

まずは呼吸生理の いろはを復習



MARKER

呼吸って何?





タッキー: そもそもヒトが呼吸をする目的は何かな?



ケン: それは酸素を取り込んで、体内で発生した二酸化炭素を外に出すためです。



あーうん, そのとおり. これがホントの「あうんの呼吸」なんちゃって.



(あぜんとしてかたまる)



(そんなケン君に気づかぬ様子で)ヒトは安静時に1分間で約250mLの酸素を取り込んで、さまざまな代謝反応を行い、結果として約200mLの二酸化炭素を産生してるんですね.



あれ、では取り入れる酸素量と排出する二酸化炭素量は同じではないのですか?



そのとおり. ヒトは酸素の取り込みも二酸化炭素の排出も, 唯一のルート, つまり肺での呼吸しかないのですから. では, なぜ両者の間に差があるかを考えてみましょう. ケン君はブドウ糖の好気的な代謝式を覚えていますか?



……忘れてしまいました.



そう、習ったのは結構以前ですものね、ブドウ糖の分子式は $C_6H_{12}O_6$ です。もっとも代表的な単糖で、とくに脳はブドウ糖を唯一のエネルギー源としています。この糖を O_2 を用いて分解しエネルギーを得るわけですね、そして最終的には二酸化炭素と水になるのです。

つまり, $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightleftharpoons 6CO_2 + 6H_2O$



ということは酸素使用量と二酸化炭素発生量は同じですね.



そう. ところで、呼吸商って知ってますか?



はい、1分間あたりに消費される酸素量と二酸化炭素産生量の比です.



そうですね. 呼吸商は、次のように定義されています.

呼吸商 = $\frac{$ 単位時間あたりの CO_2 排出量 単位時間あたりの O_2 消費量

つまり、糖質の場合は呼吸商はほぼ1なわけです.



あれ、ではどうして単位時間あたりの CO_2 排出量=単位時間あたりの O_2 消費量ではないのですか?



まあまあ,ちょっと待ってください.

一般に我々が食事で摂取する3大栄養素は、糖、脂質、タンパク質ですよね、それぞれ、炭素原子、酸素原子、水素原子などの構成比が異なります。糖質は分子式をみるとわかるように、酸素をあらかじめ多くもっているので消費する酸素は少なくて済みますが、産生するエネルギーは4kcal/gと少なめです。では、脂質はどうかというと、脂肪酸の構造が多数の炭素原(C)の鎖のような構造で酸素原子が非常に少ないため、分解すると産生するエネルギーは9kcal/gと大きいのですが、そのときは多く

の酸素が必要なわけですね。そして O_2 消費量の割には, CO_2 産生量が少ないため,呼吸商はおよそ 0.71 と 3 大栄養素の中では最小なんです.タンパク質は,原子の構成比は脂質と糖質の中間で,呼吸商は 0.85,熱量は 5.3kcal/g です.平均的な日本人の栄養摂取比率はだいたい糖質 60%,脂質 30%,タンパク質 10% ぐらいですので,呼吸商は全体では約 0.8 となります.



そうかあ、呼吸商= 200/250 = 0.8 ですね.



呼吸商は R で表されます.ガス交換比率 gas exchange ratio,単に ratio です.面白いことに,呼吸商は今まで述べてきた安静時も,運動時 でもまた年齢が違っても,ほぼ一定なんです.たとえば走るときは 1 分あたりの酸素消費量は 1,000mL/min にも達し,二酸化炭素産生量は 800mL/min にもなるのですが,呼吸商はやは 0.8 です.



なるほど……呼吸商は実測できるんですか?



ハイできます. 呼気ガス分析装置があれば, 酸素消費量と二酸化炭素産 生量を直接測定して求めることができるんですよ.

肺の役割: 肺の構造と呼吸運動について学ぶ





ではこうした呼吸の目的がどうやって実現しているかを学びましょう.



はい, まずは換気といって……



まあまあ,あわてずに.酸素の取入れと二酸化炭素の排泄をガス交換といいますが,これを可能にしているのが肺の構造ですね.肺は直径 0.3mm ほどの肺胞の集合体で,その肺胞の壁は薄い 1 層の肺胞上皮細胞でできており、その内側の、これまた薄い壁をもつ毛細血管と接しています.し

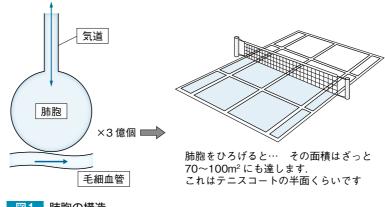


図1 肺胞の構造

たがって、酸素や二酸化炭素が容易に拡散できます(図1).

しかも、肺胞は大人では約3億個あるといわれ、その表面積は70~ 100m² にも達します.

これはちょうどテニスコートの半面に相当する広さです. ヒトの体表面 積はどのくらいですか?



だいたい $1.5 \sim 1.8 \text{m}^2$ くらいですね.



そうそう. ですからいかに広いかがわかりますね.



この広い面積で空気と接しているからガス交換ができるんですね.



そうですね. しかし、それだけではガス交換は持続できませんね.



はい、肺胞局所にたえず新しい空気が取り込まれてこそ可能なわけです.



その通り. そしてそれを……



(横取りして) それを換気 ventilation といいます.



そうです(やや悔しそう).では、ヒトはどのくらい換気するのかな?



成人では1回に約500mL, 1分間に12回くらいですか.



そう, そうすると 1 分間に 0.5L × 12 回 /min = 6L/min の換気をしている, というわけですね. 四角張っていうと, 1 回換気量 0.5L, 分時換気回数 12 回 /min, 分時換気量 6L/min というわけですね. こうした言葉はあとで人工呼吸器管理などでどんどんでてきますから覚えておいてください(コラム). そして換気についてはあとで詳しく学びましょう(「換気」参照). ところで肺はどうやって換気するのですか?



肺自体には収縮力はないので、胸郭の運動で行います.



そのとおり. 吸気時には吸気筋といわれる筋肉が収縮し, 呼気時には吸 気筋が弛緩して, 呼気筋が収縮して, 換気が行われています(図 2).

コラム

大事な略語:一覧表を自分なりに作ろう!

略語を苦手にしないこと! 呼吸生理が難しいといわれる理由の半分は略語のせいだとタッキーは信じている。そう、やたらと出てくるのです。しかし考えてみれば日常語のほとんども略語だらけ! プレゼンとかコスプレとかパソコンとかスポコンとか……あるいは BSL、BSE、TPP、PBL……というわけで一度覚えてしまえば、こっちのもんです。まずは、

1 回換気量 tidal volume (TV, VT) を手始めにガンバロウ! (巻末の略語一覧も参照)