

第 50 回 腎臓に関する計算問題

■クリアランスについて説明できる。

- ・ その物質の排泄能力をみるのに適した指標。「1 分あたりの尿中のある成分が、もともとはどれだけの量の血しょうに由来しているか」と考える。
- ・ $C [\text{ml/分}] = V [\text{ml/分}] \times U [\text{mg/ml}] / P [\text{mg/ml}]$
C : クリアランス V : 1 分の尿量 U : 物質の尿中濃度 P : 物質の血しょう中濃度

■イヌリン、クレアチニン (、パラアミノ馬尿酸) のクリアランスについて説明できる。

- ・ イヌリン : 再吸収も追加排出もされない物質。このクリアランスは 1 分あたりの原尿量 (糸球体でのろ過量 : GFR) に等しい
- ・ クレアチニン : 筋肉からの老廃物。これもイヌリンとほぼ同様の性質を持っている。イヌリンは注射で投与する必要があり、実際の検査で使うのは面倒である。そのため、このクレアチニンでしばしば代用される。
- ・ パラアミノ馬尿酸 : 再吸収されず、尿細管でさらに追加排出もされる物質。このクリアランスは 1 分あたりの腎血漿流量 (RPF) に等しい。

■腎臓に関する計算問題が解ける。

<問題>ある生物にイヌリンを注射してから一定時間経過した後、左右の腎うに集まってくる尿を全量採取した。以下の表は、この生物の血しょうおよび尿での測定結果である。以下の問に答えよ。

- (1) 尿素、イヌリンの濃縮率を、各々求めよ。
- (2) 5 分間にこし出された血しょうの量 (原尿の量) を求めよ。
- (3) 5 分間に再吸収されたグルコースは何 mg か求めよ。
- (4) 5 分間に再吸収された液量は、こし出された血しょう量の何%か求めよ。
- (5) 5 分間に再吸収された尿素有量はこし出された量の何%か求めよ。
- (6) イヌリンのクリアランスを求めよ。
- (7) クレアチニンのクリアランスを求めよ。

| | 血しょう | 尿 |
|------------------|------|------|
| 5 分間の尿量 (ml) | — | 5.5 |
| グルコース濃度 (mg/ml) | 1.0 | 0 |
| 尿素濃度 (mg/ml) | 0.3 | 20.0 |
| イヌリン濃度 (mg/ml) | 0.1 | 10.0 |
| クレアチニン濃度 (mg/ml) | 0.01 | 1.10 |

<解>

(1)濃縮率の定義から、尿素の濃縮率は、 $\frac{20.0[\text{mg/ml}]}{0.3[\text{mg/ml}]}$ \doteq 67倍

一方、イヌリンの濃縮率は、 $\frac{10.0[\text{mg/ml}]}{0.1[\text{mg/ml}]}$ \doteq 100倍

(2)5分間の原尿量を $x[\text{ml}]$ とする。原尿は血しょうの一部がこし出されたものであるから、原尿のイヌリン濃度は、血しょうでの濃度に等しい。

よって、5分間の原尿に含まれるイヌリンは、 $0.1[\text{mg/ml}] \times x[\text{ml}] = 0.1x[\text{mg}]$

イヌリンは再吸収も追加排出もされない物質であるため、この全量が5分間の尿中に排出されたと考えられる。よって、

$$0.1x[\text{mg}] = 10.0[\text{mg/ml}] \times 5.5[\text{ml}]$$

$$\Leftrightarrow x = \underline{550[\text{ml}]}$$

(3)表から、グルコースは原尿としてこし出された後、全量が再吸収されているとわかる。

よって、5分間の原尿中のグルコース量を求めればよく、

$$1.0[\text{mg/ml}] \times 550[\text{ml}] = \underline{550[\text{mg}]}$$

(4)5分間に、原尿として $550[\text{ml}]$ がこし出された後、最終的に実際に尿として排出されるのは $5.5[\text{ml}]$ である。よって、

$$\frac{550[\text{ml}] - 5.5[\text{ml}]}{550[\text{ml}]} \times 100 = \underline{99\%}$$

(5)5分間の原尿中に排出された尿素は、 $0.3[\text{mg/ml}] \times 550[\text{ml}]$ である。

一方、最終的に尿中に排出された尿素は、 $20.0[\text{mg/ml}] \times 5.5[\text{ml}]$ である。

よって、その再吸収率は、 $\frac{0.3[\text{mg/ml}] \times 550[\text{ml}] - 20.0[\text{mg/ml}] \times 5.5[\text{ml}]}{0.3[\text{mg/ml}] \times 550[\text{ml}]} \times 100 \doteq \underline{33\%}$

(6)クリアランスの定義式から、 $\frac{\frac{5.5[\text{ml}]}{5[\text{分}]} \times 10.0[\text{mg/ml}]}{0.1[\text{mg/ml}]} = 110[\text{ml/分}]$

(7)クリアランスの定義式から、 $\frac{\frac{5.5[\text{ml}]}{5[\text{分}]} \times 1.10[\text{mg/ml}]}{0.01[\text{mg/ml}]} = 121[\text{ml/分}]$

※ 計算問題では、「単位も計算できる」ということを知っているると便利である。例えば、

(2)の計算において、 $0.1[\text{mg/ml}] \times x[\text{ml}] = 0.1x[\text{mg}]$ というようにできる。

※ (2)で5分あたりの原尿量が $550[\text{ml}]$ であったので、1分あたりでは $110[\text{ml/分}]$ である。これが、(6)で求めたイヌリンのクリアランスに等しいことを確認しよう。

※ (6),(7)からは、クレアチニンはイヌリンの代用とされるものの、クリアランス値自体には誤差があるということもみてとれる。これは、厳密には、クレアチニンが尿細管でわずかに追加排出されるからである。すなわち、腎機能(1分あたりの原尿量)を過大評価する傾向にある。