

(Tartu Ülikooli Füsioloogia-instituudist.)

Süsihape-ravi füsioloogilisi aluseid.

Ilo Sibul.

Süsihape-ravi kasutatakse üldiselt väga mitmesuguste hingamis- ja vereringe- ja veel teistegi häirete puhul. Tema tarvitamine on levinud eriti Ameerikas, vähem Inglis-, Saksa- ja Prantsusmaal. Meil on süsihape-ravi vaevalt kasutatud ning võib-olla on selle füsioloogilised alusedki vähe tuttavad.

Süsihape-ravi seisab süsihappe ehk süsinikdioksüüdi viimises organismi ning tema kudedesse. Kõige otstarbekamalt toimetatakse seda süsihappe lisandamisega sissehingatavale õhule või hapnikule (5—10 ja isegi kuni 30%). Nahaalust kui ka intraperitoneaalset annustamist, mida ka on proovitud, ei soovitata (R o s e n r a u c h). Süsihapekümbused, kus süsinikdioksüüd satub organismi nii sissehingamise kui ka perkuutaanse penetratsiooni kaudu (vt. B a r t e l s), on osalt samuti süsihape-ravi, kuid nende tervistav toime sõltub veel ka teistest kümbuse kaasmõjudest. Kitsamalt võttes mõistame me süsihape-ravi andmise all tavalisti toimetatavaid süsinikdioksüüdi ehk süsihappe sissehingamisi. Laiemalt kuuluvad selle ravi alla ka kõik teised menetlused, kus ravi otstarbel süsihapet viiakse organismi ükskõik kuidas.

Süsinikdioksüüdi sissehingamisi toimetatakse väga mitmel viisil, mida kirjeldavad D a u t r e b a n d e, M a g n e jt. Kõige lihtsamalt süsinikdioksüüdi segu kas hariliku välisõhu või hapnikuga juhitakse kummikotist sondi kaudu ninaõõnde. Juhtudel, mil pole ette nähtud just täppis süsinikdioksüüdi sisaldus sissehingatavas õhus ja kus toimetatakse seda ainult lühiajaliselt, on see viis küllalt tarvitav. Täpsate ettenähtud süsihappesegude sissehingamisi toimetatakse eriliste ventiiltorbikute kaudu. Mugavamalt toimub see „t e l k i d e“ kaudu, milliseid tarvitatakse Ameerikas. Need kujutavad endist hai-

gevoodi peatsipoolle asetavat telgitaolist katet, mis haige vaate-suunas on varustatud läbipaistva ainega. Säärase telgi alla juhitakse süsinikdioksüüdi segu, mida haige siis sisse hingab täiesti vabalt. See viimane moodus arusaadavalt ei valmista haigeile vähimaidki ebamugavusi.

Huvi võiks pakkuda veel erilised kahepoolsete ventiilidega varustatud aparaadid, mis võimaldavad mõne teise isiku poolt väljahingatud süsihapperikka õhu kasutamist. Need oleksid tarvitavad eriti mõningais õnnetusjuhtumite, nagu lämbumise, uppumise jne. paigus, kus pole süsinikdioksüüdi ligiduses saada. Selle viimase ravimooduse kui ka süsihape-ravi kohta üldse peab ütleva, et see on ühe juba kaugemas minevikus tarvitust leidnud abiandmisviisi modifikatsioon. Nimelt anti kaevandusis mürgistuste korral abi seega, et mürgistatu asetati näoga maassekaevatud auku. Sellise toimingu mõju seisis kannatada saanu enese poolt väljahingatud ja sellesse auku kuhjunud süsihappe toimes (D a u t r e b a n d e). Nõnda ei osutu süsihape-ravi sugugi mingiks modernaja leiutiseks.

Võimalused süsihape-ravi kasutamiseks on väga laialdased ja järgnevas tabelis esitame nimestiku üksikuist juhtudest, mil seda ravi on soovitatud tarvitada. Grupeerimine tehti enamvähem D a u t r e b a n d e'i järele.

Grupp I. Terapeutiliselt:

A. Hingamishäired:

- a) Hingamislakkamine õnnetusjuhtumite jne. puhul (uppumine, elektrilöök, narkoos jne.).
- b) Hingamishäired mürgistuste tagajärjel (vingugaas-, alkohol-, metüülalkohol-, morfium- jt. mürgistused.)

B. Vereringe häired:

- a) Kollaps.
- b) Kohalikud perifeerse päritoluga häired.

Grupp II. Profülaktiliselt:

- a) Inhalatsioonarkoosi kiiremaks saavutamiseks ja kõrvaldamiseks.
- b) Postoperatiivse pneumoonia ärahoideks.
- c) Postoperatiivse oksenduse ärahoideks.
- d) Postoperatiivse trombi ärahoideks koos sümpatooliga.
- e) Rinnaangiini raviks.

Käesoleval tööl on ülesandeks peatuda süsihappe tervistava toime füsioloogiliste aluste juures ja ainult mõningate vihjetega selgitada ravi üksikjuhtudel. Et kõik probleemid

neis küsimusis ei ole veel lõplikult lahendatud, siis loomulikult võivad seisukohad süsihape-ravi suhtes mõneski osas veel muutuda. Näiteks süsihappe laiemaulatuslik tähtsus organismile on alles puudulikult selgitatud. Seevastu aga süsihappe toime hingamisse ja vereringesse on tuntud juba võrdlemisi üksikasjuni.

*

* * *

Organismis tekib pidevalt süsinikdioksüüdi oksüdatsioonitoimuste lõppühendina ja ta kõrvaldub alatiselt hingamisega. Kõigis kudedes leidub teda seekõrval võrdlemisi kõrgel määral, näit. veres umbes 50 vol. %. See kudedes varuv süsihappehulk on tavaliselt väga konstantne, mis sõltub hingamistsentrumi peenest tundlikkusest tema pinge suhtes. Süsihappesisalduse tõusuga üle normaalse taseme hingamine suureneb ja langusel nõrgeneb. Happe kuhjumine põhjustab reaktsiooni nihkumist happeses suunas, mis ergutab hingamistsentrumit intensiivsemale tegevusele seniks, kuni hingamisega üleliigne süsihape on kõrvaldunud tsentrumist. Liialt süsihapperikas, happene veri põhjustab tugevasti süvenenud ja kiirenenud hingamist (düsnoiline seisund). Vältav vere liiga kõrge süsihappesisaldus võib lõppeks aga põhjustada ka tsentrumite halvatust, hingamise lakkamist, millele järgneb lämbumine ehk asfüksia. Langeb vere süsihappesisaldus alla normi, näit. tahteliselt suurendatud hingamise korral, siis reaktsioon veres kui ka tsentrumis nihkub alkaalses suunas ja hingamine jääb nõrgemaks või isegi seniks seisma, kuni reaktsioon nihkub tagasi jälle endisele normaalsele tasemele. See sugune olukord, kus hingamine seisab ärrituste puudumise tõttu hingamistsentrumile (*apnoë*), esineb näit. lootel emahis, kus platsentas arterialiseeritud vere süsihappesisaldus kunagi ei küüni hingamistsentrumi ärritava kontsentratsioonini. Me võime seega nentida, et vere või kudede eneste süsihappesisaldus on selleks hingamise suurust määravaks teguriks. Tõuseb organismis süsinikdioksüüdi produktsioon, siis muutub hingamine tugevamaks, langeb see, siis hingamine nõrgeneb. Sel viisil organism kohandab hingamise suurust temas

eneses toimuvaile oksüdatsiooniprotsessidele vastavaks just tekkiva süsinikdioksüüdi hulga järele.

Peale süsihappe ka mõningad teised tegurid mõjustavad hingamist, kuid üldiselt nende toime on väike. Mitmed ainevahetusühendid, nagu piimhape jt., samuti ka eriti alusese või happese toidu võtmine põhjustavad nihkumisi vere reaktsioonis ning mõjustavad seega hingamist. Peab aga märkima, et hoolimata sellisest happesusest, süsihappe kõrvaldamine ikkagi veel põhjustab hingamise nõrgenemist (R i s i). Võib arvata, et süsinikdioksüüdi hingamise suhtes on spetsiifiline tähtsus, kuna ta oma füüsikalise-keemiliselt omaduselt, tugeva difusioonivõime poolest tunduvalt erineb teisist happesist ühendeist (W e h r l i - H e g n e r ja W y s s). Ka tugev hapnikuvaegus ärritab hingamistsentrumit, millele järgneb ventilatsioonitõus. Muutub vaegus liialt tugevaks või esineb koos süsihappepinge langusega, siis hingamine lakkab koos hingamistsentrumi tegevuse kadumisega. Tavalise une puhul kui ka enamiku uimastusvahendite mõjul langeb hingamistsentrumi tundlikkus. Selle tulemuseks on nõrgenenud hingamine ning kudede kõrgem süsihappesisaldus. Suve- ehk soojapõlvnoed põhjustab aga hingamistsentrumi kõrgenenud tundlikkus, mis tingib siis suurenenud ventilatsiooni ning süsihappepinge langust kudedes.

Neile mõningaile kõrvalmõjustusile erilist tähtsust andmata nendime siin, et süsihape organismis on selleks normaalseks füsioloogiliseks ventilatsiooni suurust määravaks, hingamist stimuleerivaks teguriks. Selles mõttes ta väärib nime *hingamis-hormoon*, mida mõned autorid talle annavad. Sellele hingamist ergutavale tegevusele kandubki suurel määral tagasi süsinikdioksüüdi terapeutiline efekt mitmesuguste hingamishäirete korral.

Niivõrd kui hingamine ja vereringe teenivad koos üht funktsiooni, s. o. kudede varustamist hapnikuga, süsinikdioksüüdi kõrvaldamist kudedest jne., on nad teineteisest ka täiesti lahutamatud. Sama võib öelda ka süsihappe toime kohta kummassegi. Üldiselt on süsinikdioksüüdi regulatiivne mõju vereringe toimusisse väga oluline ning mitmekülgne. Viimase

asjaolu tõttu alles süsinikdioksüüdi toime üksikmomentide kausaalanalüütiline kaalutlus võimaldab nende liitmise üheks üldiseks vereringet aktiveerivaks ja mitmete organite vahelist verevarustust reguleerivaks teguriks.

Kõigepealt süsihappesisalduse tõusuga kudedes laienevad ja avanevad kohapealsed kapillaarid, arterioolid ja isegi suuremad verdtoovad arterid. Kui veel hiljuti niisuguse süsihappe poolt tekitatud hüperemiseeriva toime kohta esitati kahtlustusi (Rein, Bernthal), siis täiendavate uurimuste alusel oleks need lõplikult kõrvaldatud (Fleisch, Sibul ja Ponomarev). Nii on kahtlemata kindel, et süsihappe perifeerselt põhjustab kohalikku suurendatud verevarustust, mis vältab senikaua kuni üleliigne süsinikdioksüüd resp. ka teised ühendid kõrvalduvad, kuni saavutatakse endine kudede füüsikalise-keemiline tasakaal.

Süsihapperikas veri toimib veenidesse otse ümberpöörduvalt — toniseerivalt, kontraheerivalt. Niisugune toime avaldub arvatavasti nii perifeerselt veenidega kokkupuutumisel kui ka tsentraalselt venomootorite tsentrumi kaudu. Fleisch, Gollwitzer-Meier jt. näitasid oma katseiga, et organismiga veel täielikult ühendusesolevad, kuid üldisest vereringest eraldatud veenid juba üsna nõrkade söedioksüüdi kontsentratsioonide sissehingamisele (alates 2%) reageerisid toonuse tõusuga. Tema pinge langetamine veres tekitas aga vastupidist seisundit — veenidetonuse nõrgenemist. Seega veenide funktsionaalne seisund osutub suurel määral sõltuvaks vere süsihappesisaldusest ja seda nimelt venomootorite tsentrumi kaudu. Tegelikult ka sageli täheldatavad kollapsitaolised nähud kunstliku või tahtliku üleventilatsiooni puhul ongi tingitud esijoonest vere süsihappesisalduse kahanemisest, mis tingib erutuse langemist hingamis-vereringe-tsentrumeis. See viib nii veenide kui ka üldise vereringetoonuse lõdvenemisele.

Süsinikoksüüd põhjustab seega perifeerselt kohalike kude kapillaaride kui ka arterite laienemist, ning üldist veenide toniseerumist. Kirjeldatud toimused ühelt poolt suurendavad vere juurdevoolu kudedesse ja teiselt poolt südamesse.

Selle tulemuseks on üldiselt suurenev vereringe minutivolum. Selline kujutus süsihappe toimest on tänapäev kujunenud üldiselt tunnustatud seisukohaks.

Edasi peame siin veel mainima, et süsihape avaldab ka artereisse vasomootorite tsentrumi kaudu konstriktorset mõju, suurendades vereringe arteritepoolset takistust ning põhjustades arteriaalse vererõhu tõusu. Säärase süsihappe perifeerse ja tsentraalse näiliselt vastamisi asetatud toimete siht või otstarve on arusaadav, kui me neid mõlemaid vaatleme ühise funktsiooni — koostöö seisukohalt. Nimelt töötavais kudedes kuhjuva süsihappe mõjul arterid ja kapillaarid laienevad süsihappe kohapealse, perifeerse toime tagajärjel. Süsinikdioksüüdi kandumisega üldisse ringivasse verre pääseb mõjule ka tema tsentraalne, artereid toniseeriv toime. Neis töötavais kudedes või organeis, mis tulevad arvesse peamiste süsinikdioksüüdi tekkepaikadena, süsihappe tsentraalne, artereid toniseeriv toime ei pääse maksvusele tema perifeerse toime vastumõjul. Neis paigus avaldub ikkagi veresoonte laienemine ning verejuurdevoolu suurenemine. Mujal ümbruses arterid aga ahenduvad ning verevarustus neisse osadesse nõrgeneb. Viimane asjaolu aitab veelgi kaasa töötavate kudede suuremale varustamisele verega ja seda just mitte- või vähemtöötavate arvel. Selline kahepoolne, vastaspidi suunatud toimete vahelduv mõjulepääs aitab kaasa vereringe korraldumisele ökonoomilisel alusel.

Et süsinikdioksüüd evib seega vereringet intensiivsemale tegevusele ergutavaid omadusi ja et ta organismis osutub pealegi füsioloogiliselt tähtsaks reguleerivaks teguriks, siis mõnedki autorid peavad teda *v e r e r i n g e - h o r m o o n i k s*. Peab aga tähendama, et süsihappe minutivolumi tõstva tegurina ei oma sellist ainukohta, nagu me seda temale võisime omistada hingamise puhul. Vereringe suhtes näib tal olevat enam laiemaulatuslik tähendus selles mõttes, et tema teatav hulk varutuna organismis on ka vajalik selleks, et hoida vereringet jõudlusvõimelisena. Nii juba üsna lühiajaline süsihappekontsentratsiooni tõstmine organismis kutsub halvatud vasomootorid tegevusele ja säilitab vereringe funktsiooni-

võime pikemaks ajaks. Ka muiks reflektorseiks talitlusiks, vereringe kosutustoimusiks jne. on vajalik vähemalt tavaline süsinikdioksüüdi pinge veres (McDowall). Küsimus, kuivõrd süsihape ise seejuures on tegevusele ergutajaks või kuivõrd osutub ta ehk ainult vajalikuks organismi erutusvõimete tekkimisele, on aga veel vaieldav.

Ka mitmes teises suunas on tehtud täheldusi, mis osutavad organismis varutava süsihappe vajalikkusele mõningate funktsioonide suhtes. Nii kirjeldab Frankén süsihappe mõju soolte liikumisele ja peab seda tema füsioloogiliseks toimeks. Brown ja Wineberg näitavad, et süsinikdioksüüdi pinge kahanemisega veres nõrgeneb mao sekretoorne tegevus. Kõrgem süsihappe kontsentratsioon veres soodustab hapniku ülekannet verest kudedesse, kuna tema madal pinge seda jällegi häirib (Bohr ja Barcroft). Kudede ainevahetuse süsinikdioksüüd avaldab oma mõju, muutes koerakkude aktiivsust nii kvantitatiivselt kui kvalitatiivselt, ütleb Mayer. Samuti Rein, tuntud saksa füsioloog, juhib tähelepanu sellise süsihappe regulatiivsele mõjustusele kudede ainevahetuses, rõhutades eriti tema tähtsust kui üksikute organite ja kudede vahelise ainevahetuse suurust normeerivat tegurit. Neis viimati mainitud küsimusis on meie teadumused aga kahjuks veel puudulikud ja seetõttu tuleb leppida ainult sellise sõltuvuste loeteluga, kusjuures meie viimaste tähendust võime vast aimata, kuid veel mitte täpsalt defineerida.

*

Eelpool juba mainisin, et tavaline kudede süsihappesisaldus on võrdlemisi kõrge ja et tema pinge nii hingamis- kui vereringe-tegevuse peene tundlikkuse tõttu tema suhtes püsib organismis pidevalt ühel kõrgusel. Organismis leiduvast süsinikdioksüüdist esineb vabana happe kujul vast ainult $\frac{1}{20}$ tema koguhulgast, ülejäänud osa aga peamiselt bikarbonaati-dena. Näib, et CO_2 ülal mainitud mitmete bioloogiliste toimete puhul osutub tähtsaks süsihappe koguhulgas (Heymans jt.). Süsihape kui nõrk hape koos oma sooladega moodustab puhversüsteemi, mis etendab eriliselt tähtsat osa vere

reaktsioonitasakaalu säilitamisel. Näiteks, kui tekib organis-
mis rohkesti teisi happelisi ühendeid, siis seovad need enes-
tega suurel määral karbonaatides leiduvat leelist. Seejuures
vabanev ja ülekaalu jääv vaba süsihape puistatakse organismist
kopsude kaudu. Või ümberpöörduvalt, kui satuvad ülekaalu lee-
lisesed ühendid, siis võib organism hingamise nõrgendamise-
ga piirata süsihappe väljastamist, mis siis omakorda teistpidi
aitab säilitada reaktsioonitasakaalu. Tõsi, organism kasutab
veel teisegi päritoluga leelisi, nagu fosfaatide, valkude, keedu-
soola omi, reaktsiooni säilitamisel organismis, kuid kõigi
nende puhversüsteemide keskel CO_2 'e puhversüsteem evib eri-
list tähtsust. Seda esiteks seetõttu, et ta kudedes on väga
kergesti difundeeruv ja tema pinge suure kergusega nivilleer-
ub, teiseks et ta on lenduv ja seetõttu tema kõrvaldumine
organismist võib toimuda üsna silmapilkselt.

Üldiselt tuntakse seda leeliste hulka, määra, mida organism
kasutab või mida ta võib kasutada CO_2 sidumiseks alkalire-
servi ehk leelistagavara nimetuse all. Viimase kohta antud
arvud näitavad seda leelise hulka, mida organism näiteks
mingi happesuse puhul võib kasutada reaktsiooni säilitami-
seks. Praktilises tegevuses kasutatakse vere leelistaga-
varade määramist ja sellel on arstiteaduses või üldse bioloogil-
liselt äärmiselt suur tähendus, kuna ta osutab teataval määral
organismi jõudlusvõimele, näidates vere reaktsioonitasakaalu
säilitamisvõimet. Seejuures on huvitavaks tähelduseks, et
üldiselt nii loomades kui ka taimedes verealkali- ehk leelist-
tagavarade suurus on teatavas sõltuvuses organismis oleva või
neis varutava süsihappega. Nii täheldatakse alkalitagavarade
tõusu juhul, kui organism viibib süsihapperikkamas ümbruses,
mis põhjustab süsinikdioksüüdi kontsentratsiooni tõusu orga-
nismis (Van Slyke, Cordier, Magnet ja Mayer, Henderson jt.). Eriti Henderson vihjab süsinik-
dioksüüdi olulisele ülesandele selles mõttes kui ta ütleb: „Ke-
has ringivate vedelikkude alkalisalduse määra regulatsioon
lahuses oleva süsinikdioksüüdi rõhu ning hulga varal näib ole-
vat üks põhjanevaist bioloogilisist toimusist kõigis elavais
olevusi“ jne.

Kudede varuvõime süsihappe suhtes on võrdlemisi kõrge ja seetõttu nad kunagi ei kannata selle mõõdukal kuhjumisel. Hea näitena võib siin mainida, et une puhul täiesti füsioloogilise nähuna esineb kõrgeenenud vere süsihappesisaldus ühes mitmete sellega kaasaskäivate muutusiga kudedes ja veres. Sellest selgub, et mõõdukas süsinikdioksüüdi kuhjumine organismi ei mõjusta viimast kuidagi häirivalt. Mõeldav on ainult, et süsihappepinge muutused teataval määral mõjustavad ja reguleerivad kudede ainevahetust, nagu seda tuleks arvata juba mainitud *Rein'i* ja *Mayer'i* väljenduste põhjal. Pideval ja tugevasti kõrgeenenud süsinikdioksüüdi-kontsentratsioonide sissehingamisel küll avaldab see organismile uimastavat ning selle järsul lõpetamisel võrdlemisi ohtlikku järelmõju (*Albitzky*).

Süsihappevaegus ise ei ole kudedele eriti ohtlik, kuid ta saab selleks kaudselt mitmete oluliste tsentrumite (hingamis- ja vereringe-) kui teiste reflektorsete talitluste tegevuse nõrgenemise või ka täieliku lakkamisega. Hingamise kui vereringetegevuse soikumisega kerkib esile hapnikuvaegus, mille toime kudedesse on ägedaloomuline ning häirib neid tugevasti. Et veres olevast hapnikust jätkub organismile vaevalt üheks minutiks, kaasa arvates veel ka kopsudes leiduvat hapnikutagavara aga kõige enam neljaks minutiks, siis hingamise lakkamisel häiriv hapnikuvaegus avaldub hoopis varem kui tekkiva süsinikdioksüüdi hulk üldse jõuaks tõusta halvava kontsentratsioonini. Lähtudes neilt kaalutusilt *Henderson* rõhutabki, et asfüksia ehk lämbumise põhjus seisvat hapnikuvaeguses, mis omakorda sõltub hingamist reguleerivaile tsentrumele avalduvast täielikust või ka ainult suhtelisest süsihappevaegusest. *Henderson* nimetab siis ka vastavalt sellist seisundit *akarbiaks*, mis tähendab süsihappevaegust.

Kõigest eelmainitust nähtub, et süsihape organismis kui kudede füüsikalisk-keemilist tasakaalu säilitav, kui ainevahetustoimusi mõjustav tegur nende korrapärasele tegevusele on suure tähtsusega. Sellest kõrgemal seisab mehhanism, kus süsihape kudede hapnikuga varustamisel kui tõeline hormoon kohandab hingamise, vereringe ja veel teistegi talitluste tege-

vust vastavaks kudede vajadusile. Hingamis- ja vereringesentrumite peenes tundlikkuses süsihappe suhtes avaldub õieti ainult teatav kindlustus selleks, et koed ikka ja alati varustuksid küllaldaselt hapnikuga. Et süsihappesisalduse tõus organismis tähendab üldiselt ergutust tegevusele, tema pinge langus aga normaalse tegevuse lõdvenemist, siis tohiks olla arusaadav, millist patogeneetilist tähendust omab mitte-küllaldane või kahanenud süsihappehulk. Ühtlasi need asjaolud annavad ka ettekujutuse sellest, millal ja miks süsihappet raviga võib saada tervistust.

*

Peale tutvumist süsinikdioksüüdi füsioloogilise toime ja tähendusega organismis pöörame tagasi tema tarvitamise juurde ravivahendina. Esimesse gruppi arvatud juhtumeil (vt. lk. 402) oli meil tegemist peamiselt halvatus- ja mürgistusnähtudega hingamis- kui ka vereringesentrumis. Arusaadav, et just neil kordadel võib ja peabki süsihappe-ravi andma häid tulemusi, kuna süsinikdioksüüd on neile tsentrumele ärrituks ja elustab seetõttu nende tegevust. Eeldades näiteks, et vere süsinikdioksüüdi sisaldus on madal või et hingamistsentrumi tundlikkus on nõrk või kadunud, siis ei ole enam organismis leiduv süsihappehulk selleks küllaldane, et hoida temast sõltuvaid hingamis- kui ka vereringefunktsioone vajalikul kõrgusel. Loomulikult on siis tarvilik süsinikdioksüüdi lisandamine sissehingatavale õhule, et elustada neid soikunud funktsioone. Seejuures tekkiv kõrgeenenud hingamine kui ka elavam vereringetegevus on mainitud juhtumeil asjale otse kasuks, kui mõelda lenduvate mürkainete, nagu vingugaasi, metüülalkoholi, alkoholi jne. kiiremale puistamisele organismis.

Lähemalt eraldi käsitleksime siin vingugaasi toksikoloogiat, kuna neid mürgistusjuhte esineb üsna sageli. Teame, et CO oma tugeva afiinsuse tõttu verevärtnikule seob end viimasega CO-hemoglobiiniks. Seega veri kaotab hapnikusidumise ja transportimise võime. Sellest tekib organismis tugev hapnikuvaegus, mis põhjustab alguses mõneks ajaks kopsude ven-

tilatsiooni suurenemist. Viimase vältel hemoglobiin võtab veel enam CO'd vastu ja teiselt poolt osa vere süsinikdioksüüdisaldusest puistatakse organismist. Langenud süsihappepinge tõttu hingamistsentrum lõppeks lakkab töötamast ning hingamine jääb seisma. Ei saada säärasel juhtumil aegsasti abi, siis järgneb surm lämbumise — hapnikuvaeguse — tagajärjel. Patogeneetiliselt on seega CO-mürgistuse puhul tegemist väljakujunenud süsinikdioksüüdi- ja hapnikuvaegusega. Esimene neist põhjustab välise hingamisfunktsiooni lakkamist, teine aga lämbumist. Et vere süsihappesisalduse tõus iseenesest on mõeldavasti võimalik alles siis, kui juba hea osa vere hemoglobiinist on vabanenud CO-st ja on võimalik kudede varustamine hapnikuga, siis on arusaadav, et kunstliku hingamise toimetamine sel puhul ilma süsinikdioksüüdi lisandamiseta viib vere süsihappepinge alguses allapoole, mis olukorda veelgi raskendab. Aga ka siis, kui oksüdatsioonitoimused on korras ning süsihapet tekib juba küllaldaselt, võib kujuneda kergesti säärane olukord, et meie kunstliku üleven-tilatsiooniga hoiame vere süsihappepinge liiga madala. See pärast lähtudes neilt kaalutlusilt on abistamisel kunstliku hingamise toimetamisel otse näidustatud CO₂ lisandamine sissehingatavale õhule või hapnikule (5—10%). Seega on meil võimalik hoiduda mainitud häirivaist kõrvalmõjudest ja mis veel tähtsam — meie võime seega kiiresti taas elustada hingamist ning suurendatud ventilatsiooniga soodustada CO kõrvaldumist organismist.

Süsihape-ravi praktilise kasutamise väärtusist mitmesuguste mürgistuste ja õnnetusjuhtumite puhul kõnelevad ameerika statistilised andmed (H e n d e r s o n). Seal olevat pääste-tegevuses kasutamisel enam kui 3500 inhalaatorit ning andmeid enam kui 50 000 juhu abistamistulemuste kohta, mis kõik selgelt õigustavat tema tarvitamist.

Ka mitmesuguste vereringehäirete puhul on soovitatud tarvitada süsihape-ravi. Iseäranis otstarbekohaseks on ta osutunud kollapsi puhul, eriti kui etioloogilise momendina esineb vasomootorite tegevuse nõrkus või halvatus (E p p i n g e r). Ka perifeerse vereringe kohalikud funktsionaalset laadi häired

on mõeldavasti mõjustatavad süsihaperaviga, kuid praktilised teadumused selles suunas on alles puudulikud.

Juhtudel teisest grupist püüti süsihappe andmisega ära hoida võimalikke oodatavaid häirenähte, mispärast on nimetatud ka profülaktiliseks kasutamiseks. Kõigepealt süsinikdioksüüdi lisandamisega inhalatsiooni-uimastuse puhul võib saavutada kiiresti ning ohuta küllaldast uimastuse sügavust, uimastamise lõpetamisel aga kiiret kahjuliku uimastusvahendi kõrvaldumist organismist. Teiseks väldime seega võimalikke hingamishäireid, nagu neid tavaliselt esineb uimastamise ajal kergesti erutuval inimesil. Viimased kalduvad liigselt suurendatud hingamisele, mille tulemuseks on akarbia taoline seisund. Tegelikult täieline või ka ainult suhteline akarbia ongi peamiseks põhjuseks uimastamise puhul tihti ettetulevaile hingamishäireile.

Süsihape-ravil on ka veel laiemas mõttes oma tähendus. Davies ja Gilchrist juhivad tähelepanu sellele, et postoperatiivse oksenduse ärahoideks süsihape olewat mõjuv vahend. Selline statistiliste andmete põhjal tehtud otsus on usutav, kuigi põhjendav seletus selle kohta alles puudub. Meie võiksime siin aga pidada isegi võimalikuks, et süsihape-ravi mõju postoperatiivseile seisundele on veelgi laiem, eriti kui mõelda kollapsiseisundite, üldise nõrkuse sagedusele selles olukorras. Näib, et sel korral süsihape-ravi tarvitatuna uimastamise ajal kui ka järelravis tohiks olla küllalt tähtis.

Postoperatiivse pneumoonia ärahoideks Henderson, Gitkin jt. soovivad süsihape-ravi. Asi seisvat selles, et sissehingatavate uimastusvahendite mõjul õhuteedes sekretsiooninähtused suurenevad ja samal ajal hingamisliigutused nõrgenevad. Seetõttu jääb osa sekreedist peatuma mõningasse tegevusetu kopsu osadesse, mis muutuvad seega heaks pinnaks põletikuliste protsesside arenemisele. Süsinikdioksüüdi andmisega meie takistame hingamise nõrgenemist ning seega ka põletikuliste pesade tekkimist kopsudes.

Mõnel pool kasutatakse süsihape-ravi koos sümpatooliga ka postoperatiivse trombi ärahoideks (König). Laialdasest materjalist võetud statistilised andmed kõnelevad headest tu-

lemusist. Sellise toime mehhanism oleks selgitatav mehaanilisel alusel. Süsihape vereringet ergutava tegurina väldib staasinähtude tekkimise võimalusi. Viimased aga on trombi tekkeloos üheks väga oluliseks eeltingimuseks. Vere hüübimisele enesele süsinikdioksüüd mõjub hõlbustavalt (Stuber), mispärast isegi ka veritsusnähtude kartuse puhul soovitatakse kasutada süsihape-ravi (Marx).

Henderson'i poolt soovitatud süsihappe sissehingamisi rinnaangiini puhul tuleb toimetada haigushoogude vahel, kunagi aga mitte nende vältel. Arvatakse, et süsinikdioksüüd südame häiritud ainevahetusprotsesside normaalseks muutmiseks osutub vajalikuks ja et ta oma perifeerse veresooni laiendava toimega soodustab südame varustamist verega. Peab aga nentima seejuures, et seni puuduvad andmed selle ravi praktilise tagajärjekuse kohta.

Loomulikult ei saa süsihape-ravi alati kasutada. Niisugune vastunäidustus on olemas esijoonel sel korral, kui hingamis- ja vereringetsentrumid iseenesest on juba tugevasti erutatud, nagu näit diabeetilise kooma, *asthma cordiale* jne. kordadel (Hartl).

Üldiselt veel seisukohta võttes tahaksin ainult rõhutada, et süsihape-ravi kasutamise võimalusi ühelt kui teiselt poolt on soovitatud veel laiemas ulatuses kui siin oli võimalik ette tuua. Tagajärjekaks osutub ta loomulikult ikka ainult neil juhtudel, mil tal on oma tõeline alus olemas. Nii peamiselt hingamise ja vereringetegevuse regulatsioonis ja siis ka mõningate teiste üldisemate häirete puhul. Mainimata ei saa jätta ka asjaolu, et tihti toimetatavaid hapniku sissehingamisi oma toimelt ei saa pidada võrdseks süsihape-raviga. Kuna teame, et hapnik organismis ei reguleeri hingamist ega ka sellega seoses olevaid talitlusi, siis võivad hapnikuhingamised loomulikult olla tagajärjekad ainult siis, kui organism kannatab otseselt hapnikuvaeguse all. Teinekord aga, kui häired on sügavamad — sisemised, siis ainult süsinikdioksüüdi lisanamisega sissehingatavale hapnikule või õhule kui tähtsa hingamisfunktsiooni reguleeriva tegurina võib nende kõrvaldamiseks aidata tõhusalt kaasa.

Süsihappe inhalatsioonikorralduste kohta oleks veel lühidalt lisada, et ei ole soovitatav kasutada üle 10% ulatuvaid kontsentratsioone ja et sissehingamisi tuleks toimetada aegajalt 5, 10 või kuni 15 minuti vältel (Brandis ja Killian). Pikaajaline kui ka tugevate süsinikdioksüüdi kontsentratsioonide kasutamine võib tunduvalt kahandada süsihappe ergutavat mõju või see muutuvat isegi halvavaks. Seepärast ettevaatuse mõttes tuleks ainult mõningail erandjuhtudel toimetada üle 10% ulatuvate süsinikdioksüüdi segude lühiajalisi sissehingamisi, et saavutada kiiresti mõju.

K o k k u v õ t e. Meil vähetuntud süsihappe-raviga tutvumiseks esitasin rea tänapäeva teadumusi süsihappe füsioloogiliste toimete ja ülesannete kohta. Neist selgus, et süsinikdioksüüd organismis on kahtlemata üheks tähtsaks hingamist ja vereringet elavamale tegevusele ergutavaks teguriks, et tema teatav hulk varutuna organismis on vajalik hulgaliste eluliste talitluste, nagu vereringe kosutustoimuste, üldse ainevahetuse ja paljude muude reflektorsete toimuste korrapäraseks tegevuseks. Laiemas mõttes on organismis varutaval süsihappel koos oma sooladega tähtis ülesanne kudede füüsikalis-keemilist tasakaalu säilitava tegurina. Et süsihappevaegus põhjustab organismis häireid, normaalne või kõrgeenenud hulk mitmete funktsioonide ergutamise organismi heaolu, siis on süsihappe-ravil oma tugevad loomulikud alused ja põhjendused. Kõige enam aga õigustavad süsihappe-ravi kasutamist temaga tegelikult saadud tulemused.

Kirjandus.

1. Rosenrauch: Progrès méd. 1934, 289. — 2. Bartels, I.: Eesti Arst 12, 291, (1933). — 3. Dautrebande, L.: Bruxelles-Médical 51, 1, (1933). — 4. Dautrebande, L.: Biologie méd. 21, 322, (1931). — 5. Magne, H.: Presse méd. 1934 1938. — 6. Risi, A.: Z. Biol. 96, 615, (1935). — 7. Wehrli-Hegner ja O. Wyss: Biochem. Z. 266, 46, (1933). — 8. Rein, H.: Klin. Wschr. 1930, 1485. — 9. Bernthal, Th.: Amer. J. Physiol. 95, 446, (1930). — 10. Fleisch, A., I. Sibul ja V. Ponomarev: Pflügers Arch. 230, 814, (1932). — 11. Fleisch, A.: Archives intern. de Physiol. 40, 385, (1935). —

12. Fleisch, A.: Pflügers Arch. 225, 26, (1930). — 13. Gollwitzer-Meier, K.: Pflügers Arch. 222, 104, (1929). — 14. McDowall, R.: J. of Physiol. 69, Proc. 9, (1930). — 15. Franken, H.: Schmerz usw. 7, 26, (1934). — 16. Browne, J. ja A. M. Vineberg: J. of Physiol. 75, 345, (1932). — 17. Bohr ja Barcroft: tsit. D. Van Slyke'i järele. — 18. Mayer, H.: Ann. de Physiol. 11, 231, (1935). — 19. Heymans, C., J. Bouckaert ja L. Dautrebande: Arch. internat. Pharmacodynamie 39, 400, (1930). — 20. Rein, H.: 14. Tagung d. Deutsch. Physiol. Gschft. in Giessen 1936. — 21. Van Slyke, D. ja J. Peters: Quant. clin. Chemistry 1935, 950. — 22. Cordier, D., H. Magnet ja A. Mayer: Ann. de Physiol. 6, 634, (1930). — 23. Henderson, Y.: J. Amer. Med. Ass. 101, 261, (1933). — 24. Henderson, Y.: J. Amer. Med. Ass. 95, 572, (1930). — 25. Gitkin, M.: Ж. соврем. хирург 5, 430, (1930). — 26. Davies ja Gilchrist: tsit. Dautrebande'i (3) järele. — 27. König, W.: Dtsch. med. Wschr. 1935, 1229. — 28. Stuber, B.: Klin. Physiol. 3, 533, (1931). — 29. Marx, J.: Arch. klin. Chir. 178, 170, (1933). — 30. Hartl, K.: Klin. Wschr. 1933, 581. — 31. Brandis, H. ja H. Killian: Dtsch. Z. Chir. 233, 97, (1931). — 32. Albitzky, P.: Pflügers Arch. 145, 1, (1912).

Deutsches Referat.

ILO SIBUL: Die physiologischen Grundlagen der Kohlensäuretherapie. (Aus dem Physiologischen Institut der Universität Tartu)

Zu Beginn gibt Verfasser eine Übersicht über den Begriff der Kohlensäuretherapie, ihre Technik und ihre Anwendungsmöglichkeiten. Dann werden die physiologischen Erfahrungen über die anregende Wirkung der Kohlensäure auf die Atmung, den Blutkreislauf und noch auf manche andere Vorgänge im Organismus erörtert. Da im Organismus die Kohlensäure sich als ein wirksamer und wichtiger funktionsregulierender Faktor erweist, so ergibt sich daraus, dass die Kohlensäuretherapie eine natürliche und begründete Grundlage besitzt. Sein praktischer Wert wird hervorgehoben durch den Hinweis auf die günstigen Resultate verschiedener Autoren.