

**Tämä on rinnakkaistallennettu versio alkuperäisestä julkaisusta.**

Tämä on julkaisun kustantajan pdf.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

**Säämänen, J. 2020. Happonemästäapaino ja sen säätely : osa 2. Poliklinikka 1/2020, 18 - 23.**

Kaikki julkaisut Turun AMK:n rinnakkaistallennettujen julkaisujen kokoelmassa Theseuksessa ovat tekijänoikeussäännösten alaisia. Kokoelman tai sen osien käyttö on sallittu sähköisessä muodossa tai tulosteena vain henkilökohtaiseen, ei-kaupalliseen tutkimus- ja opetuskäyttöön. Muuhun käyttöön on hankittava tekijänoikeuden haltijan lupa.

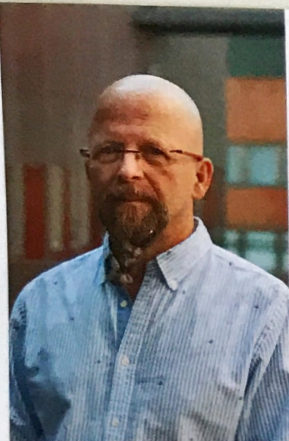
**This is a self-archived version of the original publication.**

The self-archived version is a publisher's pdf of the original publication.

To cite this, use the original publication:

**Säämänen, J. 2020. Happonemästäapaino ja sen säätely : osa 2. Poliklinikka 1/2020, 18 - 23.**

All material supplied via TUAS self-archived publications collection in Theseus repository is protected by copyright laws. Use of all or part of any of the repository collections is permitted only for personal non-commercial, research or educational purposes in digital and print form. You must obtain permission for any other use.



# HAPPO-EMÄSTASAPAINON HÄIRIÖT JA NIIDEN TULKINTA

OSA 2

**Jari Säämänen,**  
TtT, Yliopettaja,  
Turun ammattikorkeakoulu,  
jari.saamanen@turkuamk.fi

## Asidoosi ja alkaloosi

Elimistön puskurijärjestelmät pyrkivät jatkuvaan happo-emästasapainon tasapainotilaan, ja siksi pH:n muutos normaalista (7,35 – 7,45) on vakavan häiriön merkki. Happo-emästasapainon häiriönä voi olla joko alkaloosi tai asidoosi. Alkaloosissa pH arvo on yli 7,45 ja asidoosissa alle 7,35. Alkaloosissa on kyse happojen liiallisesta menettämisestä tai emästen kertymisestä elimistöön ja asidoosissa happojen kertymisestä elimistöön tai emästen liiallisesta menetyksestä. Kun alkaloosin syynä on hyperventilaatiosta johtuva liiallinen hiilidioksidin menetys, kyseessä on respiratorinen alkaloosi. Hengitysfunktion heikkenemisestä johtuva hiilidioksidin retentio johtaa puolestaan respiratoriseen asidoosiin. Haihtumattomien happojen ja emästen kertymisestä tai erityshäiriöistä johtuvaa alkaloosia ja asidoosia nimitetään metabolisiksi happo-emästasapainon häiriöiksi.

## Happo-emästasapainohäiriön kompensointi

Elimistö pyrkii mahdollisuuksien mukaan kompensoimaan happo-emästasapainon häiriötä, niin että pH-arvo korjautuisi lähelle sen normaaliarvoa tai normaaliksi. Jos ongelmana on haihtuvien happojen liiallisesta poistumisesta johtuva respiratorin alkaloosi, lisää munuaiset bikarbonaatin poistumista virtsaan ja vähentää vetyionien eritystä. Jos taas kyseessä on haihtuvien happojen liiallinen kertyminen elimistöön (respiratorinen asidoosi), lisää munuaiset vetyionien eritystä virtsaan ja bikarbonaatin takaisinottoa munuaisten tubuluksista verenkiertoon.

Haihtumattomien happojen liikaerityksestä tai emästen elimistöön kertymisestä johtuvassa metabolisessa alkaloosissa hengitystaajuus hidastuu ja elimistöstä poistuu vähemmän haihtuvia happoja. Vastaavasti metabolisessa asidoosissa, jossa haihtumattomien happojen erittyminen munuaisten kautta on riittämätöntä, hengitystaajuus nopeutuu ja hiilidioksidin poistuminen tehostuu.





### Respiratorinen alkaloosi

Respiratoriseen alkaloosiin johtava hyperventilaatio voi olla luonteeltaan hyperventilaatio-oireyhtymä, sekundaarinen hyperventilaatio tai kompensatorinen hyperventilaatio. Hyperventilaatio-oireyhtymässä fyysinen tai psyykinen kuormitus aiheuttaa potilaalle tavanomais- ta suuremman ventilaatiotarpeen. Rasituksen jälkeen hengitys jää kiihtyneeksi ja alveolaariventilaatio ylittää rasituksessa muodostuneiden happojen poistotarpeen. Sekundaarinen hyperventilaation voi aiheuttaa hengityskeskusta stimuloiva sairaus (aivokasvain tai tulehdus), lisääntynyt hiilidioksidin tuotanto (kipu, kuume, sepsis) tai kudosten hapenpuute (keuhkokuume, sepsis, vaikea anemia). Kompensatorinen hyperventilaatio voi liittyä vaikeaan keuhkosairauteen. Vaikeassa keuhkosairaudessa potilas pyrkii kompensoimaan sairautesta johtuvaa hypoksiaa hengitystas- juutta lisäämällä, jolloin hiilidioksi- diosapaine laskee.

### Laboratoriolöydökset

Respiratorisen alkaloosin akuut- tivaiheessa ab-PaCO<sub>2</sub> pienenee ja pH suurenee (Taulukko 1). Kompen- saatiomekanismien käynnistyttyä bikarbonaatin erittyminen virtsaan lisääntyy ja vetyionien erittyminen vähenee, jolloin StHCO<sub>3</sub><sup>-</sup> -arvo laskee ja pH-arvo alkaa pienentyä kohti viitearvoja (Taulukko 1.).

Täysin kompensoituneessa tilan- teessa potilaan veren hiilidioksiditaso on edelleen matala (hyperventilaa- tio) ja kompensoitiomekanismeista johtuen StHCO<sub>3</sub><sup>-</sup> on viitearvojen alapuolella ja BE negatiivinen. Emäs- vajeen negatiivisuus kertoo bikarbo- naatin vähenemisestä verenkierrossa, munuaisten kompensoidessa näin respiratorista alkaloosia. pH on joko normaali tai hiukan koholla riippuen kompensointi- tehokkuudesta. Respiratoriseen alkaloosiin liittyy usein hypokalemia ja -kalsemia sekä hyperkloremia. Hypokalemia ja kalsemia johtuvat vetyionien takai- sinotosta munuaisisten tubuluksista verenkiertoon, jolloin virtsaan erittyy vastaava määrä muita positiivisia ioneja. Klooria palautuu alkuvirt-

sasta takaisin verenkiertoon, koska bikarbonaattia poistuu tavanomais- ta enemmän. Näin solunulkoisessa tilassa säilyy anioinien tasapaino. Solujen sisällä ja niiden ulkopuolella tulee vallita tasapaino positiivisten ja negatiivisten ioinien kesken, muu- toin nesteeseen kehittyisi sähköinen jännite.

### Kliiniset löydökset

Respiratorisen alkaloosin liittyvät löydökset johtuvat pääasiassa hypo- kapniasta ja siihen liittyvistä elektro- lyyttihäiriöistä:

- 1) Hypokapnia supistaa aivoveri- suonია ja voi aiheuttaa huimausta ja näköoireita;
- 2) Hypokalemia johtaa solukalvojen- nitteen muodostumisen häiriintymi- seen ja sitä kautta rytmihäiriöihin ja
- 3) Hypokalsemia voi aiheuttaa käsien ja jalkojen puutumista, kouristelua ja lihasspasemja sekä rintakipua. Lisäksi potilaalla voi olla hyperventilaation syystä riippuen ilman loppumisen tunnetta ja sympaattisen hermoston aktivoitumiseen liittyvää sydämen tykytystä ja palpitaation tunnetta.

▼ Taulukko 1. Respiratoriseen alkaloosiin liittyvät verikaasuanalyysin löydökset

Laboratorio tutkimukset	Viitearvot	Respiratorinen alkaloosi	Osittain kompensoitunut	Täysin kompensoitunut
pH	7,35-7,45	>> 7,45	≥ 7,45	7,35-7,45
aB-PCO <sub>2</sub> kPa	4,5-6	<< 4,5	<< 4,5	<< 4,5
aB-PO <sub>2</sub> kPa	> 11	viitearvoissa	viitearvoissa	viitearvoissa
aB-StHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/l	22-26	viitearvoissa	< 22	<< 22
aB-BE mmol/l	+/- 2,3	viitearvoissa	< -2,3	<< -2,3

Happo-emästasapainon häiriö

Kompensoiva muutos

Happo-emästasapainon osittainen kompensointi

Happo-emästasapainon täydellinen kompensointi

≥ = Viitearvojen ylärajoilla tai suurempi, >> ja > Suurempi kuin viitearvot

≤ = Viitearvojen alarajoilla tai pienempi, << ja < Pienempi kuin viitearvot



## Respiratorinen asidoosi

Respiratorisen asidoosin syynä voi olla:

- 1) aivovammasta tai lääkkeistä johtuva alentunut hengityskeskusten toiminta,
- 2) lihasdystrofiasta, hermolihassairauksista tai pallehermovauriosta johtuva hengityselinten heikkous,
- 3) rintakehän ja -rangan epämuotoisuudesta johtuva pienentynyt keuhkotilavuus,
- 4) keuhkoemboliasta tai ilmatietuksesta johtuva ventilaatio-perufuusiosuhteen epäsuhta,
- 5) obstruktiiviset tai restriktiiviset keuhkosairaudet tai
- 6) kuumeesta tai lihasvärinästä johtuva hiilidioksidin lisääntyminen tuotanto.

## Laboratoriolöydökset

Respiratorisessa asidoosissa  $\text{ab-PaCO}_2$  nousee ja pH laskee (Taulukko 2). Samanaikaisesti potilaalle kehittyy hypoksemia, koska korkea hiilidioksidipitoisuus syrjäyttää hapetta keuhkorakkuloissa. Munuais-

set kompensoivat tilannetta metabolisella alkaloosilla, jolloin vetyionien eritysvirtsaan ja bikarbonaatin takaisinimeytyminen munuaisten tubuluksesta verenkiertoon lisääntyvät. Munuaiset tuottavat lisäksi itse bikarbonaatti-ioneja vereen erittäessään virtsaan vetyioneja. Bikarbonaattia muodostuu, kun tubulussolujen sisällä oleva hiilihappo hajoaa vedyksi ja hiilihapoksi, jonka jälkeen vetyionit siirtyvät alkuvirtsaan ja bikarbonaatti verenkiertoon. Kompensaation seurauksena pH- ja  $\text{StHCO}_3^-$ -arvo suurenevät.

**Kompensaatiomekanismit** alkavat vaikuttaa noin 12 tunnissa ja ovat maksimissaan viidentenä vuorokautena. Kat- ja anioinitasapainon säilymiseksi jokaista poistuvaa  $\text{H}^+$ -ionia kohtaan poistuu yksi  $\text{Cl}^-$ -ioni. Tämän vuoksi kompensatorinen metaboliin alkaloosi on hypokloreminen. Asidoosissa solunulkopuoleen tilaan kertyviä ylimääräisiä  $\text{H}^+$ -ioneja siirtyy solujen sisälle, jolloin vastaava määrä  $\text{K}^+$ -ioneja siirtyy solujen ulkopuolelle. Munuaisissa ionitasapainon säilyttäminen

edellyttää puolestaan sen, että kun  $\text{H}^+$ -ioninen eritysvirtsaan lisääntyy, lisääntyy samalla myös  $\text{K}^+$ -ionien takaisinotto verenkiertoon. Kaliumsiirtymistä johtuen respiratorinen asidoosi johtaa usein hyperkalemiaan.

## Kliiniset löydökset

Respiratorisessa asidoosissa potilaan oireet johtuvat pääasiassa hengitysvajauksen syystä ja sen seurauksena kehittyneestä hiilidioksidiosapaineen noususta. Hengitysvaikeus aiheuttaa potilaalle hengenahdistusta ja sympaattisen hermoston aktivoitumisen, jolloin sydämen syketaajuus kasvaa. Hiilidioksidiosapaineen nousu lisää potilaan väsymystä ja uneliaisuutta ja laajentaa verisuonia. Aivoissa verisuonien laajeneminen voi aiheuttaa päänsärkyä ja systeemiverenkierrossa verenpaineen laskua, jota elimistö kompensoi syketaajuutta lisäämällä. Perifeeristen arteriolien laajenemisesta johtuen potilaan iho voi olla lämmin. Hyperkalemia voi lisäksi aiheuttaa potilaalle sydämen sähköisen toiminnan häiriöitä.

## ▼ Taulukko 2. Respiratoriseen asidoosiin liittyvät verikaasuanalyysin löydökset

Laboratorio tutkimukset	Viitearvot	Respiratorinen asidoosi	Osittain kompensoitunut	Täysin kompensoitunut
pH	7,35–7,45	>> 7,35	≥ 7,35	7,35–7,45
aB-PCO <sub>2</sub> kPa	4,5–6	>> 6	>> 6	>> 6
aB-PO <sub>2</sub> kPa	> 11	<11	< 11*]	< 11*]
aB-StHCO <sub>3</sub> - mmol/l	22–26	viitearvoissa	> 26	>> 26
aB-BE mmol/l	+/- 2,3	viitearvoissa	> +2,3	>> +2,3

Happo-emästasapainon häiriö

Kompensoiva muutos

Happo-emästasapainon osittainen kompensatio

Happo-emästasapainon täydellinen kompensatio

≥ Viitearvojen ylärajoilla tai suurempi, >> ja > Suurempi kuin viitearvot

≤ Viitearvojen alarajoilla tai pienempi, << ja < Pienempi kuin viitearvot

\*] = Happiosapaine nousee, jos potilas saa lisähapetta



## Metabolinen alkaloosi

Metabolisen alkaloosin syynä on joko vetyionien liiallinen menetys, bikarbonaatin liiallinen takaisinimetyminen verenkiertoon munuaisten tubuluksista tai bikarbonaatin liikasaanti. Vetyioneja menetetään muun muassa oksentelun ja mahaimun yhteydessä, jolloin elimistöstä poistuu suolahappoa (HCL). Vetyionien menetys voi liittyä myös hypovolemiaan. Hypovolemiassa elimistö lisää Natriumionien takaisinottoa alkuvirtasta verenkiertoon, jolloin vastavasti K- ja H-ionien erityminen lisääntyy. Normaalia suurempi Na-takaisinotto voi liittyä myös hyperaldosteronismiin. Aldosteroni lisää Natriumin

takaisinottoa, jolloin vastaavasti K- ja H-ionien erityminen lisääntyy. Bikarbonaatin määrä verenkiertossa lisääntyy, jos potilaalle annetaan bikarbonaattia tai infuusionestettä, joissa on enemmän Natriumia kuin klorideja. Kloridivajaus johtaa anioinivajaukseen verenkiertossa, jonka munuaisten korvaa lisäämällä bikarbonaatin takaisinottoa verenkiertoon munuaisten tubuluksista.

### Laboratoriolöydökset

Metabolisessa alkaloosissa pH ja StHCO<sub>3</sub><sup>-</sup> -arvo ovat korkeita ja ab-PaCO<sub>2</sub>-arvo pyrkii kohoamaan kompensoidakseen kohonnutta pH-arvoa (Taulukko 3). Plasman kalium- ja kloridipitoisuudet sekä

ionisoituneen kalsiumin määrät ovat matalat.

### Kliiniset löydökset

Metabolisessa alkaloosissa oireet ja löydökset liittyvät kompensatiomekanismista johtuvaan hyperkapniaan ja hypoksiaan sekä elektrolyytihäiriöihin. Ven-tilaatiotaajuuden laskusta johtuva hiilidioksidiosapaineen nousu voi aiheuttaa potilaalle sekavuutta, päänsärkyä ja pahoinvointia. Keuhkorakkuloissa suurentunut hiilidioksidiosapaine syrjäyttää happea ja laskee siten veren happiosapainetta. Hypokalemia voi aiheuttaa potilaalle sydämen rytmihäiriöitä ja hypokal-semia voi johtaa kouristeluun.

### ▼ Taulukko 3. Metaboliseen alkaloosiin liittyvät verikaasuanalyysin löydökset

Laboratorio tutkimukset	Viitearvot	Metabolinen alkaloosi	Osittain kompensoitunut	Täysin kompensoitunut
pH	7,35–7,45	>> 7,45	≥ 7,45	7,35–7,45
aB-PCO <sub>2</sub> kPa	4,5–6	viitearvoissa	> 6	>> 6
aB-PO <sub>2</sub> kPa	> 11	<11	< 11*]	< 11*]
aB-StHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/l	22–26	>> 26	>> 26	>> 26
aB-BE mmol/l	+/- 2,3	>> +2,3	>> +2,3	>> +2,3

#### Happo-emästasapainon häiriö

#### Kompensoiva muutos

#### Happo-emästasapainon osittainen kompensatio

#### Happo-emästasapainon täydellinen kompensatio

≥ = Viitearvojen ylärajoilla tai suurempi, >> ja > Suurempi kuin viitearvot

≤ = Viitearvojen alarajoilla tai pienempi, << ja < Pienempi kuin viitearvot

\*] = Happiosapaine nousee, jos potilas saa lisähappea

## Metabolinen asidoosi

Metabolisen asidoosin syynä on happojen kertyminen tai emästen menettäminen. Bikarbonaatti puskuroi ylimääräistä vetyä sitomalla sitä itseensä, jolloin muodostuu hiilihappoa. Keuhkoverenkiertossa hiilihappo hajoaa vedeksi ja hiilidioksidiksi. Tästä johtuva hiilidioksidipitoisuuden nousu stimuloi hengityskeskusta ja lisää hengitystaajuutta, jolloin hiilidioksidia poistuu verenkierrosta ja pH:n lasku hidastuu. Vetyionien kertymisen

seurauksena puskurijärjestelmä kuitenkin ylikuormittuu ja bikarbonaattivarastot alkavat pienenetä.

Metabolinen asidoosi voi olla joko hyperkloreminen tai normokloreminen. Tämän selvittäminen auttaa paljastamaan mistä asidoosi johtuu. Hyperkloremia voidaan tunnistaa määrittämällä verenkierron anioinivaje. Anioinivaje tarkoittaa plasman yleisimpien kationien (natrium ja kalium) ja kahden yleisimmän anionin (kloridi ja bikarbonaatti) pitoisuuksien erotusta. Normaali

anioinivaje on 8–16 mmol/l. Jos tulos on yli 20 mmol/l, bikarbonaattipitoisuus verenkiertossa on hyvin pieni ja kyseessä on vaikea asidoosi. Jos potilaan pH- ja bikarbonaattiarvot ovat matalat ja anioinivaje on siitä huolimatta normaali, on kyse hyperkloremiasta; hyperkloremia kompensoi tällöin bikarbonaattivajasta. Hyperkloremista metabolisista asidoosista asidoosia voivat aiheuttaa muun muassa ripulointi (bikarbonaatin menetys), munuaisten vajaatoiminta (bikarbonaatin takaisinoton häiriö), runsas NaCl-infuusio tai



runsaasti kloridia sisältävät aineet tai nesteet. Normokloreemisen metanolisen asidoosin syinä voi olla muun muassa diabeettinen ketoasidoosi, laktaattiasidoosi, salisylaatti-, metanoli- tai etyleeniemyrkytys.

### Laboratoriolöydökset

Metabolisessa asidoosissa pH on matala ja  $\text{StHCO}_3^-$  -arvo pienenee, sen yrittäessä sitoa ylimääräisiä vetyioneja ja BE on negatiivinen merkinä emäsvajauksesta (Taulukko 4). Respiratorisen kompensoatioyrityksen jälkeen  $\text{PaCO}_2$  on pienentynyt. Lisäksi potilaalle voi kehittyä hyperkalemiaa vedyn syrjäyttäessä kaliumia solun sisältä soluvälitilaan ja verenkiertoon.

### Kliiniset löydökset

Elimistön vetyionikonsentraation suureneminen ja siitä seuraava asidoosi aiheuttavat nopeasti häiriöitä valkuaisaineiden rakenteissa, jolloin mm. erilaisten entsyymien toiminta ja sen seurauksena koko elimistön toiminta voi häiriintyä. Metabolinen asidoosi on varhainen merkki uhkaavasta vakavasta vaaratilanteesta. Metabolinen asidoosi voi alkuvaiheessa olla täysin oireeton. Asidoosin kliiniset löydökset ilmenevät yleensä vasta kun pH on laskenut tasolle 7,2 tai sen alle. Jos pH on alle 7,0, asidoosi on henkeä uhkaava, koska monet elimistön säätelymekanismit ja osa käytetyistä lääkkeistä (mm. vasopressorit, insuliini) voivat menettää tehonsa.

Metaboliseen asidoosiin liittyviä kliinisiä löydöksiä ovat: 1) Hengityselinten häiriöt (hyperventilaatio, hengityselinten heikkous ja hengityslama); 2) Verenkiertohäiriöt (sydämen minuuttivirtauksen lasku, sydämen johtumis- ja rytmihäiriöt, valtimoiden laajeneminen sekä keuhkovaltimoiden supistuminen ja keuhkovaltimopaineen nousu); 3) Hapenkuljetuksen heikkeneminen (hemoglobiinin hapensitomiskyvyn aleneminen); 4) Hermoston häiriöt (sekavuus ja tajunnantason lasku, ihotunnon alenema); 5) Aineenvaihdunnan kiihtyminen (proteiinihukka, luuston haurastuminen, katekoliamiini-, PTH- ja aldosteronistimulaatio) ja 6) Maha-suolikanavan oireet (pahoinvointi ja vatsakivut)

### ▼ Taulukko 4. Metaboliseen asidoosiin liittyvät verikaasuanalyysin löydökset

Laboratorio tutkimukset	Viitearvot	Metabolinen asidoosi	Osittain kompensoitunut	Täysin kompensoitunut
pH	7,35–7,45	<< 7,35	≤ 7,35	> 7,35
aB-PCO <sub>2</sub> kPa	4,5–6	viitearvoissa	< 4	<< 4,5
aB-PO <sub>2</sub> kPa	> 11	viitearvoissa	viitearvoissa	viitearvoissa
aB-StHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/l	22–26	<< 22	<< 22	<< 22
aB-BE mmol/l	+/- 2,3	<< -2,3	<< -2,3	<< -2,3

Happo-emästasapainon häiriö

Kompensoiva muutos

Happo-emästasapainon osittainen kompensoatio

Happo-emästasapainon täydellinen kompensoatio

≥ = Viitearvojen ylärajoilla tai suurempi, >> ja > Suurempi kuin viitearvot  
 ≤ = Viitearvojen alarajoilla tai pienempi, << ja < Pienempi kuin viitearvot

#### Lähteet:

- Arola O.J. (2016) Anionivaje ja metabolisen asidoosin patofysiologia. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom [toim.] Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 47–48.
- Arola O.J. (2016) Keskeiset periaatteet metabolisessa asidoosissa. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom [toim.] Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 46.
- Arola O.J. (2016) Metabolisen asidoosin merkitys. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom [toim.] Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 46–47.
- Arola O.J. Laktaattiasidoosin patofysiologia ja aiheuttajat. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom [toim.] Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 53–54.
- Bjälle, J.G, Haug E, Sand O, Sjaastad O.V. ja Toverud K.C (2005) Happo-emästasapaino teoksessa Ihminen – Fysiologia ja anatomia. Suom. Meditran Oy. WSOY. 398–403.
- Inkinen O ja Arola O.J. (2017) Happo-emästasapainon häiriöt. Teoksessa Karlsson Sari, Ala-Kokko Tero, Pettilä Ville, Tallgren Minna ja Valtonen Mika [toim.] Tehohoito-opas. Duodecim. 288–292.
- Inkinen O. (2016) Keskeiset periaatteet metabolisessa alkaloosissa. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom [toim.] Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 58.
- Inkinen O. (2016) Metabolisen alkaloosin patofysiologia ja diagnostiikka. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom [toim.] Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 58–60.



# Verikaasuanalyysin tulosten analysointia

**TESTAA TIETOSII!**

Mistä happo-emästasyyppöön häiriöistä on kyse seuraavien a-astrup-arvojen perusteella?

Laboratorio tutkimukset	Viitearvot	1. a-astrup	2. a-astrup	3. a-astrup	4. a-astrup	5. a-astrup	6. a-astrup	7. a-astrup	8. a-astrup
pH	7,35-7,45	7,38	7,3	7,1	7,58	7,2	7,6	7,43	7,3
PCO <sub>2</sub> kPa	4,5-6	6,3	2,7	10,6	6,2	8,5	2,5	3,3	7
PO <sub>2</sub> kPa	yli 11	9,8	13	8	11,5	8	14	13	8,8
StHCO <sub>3</sub> - mmol/l	22-26	28	13	17	40	24	22	30	29
BE mmol/l	+/- 2,3	+4	-15	-9	16	-1	-2	+8	+5

**Ruksaa rasti** sen happo-emästasyyppöhäiriön kohdalle, josta kussakin ylläolevassa a-astrup-tuloksessa on kyse.

Happo-emästasyyppöön häiriö	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Respiratorinen alkaloosi								
Osittain kompensoitunut respiratorinen alkaloosi								
Täysin kompensoitunut respiratorinen alkaloosi								
Respiratorinen asidoosi								
Osittain kompensoitunut respiratorinen asidoosi								
Täysin kompensoitunut respiratorinen asidoosi								
Metabolinen alkaloosi								
Osittain kompensoitunut metabolinen alkaloosi								
Täysin kompensoitunut metabolinen alkaloosi								
Metabolinen asidoosi								
Osittain kompensoitunut metabolinen asidoosi								
Täysin kompensoitunut metabolinen asidoosi								
Respiratorinen ja metabolinen asidoosi								

**Oikeat vastaukset sivulla 45**

Pirilä P. (2016) Keskeiset periaatteet respiratorisessa alkaloosissa. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom (toim.) Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 66-67.

Pirilä P. (2016) Keskeiset periaatteet respiratorisessa asidoosissa. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom (toim.) Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 61-62.

Pirilä P. (2016) Respiratorinen alkaloosi. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom (toim.) Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 67-69.

Pirilä P. (2016) Respiratorisen asidoosin patofysiologia. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom (toim.) Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 62-64.

Rautava-Nurmi H, Sjövall S, Vaala E, Vuorisalo S ja Westergård A. (2010) Happo- ja emästasyyppöön häiriöt teoksessa Neste- ja ravitsemushoito. WSOYpro Oy. 60-64.

Reinikainen M. (2016) Happo-emästasyyppöön ja elimistön puskurijärjestelmät. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom (toim.) Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 40-42.

Reinikainen M. (2016) Happo-emästasyyppöön respiratorinen säätely. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom (toim.) Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 42-43.

Reinikainen M. (2016) Happo-emästasyyppöön säätely munuaisissa. Teoksessa Alahuhta Seppo, Ala-Kokko Tero, Kiviluoma Kai, Ruokonen Esko ja Silfvast Tom (toim.) Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. Duodecim. 43-45.



Artikkelissa taulukoiden 1 ja 3 kompensoivan muutoksen värikoodit ovat virheelliset. Korjattu alla oleviin taulukoihin.

Taulukko 1. Respiratoriseen alkaloosiin liittyvät verikaasuanalyysin löydökset

Laboratorio- tutkimukset	Viitearvot	Respiratorinen alkaloosi	Osittain kompensoitunut	Täysin kompensoitunut
pH	7,35-7,45	>> 7,45	≥ 7,45	7,35-7,45
aB-PCO <sub>2</sub> kPa	4,5-6	<< 4,5	<< 4,5	<< 4,5
aB-PO <sub>2</sub> kPa	> 11	viitearvoissa	viitearvoissa	viitearvoissa
aB-StHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/l	22-26	viitearvoissa	< 22	<< 22
aB-BE mmol/l	+/- 2,3	viitearvoissa	< -2,3	<< -2,3

- = Happo-emästasyapainon häiriö
- = Kompensoiva muutos
- = Happo-emästasyapainon osittainen kompensatio
- = Happo-emästasyapainon täydellinen kompensatio

≥ = Viitearvojen ylärajoilla tai suurempi, >> ja > Suurempi kuin viitearvot  
 ≤ = Viitearvojen alarajoilla tai pienempi, << ja < Pienempi kuin viitearvot

Taulukko 3. Metaboliseen alkaloosiin liittyvät verikaasuanalyysin löydökset

Laboratorio- tutkimukset	Viitearvot	Metabolinen alkaloosi	Osittain kompensoitunut	Täysin kompensoitunut
pH	7,35-7,45	>> 7,45	≥ 7,45	7,35-7,45
aB-PCO <sub>2</sub> kPa	4,5-6	viitearvoissa	> 6	>> 6
aB-PO <sub>2</sub> kPa	> 11	< 11	< 11 *)	< 11 *)
aB-StHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/l	22-26	>> 26	>> 26	>> 26
aB-BE mmol/l	+/- 2,3	>> +2,3	>> +2,3	>> +2,3

- = Happo-emästasyapainon häiriö
- = Kompensoiva muutos
- = Happo-emästasyapainon osittainen kompensatio
- = Happo-emästasyapainon täydellinen kompensatio

≥ = Viitearvojen ylärajoilla tai suurempi, >> ja > Suurempi kuin viitearvot  
 ≤ = Viitearvojen alarajoilla tai pienempi, << ja < Pienempi kuin viitearvot  
 \*) = Happiosapaine nousee, jos potilas saa lisähappea



\*) Artikkelissa PCO<sub>2</sub> kPa -arvo on a-asturp -arvoissa 7, virheellisesti alkaloottinen 3,3, kun tulisi olla asidoottinen. Korjattu alla olevaan taulukkoon.

### Mistä happo-emästasapainon häiriöstä on kyse seuraavien a-asturp-arvojen perusteella?

Laboratorio- tutkimukset	Viite- arvot	1) a- asturp	2) a- asturp	3) a- asturp	4) a- asturp	5) a- asturp	6) a- asturp	7) a- asturp	8) a- asturp
pH	7,35- 7,45	7,38	7,3	7,1	7,58	7,2	7,6	7,43	7,3
PCO <sub>2</sub> kPa	4,5-6	6,3	2,7	10,6	6,2	8,5	2,5	6,4*)	7
PO <sub>2</sub> kPa	yli 11	9,8	13	8	11,5	8	14	13	8,8
StHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/l	22-26	28	13	17	40	24	22	30	29
BE mmol/l	+/- 2,3	+4	-15	-9	16	-1	-2	+8	+5

#### Oikeat vastaukset sivun 23 testiin:

- 1) Täysin kompensoitunut respiratorinen asidoosi; pH viitearvoissa, mutta lähempänä sen alarajaa, joka on enemmän asidoottinen kuin alkaloottinen, hiilidioksidiasapaine on korkea, joka viittaa asidoottisuuteen, jota kohonnut bikarbonaatti kompensoi.
- 2) Osittain kompensoitunut metabolinen asidoosi; pH asidoottinen ja hiilidioksidiasapaine matala, joten ei voi olla kyseessä respiratorinen asidoosi. Sen sijaan bikarbonaattiarvo on matala ja emäsvaje voimakkaasti miinuksella viitaten metaboliseen asidoosiin, jota hengitys kompensoi.
- 3) Respiratorinen ja metabolinen asidoosi; pH matala ja hiilidioksidiasapaine korkea viitaten respiratoriseen asidoosiin. Samalla myös metaboliseen asidoosiin viittaavat matala bikarbonaatti-arvo ja voimakkaasti negatiivinen emäsvaje.
- 4) Osittain kompensoitunut metabolinen alkaloosi;
- 5) Respiratorinen asidoosi;
- 6) Respiratorinen alkaloosi;
- 7) Täysin kompensoitunut metabolinen alkaloosi;
- 8) Osittain kompensoitunut respiratorinen asidoosi;