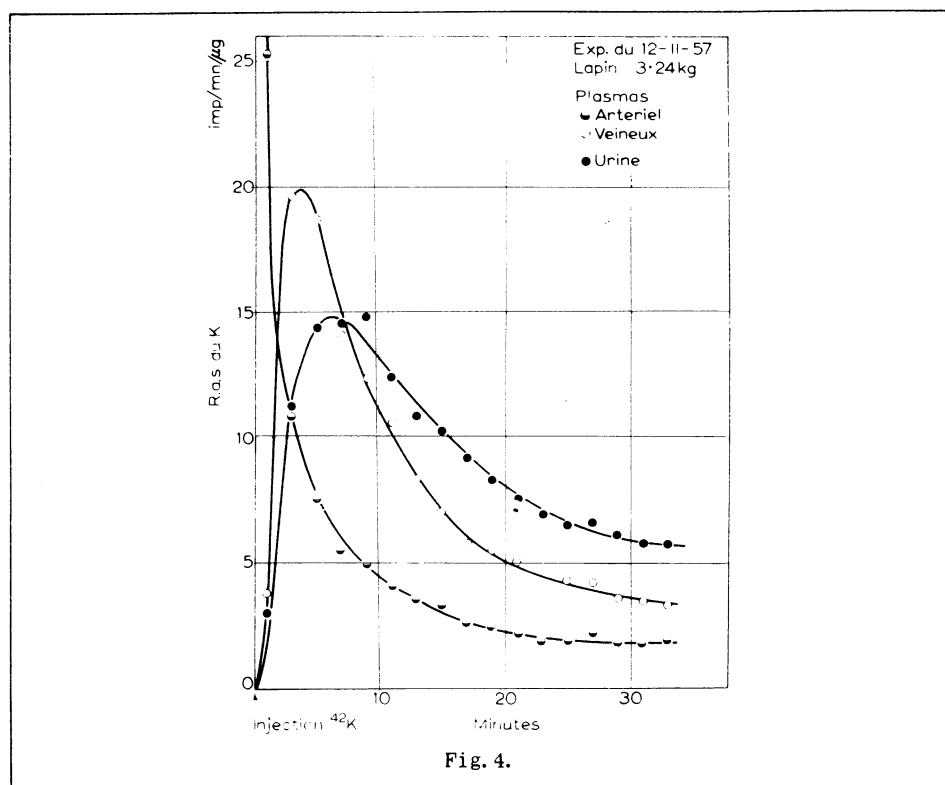
Pour évaluer le flux rénal de potassium plasmatique (k_{pl}), nous multiplions le chiffre moyen de filtration glomérulaire mesuré par la créatinine dans des conditions équivalentes (2,06 ml/min/kg de poids) par l'inverse de la fraction filtrée (0,20 chez le lapin d'après Smith (9)) et par la concentration du potassium plasmatique mesurée dans chaque cas.

On trouve un flux de l'ordre de 500 μ g de K/min/rein/kg poids. D'autre part le flux impliqué dans chaque expérience (k_c) se déduit de k_c/K_c si l'on peut évaluer K_c .

En admettant une concentration moyenne de K dans le cortex de 2,08 mg/g (moyenne de 24 mesures), dont 85% seulement se renouvellent rapidement, et 6,4 g de rein par kg de poids (Smith 9) dont 75% dans le cortex, on trouve pour K_c : 4,25 mg/rein/kg de poids, soit un flux k_c de 200 à 800 μ g de K/min/rein/kg de poids, selon les animaux.

Il est donc probable que le débit circulatoire agit comme facteur limitant la vitesse de renouvellement du potassium cortical, surtout si l'on tient compte du fait qu'une partie du courant circulatoire passe dans les régions profondes du rein.

Si l'on admet que le potassium marqué du plasma qui irrigue les régions corticales se met en équilibre de radioactivité spécifique avec le potassium cellulaire (et donc avec celui de l'urine), et si l'on admet que le potassium marqué du plasma qui irrigue les régions plus profondes du rein voit sa radioactivité spécifique peu modifiée puisque les échanges sont beaucoup plus lents dans ces régions, il doit être possible d'évaluer la valeur relative des flux plasmatiques cortical et médullaire par l'analyse des courbes de radioactivité spécifique du K mesurées simultanément dans le plasma artériel, le plasma veineux efférent du rein et l'urine. La figure 4 donne, à titre d'exemple, de telles courbes.



Le calcul indique que le rapport des flux plasmatiques est donné par la relation:

$$\frac{f_m}{f_c} = \frac{u - v}{v - p}$$

où f_m et f_c désignent les flux plasmatiques médullaire et cortical respectivement et u , v , p , les radioactivités spécifiques de K dans l'urine, le plasma veineux rénal et le plasma artériel.

Les calculs effectués dans six expériences de ce type, chez le lapin, ont donné pour le rapport de ces flux plasmatiques des valeurs moyennes de 0,25 - 0,38 - 0,48 - 0,52 - 0,54 et 0,69.

Le potassium radioactif offrirait donc la possibilité de mesurer en clinique humaine l'irrigation relative du cortex et des régions profondes du rein, dans des conditions relativement simples, s'il s'avérait que les résultats obtenus par cette méthode correspondent effectivement à la mesure du rapport de ces flux.

IV. LES ECHANGES DE POTASSIUM ENTRE CELLULES TUBULAIRES DU REIN ET MILIEU INTERIEUR RESULTENT-ILS DE MOUVEMENTS PUREMENT PASSIFS?

La perméabilité des cellules tubulaires rénales au potassium apparaît exceptionnellement élevée puisqu'elle est limitée par le débit plasmatique. Elle doit donc dépasser les valeurs mesurées (plus de 10 à 15% du potassium

cellulaire par minute), ce qui est considérable en comparaison de la vitesse de renouvellement du potassium des hématies par exemple (1 à 2% par heure), (10). On peut se demander si ces échanges comportent des processus de transport actif de potassium, qui, étant donnée l'importance des flux, exigeraient de la part des cellules une dépense d'énergie métabolique non négligeable.

En accord avec Ussing (11-12-13), on peut admettre que les mouvements d'un ion à travers une membrane donnée sont purement passifs si le rapport des flux entrant et sortant est décrit par la relation:

$$\frac{f_e}{f_s} = \frac{a_e}{a_i} e^{\frac{ZEF}{RT}}$$

ou f_e et f_s désignent les flux entrant et sortant,

a_i et a_e les activités de l'ion considéré dans les deux milieux,

E la différence de potentiel à travers la membrane.

En accord avec cette relation, calculons les différences de potentiel qui devraient exister entre milieu intracellulaire et milieu interstitiel au niveau proximal (E_p) et au niveau distal (E_d) pour rendre compte des flux calculés, dans l'hypothèse que les mouvements sont purement passifs et que le potassium intracellulaire est entièrement ionisé ($a_i = c_{int}$, concentration du potassium intracellulaire). (cf. figure 5).

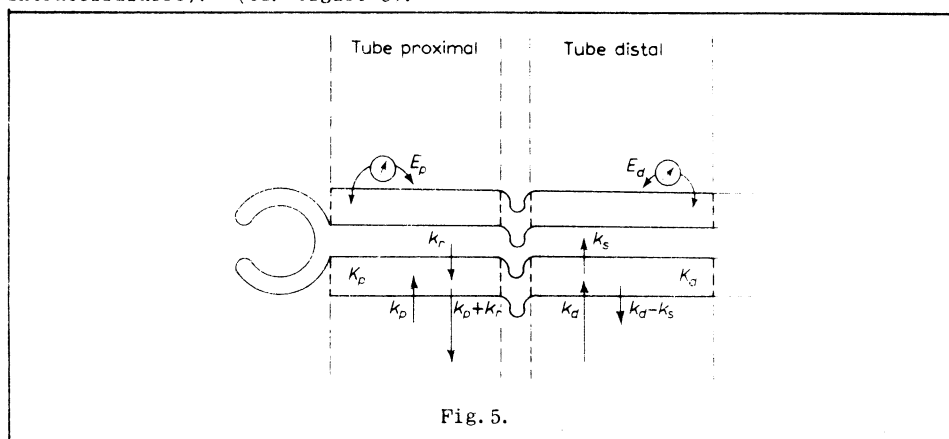


Fig. 5.

Pour ce calcul, admettons une concentration intracellulaire de K de 2,5 mg/g (35% de liquides extracellulaires), admettons une quantité égale de potassium dans les tubes contournés proximaux et dans les tubes contournés distaux ($= K_c/2$ soit 2,13 mg/rein/kg pour K_d et K_p).

A l'équilibre, au niveau proximal, le flux sortant doit être égal à la somme du flux entrant et du flux de potassium réabsorbé; au niveau distal, le flux sortant doit être égal au flux entrant diminué du flux de potassium sécrété.

D'après ce que nous avons vu, les deux flux d'entrée doivent être comparables, puisque le potassium de tout le cortex se renouvelle à la même vitesse que celui du seul compartiment sécrétant.

La valeur limite inférieure de ces flux, k_d et k_p peut être calculée dans chaque cas en multipliant la vitesse de renouvellement mesurée par les valeurs K_p et K_d indiquée ci-dessus, de sorte que k_r et k_s peuvent être déterminés dans chaque cas.

Les relations:

$$E_p = 0,0615 \log \frac{k_p \times c_{\text{int.}}}{(k_p + k_r) \times c_{\text{ext.}}}$$

$$\text{et } E_d = 0,0615 \log \frac{k_d \times c_{\text{int.}}}{(k_d - k_s) \times c_{\text{ext.}}}$$

fournissent pour deux valeurs extrêmes de k_s les résultats suivants:

$$\text{Exemple 1 } \begin{cases} k_s = 0,0375 \text{ mg K/min/rein/kg} \\ E_p = 0,074 \text{ volts} \\ E_d = 0,089 \text{ volts} \end{cases}$$

$$\text{Exemple 2 } \begin{cases} k_s = 0,200 \text{ mg K/min/rein/kg} \\ E_p = 0,079 \text{ volts} \\ E_d = 0,100 \text{ volts} \end{cases}$$

Les valeurs calculées constituent une limite supérieure puisque les valeurs admises pour k_p et k_d représentent des valeurs minimales.

Ces potentiels de membrane restent d'un ordre de grandeur tout à fait comparable à ceux mesurés directement sur d'autres structures. Des mesures directes du potentiel intratubulaire chez le rat réalisées récemment par Solomon (14) indiquent effectivement un potentiel négatif plus élevé dans le tube distal que dans le tube proximal. et il semble donc probable que les échanges de potassium entre les cellules du cortex rénal et le milieu intérieur sont purement passifs.

Tableau 1

Expérience du 18 avril			Lapin 3,49 kg		
Point	Temps (min)	k_u (mg/min Rein)	k_s (mg/min Rein)	k_d/K_d (% min.)	Nombre de com- binaisons
1	1	0,192	0,142	10,9	(6)
2	3	0,197	0,196	11,2	(4)
3	5	0,194	0,247	12,5	(3)
4	7	0,200	0,280	13,9	(2)
7	16	0,185	0,193	10,2	(6)
8	20	0,186	0,126	10,0	(2)
9	24	0,184	0,120	8,7	(3)
10	28	0,174	0,237	13,8	(2)
11	31	0,161	0,162	3,8	(3)
12	33	0,149	0,239	4,9	(3)
13	35	0,181	0,202	6,1	(2)
14	37	0,162	0,147	10,3	(1)
15	39	0,174	0,141	13,3	(1)
16	42	0,152	0,151		(6)
17	46	0,148	0,185	5,2	(5)
18	50	0,137	0,160	7,0	(2)
19	54	0,108	0,150	9,3	(1)
20	58	0,150	0,200	10,0	(1)

Tableau 2

Expérience No.	1	2	3	4	5	6
k_u mg/min/kg	0,054	0,094	0,105	0,037	0,094	0,084
k_c/K_c	23,1	19,4	16,7	8,2	8,3	17,5
k_d/K_d		25,0		10,8	8,5	

BIBLIOGRAPHIE

1. Winkler, A.W. & Smith, P.K. 'Renal excretion of potassium salt', *Amer. J. Physiol.* 138 (1942) 94.
2. McCance, R.A. & Widdowson, E.M. 'Alkalosis with disordered kidney functions', *Lancet*, 233 (1937) 247.
3. Wirz, H. 'Untersuchungen über die Micropunktion bei adrenalectomierten Katzen', *Helv. Physiol. Acta.* 3 (1945) 589.
4. Mudge, G.M., Foulks, J. & Gilman, A. 'The renal excretion of potassium', *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 67 (1948) 545.
5. Berliner, R.W. & Kennedy, T.J. 'Renal tubular secretion of potassium in the normal dog', *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 67 (1948) 542.
6. Morel, F. 'Les modalités de l'excrétion du potassium par le rein: Etude expérimentale à l'aide du radiopotassium chez le lapin', *Helv. Physiol. Acta.* 13 (1955) 276.
7. Morel, F. & Guinnebault, M. 'Origine tubulaire du potassium excrété par le rein: Etude expérimentale à l'aide du radiopotassium chez le lapin', *Helv. Physiol. Acta.* 14 (1956) 255.
8. Wirz, M. & Bott, P.A. 'Potassium and Reducing substances in proximal tubule fluid of the rat kidney', *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 87 (1954) 405.
9. Smith, H.W., *The Kidney Structure and Function in Health and Disease*, Oxford University Press (1951).
10. Sheppard, C.W. & Martin, W.R. 'Cation exchange between cells and plasma of mammalian blood', *J. Gen. Physiol.* 33 (1950) 703.
11. Ussing, H.H. 'Transport of ions across cellular membranes', *Physiol. Rev.* 99 (1949) 127.
12. Ussing, H.H. 'Transport through biological membranes', *Ann. Rev. Phys.* 15 (1953) 1.
13. Ussing, H.H., *Active Transport and Secretion*, Cambridge University Press, Symp. No. 8 of the Soc. Exp. Biol.(1954).
14. Solomon, S. 'Transtubular potential differences of rat kidney', *J. Cell. Comp. Physiol.* 49 (1957) 351.

ABSTRACT

Following an intravenous injection of potassium-42 as indicator, an analysis of the specific activity vs. time curve in arterial plasma, in venous plasma efferent from the kidney, in urine and in various regions of the kidney of rabbits reveals that:

1. *The turnover rate of potassium in the cortex cells (proximal and distal convoluted tubes) is very large, being limited only by renal blood flow.*
2. *The turnover rate of potassium in deep regions (Henle loops and collector tubules) is much smaller.*
3. *Potassium in the urine comes from cells of the convoluted tubes and not from cells of Henle loops, collector ducts, or glomerular filtrate.*
4. *Any potassium filtered at the level of the glomerules would be entirely reabsorbed at the level of the proximal tube, while total potassium in the urine results from a process of excretion by cells of the distal tube.*

These results are comparable with the assumption that the movement of potassium between interstitial medium and convoluted tube cells results from entirely passive processes.

RESUMEN

Después de la inyección intravenosa de potasio radiactivo a un conejo, el análisis de las curvas de la radiactividad específica del potasio, medidas en función del tiempo en el plasma arterial, plasma venoso eferente renal, orina y distintas regiones del riñón mismo permiten demostrar:

1. *que la velocidad de renovación del potasio contenido en las células de la corteza renal (tubos contorneados proximales y distales) parece ser muy grande y hallarse limitada por el consumo sanguíneo renal,*
2. *que la velocidad de renovación del potasio contenido en las zonas profundas del riñón (asas de Henlé y tubos colectores) en bastante más débil,*
3. *que el potasio de la orina tiene como precursor al potasio de las células de los tubos contorneados, y no al de las células del asa de Henlé, o el de los canales colectores, o el del filtrado glomerular,*
4. *que el potasio filtrado a nivel de los glomérulos es reabsorbido a nivel del tubo proximal, mientras que la totalidad del potasio de la orina se debe a un proceso de excreción realizado por las células del tubo distal.*

El análisis de tales resultados es compatible con la hipótesis que sostiene que el traspaso del potasio del medio intersticial a las células del tubo contorneado se debe a procesos totalmente pasivos.

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО КАЛИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФУНКЦИИ ПОЧЕК

Морель и Гинбо

После внутривенного введения кроликам, в качестве индикатора, радиоактивного калия, анализ кривых удельной радиоактивности калия, определяемой во времени в плазме артериальной крови, в плазме венозной крови, оттекающей из почек, в моче и в различных частях самой почки, позволяет констатировать:

1) что скорость обновления калия содержащегося в клетках коры почки (проксимальные и дистальные отделы извитых канальцев) очень велика и определяется, по-видимому, дебитом кровоснабжения почек;

2) что скорость обновления К, содержащегося в глубоких участках почечной ткани (петли Генле и собирательные канальцы) намного ниже;

3) что предшественником К мочи является К клеток извитых канальцев, а не К клеток петли Генле или собирательных канальцев и не К гломерулярного фильтрата;

4) что К, отфильтровываемый в клубочках почек, целиком всасывается обратно в проксимальных концах канальцев, тогда как весь К мочи является результатом процесса экскреции клеток дистальных концов канальцев.

Эти результаты соответствуют гипотезе, согласно которой передвижение К между межклеточной средой и клетками извитых канальцев является чисто пассивным процессом.