

Hengityksen fysiologia

Hengityksellä tarkoitetaan tässä yhteydessä hengityskaasujen (happi O₂ ja hiilidioksidi CO₂) vaihtoa verenkierron ja ulkoilman välillä. Aikuinen ihminen kuluttaa keskimäärin 250 ml:aa happea minuutissa. Valtaosan kuluttamastaan hapestä (noin 180 ml, eli 70 %:a) elimistö käyttää tärkeimpien elinten kuten aivojen, sydämen, maksan sekä munuaisten perusaineenvaihdunnan (PAV) ylläpitämiseen. Jäljelle jäävän hapen elimistö käyttää lihaksiston, suoliston sekä muun tukikudoksen toiminnan ylläpitämiseen. PAV:n kuona-aineena syntyvän hiilidioksidin (noin 200 ml/min) elimistö tuulettaa pois ensisijaisesti keuhkojen kautta, tai varastoi verenkiertoon ja kudoksiin bikarbonaatti-ionina (HCO₃⁻) karboanhydraasi entsyymin avulla.

Hengityskaasujen vaihto verenkierron ja ulkoilman välillä tapahtuu keuhkorakkuloissa (alveoleissa). Sisäänhengityksen aikana pallea ja ulommat kylkivälilihakset supistuvat, jolloin rintaontelon tilavuus kasvaa ja sen sisällä oleva keuhkokudos laajenee. Muodostuneen alipaineen ansiosta ilma virtaa alveoleihin. Kutakin alveolia verhoaa hiussuonten muodostama verkosto, johon happi siirtyy alveoli-ilmasta ja josta hiilidioksidi siirtyy alveoli-ilmaan. Sisäänhengitys on aina aktiivinen (energiaa kuluttava) tapahtuma, jota ohjaa aivorungossa sijaitseva hengityskeskus. Hengityskeskus arvio hengityksen riittävyyttä mittaamalla sekä veren, että keskushermoston hengityskaasu-, sekä vetyionipitoisuuksia usean eri reseptorin kautta ja suhteuttaa hengitystaajuuden ja syvyyden kuhunkin tilanteeseen kulloinkin riittäväksi. Uloshengityksen aikana sisäänhengitysilhakset rentoutuvat ja saavat tilaisuuden levätä.

Verenkierrossa happi kulkee pääosin hemoglobiiniin sitoutuneena ja osin plasmaan liuenneena. On huomattava, että elimistö kykenee käyttämään hyödyksi vain hemoglobiiniin sitoutunutta happea. Veren kokonaishappisisältö voidaan laskea seuraavasti:

$$\text{Happisisältö CaO}_2 \text{ (ml)} = (\text{Hb} \times \text{SaO}_2 \times 1.36) + (0.0031 \times \text{PaO}_2)$$

Kuten kaavasta käy ilmi, ovat hemoglobiinin määrä ja saturaatio ratkaisevassa asemassa arvioitaessa veren hapenkuljetuskykyä. Terveen aikuisen koko verimäärä voi siten sitoa noin 1000 ml:aa happea hemoglobiinin ollessa 140 g/l. Mikäli hemoglobiinin määrä puolittuu, puolittuu myös veren CaO₂. Sen sijaan, mikäli hapen osapaine puolittuu, pienenee SaO₂ ja siten veren CaO₂ vain noin 200 ml eli 20 %:a. Tämä selittyy hemoglobiinin happisaturaation ja plasmaan liunneen hapen osapaineen välisellä S:n muotoisella yhteydellä (dissosiaatiokäyrällä). Siksi kriittisesti sairailta potilailla on ensisijaisen tärkeää seurata hemoglobiinin pitoisuutta ja happisaturaatiota sekä erityisesti niiden muutoksia toimenpiteen/tehohoidon aikana.

Hiilidioksidin osapaine voi veressä nousta pääasiallisesti kahdella mekanismilla; joko hiilidioksidin tuoton lisääntymisellä (kuume, rasitus) tai puutteellisella alveolituuletuksella (ventilaatiovajaus). Tilaa, jossa hiilidioksidipitoisuus on koholla ja pH laskee, kutsutaan respiratoriseksi asidoosiksi. Kliinisesti respiratorinen asidoosi ilmenee puhekyvyn vaikeutumisenä, syketason nousuna, tiheänä tai vähentyneenä hengityksenä, tajunnantason alentumisena ja lopulta hengityksen pysähtymisenä. Tilan korjaaminen edellyttää hiilidioksidin tuuletuksen tehostamista mekaanisella ventilaatiotukihoidolla.

Vaikean hengitysvajauksen tai yleisanestesian aikana elimistö ei kykene huolehtimaan riittävästä hengityskaasujen vaihdosta, ja tällöin ventilaatiota on tuettava mekaanisesti. Hengitysteiden keinotekoinen turvaaminen ja mekaaninen ventilaatiohoito ovat siten yksi keskeisimpiä elintoimintoja tukevia

hoitomuotoja sekä leikkaus-, että teho-osastoilla. Siksi hengityksen fysiologian ymmärtäminen on oleellinen osa anestesia-, ja tehohoitotyötä tekevän henkilökunnan ammattitaitoa.