Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 18 (1987-1991)

Heft: 3

Artikel: Les modèles mathématiques en hémodialyse : un retour aux hypothèses

Autor: Gabriel, Jean-Pierre / Fellay, Gilbert

Kapitel: Conclusion générales concernant l'estimation de (V0, G) par (cu) et par (qdd)

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-259828

Par hypothèse $C_d > 0$ et $q_d > 0$, donc on a bien

$$0 < C_d < \frac{V_0^{qdd} C_0 + G^{qdd} t_d}{V_0^{qdd} + \alpha_d(t_d)} .$$

La valeur K_d de K qui fournit $C_d(t_d) = C_d$ est donc uniquement déterminée. En répétant l'argument pour l'intervalle $[t_d, t_\theta]$, on trouve une unique valeur $K_\theta \geq 0$ que garantit la θ-admissibilité de

$$(V_0^{qdd}, G^{qdd}) .$$

Ce dernier est donc une solution de (cu) et la démonstration est achevée.

· Conclusions générales concernant l'estimation de (V_0, G) par (cu) et par (qdd)

Nous avons déjà signalé que les cliniciens, à l'usage, ont constaté que les deux méthodes fournissent des estimations très différentes de (V_0, G) pour des situations identiques. De façon générale, le modèle (cu) a la préférence des praticiens. Le fait que (cu) ait précédé (qdd) n'est certainement pas étranger à ce choix. Une raison souvent évoquée est que (cu) évite la récolte du dialysat total, ce qui à notre avis reste un problème mineur, même pour un petit centre. Le travail théorique qui précède nous conduira à la conclusion que (qdd) est préférable à (cu) pour l'estimation de (V_0, G). Qu'il soit bien entendu que cette assertion n'enlève aucune qualité au travail de pionnier que l'on doit à SARGENT et GOTCH et que leur approche permet de discuter des situations que (qdd) ne peut, par essence, pas envisager.

Revenons aux hypothèses qui gouvernent chacun des modèles. A cette occasion nous introduisons les notations suivantes

$$\begin{aligned} H^{(cu)} &= \{ (A), (B*), (C), (D), (E), (F*) \} , \\ H_1^{(cu)} &= \{ (A), (B*), (C)(D), (E), (F*), (G), (H_1) \} , \\ H_2^{(cu)} &= \{ (A), (B*), (C), (D), (E), (F*), (G), (H_2) \} , \\ H^{(qdd)} &= \{ (A), (B), (C), (D) \} . \end{aligned}$$

Le modèle (cu) géneralisé repose sur $H^{(cu)}$, famille de base qui, complété avec $((G), (H_1))$ ou $((G), (H_2))$, fournit les supports de SG(1) ou SG(2). Le modèle (qdd) repose sur $H^{(qdd)}$. On vérifie immédiatement que

$$H_1^{(cu)} \Rightarrow H_2^{(cu)} \Rightarrow H^{(cu)} \Rightarrow H^{(qdd)} .$$

Il faut cependant noter que les flèches ne peuvent pas être inversées en général. Nous sommes donc amenés à la conclusion suivante.

Le modèle (cu), et bien sûr les situations SG(1) et SG(2) considérées par SARGENT *et* GOTCH, *sont des cas particuliers du modèle (qdd).*

Ce fait peut être compris intuitivement de la façon suivante: on passe de (qdd) à (cu) en passant d'un bilan global à un bilan instantané. Le prix à payer pour connaître la trajectoire suivie par le système entre deux époques réside dans l'augmentation du nombre d'hypothèses. Cela ne va pas bien sûr sans augmenter le risque de voir le modèle s'éloigner de la réalité. Remarquons aussi que le passage de (qdd) à (cu) entraîne le remplacement de (B) par (B*). Ce point nous paraît important car nos mesures indiquent que le réservoir n'est vraisemblablement pas en équilibre durant la dialyse. L'hypothèse (B) permet d'éviter partiellement cet inconvénient en autorisant un arrêt temporaire du processus pour s'approcher de l'équilibre et améliorer ainsi la qualité de la mesure des concentrations. Il faut bien sûr négliger l'apport dû à G durant ce bref intervalle ou l'incorporer au modèle. Sous l'hypothèse (B*), nécessaire à (cu), ceci ne peut pas être réalisé. Nous avons le sentiment que ces problèmes proviennent principalement des déséquilibres osmotiques dûs en particulier au mouvement du sodium dans les différents compartiments physiologiques du corps humain. Nous prévoyons de traiter ces questions dans un autre travail. Remarquons cependant que l'hypothèse (B*) est difficilement compatible avec un mode d'extraction qui implique localement des gradients de concentration. On peut bien sûr chercher des arguments pour se convaincre de la possibilité de négliger cet aspect. Il n'en reste pas moins que cette problématique peut être partiellement évitée avec (B) et donc (qdd).

Il faut aussi noter que (qdd) ne se préoccupe pas du mode d'extraction de l'urée et nous libère ainsi de la distinction entre transfert par diffusion et par convection, le modèle restant valable aussi bien pour l'hémodialyse que pour l'hémofiltration. La question de la mesure des clairances ainsi que celle de savoir comment fabriquer la clairance totale à partir des clairances partielles tombent toutes deux. Précisons que la mesure d'une clairance est toujours délicate. De plus cette grandeur intervient à des endroits numériquement sensibles dans SG(1) et SG(2). Une petite erreur de mesure peut avoir de fâcheuses répercussions sur l'estimation.

Si l'on compare les données nécessaires à l'estimation dans les deux approches, on remarquera aussi un grand avantage en faveur de (qdd). Dans SG(1) et SG(2) les clairances apparaissent comme des constantes et ceci peut-être trompeur. Nous pensons que leur nature est celle d'une fonction qui peut dépendre du temps. Durant une dialyse de 180 minutes, il est difficile d'imaginer que la clairance reste rigoureusement constante et si ce n'est pas le cas, alors nos simulations numériques montrent une grande sensibilité de (V_0, G) aux valeurs numériques des clairances. On peut reproduire la même analyse pour les variations de volume. Dans SG(1) elles sont identiquement nulles donc il n'y a rien à mesurer. Dans SG(2), ces fonctions sont ramenées à la connaissance de leurs dérivées ε_d et ε_θ, c'est-à-dire à deux nombres. Cette apparente simplicité qui cache la nature fonctionnelle des grandeurs en question, ne peut être obtenue qu'au prix d'un jeu d'hypothèses très astreignant et par conséquent avec une garantie de réalisme affaiblie. On voit bien comment la situation se présente dans (cu) généralisé. Il faut suivre constamment les fonctions $K_d(t)$ et $K_\theta(t)$ ainsi que $\alpha_d(t)$ et $\alpha_\theta(t)$, pour procéder à l'estimation. On peut imaginer que dans des situations à variations lentes, on puisse remplacer la connaissance de ces fonctions par celles de leurs valeurs sur un ensemble fini. Cette question mériterait d'être étudiée dans un contexte d'analyse numérique.

Finalement les remarques qui précèdent laissent entrevoir que la coïncidence des estimations par (qdd) et (cu) serait pour le moins surprenante. La proposition 16 nous montre qu'il y a coïncidence des estimations si et seulement si les sorties sont identiques. Ainsi un moindre écart de ces dernières induit une séparation des solutions. De ce point de vue, préférer (qdd) à (cu) revient à investir sa confiance dans les mesures des sorties plutôt que dans leur calcul effectué sous des hypothèses supplémentaires discutables.

CONCLUSIONS FINALES

Nous aimerions ajouter quelques observations. Avant de nous lancer dans la comparaison théorique des modèles (cu) et (qdd), nous avons tenté d'utiliser d'autres voies qui méritent peut-être un bref commentaire.

Une démarche naturelle pour comparer deux estimateurs consisterait à recourir à une troisième méthode de mesure plus précise que les précédentes. Nous n'avons malheureusement rien trouvé dans la littérature; les méthodes utilisant par exemple les techniques de marquage ne semblent pas concluantes à ce propos.

Dans une première étape, nous avons augmenté le nombre de mesures de la concentration d'urée en choisissant plusieurs époques distinctes durant la dialyse d'un patient. Puis nous avons tenté d'obtenir (V_0, G) à l'aide d'un ajustement des solutions de (cu). Les résultats furent si désastreux qu'ils nous condamnèrent à renoncer à cette méthode. Cette constatation posait un problème de principe qui nous amena à faire une simulation in-vitro d'une hémodialyse contrôlée pour estimer (V_0, G) avec (cu) et (qdd). Les deux méthodes se montrèrent satisfaisantes eu égard aux limitations imposées par le contexte clinique. Les deux approches étaient donc acceptables dans une situation de laboratoire idéalisée. (FELLAY et DUCREST, en prép.).

Le problème de la comparaison de deux estimateurs est en fait le problème de la définition d'un étalon. Comment peut-on affirmer qu'une méthode