

体内と体外で捉える「排出」

導入

YBA6A1-Z1J1-01

到達目標

- ホルモンの分泌を調節する仕組みを理解し、言語化できるようになる。
- 腎臓による尿生成の仕組みを言語化でき、尿生成に関する典型的な計算問題を解くことができるようになる。
- 他の題材との複合問題として出題されたときに、必要な知識を引き出し、考察の材料とすることができるようになる。

要点 1

Point

まずは、自律神経系と内分泌系が協働してホルモンを体内へ「排出」する様子をおさらいします。ホルモンが作用する流れを理解するとともに、入試でよく狙われる血糖量やチロキシン量などの調節の仕組みを自分の言葉で説明できるくらいまでに定着させることがポイントです。

(1) 内分泌系

恒常性は、**自律神経系**と**内分泌系**の働きによって維持されている。**内分泌腺**から血液中に分泌された**ホルモン**は、血流によって全身に運ばれ、微量で大きな生理作用を示す。

フィードバック

ホルモンの分泌は、**フィードバック**の仕組みによって調節されていることが多い。最終生成物やその作用が前の反応を促進する場合は**正のフィードバック**、抑制する場合は**負のフィードバック**という。

チロキシン分泌における負のフィードバック

- ・チロキシン濃度が上昇したとき…チロキシンが放出ホルモン、甲状腺刺激ホルモンの分泌を抑制する結果、チロキシンの分泌が抑制される。
- ・チロキシン濃度が低下したとき…チロキシンが放出ホルモン、甲状腺刺激ホルモンの分泌を抑制しなくなる結果、チロキシンの分泌が促進される。

(2) 血糖量の調節

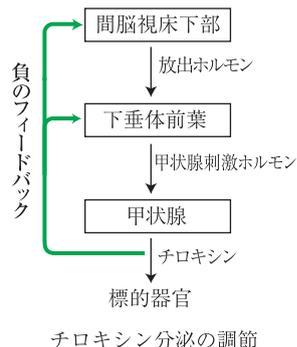
- ・血糖量が多いとき…**インスリン**は、組織でのグルコースの消費や、グルコースからのグリコーゲンの合成を促進する。この働きにより、血糖量が減少する。
- ・血糖量が少ないとき…**グルカゴン**、**アドレナリン**は、グリコーゲンからグルコースへの分解を促進する。**糖質コルチコイド**は、タンパク質からのグルコースの合成を促進する。これらの働きにより、血糖量が増加する。

☑ 覚えておきたい

下垂体（脳下垂体）の前葉・後葉、甲状腺、すい臓、副腎皮質・髄質が分泌するホルモンは頻出である。確実に押さえておこう。

🔍 発想の鍵

生体内で、反応の速度を急速に大きくする必要がある場合は正のフィードバック、反応の速度を一定に保つ（恒常性を維持する）必要がある場合は負のフィードバックが行われる。





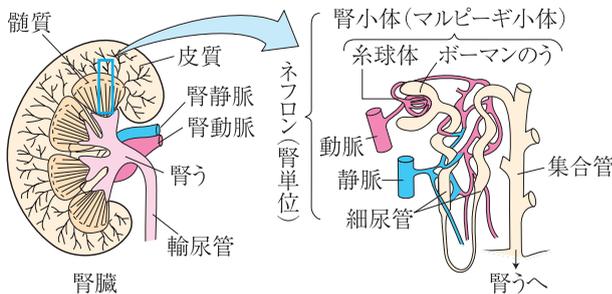
要点 2

Point

次は、体外へ「排出」される尿の生成についておさらいします。腎臓において、血液（血しょう）→原尿→尿と、必要な成分が再吸収され不要な成分が濃縮されていく流れを押さえることがポイントです。また、『要点 1』に登場したホルモンとの関わりも意識しましょう。

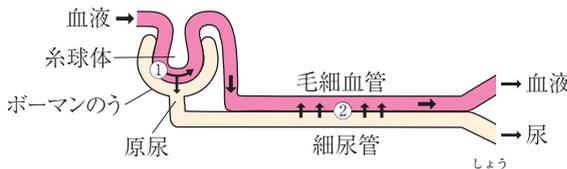
(1) 腎臓

ヒトの腎臓は腹腔の背側に左右1個ずつあり、そら豆のような形をしている。腎臓の構造単位である**ネフロン**（腎単位）は、次図のような構造をしている。



(2) ヒトの尿生成

尿は、腎臓において**ろ過**（次図①）と**再吸収**（次図②）の2段階を経て生成される。



タンパク質は糸球体でろ過されないため、血漿中には含まれるが、原尿中には含まれない（したがって尿中にも含まれない）。タンパク質以外の成分はろ過されるため、「血漿中の濃度＝原尿中の濃度」となる。グルコースは、ろ過された後、細尿管ですべて再吸収されるため、血漿と原尿中には同濃度が含まれるが、尿中には含まれない。

(3) 腎臓における体液の浸透圧調節

- ・ 体液の浸透圧が上昇したとき…下垂体後葉からの**バソプレシン**の分泌が促進され、腎臓の集合管で**水の再吸収**が促進されることで、体液の浸透圧が低下する。
- ・ 体液の浸透圧が低下したとき…下垂体後葉からの**バソプレシン**の分泌が抑制され、腎臓の集合管で**水の再吸収**が抑制されることで、体液の浸透圧が上昇する。また、副腎皮質からの**鉱質コルチコイド**の分泌が促進され、腎臓で**ナトリウムイオンの再吸収**が促進されることで、体液の浸透圧は上昇する。

発想の鍵

陸生動物であるヒトなどは、なるべく水を体外に捨てずに済むよう、尿を濃縮して排出する仕組みを発達させている。

覚えておきたい

タンパク質が代謝されて生じるアンモニアは毒性が強いため、生物はこれをアンモニアのまま、または別の窒素化合物に変えて排出する（**窒素排出物**）。

窒素排出物	主な脊椎動物
アンモニア	硬骨魚類 両生類の幼生
尿素	軟骨魚類 両生類の成体 哺乳類
尿酸	ハ虫類、鳥類

記述力・考察力確認問題

Point

次は、『要点 1・2』を踏まえて取り組む問題です。ホルモンの分泌量を調節する仕組みについて理解を深めるとともに、尿生成について頻出の計算問題に慣れていきましょう。尿生成の仕組みを理解できていれば、公式のように暗記しなくても、与えられた数値をもとに計算の方針を立てることができます。

解答欄はありません。専用ノートを使って解き、記述力・考察力を向上させましょう！

問題

次の文 1, 2 を読み、問 1～問 6 に答えよ。

〔文 1〕チロキシンは、甲状腺から分泌され、全身の化学反応（代謝）を促進させる働きをもつホルモンである。血液中のチロキシン濃度が過剰な場合、^(a)体温が上がり、体重が減って衰弱するなどの症状が出る。一方、不足な場合、体温が低下したり、体の成長が遅れたりする。そのようなことが起こらないよう、内分泌系には、^(b)チロキシンの分泌量が過剰または不足に偏らないように調節する仕組みが存在する。

問 1 下線部(a)について、なぜそのような症状が出るのか。チロキシンの働きをもとに考え、簡潔に説明せよ。

問 2 下線部(b)について、血液中のチロキシン濃度が過剰な場合に行われる調節の仕組みを、次の〔語群〕の語をすべて用いて説明せよ。

〔語群〕甲状腺刺激ホルモン、視床下部、神経分泌細胞、下垂体前葉、放出ホルモン

〔文 2〕腎臓における原尿の量を調べるには、植物がつくる多糖類の一種であるイヌリンのような、細尿管（腎細管）でまったく再吸収されずに排出される物質について、血漿（原尿）中の濃度と尿中の濃度を比較し、「何倍濃くなったか（濃縮率）」をみればよい。表 1 は、イヌリンを血液中に注射した健康なヒトについて、各成分の血漿中、原尿中、尿中の濃度と、血漿から尿が生成される際の濃縮率を調べたものである。

表 1

	血漿 [mg/mL]	原尿 [mg/mL]	尿 [mg/mL]	濃縮率 [倍]
タンパク質	70	①	0	0
グルコース	1	1	②	0
尿素	0.3	0.3	③	66.7
イヌリン	1	1	120	④

問 3 表 1 中の空欄①, ②に入る値を、それぞれ理由とともに答えよ。

問4 表1中の空欄③に入る値を、計算式とともに答えよ。ただし、答は小数第一位を四捨五入し、整数で示すこと。

問5 表1中の空欄④に入る値を、計算式とともに答えよ。ただし、答は小数第一位を四捨五入し、整数で示すこと。

問6 [文2] のヒトの1日の尿量が1500 mLであったとすると、1日につくられた原尿量は何Lであったか。考え方とともに答えよ。

解 答

問1 過剰な量のチロキシンによって、体内の代謝が必要以上に促進されてしまうから。

問2 血液中のチロキシン濃度が過剰になると、それを間脳の視床下部や下垂体前葉が感知し、神経分泌細胞からの放出ホルモンの分泌や下垂体前葉からの甲状腺刺激ホルモンの分泌が抑制される。その結果、甲状腺からのチロキシンの分泌量が減る。

問3 タンパク質は糸球体でろ過されず、原尿中に含まれないため、①の値は0となる。また、グルコースは細尿管において原尿からすべて再吸収されるため、②の値は0となる。

問4 $0.3 \times 66.7 = 20.01$ **答** 20

問5 $120 \div 1 = 120$ **答** 120

問6 イヌリンの濃縮率が120倍で、血漿中と原尿中の濃度が等しいことから、原尿から尿が生成される際、原尿が濃縮されて120分の1の量の尿になったことがわかる。したがって、1日の尿量が1500 mLのとき、1日につくられた原尿量は $(1500 \times 120 = 180000 \text{ [mL]}) = 180 \text{ L}$ であったと考えられる。 **答** 180 L

解説&要点

🎯のつけどころ

〔文1〕では、**ホルモン分泌を調節する仕組みであるフィードバック**を取り上げた。1種類のホルモンの分泌を調節するにも複数の器官が階層的に関わっていることを踏まえながら、フィードバックの具体例を理解しよう。

〔文2〕では、表1の値から**各成分の濃度や原尿量を算出**する。特殊な計算方法が要求されるわけではなく、基本的には「血漿」「原尿」「尿」という溶液について、溶質の量や濃度を計算するだけ、ということを理解することがポイント。ただし、尿生成の「ろ過」と「再吸収」の過程を正しく踏まえていることが前提になるので、あいまいな部分を残さないように確認しておきたい。

問1 チロキシンは代謝を促進するホルモンであるため、過剰に分泌された場合、必要以上に代謝が促進され、エネルギーを消費してしまう。ほとんどの場合、ホルモンは多過ぎてても少な過ぎてても不都合が生じる。

問2 内分泌系の中樞

〔解答〕参照。間脳の視床下部→下垂体前葉→各器官、という制御の階層は、副腎皮質や生殖腺についても存在する。各ホルモンについて、ホルモンを分泌する器官とともに、その器官に刺激を与える（ホルモン分泌を促進/抑制する）器官は何か、ということまで押さえておきたい。

神経分泌細胞

神経細胞でホルモンが合成され、分泌されることを**神経分泌**という。ホルモンの分泌を行う神経細胞を**神経分泌細胞**という。間脳の視床下部と下垂体を中心となり、各種ホルモンの分泌を調節している。

- ・**下垂体後葉**…下垂体後葉まで伸びる神経分泌細胞では、**バソプレシン**が合成される。バソプレシンは後葉まで運ばれた後、血液中に直接分泌される（右図青矢印）。
- ・**下垂体前葉**…下垂体前葉の手前にある血管まで伸びる神経分泌細胞では、**放出ホルモン**や**抑制ホルモン**が合成・分泌される。これらのホルモンは、血液中に分泌されて前葉まで運ばれる（右図緑矢印）。前葉では、運ばれたホルモンの作用によって、下垂体前葉ホルモン（成長ホルモンや各種刺激ホルモン）の放出・抑制が調節される（右図黒矢印）。

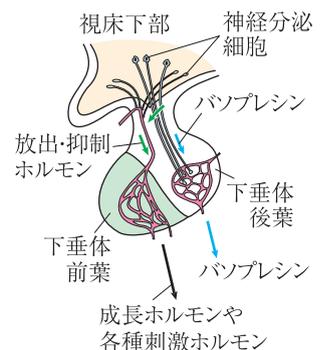
採点基準

問1

「代謝反応が過剰に起きる」ということが理由として書けていれば**正解**。

問2

間脳の視床下部・下垂体前葉・甲状腺のそれぞれについて、語群の語をすべて用いて説明できていれば**正解**。



問3 タンパク質は糸球体でろ過されないため、原尿中にも尿中にも含まれない。一方、グルコースは糸球体でろ過され原尿中に含まれるが、細尿管で完全に再吸収されるため、尿中には含まれない。これらを混同しないよう、それぞれの動きを正確に押さえておこう。

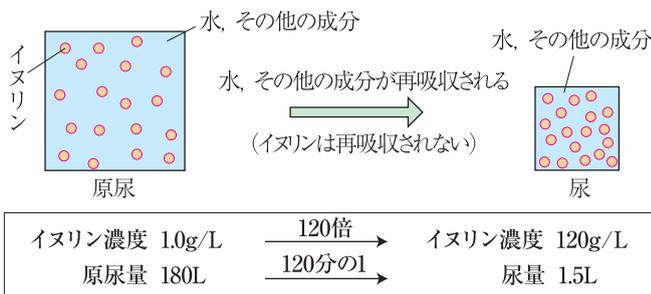
問4 表1より、尿素の尿中の濃度は、血漿中の濃度の66.7倍になっていることがわかる。そこで、尿素の血漿中の濃度である0.3 mg/mLを66.7倍すれば、③の尿中の濃度が求められる。

	血漿	原尿	尿	濃縮率
タンパク質	70	① 0	0	0
グルコース	1	1	② 0	0
尿素	0.3	0.3	③	66.7
イヌリン	1	1	120	④

問5 表1より、イヌリンの血漿中の濃度は1 mg/mL、尿中の濃度は120 mg/mLである。〔文2〕より、濃縮率は血漿から尿が生成される際にどれほど濃くなっているかを示すものなので、尿中の濃度を血漿中の濃度で割れば求めることができる。

問6 尿計算

〔解答〕参照。〔文2〕より、イヌリンは細尿管においてまったく再吸収されない物質である。つまり、イヌリンの量は、血漿中、原尿中、尿中で変化しないということである。そこで、イヌリンの濃度や濃縮率と尿の量をもとに、原尿の量を求めることができる。



発想の鍵

濃縮率 = $\frac{\text{尿中の濃度}}{\text{血漿中の濃度}}$ だが、ろ過される物質については、血漿中の濃度 = 原尿中の濃度なので、濃縮率 = $\frac{\text{尿中の濃度}}{\text{原尿中の濃度}}$ と考えてもよい。

間違えた箇所の解説を確認したら、次は添削問題に挑戦しましょう。

計算問題や記述問題は、まず書き始めることが大切。

考え方の過程やポイントを、箇条書きにすることから始めてみましょう。▶▶▶