

# TRAUMAPERÄISEN HENGITYSVAJAUKSEN ENSIHOITO

Koulutusmateriaalia Keski-Suomen sairaanhoitopiirin  
ensihoidon hoitotason yksiköille

Joonas Kuusela  
Jori Tammela

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2013

Hoitotyön koulutusohjelma  
Terveys-, hyvinvointi- ja liikunta-ala





Tekijä(t) Kuusela, Joonas Tammela, Jori	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 16.12.2013
	Sivumäärä 69	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi TRAUMAPERÄISEN HENGITYSVAJAUKSEN ENSIHOITO Koulutusmateriaalia Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoidon hoitotason yksiköille		
Koulutusohjelma Hoitotyön koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Paalanen, Kaisu; Rautiainen, Heli		
Toimeksiantaja(t) Pulkkinen, Tero, Osastonhoitaja, Keski-Suomen sairaanhoitopiiri, ensihoito		
Tiivistelmä <p>Traumaperäinen hengitysvajaus on seurausta vammautumisesta. Vammapotilaat ovat monimuotoinen potilasryhmä joiden oireet, löydökset ja hoidon tarve vaihtelevat yksilöllisesti, vammautumiseen johtaneiden tapahtumien sekä niihin vaikuttaneiden osatekijöiden ominaisuuksien mukaan.</p> <p>Traumaperäisen hengitysvajauksen ensihoito on toimeksiantona toteutettu opinnäytetyö Keski-Suomen sairaanhoitopiirin (KSSHP) ensihoidon osaston käyttöön. Opinnäytetyöllä tuotettiin koulutusmateriaalia traumaperäisen hengitysvajauksen ensihoidosta hoitotasoisten ensihoitajien pienryhmäkoulutukseen. Koulutusmateriaalilla tullaan ylläpitämään ja edistämään hoitotason ensihoitajien ammattitaitoa, ja edistämään traumaperäisen hengitysvajauspotilaan hoidon sekä tutkimisen yhtenäistämistä ja laatua KSSHP:n ensihoidon vastuualueella. Opinnäytetyötä voidaan soveltaa myös KSSHP:n ulkopuolella.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin mekaanisen vammamekanismin aiheuttaman traumaperäisen hengitysvajauksen määritelmä, traumaperäiseen hengitysvajaukseen johtavat syyt ja patofysiologia sekä traumaperäisen hengitysvajauksen tutkiminen, tunnistaminen ja hoitaminen ensihoidossa. Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Koulutusmateriaali tuotettiin ensihoidon oppaiden, KSSHP:n nykyisten hoitokäytänteiden sekä monipuolisen traumaperäiseen hengitysvajaukseen liittyvän tutkimustiedon pohjalta. Tutkimustieto kerättiin Cinahl, PubMed ja Terveysportti tietokantoja sekä Google Scholar hakukonetta käyttäen.</p> <p>Vammapotilaiden monimuotoisuuden vuoksi traumaperäisen hengitysvajauksen hoidosta ei voida antaa yksiselitteisiä hoito-ohjeita. Ensihoidon päätehtävä on hoitotoimenpitein ostaa potilaalle aikaa ennen sairaalaan pääsyä. Hoitostrategia on aina tilannekohtainen ja perustuu potilaan kliinisen tilan tutkimiseen, oireisiin ja löydöksiin sekä ympäröiviin olosuhteisiin. Traumaperäisestä hengitysvajauksesta kärsivän potilaan laadukas hoito edellyttää ensihoidolta ammattitaitoa, kokemusta ja nopeaa päätöksentekoa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Trauma, traumaperäinen, hengitysvajaus, ensihoito, hoitotaso.		
Muut tiedot		



Author(s) Kuusela, Joonas Tammela, Jori	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 16.12.2013
	Pages 69	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title PRE-HOSPITAL MANAGEMENT OF TRAUMA-INDUCED RESPIRATORY DISTRESS Educational material for Central Finland Health Care District's paramedics		
Degree Programme Degree Programme in Nursing		
Tutor(s) Paalanen, Kaisu; Rautiainen, Heli		
Assigned by Pulkkinen Tero, Head Nurse, Central-Finland's Health Care District, Emergency Medical Services		
Abstract Trauma-induced respiratory distress (TIRD) is a consequence of a trauma. Trauma patients are a diverse group, whose symptoms and need of care vary individually according to the mechanism of the injury and the properties of the different factors affecting it.  Pre-hospital management of trauma-induced respiratory distress is a bachelor's thesis commissioned by Central Finland's Health Care District's (CFHCD) emergency medical services (EMS). The thesis was made in order to produce training material about the pre-hospital management of TIRD for the small-group training sessions of paramedics. The material aims to maintain and improve paramedics' skills and standardize the pre-hospital management and examination of patients with TIRD. The material produced by the thesis can also be used outside the CFHCD.  The focus of the thesis was on the definition of TIRD induced by injuries resulting from a mechanical force, the causes leading to it as well as its pathophysiology. Moreover, the examination, identification and management of TIRD in pre-hospital settings were described.  The thesis was carried out as a literature review. The resulting training material was based on CFHCD's current nursing protocols, emergency medicine guidebooks and diverse research material. Data bases, such as Cinahl, PubMed, Terveystieto and Google Scholar were used to collect the research material.  As a result of the diversity of patients suffering from traumatic injuries, definitive guidance for the pre-hospital management of TIRD cannot be given. The purpose of EMS is to buy time for the patients' before transporting them to hospital care. The strategy for pre-hospital care should always be individually decided and it should be based on the assessment of the patient's condition and prevailing circumstances. Professional skills, fast decision making and experience are necessities for a high-quality pre-hospital management of TIRD.		
Keywords Trauma, trauma-induced, Respiratory distress, Paramedic, Emergency medical service.		
Miscellaneous		

# Sisältö

<b>1. Johdanto</b> .....	3
<b>2. Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja lähtökohdat</b> .....	4
2.1 Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoito.....	5
2.2 Tiedonhaun lähtökohdat .....	7
<b>3. Hengityksen anatomia ja fysiologia</b> .....	7
3.1 Hengitystiet.....	8
3.1.1. Ylähengitystiet.....	8
3.1.2. Alahengitystiet .....	9
3.2 Rintaontelo, keuhkot ja hengityslihakset .....	11
3.3 Hengitys .....	13
3.3.1. Ventilaatio .....	13
3.3.2. Kaasujen kuljetus veressä .....	14
3.3.3. Hengityksen säätely.....	15
<b>4. Hengitysvajaus</b> .....	17
4.1 Hengitysvajauksen syyt.....	18
4.2 Hengitysvajauksen oireet .....	18
<b>5. Traumat</b> .....	21
5.1 Mekaanisen energian aiheuttama trauma.....	22
5.2 Traumojen jaottelu .....	22
<b>6. Traumaperäinen hengitysvajaus</b> .....	24
6.1 Kasvojen ja pään vammat.....	24
6.2 Kaulan ja kaularangan vammat .....	26
6.3 Rintakehän vammat.....	27
6.3.1. Rinnanseinämän ja keuhkokudoksen vammat .....	28
6.3.2. Keuhkokompressio .....	30
<b>7. Traumapotilaan tutkiminen</b> .....	33
7.1 Ensiarvio.....	33
7.2 Täydennetty tilannearvio .....	35
<b>8. Traumaperäisen hengitysvajauksen hoito</b> .....	36

8.1	Hengitystien hallinta.....	37
8.2	Keinoilmätiet .....	38
8.2.1.	Intubaatio .....	39
8.2.2.	Supraglottiset hengitystievälineet .....	41
8.2.3.	Kirurginen hengitystie .....	42
8.3	Ventilaatio .....	43
8.4	Happihoito .....	45
8.5	Muut toimenpiteet ja kuljetus.....	47
8.5.1.	Nestehoito .....	47
8.5.2.	Immobilisaatio ja kivun hoito .....	49
8.5.3.	Lämpötila .....	50
8.5.4.	Kuljettaminen .....	52
<b>9.</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>53</b>
9.1	Muutoksia hoitokäytänteissä .....	54
9.2	Opinnäytetyön luotettavuus ja käytettävyys .....	55
9.3	Jatkotutkimushaasteita .....	58
	<b>Lähteet .....</b>	<b>60</b>
	Kuvio 1. Ensihoidon yksiköt Keski-Suomen sairaanhoitopiirin toimialueella. ....	6
	Kuvio 2. Ylä- ja alahengitystiet. ....	11
	Kuvio 3. Yläleuan murtuma (a) ja alaleuan murtuma (b).....	26
	Kuvio 4. Varstarinta. ....	29
	Kuvio 5. Jänniteilmarinta.....	31
	Kuvio 6. Ilmarinta (vas.) ja avoin ilmarinta.....	32
	Taulukko 1. Hengitysvajauksen vaikeusasteen arviointi ja hoidontarve .....	20
	Taulukko 2. Peruselintoimintojen tarkistus .....	34

# 1. Johdanto

Pysyäkseen elossa ihminen tarvitsee jatkuvaa hengitystoimintaa. Hapen kuljettaminen soluille, ja hiilidioksidin poistaminen elimistöstä on elämän perusedellytys. (Tortora & Derrickson 2007, 847.) Hengitysvaikeuteen liittyvät tehtävät kuuluvat Suomessa kymmenen yleisimmän ensihoidon tehtävän joukkoon ja ne aiheuttavat vuositasolla toiseksi eniten kuolemia sairaalan ulkopuolella (Holmström & Alaspää 2013, 301). Suomessa tapahtuu vuosittain noin 1 000 000 tapaturmaa ja ne aiheuttavat yli 110 000 hoitajaksoa (Parkkari & Kannus 2010, 17 - 18). Vuonna 2011 tapaturmaisesti tai väkivallan seurauksena menehtyi 3 474 henkeä (Suomen Virallinen Tilasto 2012b). Tapaturmat ovat työikäisten miesten ja naisten kolmanneksi yleisin kuolinsyy (Suomen Virallinen Tilasto 2012a). Suurimmassa osassa tapaturmista vammat ovat seurausta mekaanisesta energiasta esimerkiksi kaatumisista, liikenneonnettomuuksista ja putoamisista (Parkkari & Kannus 2010, 17 - 20).

Erityisesti vakavissa tapaturmatilanteissa potilaan ensimmäinen terveydenhuollon kontakti on ensihoidon yksikkö. Vaikeasti vammautuneen potilaan kohtaaminen on vaativimpia ensihoitoon liittyviä tehtäviä. Vammapotilaat ovat potilasryhmänä monimuotoinen joukko, joiden hoidon tarve vaihtelee vammamekanismin, vaikuttaneiden voimien, yksilöllisten ominaisuuksien sekä ympäristön olosuhteiden mukaan. Ensihoidon tehtävä on hoitotoimenpiteillä estää lisävammautumista ja ostaa vakavasti vammautuneelle potilaalle aikaa, turvaamalla tämän peruselintoiminnot sairaalaan kuljetuksen ajaksi. Ensihoidolla on näin ollen merkittävä rooli osana vammautuneen potilaan hoitoketjua. (Peräjoki, Taskinen & Hiltunen 2013d, 512 - 513.)

Vakavasti vammautuneiden potilaiden kuolemat tapahtuvat pääsääntöisesti kolmessa eri vaiheessa: välittömästi tapaturman hetkellä, ensimmäisten minuuttien ja tuntien kuluessa tai useiden päivien ja viikkojen jälkeen. Ensihoidon tavoitteena on ehkäistä toisen vaiheen kuolemia. On arvioitu, että jopa puolet ensimmäisen vaiheen kuolemista ovat seurausta riittämättömästä happeutumisesta ja hengitysteiden hallinnan menettämisestä, syistä, jotka olisivat hoidettavissa ensihoidon perustekniikoilla. (Peräjoki ym. 2013d, 512.)

## 2. Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja lähtökohdat

Tämän opinnäytetyön toimeksianto on saatu Keski-Suomen sairaanhoitopiiriin (KSSHP) ensihoidon osastonhoitajalta. KSSHP on vuoden 2013 alusta ottanut vastuun alueensa ensihoitopalvelun järjestämisestä Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen mukaisesti (A340/2011; Pulkkinen 2013). Ammatillisen tutkintokoulutuksen lisäksi, ensihoidossa korostuu jatkuva tarve työ- ja toimintaympäristön täydennyskoulutukselle. Lääketieteen ja informaatiotekniikan jatkuva kehitys sekä asiakaslähtöisyys edellyttävät ensihoidotoiminnan kriittistä arviointia, kehittämistä ja henkilöstön jatkuvaa koulutusta. (Määttä 2013, 25, 29.) Toimialueen ensihoitajien koulutusta on vuoden 2013 alusta uudistettu siten, että aiemmin käytössä olleet näyttökokeet on korvattu erillisillä, perus- ja hoitotasolle kohdennetuilla pienryhmäkoulutuksilla. Vuoden 2014 aikana ryhmäkoulutusten teemoina ovat muun muassa traumat, liikenneonnettomuudet ja hengitystiehallinta. (Pulkkinen 2013.)

Ensihoidon osastolla on tarve saada käyttöönsä koulutusmateriaalia vuoden 2014 pienryhmäkoulutusten tarpeisiin (Pulkkinen 2013). Ensihoidon hoitomenetelmien tulee perustua näyttöön, mikä edellyttää ensihoitolääketieteellistä tutkimusta, oman työn arviointia ja toiminnan ohjeistusta (Määttä 2013, 29). Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa koulutusmateriaalia traumaperäisen hengitysvajauksen hoidosta hoitotasoisten ensihoidon yksiköiden koulutukseen. Tässä opinnäytetyössä ensihoidolla viitataan hoitotason ensihoidon yksikköön ja sen suorittamiin hoitotoimenpiteisiin. Vuoden 2014 ryhmäkoulutusten teemojen mukaisesti opinnäytetyö on rajattu koskemaan mekaanisen energian aiheuttaman traumaperäisen hengitysvajauksen hoitoa. Toimeksiantajan pyynnöstä tästä opinnäytetyöstä kootaan Power-Point -esitys, jota toimeksiantaja voi oman harkintansa mukaan käyttää kokonaisuutena tai soveltuvin osin pienryhmäkoulutuksissa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää:

- traumaperäisen hengitysvajauksen määritelmä
- traumaperäisen hengitysvajauksen syyt ja niiden patofysiologia
- traumaperäisen hengitysvajauspotilaan tutkiminen ja tunnistaminen ensihoidossa

- traumaperäisen hengitysvajauspotilaan ensihoito.

Opinnäytetyön tavoitteena on:

- koota yhteen viimeaikaisia tutkimustuloksia traumaperäisen hengitysvajauksen ensihoidosta
- tuottaa laadukasta koulutusmateriaalia Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoidon osaston käyttöön
- edistää ja ylläpitää hoitotason ensihoitajien ammattitaitoa traumaperäisen hengitysvajauspotilaan hoidossa
- edistää traumaperäisen hengitysvajauspotilaan hoidon ja tutkimisen yhteinäistämistä ja laatua Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoidon vastuualueella.

## 2.1 Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoito

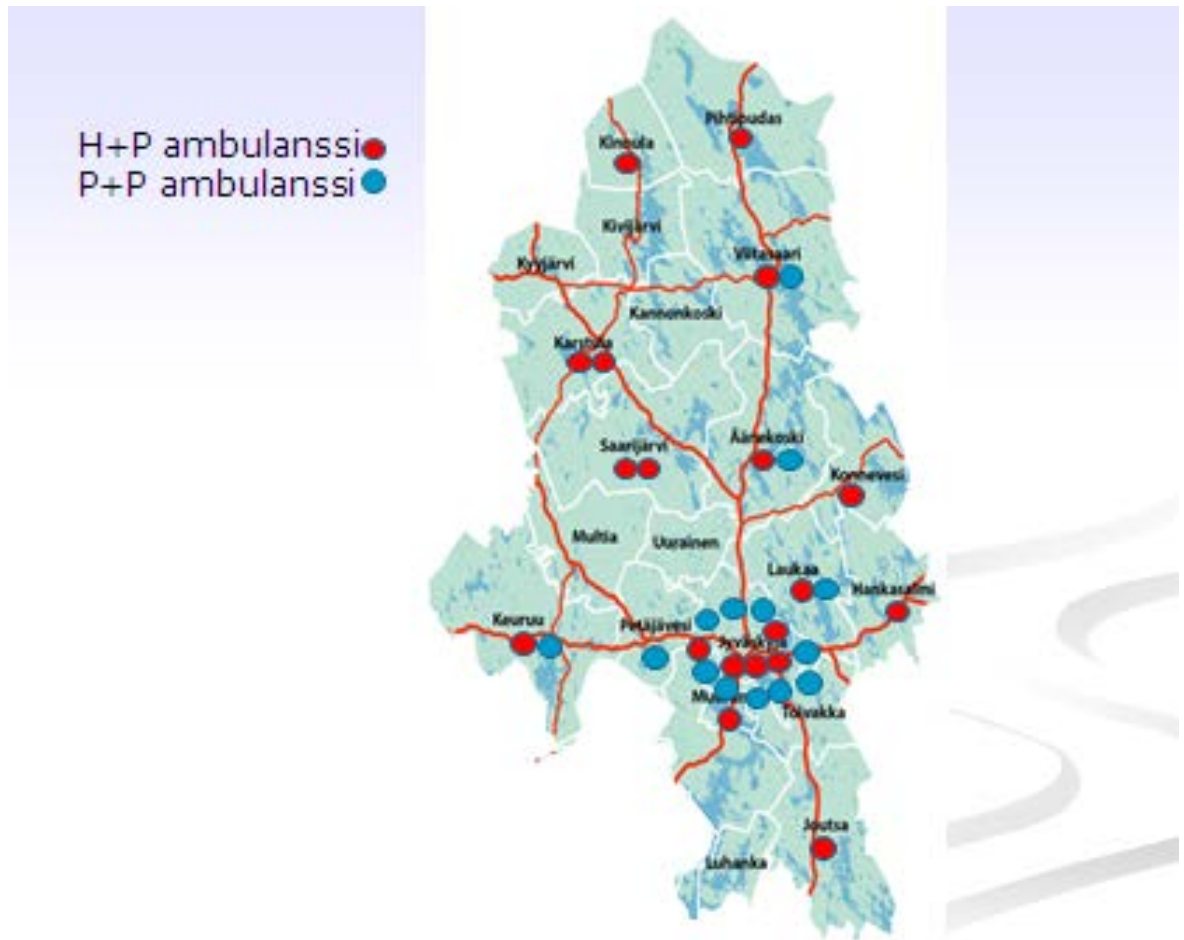
Terveydenhuoltolain (L1326/2010) mukaisesti ensihoitopalvelun tehtävä on:

*”äkillisesti sairastuneen tai loukkaantuneen potilaan kiireellinen hoito ensisijaisesti terveydenhuollon hoitolaitoksen ulkopuolella lukuun ottamatta meripelastuslaissa (1145/2001) tarkoitettuja tehtäviä ja tarvittaessa potilaan kuljettaminen lääketieteellisesti arvioiden tarkoituksenmukaisimpaan hoitoyksikköön”*

Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelussa työskentelee noin 200 ensihoitajaa, joista 80 on hoitotason ja 120 perustason ensihoitajia. Ensihoitopalveluun kuuluu 33 toimialueelle sijoitettua ensihoitoyksikköä, joista 19 toimii hoitotasolla (ks. Kuvio 1). (Lintu 2012). Hoitotason yksikön henkilöstöllä on asetuksen 340/2011 mukaisesti oltava vähintään seuraava koulutus:

*”a) ainakin toisen ensihoitajan on oltava ensihoitaja AMK taikka terveydenhuollon ammattihenkilöistä annetussa laissa tarkoitettu laillistettu sairaanhoitaja, joka on suorittanut hoitotason ensihoitoon suuntaavan vähintään 30 opintopisteen laajuisen opintokokonaisuuden yhteistyössä sellaisen ammattikorkeakoulun kanssa, jossa on opetus- ja kulttuuriministeriön päätöksen mukaisesti ensihoidon koulutusohjelma; ja*

b) toisen ensihoitajan on oltava vähintään terveydenhuollon ammattihenkilöstä annetussa laissa tarkoitettu terveydenhuollon ammattihenkilö tai pelastajatutkinnon taikka sitä vastaavan aikaisemman tutkinnon suorittanut henkilö.”



Kuvio 1. Ensihoidon yksiköt Keski-Suomen sairaanhoitopiirin toimialueella (Pulkkinen 2013).

Keski-Suomen sairaanhoitopiirin toimialueella ensihoitoyksiköt suorittavat vuosittain noin 40 000 tehtävää. Ensihoitoyksiköiden lisäksi toimialueella toimii kenttäjohtaja, jonka tehtävänä on toimia ensihoidon operatiivisena johtajana, osallistua vaativiin ensihoidon tehtäviin, toimia yhteistyössä hätäkeskuksen kanssa poikkeavissa tilanteissa ja seurata ensihoitopalvelun laatua. Alueella ovat käytettävissä myös Kuopion ja Tampereen lääkärihelikopterit. (Lintu 2012.) Keski-Suomen sairaanhoitopiiri kuuluu Kuopion yliopistollisen sairaalan erityisvastuualueeseen (Valtioneuvoston päätös 1077/1990).

## 2.2 Tiedonhaun lähtökohdat

Keski-Suomen sairaanhoitopiirin alueella hengitysvajauksen hoito perustuu Käypä-hoito suosituksiin, Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoidon hoito-ohjeeseen ja lääkeoppaaseen sekä Duodecimin ensihoito-oppaaseen (Pulkkinen 2013). Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on löytää tutkimuksiin perustuvaa näyttöä nykyisille hoitokäytännöille ja syventää ensihoidon osaamista traumaperäisen hengitysvajauksen hoidossa sekä hoitoon liittyvässä päätöksenteossa. Opinnäytetyöllä ei pyritä luomaan uusia hoitokäytänteitä, vaan tarjoamaan KSSHP:n ensihoidon osastolle ajantasaista, tutkimuksiin perustuvaa tietoa. Tässä opinnäytetyössä esitellyt traumaperäisen hengitysvajauksen hoitoon liittyvät toimenpiteet on valikoitu siten, että ne ovat nykyisten käytänteiden mukaisesti suoritettavissa Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoidon hoitotason yksiköissä, yksiköiden varustelutaso huomioiden.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoidon käyttämät ohjeistukset ja oppaat sekä oppikirjat määrittivät tiedonhakuun käytettyjä hakusanoja. Tiedonhakuun käytettiin alan oppikirjoja, lehtiä, hakukone Google Scholaria sekä Nelli-portaalin kautta käytössä olleita sähköisiä tietokantoja Cinahl, PubMed ja Terveysportti. Aihealueeseen liittyvät hakusanat ja termit esimerkiksi ”hengitysvajaus”, ”trauma” ja ”ensihoito” syötettiin tietokantoihin tietokannasta riippuen suomeksi tai englanniksi. Traumaperäisen hengitysvajauksen monimuotoisen etiologian ja eri hoitomenetelmien vuoksi tiedonhaussa käytettiin lukuisia eri hakusanoja. Saaduista hakutuloksista opinnäytetyöhön hyväksyttiin mukaan korkeintaan kymmenen vuotta vanhat, aihealueeseen liittyvät tutkimukset, joista oli saatavilla koko teksti tai vähintään tutkimuksen tulokset selkeästi ilmaiseva tiivistelmä.

## 3. Hengityksen anatomia ja fysiologia

Hengityksen tarkoituksena on pitää valtimoveren hapen ja hiilidioksidin pitoisuudet sekä elimistön happo-emästasapaino (pH) normaalitasolla. Tätä tehtävää varten ihmisellä on hengityselimistö, joka muodostuu hengitysteistä, keuhkoista, keuhkotuu-

letukseen osallistuvista rakenteista sekä keuhkotuuletusta säätelevistä mekanismeista. (Tortora & Derrickson 2007, 846 - 847.) Hengitys perustuu keuhkojen vuoroittaisen laajenemisen ja supistumisen aiheuttamaan alveolipaineen vaihteluun, hengitetyn ilman ja verenkierron väliseen kaasujen vaihtoon sekä hapen ja hiilidioksidin kuljettamiseen soluihin ja niistä pois (Bjålie, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2009, 300 - 301).

## 3.1 Hengitystiet

Hengitystiet voidaan jakaa sekä rakenteellisesti että toiminnallisesti kahteen osaan. Rakenteellisesti hengitystiet käsittävät ylä- ja alahengitystiet, ja toiminnallisesti ilmaa kuljettavat rakenteet sekä kaasujen vaihtoon osallistuvat rakenteet. *Ylähengitysteihin* kuuluvat nenä- ja suuontelo, nielu sekä kurkunpää ja *alahengitysteihin* henkitorvi, keuhkoputket ja keuhkot (ks. Kuvio 2). Lähteestä riippuen, kurkunpää voidaan käsitellä myös alahengitysteihin kuuluvaksi rakenteeksi. Toiminnallisesti ilmaa johtaviin rakenteisiin kuuluvat ilmatiet aina ilmatiehyihin asti, ja kaasujen vaihtoon osallistuviin rakenteisiin hengitystiehyet sekä keuhkorakkulat (Tortora & Derrickson 2007, 847).

### 3.1.1. Ylähengitystiet

Levossa hengitys tapahtuu pääasiassa nenäontelon kautta. Nenäontelo on ruston ja luukudoksen muodostama kaksiosainen rakenne, jota peittävä limakalvo on runsaasti verisuonitettua. Nenäontelon sisällä olevat nenäkuorikot hidastavat ilman kulkua, jolloin sisäänhengitetty ilma kostuu ja lämpenee. Limakalvojen erittämän liman ja sierainaukon värekarvojen avulla sisäänhengitetystä ilmasta suodattuu mikrobeja ja pienhiukkasia. Mikäli nenäontelon ilmankuljetuskapasiteetti ei ole riittävä, tapahtuu sisäänhengitys myös suuontelon kautta. Suuontelon läpi kulkeutuva ilma ei ehdi kostua tai lämmentä, eikä suuontelossa ole nenäonteloa vastaavia sisäänhengitysilmaa suodattavia rakenteita. Sekä nenä- että suuontelo avautuvat takaosastaan nieluun, josta johtavat aukot ruokatorveen ja kurkunpäähän. (Sand, Sjaastad, Haug, Bjålie & Toverud 2011, 357 - 358; Tortora & Derrickson 2007, 847 - 850.)

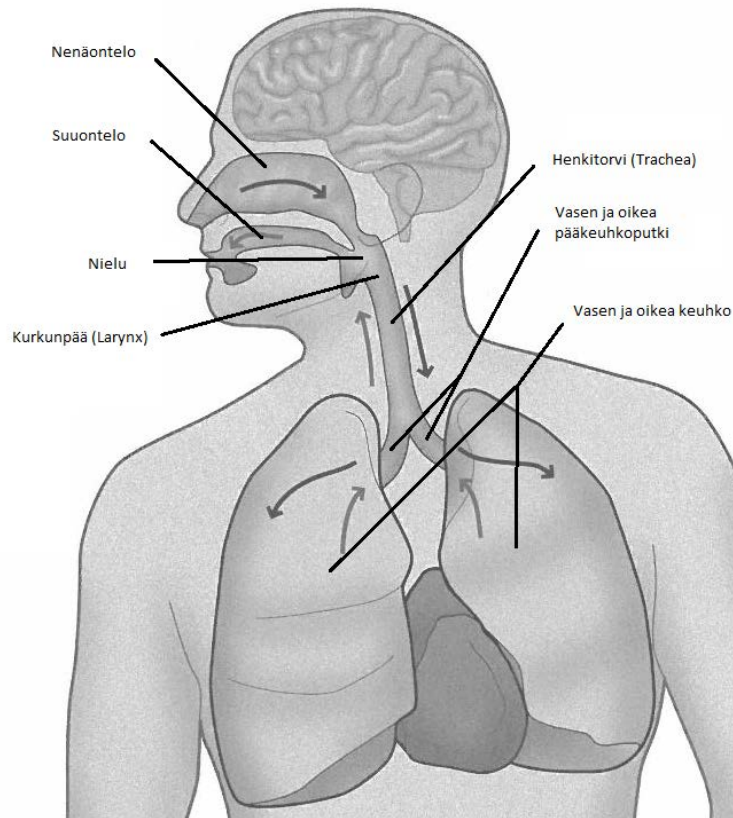
Kurkunpää (larynx) on nielun ja henkitorven yhdistävä noin kuusi senttimetriä pitkä, putkimainen rustoinen rakenne. Kurkunpään yläosassa sijaitsee kimmoisasta rustosta muodostuva kurkunkasi (epiglottis), joka painuu nieltäessä kurkunpään yläaukon suojaksi, estäen niellyn materiaalin pääsyn henkitorveen. Kurkunkannen ja henkitorven aukon välissä sijaitsevat äänihuulet. Kurkunpää ja äänihuulten muodostama ahdas äänirako suojaa alahengitysteitä vierasesineiltä. Sama tarkoitus on yskänrefleksillä, joka on seurausta kurkunpään tai henkitorven limakalvoon tarttuneesta vierasesineestä, hengitysteihin kertyneestä limasta tai ärsyttävien kaasujen hengittämisestä. Hengitystiehen kohdistuva ärsytys aiheuttaa yskänheijasteen, jonka seurauksena äänihuulet sulkeutuvat ja rintakehä sekä vatsanpeitteet supistuvat äkillisesti. Rintakehän ja vatsanpeitteiden supistumisesta johtuva äkillinen paineen nousu keuhkoissa, aiheuttaa äänihuulten avautuessa voimakkaan ilmavirran hengitysteihin. Yskimisen myötä hengitysteitä ärsyttävä materiaali poistuu ilmavirran mukana. Kurkunpään puolivälissä, äänihuulten edessä, sijaitsee kilpirusto ja sen alapuolella rengas- eli sormusrusto, joiden tarkoitus on suojata ja ylläpitää kurkunpään rakennetta. Kilpiruston ja sormusruston välissä on kimmoisten sidekudossäikeiden muodostama kalvo (membrane cricothyroidea). Kilpiruston etuosa muodostaa aataminomenan. (Bjålie ym. 2009 303; Sand ym. 2011, 359; Tortora & Derrickson 2007, 852 - 853.)

### 3.1.2. Alahengitystiet

*Henkitorvi* (trachea) on noin 10 - 12 senttimetrin mittainen ja halkaisijaltaan noin 2,5 cm leveä putki, joka alkaa kurkunpään alaosasta ja päättyy keuhkoputkiin. Henkitorven muodostavat U-kirjaimen muotoiset joustavat lasirustokaaret, joita on tavallisimmin 16 - 20 kappaletta. Rustoisen rakenteen tarkoitus on tukea henkitorvea ja estää sitä pullistumasta tai painumasta kasaan hengityksen aiheuttamien painenvaihteluiden aikana. Takaosastaan avoin rustorakenne mahdollistaa henkitorven läpimitan säätelyn. Henkitorven sisäpinta muodostuu värekarvallisesta limakalvosta, jonka muodostamaan limaansisäänhengitysilman mikrobit ja pienhiukkaset takertuvat. Värekarvojen avulla lima kulkeutuu henkitorvesta ylös nieluun, josta se joko nielään mahalaukkuun tai syljetään ulos. (Sand ym. 2011, 359; Tortora & Derrickson 2007, 855 - 856.)

Henkitorvi jakautuu alaosaan *oikeaksi* ja *vasemmaksi pääkeuhkoputkeksi*, jotka johtavat *keuhkoportin* läpi keuhkoihin. Keuhkoissa rustorenkaista ja sileästä lihaskudoksesta muodostuvat keuhkoputket jakautuvat toistuvasti, aina pienemmiksi haaroiksi, muodostaen bronkusuun. Keuhkoputkien läpimitan pienentyessä ruston osuus niiden rakenteessa vähenee, kunnes lopulta putket eivät sisällä lainkaan rustoa. Ensimmäisiä haaroja, joista rustorakenne puuttuu, kutsutaan *ilmatiehyiksi* eli *bronkioleiksi*. Keuhkoputkien ja ilmatiehyiden sisäpintaa peittää värekarvainen limaa tuottava hengitystie-epiteeli, joka edelleen suojaa hengitysteitä infektioilta. Läpimitaltaan pienimpien bronkiolien sisäpintaa peittää hengitystie-epiteelin sijaan kuutioepiteeli, joka ei enää suojaa hengitysteitä, vaan osallistuu kaasujen vaihtoon. Kaasujenvaihtoon osallistuvia bronkioleja kutsutaan *hengitystiehyiksi*. (Sand ym. 2011, 359; Tortora & Derrickson 2007, 856 - 857.)

Hengitystiehyet päättyvät pallomaisista *keuhkorakkuloista*, eli *alveoleista* muodostuviin keuhkorakkulasäkkeihin, jotka muodoltaan muistuttavat viinirypäleterttua. Ohutseinäisiä keuhkorakkuloita ympäröi tiheä hiussuoniverkosto ja sidekudosrakenne. Kummassakin keuhkossa on noin 150 - 250 miljoonaa keuhkorakkulaa, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on 75 - 80m<sup>2</sup>. Kaasujen vaihto sisäänhengitetyn ilman ja veren välillä tapahtuu keuhkorakkuloiden ja niitä ympäröivien hiussuonien välisen ohuen seinämän läpi. (Sand ym. 2011, 359 - 360; Tortora & Derrickson 2007, 860 - 862.)



Kuvio 2. Ylä- ja alahengitystiet (Korte & Myllyrinne 2012, 20, muokattu; Sand ym. 2011, 356).

### 3.2 Rintaontelo, keuhkot ja hengityslihakset

Keuhkot sijaitsevat *rinta-*, eli *thoraxontelon* suojassa, joka on rintakehän ympäröimä sisäinen suljettu rakenne. Rintakehä muodostuu selkärangan rintanikamista, kylkiluista, sisemmistä ja uloimmista kylkivälilihaksista sekä rintalastasta. Yläosasta rintaontelon rajaavat kaulan lihakset ja alaosasta *pallea* (diaphragma). (Sand ym. 2011, 361 - 362; Tortora & Derrickson 2007, 858 - 859.)

Keilamaiset *keuhkot* sijaitsevat rintaontelon molemmin puolin. Keuhkojen kärjet (apex pulmonales) ulottuvat pari senttiä solisluiden yläpuolelle, keuhkojen pohjien ollessa palleaa vasten. Keuhkot muodostuvat viidestä lohkosta, joiden tarkoituksena on parantaa keuhkojen liikkuvuutta ja helpottaa niiden täyttymistä ilmalla hengityksen aikana. Vasemmassa keuhkossa lohkoja on kaksi ja oikeassa kolme. Pääkeuhkoputket, valtimot ja laskimot sekä imusuonet kulkevat keuhkoihin kummankin keuhkon tyvessä sijaitsevan keuhkoportin kautta. (Sand ym. 2011, 362; Tortora & Derrickson 2007, 857 - 860.)

Keuhkoportteja lukuun ottamatta, keuhkoja ympäröi kahdesta lehdestä muodostuva keuhkopussi eli *pleura*. Keuhkojen pintaan kiinnittyvää lehteä kutsutaan sisusmyötäiseksi, eli viskeraaliseksi lehdeksi (*pleura visceralis*) ja rintakehän sisäseinämää verhoavaa lehteä seinänmyötäiseksi, eli parietaaliseksi lehdeksi (*pleura parietalis*). Pleuralehtien väliin jäävä pleuraontelo on suljettu, hyvin ohuen nestekalvon täyttämä rako, joka mahdollistaa pleuralehtien liukumisen toisiaan vasten lähes kitkattomasti. Pleuraontelossa oleva neste muodostaa pleuralehtien väliin alipaineen, jonka muodostaman pintajännityksen ansiosta lehdet pysyvät tiukasti kiinni toisissaan hengityслиikkeiden aikana. (Tortora & Derrickson 2007, 857.)

Hengitystoiminnan mahdollistaa *hengityслиhasten* aiheuttama paineenvaihtelu rintaontelossa ja keuhkoissa. Tärkein hengityслиhaksista on pallea, jonka osuus hengitystyöstä levossa on 60 - 75 %. Supistuessaan pallea laskeutuu kohti vatsaonteloa, jolloin rintaontelo laajenee. Levossa hengitystyöhön osallistuvat myös *uloimmat kylkivälilihakset*, jotka supistuessaan nostavat kylkiluita ylöspäin leventäen ja syventäen rintakehää. Pallean ja uloimpien kylkivälilihasten hengityskapasiteetin ylittyessä käyttöön otetaan myös kaulan alueen lihakset, jotka entisestään nostavat kylkiluita ja laajentavat rintaonteloa. (Sand ym. 2011, 362 - 363; Tortora & Derrickson 2007, 863 - 866.)

Levossa uloshengitys tapahtuu passiivisesti. Sisäänhengityksen lopussa hengityслиhakset veltostuvat, jolloin rintakehä palautuu kimmoisan rakenteensa ansiosta takaisin normaalitilaan. Sisäänhengityksen aikana vatsaonteloon muodostunut paine työntää veltostunutta palleaa kohti rintaonteloa. Rintaontelon tilavuuden pienentyminen painaa keuhkoja kasaan, saaden aikaan uloshengityksen. Tarvittaessa elimistö tehostaa uloshengitystä supistamalla *sisempiä kylkivälilihaksia* ja *vatsaontelon seinämän lihaksia*. Sisemmät kylkivälilihakset vetävät kylkiluita alaspäin, pienentäen rintaontelon tilavuutta. Samanaikaisesti vatsaontelon seinämän lihakset nostavat vatsaontelon sisäistä painetta, työntäen palleaa voimakkaammin kohti rintaonteloa. (Sand ym. 2011, 363 - 364; Tortora & Derrickson 2007, 866.)

## 3.3 Hengitys

Elimistön solut tarvitsevat jatkuvasti energiaa. Soluissa ravintoaineiden molekyyleistä vapautuu energiaa erilaisissa soluhengityksen kemiallisissa reaktioissa, joihin tarvitaan happea. Hapen mahdollistamassa reaktiossa vapautuva energia jää solun käytettäväksi ja sivutuotteena syntyy vettä sekä elimistölle haitallista hiilidioksidia. Toimiakseen elimistön solujen on saatava jatkuvasti happea, ja samanaikaisesti niistä on poistettava hiilidioksidia. Elimistön solujen ja ympäristön välillä tapahtuvaa hapen sekä hiilidioksidin vaihtoa kutsutaan hengitykseksi eli respiraatioksi. (Bjälle ym. 2009, 300.)

Hengitysilman happi kulkeutuu hengitysteiden läpi keuhkorakkuloihin, joissa tapahtuu varsinainen kaasujen vaihto. Keuhkorakkuloista happi siirtyy vaihtopinnan läpi keuhkojen hiusverisuoniin ja kulkeutuu verenkierron mukana elimistön soluihin. Hiilidioksidin kuljetus tapahtuu päinvastaiseen suuntaan. (Sand ym. 2011, 367.) Hengitys jakautuu neljään osaan: keuhkotuuletukseen, kaasujenvaihtoon alveolien ja veren välillä, kaasujen kuljetukseen veressä ja kaasujen vaihtoon veren ja kudosten välillä (Bjälle ym. 2009, 300). Näitä tapahtumia säätelee ydinjatkeessa sijaitseva hengityskeskus, joka reagoi elimistön hiilidioksidin, hapen ja vetyionien osapaineiden sekä näiden aiheuttamiin pH muutoksiin (Sand ym. 2011, 373 - 374).

### 3.3.1. Ventilaatio

*Keuhkotuuletuksella* eli *ventilaatiolla* tarkoitetaan hengitysilman edestakaista liikettä ilmakehän ja keuhkorakkuloiden välillä. Ventilaatio jakaantuu kahteen vaiheeseen: sisäänhengitykseen, eli inspiraatioon ja uloshengitykseen, ekpiraatioon. Fysiikan lakien mukaisesti ilma siirtyy aina suuremmasta paineesta pienempään. Koska ilmanpainetta ei voida muuttaa, tulee ventilaation mahdollistamiseksi keuhkoissa olevaa ilmanpainetta muunnella. (Sand ym. 2011, 362 - 363.)

Sisäänhengityksessä hengityslihakset aikaansaavat rintaontelon laajenemisen. Pleuralehtien ominaisuuksien ansiosta keuhkot myötäilevät rintaontelon liikkeitä, ja näin ollen kasvattavat keuhkojen tilavuutta. Keuhkojen tilavuuden kasvaessa al-

veoleissa vallitseva paine laskee, jolloin ilma virtaa keuhkorakkuloihin paine-eron tasaamiseksi. Uloshengityksessä hengityselimien rentoutuminen ja rintaontelon kimmovoimat pienentävät keuhkojen tilavuutta, mikä aiheuttaa alveolipaineen nousun. Tällöin ilma virtaa keuhkoista ulos. (Bjålie ym. 2009, 307 - 309.)

Ilmamäärää, joka virtaa hengityselimiin ja niistä ulos yhden hengenvedon aikana, kutsutaan *kertahengitystilavuudeksi*. Aikuisella tämä on levossa noin 500 ml. Tehostetulla sisään- ja uloshengityksellä kertahengitystilavuus voi nousta jopa 4500 ml:lla. Tätä kutsutaan *vitaalikapasiteetiksi*. Maksimaalisen sisäänhengityksen osuus vitalikapasiteetista on noin 3000 ml ja uloshengityksen 1500 ml. Voimakkaimmankin uloshengityksen jälkeen keuhkoihin jää ilmaa noin 1000 ml. Näin ollen keuhkojen tilavuus on suurimmillaan noin 6000 ml. (Sand ym. 2011, 366 - 367.)

Hengitystiet eivät osallistu kaasujen vaihtoon ja niitä kutsutaan anatomiseksi kuolleeksi tilaksi. Hengitysteiden tilavuus on noin 150 ml. Näin ollen kertahengitystilavuuden ollessa 500ml, pääsee alveoleihin hengitysilmaasta noin 350 ml. Tätä kutsutaan *alveoliventilaatioksi*, eli keuhkorakkulatuuletukseksi. (Sand ym. 2011, 366 - 367.)

### 3.3.2. Kaasujen kuljetus veressä

Ventilaation myötä alveoleihin päätyneestä ilmasta happi siirtyy diffundoitumalla keuhkojen hiusverisuonissa kulkevaan vereen. Verenkierron mukana vereen sitoutunut happi kulkeutuu solujen käyttöön eri puolille kehoa. Aineenvaihdunnan sivutuotteena syntyvän hiilidioksidin kulku kehosta pois tapahtuu päinvastaiseen suuntaan. Hapen ja hiilidioksidin siirtyminen alveoli-ilman ja veren välillä perustuu kaasujen osapaine-eroihin. Kaasut pyrkivät siirtymään aina suuremmasta osapaineesta pienempään. Koska alveoli-ilman hapen osapaine on suurempi, kuin keuhkoihin palaavan veren, siirtyy happi alveoli-ilmasta verenkiertoon. Hiilidioksidin osalta tilanne on päinvastainen. Mitä suurempi kaasujen osapaine-ero on, sitä tehokkaammin kaasujen vaihtoa tapahtuu. (Bjålie ym. 2009, 312 - 313.)

Veressä happi kulkee 98.5 % punasolujen hemoglobiiniin sitoutuneena ja 1.5 % veren plasmaan liuenneena. Hemoglobiiniin sitoutuneen hapen määrää eli happikyllästei-

syysastetta mitataan happisaturaatiolla, joka terveellä ihmisellä on yli 95 %. Normaalilämmössä ja alveoli-ilman happiosapaineen ollessa normaalilla tasolla (13.3kPa), kuljettaa keuhkoista lähtevä veri noin 200 ml happea verilitraa kohden. Tästä happimäärästä 197 ml on sitoutuneena punasolujen hemoglobiiniin. (Sand ym. 2011, 369 - 370.) Valtimoveren happiosapaine on tällöin normaalitasolla 11 - 14 kPa (Brander & Vuori 2000, 64). Sydämen minuuttitilavuuden ollessa 5 litraa, lähtee keuhkoista elimistöön 1000ml happea minuutissa. Levossa elimistön hapenkulutus on noin 250 ml minuutissa ja rasituksessa se voi kasvaa yli 20-kertaiseksi. Kudoksiin kulkeutuvan hapen määrä riippuu veren hemoglobiinipitoisuudesta, hemoglobiinin happikyllästeisyysasteesta ja sydämen minuuttitilavuudesta. (Sand ym. 2011, 369 - 370.)

Ainoastaan plasmaan liuennut happi on suoraan solujen käytettävissä. Soluhengityksen aikana solujen sisäinen happiosapaine laskee, jolloin plasmaan liuennut happi siirtyy solujen sisään paine-eron tasaamiseksi. Vastaavasti plasman happiosapaineen laskiessa siirtyy hemoglobiiniin sitoutunut happi plasmaan. Siirtymistä tapahtuu, kunnes kudosten ja veren happiosapaine-erot ovat tasoittuneet. (Sand ym. 2011, 371.) Soluhengityksessä syntyvä hiilidioksidi kulkeutuu verenkierron mukana keuhkoihin 7 % plasmaan liunneena ja 23 % hemoglobiiniin sitoutuneena. Hiilidioksidista muuntuu kemiallisen reaktion myötä 70 % bikarbonaatiksi, joka kulkeutuu verenkierron mukana keuhkoihin. Keuhkojen hiusverisuonissa kemiallinen reaktio tapahtuu päinvastaiseen suuntaan, jolloin hiilidioksidi pääsee siirtymään verenkierrosta alveoli-ilmaan. (Sand ym. 2011, 371 - 373.) Ventilaation jälkeen valtimoveren hiilidioksidiosapaine on normaalioloissa tasolla 4.7 - 6.0 kPa (Brander & Vuori 2000, 64).

### 3.3.3. Hengityksen säätely

Ventilaatio on pääsääntöisesti automaattinen tapahtuma, jonka tiheys ja syvyys muuttuvat tarpeen mukaan. Ventilaatioon voi jossain määrin vaikuttaa myös tahdonalaisesti, mikä mahdollistaa esimerkiksi hengityksen pidättämisen. Ventilaation säätely tapahtuu ydinjatkeen hengityskeskuksesta. (Sand ym. 2011, 373.)

Sisäänhengityksen käynnistävät ydinjatkeen sisäänhengityskeskuksen hermosolut, jotka muodostavat säännöllisesti aktiopotentiaalisarjoja. Nämä aktiopotentiaalisarjat

siirtyvät selkäytimen motoneuroneihin, jolloin sisäänhengityslihakset aktivoituvat. Aktiopotentiaalisarjan päättyessä sisäänhengityslihakset veltostuvat, jolloin passiivinen uloshengitys käynnistyy. Levossa ventilaatio toistuu noin 12 kertaa minuutissa. Hengityksen tehostuessa myös uloshengitys tapahtuu aktiivisesti. Tällöin ydinjatkeen uloshengityskeskus aktivoi uloshengityslihakset, vastaavalla tavalla kuin sisäänhengityslihakset. Sisään- ja uloshengityskeskusten hermosolut yhdessä muodostavat hengityskeskuksen. (Sand ym. 2011, 373.)

Hengityskeskus saa tietoa keuhkojen täyttöasteesta aistinsoluilta, jotka reagoivat keuhkojen venytykseen. Tämän perusteella hengityskeskus säätelee hengityksen syvyyttä. Kun kertahengitystilavuus ylittää 1000ml rajan, aktivoituvat aistinsolut estäen sisäänhengityslihaksia aktivoivien impulssien muodostumista. Hengityksen tehostuessa keuhkojen venyvyyttä aistivien solujen impulssitiheys suurenee, jolloin kertahengitystilavuus pienenee reflektorisesti. (Sand ym. 2011, 373 - 374.)

Sisäänhengityskeskuksen aktivoitumiseen vaikuttavat sentraaliset ja perifeeriset *chemoreseptorit*, jotka rekisteröivät valtimoveren *happi- ja hiilidioksidiosapaineiden* sekä *vetyionipitoisuuden* muutoksia. Sentraaliset kemoreseptorit sijaitsevat ydinjatkeessa, jossa ne tarkkailevat aivo-selkäydinnesteen hiilidioksidiosapaineen aiheuttamia pH:n muutoksia. Perifeeriset kemoreseptorit sijaitsevat kaulavaltimoiden ja aortankaaren seinämissä ja ne tarkkailevat valtimoveren happiosapainetta sekä pH:ta. (Sand ym. 2011, 374.)

Normaalioloissa tärkein hengitystä säätelevä tekijä on aivo-selkäydinnesteen happamuus, jonka muutokset johtuvat veren hiilidioksidiosapaineen muutoksista. Kohonnut hiilidioksidiosapaine aktivoi sentraalisten kemoreseptoreiden kautta sisäänhengityskeskusta, mikä aikaansaa hengityksen tehostumisen. Tällöin hiilidioksidiosapaine palautuu normaalille tasolle. Myös perifeeriset kemoreseptorit aktivoituvat valtimoveren happamuuden muutoksista, mutta niiden vaikutus hiilidioksidiosapaineen säätelyyn on vähäinen verrattuna sentraalisten kemoreseptoreiden vaikutukseen. Perifeeristen kemoreseptoreiden aktivoitumisella on kuitenkin suuri merkitys sellaisten happo-emästasapainon häiriöiden korjaamisessa, jotka eivät johdu hiilidioksidiosa-

paineen muutoksista, vaan niin sanotuista haihtumattomista hapoista kuten maitohaposta. (Sand ym. 2011, 374.)

Perifeeriset kemoreseptorit aktivoituvat myös valtimoveren happiosapaineen muutoksista. Happiosapaineen muutokset aktivoivat kemoreseptoreita kuitenkin vasta, kun happiosapaine on tippunut jo noin 40 %, eli noin arvoon 8.0 kPa. Tällöin hemoglobiinin happikyllästeisyys alkaa olennaisesti pienentyä. Normaalioloissa happiosapaine ei siis juurikaan vaikuta ventilaation säätelyyn. Happiosapaineen aiheuttama sisäänhengityksen tehostuminen on elimistön kriisimekanismi, joka aktivoituu esimerkiksi vakavassa hengitysvajauksessa. Mikäli hapenkuljetus on heikentynyt muista, kuin hapen tarjonnasta johtuvista syistä, ei hengitys happiosapaineen vaikutuksesta tehostu. Näin tapahtuu esimerkiksi anemian yhteydessä, sillä happiosapaine ei laske vaikka alhaisesta hemoglobiinitasosta johtuen hapen kokonaispitoisuus veressä olisiikin pieni. (Sand ym. 2011, 374 - 375.)

## 4. Hengitysvajaus

Hengitysvajauksella tarkoitetaan hengityselimistön kyvyttömyyttä huolehtia elimistön riittävästä hapensaannista ja hiilidioksidin poistosta (Lääketieteen sanasto 2013). Hengitysjärjestelmän toiminta on riippuvainen useasta eri osatekijästä. Kuhunkin osatekijään voi ilmaantua erilaisia häiriöitä, ja on myös mahdollista, että koko hengitysjärjestelmän toiminta vioittuu. Tämä aiheuttaa potilaalle hengitysvajauksen. (Sopanen 2009, 307.)

Hengitysvajauksessa hengitysilman ja valtimoveren välinen kaasujenvaihto on häiriintynyt joko äkillisesti tai pitkän ajan kuluessa. Hengitysvajaus ei ole itsenäinen sairaus, vaan eri syistä johtuva elintoimintahäiriö. Hengitysvajaus voidaan jakaa kahteen pääryhmään: alveolitason *kaasujenvaihtohäiriöön* ja *ventilaativajaukseen*. Kaasujenvaihtohäiriöön liittyy yleensä ensisijaisena ongelmana *hypoksemia*, eli happiosapaineen lasku valtimoveressä. Hypoksemian myötä myös pulssioksimetrillä mitattu hemoglobiinin happikyllästeisyysaste laskee alle normaalitason. Muutoin terveellä ih-

misellä alle 90 % happisaturaatio viittaa jo merkittävään hypoksemiaan. Ventilaatiovajauksessa ongelmaksi muodostuu pääsääntöisesti hyperkapnia, eli hiilidioksidipaineen nousu yli 6 kPa. Äkilliseen ventilaatiovajaukseen liittyy usein myös respiratorinen asidoosi (hengityspäriäinen happamoituminen), jossa valtimoveren pH laskee alle 7.35. Käytännössä äkillisessä hengitysvajauksessa esiintyy piirteitä sekä kaasujenvaihtohäiriöstä että ventilaatiovajauksesta, samalla kun hengitystyö on lisääntynyt. (Brander & Vuori 2000, 63 - 66.)

## 4.1 Hengitysvajauksen syyt

Alveolitason kaasujenvaihtohäiriössä kaasujen vaihto alveolien ja keuhkojen hiusverisuonten välillä ei tapahdu normaalilla tavalla tai on estynyt kokonaan. Kaasujenvaihtohäiriö voi johtua esimerkiksi keuhkokudoksen sairaudesta, kuten pneumoniasta, keuhkokudoksen vauriosta tai keuhkopöhostä. Muita syitä kaasujenvaihtohäiriöille ovat muun muassa keuhkoverenkierron tai veren hapenkuljetuskyvyn häiriöt, kuten keuhkoembolia, oikovirtaus ja anemia. (Brander 2013.)

Ventilaatiovajauksessa ilman kulku hengitysteiden läpi alveoleihin ja hengitystiehyisiin on heikentynyt tai estynyt. Syynä tähän voivat olla eri tasoilla sijaitsevat obstruktiot hengitysteissä, hengityskeskuksen lamaantuminen, hengityskeskuksen ja hengityslihasten välinen toimintahäiriö tai jatkuva kouristelu sekä eri syistä johtuva huonontunut hengitysmekaniikka. (Brander 2013.)

## 4.2 Hengitysvajauksen oireet

Usein ensimmäinen hengitysvajauksen oire on potilaan kokema subjektiivinen hengitysvaikeus. Hengittäminen on muuttunut raskaaksi ja epämiellyttäväksi, hengittäminen on vaikeaa levossakin ja hengittäminen tuntuu työläältä. (Sopanen 2009, 307.) Hengitystyön helpottamiseksi potilas hakeutuu usein istumaan tai eteenpäin nojautuvaan asentoon (Holmström & Alaspää 2013, 302).

Objektiivisesti hengitysvajauksessa voidaan havaita muutokset hengitystaajuudessa ja hengitysliikkeissä sekä apuhengityslihasten käytössä. Lisäksi hengitysäänet voivat olla poikkeavat, puheentuotto on vaikeutunut ja potilas voi olla käytökseltään sekava ja levoton. Hoitamattomasta vaikeasta tai pitkittyneestä hengitysvajauksesta seuraa tajuttomuus ja lopulta kuolema. Valtimoveren happiosapaineen laskun myötä potilas alkaa muuttua syanoottiseksi, aluksi limakalvoilta ja myöhemmin iholta. (Brander 2013; Sopanen 2009, 307.) Hengitysvajauksen yhteydessä potilaalla voi esiintyä takykardiaa, rytmihäiriöitä, rintakipua ja verenpaineen laskua (Rasku, Sopanen & Toivola 1999, 130). Potilaan iho muuttuu kalvakaksi ja hikiseksi perifeerisen verenkierron häiriintyessä. Pulssioksimetriassa on havaittavissa alentunut happisaturaatioarvo, uloshengityksen hiilidioksidiosapaine on koholla ja verikaasuanalyysin tulokset ovat poikkeavia. (Brander 2013; Sopanen 2009, 307.)

Subjektiiiviset ja objektiiviset oireet ovat sitä vaikeampia, mitä akuutimmasta tilanteesta on kyse, ja mitä vaikeampi hengitysvajaus on (Brander & Vuori 2000, 66). Hengitysvajauksen vaikeusastetta arvioidaan asteikolla lievästä kriittiseen, potilaan kliinisen tilan ja oireiden perusteella. Potilaan hoidon tarve kasvaa hengitysvajauksen vaikeusasteen mukaisesti (ks. Taulukko 1). (Rasku ym. 1999, 131; Reitala 2012, 174.) Hoidon vastetta ja potilaan tilaa tulee seurata, sillä hengitysvajauspotilaan tila voi muuttua nopeasti. Nopeimmat mittarit hoidon vasteen seurantaan ovat happisaturaatio, hengitystaajuus, sydämen syketaajuus sekä verenpaine, jotka normalisoituvat hoidon tehotessa. Tajuissaan oleva potilas osaa yleensä itse arvioida hoidon vaikutusta. (Holmström & Alaspää 2013, 307.)

Normaalioloissa hengityslihakset käyttävät koko elimistön hapenkulutuksesta 1 - 2 %, ja enimmäisrasituksessakin alle 10 %. Vaikeissa keuhkosairauksissa ja niiden pahenemisvaiheissa voi hengityslihaksien hapentarve kasvaa kuitenkin jopa 50 %:iin hapenkulutuksesta. Koska hengitysvajauksen yhteydessä hengitystyö on lähes aina lisääntynyt, eivät potilaan voimavarat riitä ylläpitämään hengitystyötä kovin pitkään. Tämä johtaa lopulta potilaan voimien pettämiseen ja sekä hengitys- että sydänpysähdykseen. (Holmström & Alaspää 2013, 303.)

Taulukko 1. Hengitysvajauksen vaikeusasteen arviointi ja hoidontarve (Holmström & Alaspää 2013, 305-307; Rasku ym. 1999, 131; Reitala 2012, 174 mukailleen).

Vaikeusaste	Potilaan tila	Hoidon tarve
<b>Lievä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hengitystaajuus alle 25</li> <li>• Puhuu normaalisti</li> <li>• Ei objektiivisesti havaittavia hengitysvajauksen oireita</li> <li>• Happisaturaatio yli 90 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asento- ja happihoito</li> </ul>
<b>Keskivaikea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hengitystaajuus 25 - 30</li> <li>• Puhuminen vaikeutunut, vain lyhyitä lauseita</li> <li>• Apuhengityslihasten käyttö havaittavissa</li> <li>• Happisaturaatio 80 - 90 %</li> <li>• Syke yli 100</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asento- ja happihoiton lisäksi voidaan tarvita lääkehoitoa</li> </ul>
<b>Vaikea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hengitystaajuus yli 35</li> <li>• Puhuu yksittäisin sanoin</li> <li>• Apuhengityslihakset selvästi käytössä</li> <li>• Iho kalpea ja kylmänhikinen</li> <li>• Happisaturaatio alle 80 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asento- ja happihoito</li> <li>• Lääkehoito todennäköinen</li> <li>• Ylipainehappihoito tarpeen mukaan</li> <li>• Konsultaatio, tarvittaessa pyydetään lisäapua</li> </ul>
<b>Kriittinen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hengitystaajuus ja -syvyys vaihtelevaa</li> <li>• Hengitys pinnallista tai haukkovaa</li> <li>• Potilas sekava ja levoton tai tajuton</li> <li>• Syanoosi</li> <li>• Happisaturaatio yleensä mittamattomissa perifeerisen verenkierron heikkenemisen vuoksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoito kuten edellä</li> <li>• Hengitysteiden ja ventilaation turvaaminen</li> <li>• Konsultaatio ja kiireellinen kuljetus</li> </ul>

## 5. Traumat

Trauma on kehon ulkoisen väkivallan, kuten liike-, lämpö- kemiallisen, sähkö-, tai säteilyenergian aiheuttama kudosaivaurio. Trauman laajuus on riippuvainen sen aiheuttavan voiman suuruudesta, suunnasta, kosketusalueesta, vaikutusajasta ja kohteena olevan kudoksen traumatoleranssista. (Lassus & Kröger 2010, 25.) Kudoksen vaurioitumisen lisäksi trauma aiheuttaa, kohdekudoksesta ja henkilöstä riippuen, eriasteista kipua (Kuuri-Riutta 2009b, 238). Trauma on yleensä seurausta tapaturmasta, joka on tahdosta riippumaton, ennalta odottamaton ja äkillinen tapahtumasarja, joka johtaa kehon vammautumiseen (Parkkari & Kannus 2010, 17).

Traumaan johtavaa tapahtumaketjua kuvataan käsitteellä vammamekanismi. Vammamekanismi on riippuvainen tapaturman luonteesta, ulkoisista tekijöistä ja osallisina olevien henkilöiden reaktioista tapahtumiin. Tietyntyypisten vammamekanismien on havaittu aiheuttavan tietyntyypisiä traumoja. Tämän vuoksi tieto vammamekanismista on kliinisesti merkittävä diagnoosin teon ja hoidon suunnittelun kannalta. (Lassus & Kröger 2010, 25.)

Trauma aiheuttaa elimistössä fysiologisen ja aineenvaihdunnallisen reaktion, jonka tarkoituksena on turvata eloonjääminen ja elimistön paraneminen. Trauman laajuudesta riippuen reaktio voi olla paikallinen tai koko elimistöön vaikuttava. Laajassa traumassa elimistö ajautuu sokkiin, jonka tarkoituksena on lopettaa verenvuoto sekä turvata vitaalielinten verenkierto ja kudosten happeutumisen. Sokkivaiheessa aineenvaihdunta hidastuu ja hapen sekä energian kulutus laskevat. Sokkivaiheen päätyttyä elimistö alkaa korjata syntyneitä kudosaivaurioita ja torjua elimistöä uhkaavia infektioita. Näiden prosessien myötä elimistön hapen ja energian tarve lisääntyvät ja aineenvaihdunta kiihtyy. Trauman laajuudesta ja vammamekanismista riippuen energiantarve voi nousta lepoenergiankulutukseen nähden jopa kaksinkertaiseksi. (Tulikoura 2010, 51 - 52.)

## 5.1 Mekaanisen energian aiheuttama trauma

Mekaanisen energian aiheuttaman trauman laajuus on riippuvainen vaurioittavan voiman suuruudesta, suunnasta, kosketusalueesta, vaikutusajasta ja kohdekudoksen traumatoleranssista. Traumatoleranssilla tarkoitetaan kudoksen kykyä kestää vaurioita ja se on riippuvainen kudoksen anatomisten rakenteiden joustavuudesta sekä kyvystä ottaa vastaan mekaanista väkivaltaa. Traumatoleranssi pienenee kudoksen ominaispainon ja kollageenipitoisuuden vähetessä. Tästä syystä esimerkiksi luukudoksen ja lihasten traumatoleranssi on suurempi kuin aivojen, keuhkojen tai sisäelinten. Kehon kudokset absorboivat tehokkaasti niihin kohdistuvaa voimaa, mutta samalla niiden rakenne vaurioituu. Kudoksiin kohdistuvaa tuhovoimaa, eli vaikuttavaa energiaa, voidaan kuvata kaavalla  $M = \frac{1}{2}mv^2$  jossa M = voima, m = massa ja v = nopeus. (Lassus & Kröger 2010, 25 - 26.)

## 5.2 Traumojen jaottelu

Mekaanisen energian aiheuttamat vammat voidaan, vaikuttavan voiman suuruuden mukaisesti, jakaa *suuri- ja pienienergiisiin* tai vammamekanismin mukaisesti *tylppiin, lävistäviin ja räjähdysten* aiheuttamiin vammoihin. Vaikuttavan voiman suunnan perusteella vammat voidaan myös jaotella suoriin ja epäsuoriin vammoihin. Suorat vammat syntyvät kohtaan, jossa vaurioittava voima osuu kudokseen. Epäsuora vamma voi syntyä, vammamekanismista riippuen, kauaksikin kohdealueesta. Epäsuorat vammat voivat olla seurausta esimerkiksi suuresta hidastuvuudesta tai törmäyksestä johtuvasta maahan kaatumisesta. (Lassus & Kröger 2010, 25; Peräjoki, Taskinen & Hiltunen 2013b, 514 - 518.)

Kudoksiin kohdistuvaa tuhovoimaa kuvaavan kaavan mukaisesti, suurienergisissä vammoissa hallitsevina tekijöinä ovat suuri nopeus ja/tai suuri massa. Suurienergisissä vammoissa tyypillisiä ovat vaikeat kudolvauriot, yhdessä tai useammassa kehonosassa, sekä peruselintoimintojen heikentyminen. (Lassus & Kröger 2010, 25.) Tyypillisiä suurienergiisiä vammoja aiheuttavia vammamekanismeja ovat esimerkiksi liikenneonnettomuudet ja putoamiset (Peräjoki ym. 2013b, 514).

*Tylpän* vammamekanismin aiheuttamille traumaolle tyypillistä on kosketusalueen tai -alueiden laajuus ja vaikuttavan voiman suuruudesta riippuen laajatkin kudოსvauriot, yhdessä tai useammassa kehonosassa. Erityisesti suurienergiisiin tylppiin vammoihin liittyvät nopeuden muutoksista johtuvat vauriot. Äkillinen nopeuden kasvu tai hidastuminen aiheuttaa kudoksiin räsitusta, mikä voi johtaa kudoksen repeämiin ja verenvuotoihin. Äkillisen nopeuden muutoksen aiheuttamista traumaista tyypillisimpiä ovat rangan sekä rinta- ja vatsaontelon elinten vammat. Nopeuden muutoksessa vaikuttava energia on suorassa suhteessa massaan ja nopeuden muutokseen aikayksikköä (m/s) kohden. Kokeissa on osoitettu, että nokkakolarissa ajoneuvojen vaurioitumiseen kuluu aikaa noin 0.1 - 0.2 sekuntia. Tällöin 70 kg painoiseen, ajoneuvossa olleeseen, potilaaseen voi vaikuttaa voima, joka vastaa 1 400 - 14 000 kg. (Lassus & Kröger 2010, 25.)

Tavallisimpia Suomessa esiintyviä *lävistävän* trauman aiheuttavia vammamekanismeja ovat erilaiset teräasein tehdyt pahoinpitelyt, työtaturmat ja ampuma-aseiden käyttöön liittyvät onnettomuudet. Lävistävän vamman aiheuttama kudostuho ja vamman vakavuus ovat riippuvaisia lävistävän kappaleen liike-energiasta, kulkusuunnasta ja kohdealueesta. Pienienerginen lävistävä vamma, esimerkiksi teräaseen isku, aiheuttaa kulkureitilleen paikallista kudostuhoa. (Peräjoki ym. 2013b, 517.)

Ampumavammoihin liittyy luodin kulkureitille kohdistuvan suoran kudostuhon lisäksi, erityisesti suurienergisissä ampumavammoissa, havaittava painevaikutus. Luodin liike-energian aiheuttama paine saa haavakanavaa ympäröivät kudokset laajenemaan tilapäisesti, jolloin muodostuu kudostuhoa laajentava kavitaatio eli ballistinen ontelo. Ampumavammat luokitellaan pienienergisiksi ja suurienergisiksi luodin lähtönopeuden ja massan mukaan. Pienienergiset, esimerkiksi pistoolin luodista johtuvat, ampumavammat aiheuttavat tyypillisesti vähäisen kudოსvaurion luodin kulkureitille. Tämän lisäksi luodin sisäänmeno- ja ulostuloaukot ovat tyypillisesti pienet. Suurienergisissä ampumavammoissa kavitaation aiheuttamien laajojen kudostuhojen lisäksi tyypillisiä löydöksiä ovat, kohdekudoksesta riippuen, eriaisteiset luu-, hermo- ja verisuonivauriot. (Böstman, Leppäniemi, Pihlajamäki & Tukiainen 2010, 279 - 280.) *Räjähdyksen* seurauksena syntyvät traumat muodostuvat, mekanismista riippuen, kolmen eri vaiheen kautta. Räjähdyksestä syntyvä vammaenergia on suoraan riippu-

vainen räjähdysten tyypistä ja voimakkuudesta sekä potilaan etäisyydestä räjähdyspisteeseen. Primäärivammat ovat seurausta räjähdysten aiheuttamasta paineaallosta. Tyypillisesti paineaallon aiheuttamat vammat kohdistuvat kaasutäytteisiin sisäelimiin kuten keuhkoihin. Voimakas paineaalto voi aiheuttaa myös tylppään vammamekanismiin verrattavissa olevia suorita kontaktivammoja. Räjähdyksessä vammoja aiheuttavat myös suuret nopeuden muutokset. Sekundäärivammat ovat seurausta räjähdysten sinkoamista kappaleista, jotka aiheuttavat erilaisia lävistäviä vammoja. Tertiäriset vammat liittyvät räjähdysten jälkeisiin kaatumisiin, putoamisiin ja törmäämisiin. Räjähdeestä riippuen eriaisteiset palovammat ja kemikaalien toksiset vaikutukset ovat myös mahdollisia. (Peräjoki ym. 2013b, 518 - 519.)

## 6. Traumaperäinen hengitysvajaus

Traumaperäinen hengitysvajaus on välitöntä hoitoa vaativa tila, joka on seurausta joko hengityselimistöön kohdistuneesta vammasta tai muiden kehonosien vammautumisesta (Hakala 2010a, 75). Traumaperäinen hengitysvajaus on seurausta ventilaatiovajaksesta, kaasujenvaihtohäiriöstä tai näiden molempien yhteisvaikutuksesta. Lisäksi traumoihin voi liittyä kudospesuosiota ja kudosten happeutumista heikentäviä suuria verenvuotoja. (Silfvast 2010, 121 - 124.) Trauma aiheuttaa kipua ja stressiä, jotka johtavat elimistössä haitallisiin vasteisiin. Näiden seurauksena potilaan syketaajuus ja verenpaine kohoavat, hengitystaajuus kasvaa ja potilas voi muuttua levottomaksi. (Kuuri-Riutta 2009b, 238.) Tässä kappaleessa käsitellään hengityksen vajaatoiminnan kannalta keskeisimpiä traumoja ja niihin liittyviä oireita ja löydöksiä.

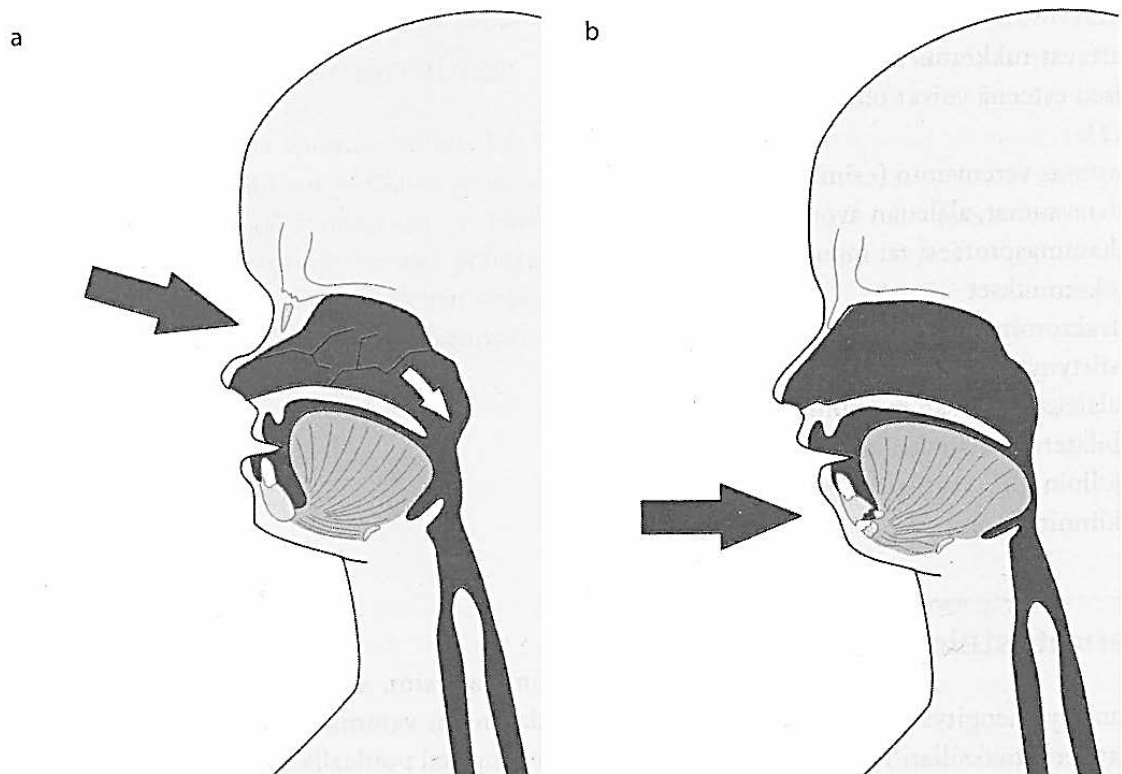
### 6.1 Kasvojen ja pään vammat

Suomessa kasvojen alueen vammat ovat tavallisimmin murskavammoja, jotka ovat seurausta tylpistä vammamekanismista, esimerkiksi pahoinpitelystä tai liikenneonnettomuudesta. Kasvojen alueen vammat itsenäään ovat harvoin henkeä uhkaavia, mutta niihin saattaa vammamekanismista riippuen liittyä muita traumoja, kuten aivovammoja tai kaularangan vammoja. Hengitysvajasta kasvojen alueen vammoissa

aiheuttaa ylähengitystien tukkeutuminen monen eri mekanismin kautta. (Lindqvist 2010, 391 - 392.) Kasvoihin ja päähän kohdistuneet traumat voivat aiheuttaa myös tajunnantason laskua. Alentunut tajunta johtaa herkästi hengitysteiden hallinnan menettämiseen tai hengitystaajuuden laskuun, jolloin ventilaatio ja happeutuminen eivät ole riittäviä. Kasvojen alueelle vammautuneen potilaan hengitysvajauksen hoito voi olla haastavaa, sillä ventilaation tukeminen maskilla ja hengitysteiden turvaaminen on vammojen vuoksi usein vaikeaa (Puolakka 2013a, 194 - 197.)

Kasvojen kudosten vaurioista johtuvat verenvuodot altistavat aspiraatiolle joko suoraan vuotona hengitysteihin tai veren nielemisestä johtuvan oksentamisen kautta. Eriasteiset murtumat kasvojen alueella muuttavat kasvojen rakennetta, mikä voi aiheuttaa ilmatie-esteen ylähengitysteihin (ks. Kuvio 3). Luisten rakenteiden siirtymät, erityisesti ylä- ja alaleuan murtumat, tukkivat nenäonteloa ja nielua. Alaleuan murtumassa kieli voi menettää luisen kiinnityspisteensä, jolloin se saattaa tukkia nielua. Sama vaikutus on trauma seuraavalla kudosturvotuksella. Vamman seurauksena irronneet hampaat, hammasproteesit ja muut vierasesineet voivat aiheuttaa ilmatie-esteen. (Lindqvist 2010, 391 - 393.)

Pään alueen vammoista pelätyin on aivovamma, jonka oireita ovat sekavuus, neurologiset puutosoireet ja tajunnantason lasku. Traumapotilasta, jonka tajunnan taso on alentunut, tulee aina pitää suuririskisenä potilaana. Potilaan tajunnan tason alentuessa hengitystaajuus voi laskea ja hengitysteiden hallinta menettää, jolloin mahansisällön, veren ja eritteiden aspiraatoriski kasvaa. (Peräjoki, Taskinen & Hiltunen 2013c, 524 - 535.) Hengitysteiden hallinnan heikentyessä nielun pehmytkudokset voivat painua kurkunpään tukkeeksi. Hengitysteiden auki pysymisen katsotaan olevan vaarassa kun potilaalla ei esiinny yskänrefleksiä tai nielemiskykyä, Glasgow kooma-asteikon (GCS) pisteet ovat alle 9 tai GCS:n kipuvasteena havaitaan ekstensio, fleksio tai kipuvasteen puuttuminen. (Puolakka 2013a, 194.) Hengitysvajauksesta johtuvat veren happi- ja hiilidioksidiosapaineiden muutokset pahentavat mahdollisia sekundäärisiä aivovammoja (Tanskanen 2013, 544 - 545; Öhman & Pälvimäki 2010, 366).



Kuvio 3. Yläleuan murtuma (a) ja alaleuan murtuma (b) (Traumatologia 2010, 392).

## 6.2 Kaulan ja kaularangan vammat

Vammat henkitorveen ja kurkunpään voi aiheuttaa hengitysvajasta niiden muotoa ylläpitävien rakenteiden pettäessä, jolloin hengitystie ahtautuu niiden painuessa kasaan (Peräjoki ym. 2013c, 530). Kurkunpään rustoinen rakenne ei kuitenkaan vaurioidu kovin herkästi, vaan hengitystie-esteen aiheuttaa yleensä trauman jälkeinen kudosturvotus ja mahdollinen verenvuoto. Kurkunpään vammautuneelle potilaalle annetaan inhalaationa adrenaliinia ja harkinnan mukaan suonensisäisesti metyyliiprednisolonia turvotuksen laskemiseksi. Kurkun alueelle vammautuneet potilaat tulee herkästi ohjata lääkärin tarkistettavaksi, vaikka oireet olisivat lieviä, sillä kudosturvotus voi kehittyä viiveellä. (Kuisma & Harve 2013, 497.)

Sekä tylpät että lävistävät kaulan alueen vammat voivat aiheuttaa runsasta verenvuotoa, josta seuraa kohonnut aspiraatoriski. Kaulan alueelle kohdistuvat lävistävät traumat aiheuttavat verenvuotoa ja vammoja kaulan kudoserakenteisiin, minkä lisäksi paikalleen jäänyt lävistävä vierasesine voi aiheuttaa ilmatie-esteen. Ilmavuoto lävis-

tävän vamman haavakanavan kautta on mahdollinen. Kaulan alueella kulkeviin suuriin verisuoniin kohdistuvat vammat voivat aiheuttaa runsasta verenvuotoa sekä ilmaemboolian. (Peräjoki ym. 2013c, 529 - 530.)

Kaularankaan kohdistuvista vammoista hengityksen kannalta vakavin on selkäydinvamma kolmannen tai neljännen kaulanikaman yläpuolella. Tälle alueelle kohdistuva vamma estää hermoimpulssien kulun hengityskeskuksesta palleaan ja kylkivälilihaksiin, jolloin hengitys lamaantuu täysin. Vamma voi olla seurausta kaulanikamien luksaatiosta tai trauman jälkeisestä turvotuksesta. (Hakala 2010a, 78.)

### 6.3 Rintakehän vammat

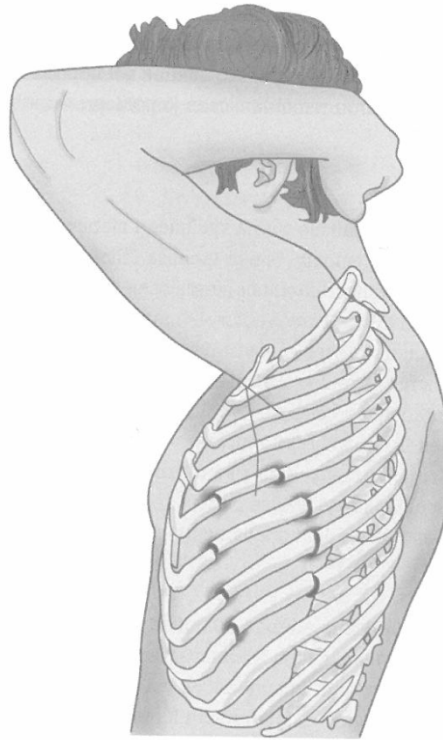
Rintakehän suojassa sijaitsevat hengityksen ja verenkierron kannalta tärkeimmät elimet. Tästä syystä rintakehän alueen vammojen vakavuusaste vaihtelee, vammamekanismista riippuen, vaarattomista aina välittömään kuolemaan johtaviin vammoihin. Rintakehään kohdistuvat traumat ovat yleisimmin (noin 90 %) tylppiä vammoja. Lävistävät vammat ovat harvinaisempia, mutta rintakehän alueella niitä on aina pidettävä henkeä uhkaavina. Vakavien rintakehän vammojen tyypillisiä seurauksia ovat verenkierron vajaatoiminta ja hengitysvajauksesta tai verenkierron vajaatoiminnasta aiheutuva *hypoksia* eli kudosten hapenpuute. (Salo, Sihvo, Räsänen & Volmonen 2010, 311.) Rintakehään vammautuneen potilaan hoito perustuu peruselintoimintojen turvaamiseen, hengitysvajauksen hallintaan ja vamman vakavuusasteesta riippuen nopeaan kuljetukseen sairaalahoitoon (Peräjoki ym. 2013c, 528; Sopanen 2009b, 448).

Rintakehään kohdistuvat traumat aiheuttavat hengitysvajasta, vammamekanismista riippuen, eri tavoin. Rintakehän luisiin rakenteisiin kohdistuvat vammat heikentävät rintakehän stabiliteettia, jolloin hengitysmekaniikka häiriintyy. Keuhkokudokseen suoraan tai epäsuorasti syntyneet vammat vaikuttavat kaasujenvaihtoon alveoli ilman ja verenkierron välillä. Keuhkokompressiota eli keuhkokudoksen kasaan painumista aiheuttavat muun muassa veri- ja ilmarinta, jänniteilmarinta ja pallean repeämästä johtuva vatsaelinten hernioituminen rintaonteloon. (Salo ym. 2010, 311 - 312.)

### 6.3.1. Rinnanseinämän ja keuhkokudoksen vammat

Rintakehän vammoista yleisimpiä ovat eriaisteiset *kylkiluiden murtumat*, joiden pääasiallinen ongelma hengityksen kannalta on kipu. Voimakas kipu heikentää ventilaatiota ja voi aiheuttaa hypoksian tai pneumoniaan johtavan limaretention. Yksittäisen kylkiluun murtuma ei tavallisesti vaikuta huomattavasti hengitysmekaniikkaan, muutoin kuin kivun kautta, eikä niihin pääsääntöisesti liity rintaontelon sisäisiä vaurioita. (Salo ym. 2010, 316.)

Useiden kylkiluiden sarjamurtumissa rintakehän stabiliteetti heikkenee, jolloin rintaontelon sisäinen paineenvaihtelu ei toteudu normaalisti. Erityisesti nuoremmilla potilailla *kylkiluiden sarjamurtumiin* liittyy, vamman aiheuttavan voiman suuruuden vuoksi, myös keuhkokudoksen vaurioita, mikä entisestään heikentää hengityksen tehokkuutta. Mikäli kaksi tai useampia kylkiluita on murtunut kahdesta tai useammasta eri kohdasta, muodostuu *varstarinnaksi* (flail chest) kutsuttu tila (ks. Kuvio 4). Varstarinnassa rintakehän instabiliteetin ja pleuraontelon negatiivisen paineen yhteisvaikutus saa rintakehän vaurioituneen seinämän painumaan paradoksaalisesti sisäänpäin sisäänhengityksen aikana, mikä heikentää ventilaatiota ja aiheuttaa kipua. Kylkiluiden murtumien yhteydessä voi ilmetä myös ihonalaista ilmaa (subkutaani emfyseema). Se on yleensä havaittavissa ensimmäisenä kainaloissa ja soliskuopissa, mutta ilmaa voi esiintyä laajemmallakin alueella. Ihonalainen ilma tuntuu rutinana sormilla ihoa tunnusteltaessa (krepitaatio). (Peräjoki ym. 2013c, 526 - 527; Salo ym. 2010, 316.)



Kuvio 4. Varstarinta (Ensihoidon perusteet 2012, 272).

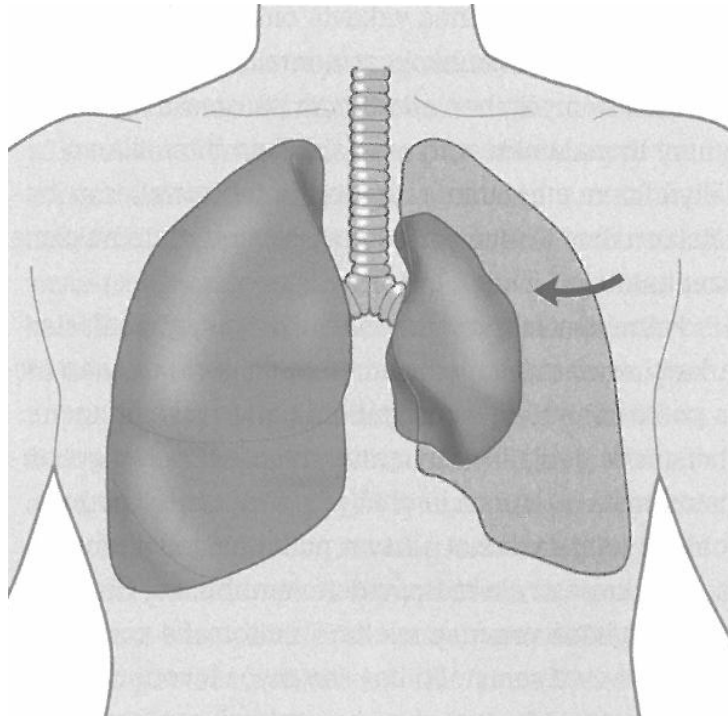
*Keuhkokontuusio*, eli keuhkoruhje, on seurausta keuhkokudokseen kohdistuneesta tylpästä tai terävästä vammasta. Suoraan tai epäsuorasti vaurioituneeseen keuhkokudokseen kehittyy tulehdusreaktio, joka aiheuttaa turvotusta sekä veren ja liman kerääntymistä vaurioituneelle alueelle. Tämän seurauksena kaasujenvaihto vamma-alueella häiriytyy. Kaasujenvaihtohäiriö kehittyy tavallisimmin vasta päivien kuluessa, mutta laaja-alaisen keuhkokontuusion yhteydessä häiriö voi olla merkittävä jo ensihoitotilanteessa. Suurempien keuhkoverisuonten vaurioituessa saattaa keuhkojen sisälle syntyä myös hematooma. Tylpän vammamekanismin yhteydessä keuhkokontuusion liittyy usein myös kylkiluun tai -luiden murtumia, mutta murtumien puuttuminen ei sulje pois keuhkokontuusiota. (Peräjoki ym. 2013c, 527; Salo ym. 2010, 316.) Rintakehän sisäisen henkitorven sekä pääbronkusten vauriot ovat harvinaisia, ja ne tai niiden liitännäisvammot aiheuttavat kuoleman yleensä jo tapahtumapaikalla (Salo ym. 2010, 317 - 318).

### 6.3.2. Keuhkokompressio

Keuhkokompressiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa keuhkon ulkopuolinen paine estää keuhkokudosta laajenemasta normaalilla tavalla. Tavallisimmin tämä on seurausta pleuralehtien väliin pääsevistä ilmasta, verestä tai rinnanseinämän puuttumisesta, jotka saavat aikaan rintaontelon ja pleuralehtien välisen paineen kasvun. Samankaltaisen tilanteen voi aiheuttaa myös tylpän suurienergisien vamman aiheuttama *pallearepeämä*, jonka seurauksena vatsaontelon elimet voivat hernioitua rintaonteloon. Pallearepeämän seurauksena myös hengitysmekaniikka heikentyy. Traumapotilaan hengitysvajaus, yhdistettynä yksipuoleisesti heikentyneisiin tai puuttuviin hengitysäniiniin, johtuu lähes poikkeuksetta ilma- tai veririnnasta. (Salo ym. 2010, 311 - 314.)

Rintakehään kohdistuvien traumojen pelättyin seuraus on *jänniteilmarinta* (tensiopneumothorax), joka on äkillinen, hoitamattomana muutamassa minuutissa kuolemaan johtava tila. Jänniteilmarinta syntyy, kun keuhkokudoksen tai hengitysteiden vaurion myötä, sisäänhengitetty ilma virtaa pleuraontelon sisään, mutta ei pääse sieltä ulos. Tällöin pleuraontelossa vallitseva paine kasvaa ja painaa keuhkokudosta kasaan, pienentäen kaasujenvaihtopinta-alaa (ks. Kuvio 5). Kohotessaan, riittävän korkealle, alkaa pleuraontelossa vallitseva paine työntää rintaontelon elimiä kohti vahingoittumatonta puolta. Samalla, rintaontelon sisäisen paineen kasvaessa, lisääntyy sydämen työmäärä laskimopaluun heikentyessä ja sydämen joutuessa pumpaamaan verta kohonnutta aortan painetta vastaan. Jänniteilmarinta aiheuttaa nopeasti etenevän hengitysvajauksen ja verenkierron romahtamisen. (Peräjoki ym. 2013c, 527; Salo ym. 2010, 313 - 314.)

Jänniteilmarinnalle tyypillisiä löydöksiä ovat hengenahdistus, kasvojen ja kaulan alueen syanoosi sekä kaulalaskimoiden pullotus. Ventilaatituetulla potilaalla hengitysvastus kohoaa äkillisesti. Myöhäisemmässä vaiheessa henkitorvi siirtyy kohti tervettä puolta. Rintakehältä ovat todettavissa toiselta puolelta heikentyneet tai puuttuvat hengitysäänet ja -liikkeet sekä vaurioituneen puolen rintakehän pingotus. Hapetusraatio ja verenpaine romahtavat, ja potilaan syke muuttuu takykardiseksi. (Peräjoki ym. 2013c, 527; Salo ym. 2010, 313 - 314.)



Kuvio 5. Jänniteilmarinta (Ensihoidon perusteet 2012, 271).

Ensihoidossa jänniteilmarinta hoidetaan vapauttamalla pleuraontelossa vallitseva paine *neulatorakosenteesillä*. Toimenpide suoritetaan lävistämällä pleuratila 2. - 3. kylkiluuvälistä keskisolislulinjasta isolla, vähintään 5 cm pitkällä kanyylilla, jonka kautta pleuraontelossa vallitseva ylipaine pääsee purkautumaan. Mikäli kuljetusmatka on pitkä, neulatorakosenteesi ei onnistu tai sen vaste on riittämätön, voidaan pleuratila kanavoidsa auki. Pleuradreenin asennukseen liittyy erilaisia komplikaatioita, joiden välttämiseksi dreenin asennus voidaan jättää tekemättä. Tällöin paineen aiheuttavalla nesteellä tai ilmalla on kuitenkin poistumisreitti. Jänniteilmarinnan lopullinen hoito on keuhkopussin kanavointi, joka suoritetaan sairaalassa. (Peräjoki ym. 2013c, 527.)

Traumaattinen *ilmarinta* (pneumothorax) on useimmiten seurausta keuhkovauriosta. Muita syitä ilmarinnalle ovat ilmäteiden vauriot sekä rinnanseinämän puutos (avoin ilmarinta). Jänniteilmarinnasta poiketen, ilmarinnassa pleuraonteloon virtaava ilma pääsee sieltä myös pois (ks. Kuvio 6). Tällöin pleura- ja rintaontelon sisäinen paine ei pääse kasvamaan yhtä suureksi, eivätkä hengityselimistöön ja rintaontelon muihin

elimiin kohdistuvat painevaikutukset ole yhtä voimakkaita. Ilmarinta voi kuitenkin muuttua jänniteilmarinnaksi esimerkiksi respiraattorihoidon tai ventilaatiotuen aikana. Ilmarinnalle tyypillisiä löydöksiä ovat vaurioituneelta puolelta hiljentyneet tai kokonaan puuttuvat hengityssänet sekä kumiseva koputusääni. Auskultaation tarkkuus ilmarinnassa on noin 60 - 85 %, joten normaalit auskultaatiolöydökset eivät sulje pois ilmarinnan mahdollisuutta. (Salo ym. 2010, 314.)

*Avoin ilmarinta* syntyy, kun ulkoilman ja pleuratilan välille syntyy suora yhteys esimerkiksi lävistävän vamman seurauksena. Tällöin, hengityksen aikana, ilma virtaa paine-eron vuoksi avoimen aukon läpi suoraan pleuraonteloon (ks. Kuvio 6). Avoimen ilmarinnan vakavuus kasvaa suhteessa läpäisevän aukon kokoon. Yli  $\frac{2}{3}$  henkitorven läpimitasta oleva aukko pleuratilan ja ulkoilman välillä on hengenvaarallinen. Löydöksinä avoimessa ilmarinnassa ovat rintakehällä sijaitsevat lävistävät vammat ja eriaistiset hengitysvajauksen oireet. (Salo ym. 2010, 315.) Avointa ilmarintaa hoidetaan sulkemalla haavakanava ilmatiiviillä sidoksella siten, että yksi sidoksen reuna jätetään avoimeksi. Tällöin pleuratilassa vallitseva ylipaine pääsee purkautumaan ulos. Avoilmarinnalla on korkea riski kehittyä paineilmarinnaksi, joten tähän on varauduttava potilaan hoidon ja kuljetuksena aikana. (Peräjoki ym. 2013c, 527.)



Kuvio 6. Ilmarinta (vas.) ja avoin ilmarinta (Ensihoidon perusteet 2012, 270).

*Veririnta* on ilmarinnan kaltainen tila, jossa pleuraontelo täyttyy ilman sijaan verestä. Yleisimmin veririntaan johtavat verisuonivauriot kylkiluuvälien, rinnanseinämän tai

keuhkojen alueella. Massiivinen veririnta on tyypillisesti seurausta lävistävästä rintakehävammasta ja sitä esiintyy vain harvoin tylppien vammojen yhteydessä. Löydökset ovat vastaavat kuin ilmarinnassa, mutta rintakehän koputusäänissä havaitaan hiljentynyt tai sävyltään muuttunut ääni, painumus. Joskus massiivinen veririnta voi aiheuttaa jänniteilmarinnan kaltaisen tilanteen. (Salo ym. 2010, 315.)

## 7. Traumapotilaan tutkiminen

Traumapotilaan hoitoprosessi alkaa hätäkeskuksen annettua ensihoidolle tiedot vammautuneesta potilaasta. Tapahtumapaikalle siirtyessä ja sinne saapuessa luodaan yleisarvio tilanteesta. Yleisarviossa kiinnitetään huomiota henkilövahinkoihin, ja niiden määrään sekä laatuun, vammamekanismista kertoviin seikkoihin, tapahtumapaikan olosuhteisiin ja ympäristöön. Tämän lisäksi huomioidaan omaan ja potilaan turvallisuuteen vaikuttavat tekijät kuten liikenne, räjähdysvaara tai suurjännitteet. (Peräjoki, Taskinen & Hiltunen 2013a, 519.)

Monipotilastilanteissa yleisarvion aikana tehdään myös alkuselvytys, jonka tarkoituksena on kartoittaa potilaiden yleiskunto ja vammat, jotta käytettävissä olevat resurssit voidaan hyödyntää oikein. Alkuselvityksen yhteydessä tarkistetaan potilaan peruselintoiminnot, ja kriittisten elinjärjestelmien kuten pään ja rintakehän keskeiset vammat. Alkuselvytys saa kestää potilasta kohden puolesta minuutista minuuttiin, eikä sen aikana tulisi ryhtyä kuin hätäensiaputoimenpiteisiin. Yleisarvion jälkeen potilaiden hoito aloitetaan alkuselvityksen osoittamassa kiireellisyyssjärjestyksessä. (Silfvast 2010, 119 - 120.)

### 7.1 Ensiarvio

Tapahtumapaikalla traumapotilaan hoito alkaa ensiarviolla, joka perustuu taulukossa 2 esiteltyyn ”suurin uhka” -periaatteen mukaiseen ABCDE-järjestykseen (Peräjoki ym. 2013a, 519 - 520; Silfvast 2010, 119 - 120). Vammapotilaiden hoitoon on tästä mallista luotu muunnos cABC (cervical, Airway, Breathing, Circulation), jossa ensiarvio al-

kaa kaularangan tukemisella (Alaspää & Holmström 2013, 121). Ensiarvio toteutetaan olosuhteiden sallimissa rajoissa kaikille, myös yleisarvion perusteella hyvinvoivalta vaikuttaville potilaille. Ensiarvion painopiste on peruselintoimintojen eli tajunnan, hengityksen ja verenkierron arvioinnissa, eikä sen yhteydessä suoriteta kuin välittömät hoitotoimenpiteet peruselintoimintojen turvaamiseksi. Hoito ja tutkiminen tapahtuvat kaikilla potilailla aina samassa järjestyksessä, eikä seuraavan elintoinnin hoitoa ja tutkimista aloiteta ennen kuin edellinen on varmistettu. Potilaan tilan äkisti muuttuessa, aloitetaan arvio uudelleen alusta alkaen. Mikäli käytettävissä on useampia hoitajia, voidaan useampia vaiheita suorittaa samanaikaisesti. (Peräjoki ym. 2013a, 519 - 520; Silfvast 2010, 119 - 120.)

**Taulukko 2. Peruselintoimintojen tarkistus (Peräjoki ym. 2013a ,520 - 522; Silfvast 2010, 120).**

<b>A = AIRWAY</b> <b>HENGITYSTIEN AVOIMUUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varmistetaan onko hengitystie avoin.</li> <li>• Arvioidaan hengitystien tukkeutumisen riski</li> <li>• Tarvittaessa hengitystie avataan potilaan tilan mukaan valituin menetelmin.</li> </ul>
<b>B = BREATHING</b> <b>HENGITYKSEN RIITTÄVYYS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hengityksen riittävyyttä arvioidaan hengitystaa-juuden, -työn ja -äänien, sekä hengitysliikkeiden perusteella.</li> <li>• Hengittämättömältä potilaalta tarkistetaan syke ja aloitetaan tarvittaessa peruselvytys.</li> <li>• Avustetaan hengitystä tarvittaessa.</li> <li>• Huomioidaan paineilmarinnan mahdollisuus, etenkin rintakehävammoissa.</li> </ul>
<b>C = CIRCULATION</b> <b>VERENKIERRON RIITTÄVYYS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarkistetaan syke ja huomioidaan mahdolliset ulkoiset ja sisäiset verenvuodot.</li> <li>• Tyrehdytetään suuret ulkoiset vuodot.</li> <li>• Mikäli sykettä ei tunnu, tarkistetaan hengitys ja aloitetaan tarvittaessa peruselvytys.</li> <li>• Potilaan tilasta riippuen avataan tarvittavat suonihteydet.</li> </ul>

Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla

Taulukko 2 jatkuu

<b>D = DISABILITY</b> <b>NEUROLOGINEN STATUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarkistetaan potilaan tajunnan taso.</li> <li>• Tajunnan tason arviointi toistetaan, potilaan tilan mukaisesti, tasaisin väliajoin.</li> </ul>
<b>E = EXPOSURE</b> <b>TARKEMPI VAMMASTATUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ehkäistään lisävammat.</li> <li>• Kartoitetaan potilaan vammat järjestyksessä rinta, vatsa, lantio, kallo, selkäranka, raajat (ns. RiVaLaKaSeRa-sääntö).</li> </ul>

Peruselintoimintojen turvaamisen jälkeen muodostetaan, vammamekanismin ja ensiarviossa tehtyjen löydösten perusteella, käsitys potilaan yleistilanteesta. Samanlaisesti päätetään ensihoidossa noudatettava toimintastrategia potilaan hoidon osalta. Toimintastrategia määrittää sen mihin ensihoitotoimenpiteillä pyritään ja kuinka kauan kohteessa käytetään aikaa, eli käytetäänkö niin kutsuttua ”stay & play” vai ”load & go” taktiikkaa. Tarvittaessa kohteeseen pyydetään lisäapua tai konsultoidaan lääkäriä potilaan tilan ja löydösten perusteella. (Peräjoki ym. 2013a, 522.)

## 7.2 Täydennetty tilannearvio

Täydennetyt tilannearvion avulla pyritään luomaan tarkempi käsitys traumaan johdaneista tapahtumista, potilaan esitiedoista (anamneesi) ja sen hetkisestä tilasta (status). Potilaan perusteellisempi tutkimus painotetaan vammamekanismin ja ensiarvion löydösten perusteella määräytyville kehon alueille. Erityistä huomiota kiinnitetään edelleen peruselintoimintojen tilan selvittämiseen, asianmukaista välineistöä käyttäen. Täydennetyt tilannearvion yhteydessä aloitetaan tarkennettu ensihoito löydösten ja oirekuvan mukaisesti. Säännöllisin väliajoin ja aina potilaan tilan äkisti muuttuessa tarkistetaan peruselintoiminnot ensiarvion mallin mukaisesti. (Peräjoki ym. 2013a, 522.) Täydennetyt tilannearvion perusteella tehdään päätös potilaan hoitopaikasta alueellisten ohjeiden mukaisesti. Vammautunut potilas pyritään aina kuljettamaan suoraan lopulliseen hoitopaikkaan, sillä pysähdykset alemmissa hoitoportais-

sa viivästyttävät hoidon aloittamista. Alueellisten ohjeistusten mukaisesti tehdään hoitopaikkaan asianmukainen ennakkoilmoitus potilaasta. (Silfvast 2010, 125.)

*Tilannetietojen ja anamneesin* perusteella voidaan arvioida potilaan statukseen vaikuttavia tekijöitä. Anamneesissa keskitytään pääosin potilaan sen hetkiseen oirekuvaan. Tiedot perussairauksista ja toimintakyvystä auttavat hoidon suunnittelussa. Potilaan lääkitysten osalta tulee huomioida erityisesti sydämeen ja verenkiertoon vaikuttavat lääkkeet. Tiedot alkoholin tai huumaavien aineiden vaikutuksesta auttavat tajunnan tason kartoittamisessa. (Peräjoki ym. 2013a, 523.)

Tilannetietoja selvittäessä kiinnitetään huomiota erityisesti vammamekanismiin, tapahtuman kuvaukseen ja olosuhteisiin. Oleellisia tietoja ovat muun muassa vamman aiheuttaneen voiman laatu, voimakkuus ja suunta sekä vaikutusaika. Oleelliset tiedot vaihtelevat vammamekanismin mukaisesti. Esimerkiksi liikenneonnettomuuksissa tulee selvittää vaikuttavan voiman suunta ja energia (törmäyskulma ja nopeus), mikä lisäksi tulisi arvioida osallisina olleiden ajoneuvojen vaurioita, potilaiden sijaintia sekä selvittää mitä turvalaitteita on käytetty. Lävistävien vammojen osalta oleellisia tietoja ovat esimerkiksi lävistävän esineen pituus ja leveys tai käytetyn aseiden kaliiberi sekä lävistävän esineen liike-energia. (Peräjoki ym. 2013a, 522 - 523.)

## 8. Traumaperäisen hengitysvajauksen hoito

Traumaperäisen hengitysvajauksen hoito alkaa, tarvittaessa jo ensiarvion yhteydessä, henkeä pelastavilla toimenpiteillä. Hoidon tavoitteena on taata riittävä kaasujenvaihto ja kudoshapetus sekä estää komplikaatioiden syntyminen. (Handolin, Kivioja & Lassus 2010, 149.) Traumapotilaalle annettava ensihoito riippuu käytettävissä olevista välineistä ja lääkkeistä, mutta erityisesti auttajien ammattitaidosta. Annettavan ensihoidon perusperiaatteet ovat aina samat. (Silfvast 2010, 119.) Näitä ovat ilmaisten hallinta ja turvaaminen, hapen tarjonnan lisääminen ja sen varmistaminen, ventilaation tukeminen sekä rintaontelon paineen alentaminen tarvittaessa (Hakala 2010a, 76 - 78). Riittäväällä kivunhoidolla ehkäistään kivun aiheuttamia epäedullisia

vaikutuksia hengitykseen, ja lievitetään potilaan kokemaa ahdistusta ja pelkoa (Kuuri-Riutta 2009b, 238 - 239). Toiminnan suunnitteluun ja tapahtumapaikalla suoritettaviin hoitotoimenpiteisiin vaikuttavat erityisesti vammamekanismi, potilaan peruselintoiminnot, tapahtumapaikan olosuhteet ja etäisyys hoitolaitoksesta. Tärkeintä on sisäistää hoidon oikeat prioriteetit. (Silfvast 2010, 119.)

Hoitotasoisella ensihoidon yksiköllä on käytössään varsin laaja välineistö traumapotilaan hoitoon. Aina ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista tehdä tapahtumapaikalla kaikkea mahdollista vain siksi, että välineistöä ja osaamista on käytettävissä. (Silfvast 2010, 119.) Traumapotilaiden on tutkimuksissa osoitettu, vamman vaikeusaste huomioiden, hyötyvän tehtyjen hoitotoimenpiteiden minimoimisesta ja nopeasta kuljetuksesta lopulliseen hoitoyksikköön erityisesti silloin, kun kuljetusmatka on lyhyt (Lieberman, Mulder, Lavoie, Denis & Sampalis 2003; Báez, Lane, Sorondo & Giráldez 2006).

## 8.1 Hengitystien hallinta

Hengitystien hallinta on ensihoidon tärkeimpiä perusasioita, jonka laiminlyönti voi johtaa huonoon lopputulokseen muun hoidon tasokkuudesta riippumatta. Varmistamalla hengitysteiden avoimuus, joko manuaalisesti tai apuvälineitä käyttäen, mahdollistetaan ilman vapaa kulku keuhkoihin ja niistä pois. (Puolakka 2013a, 193.) Ensiarvion yhteydessä hengitysteiden avoimuuden arviointi aloitetaan puhuttelemalla ja tarkkailemalla potilaan hengitystä. Jos potilas on tajuissaan ja kykenee puhumaan kokonaisia lauseita, ilman hengenahdistusta, ei hengityksen suhteen välttämättä ole tarvetta välittömiin toimenpiteisiin. Mikäli tajunnan taso on alentunut, tutkitaan hengitysteiden avoimuus tunnustelemalla hengityksen aiheuttamaa ilmavirtaa. (Peräjoki ym. 2013a, 520; Reinikainen & Ruokonen 2010, 188.)

Hengitysteiden hallinta aloitetaan avaamalla potilaan nielu leukakulmaa kohottaen tai päätä taakse taivuttamalla. Vammamekanismista riippuen, traumapotilaiden hengitysteiden hallinnassa tulee huomioida kaularankavamman riski. Tämän vuoksi, kaikki hengitysteiden avoimuuden varmistamiseen tähtäävät toimenpiteet tulee tarvittaessa suorittaa kaularankaa tukien. (Peräjoki ym. 2013a, 520 - 521.) Ylähengitys-

teitä tukkiva materiaalia kuten irrallinen vammakudos, vierasesineet, veri tai oksennus poistetaan käsin tai apuvälineitä käyttäen (Holmström & Alaspää 2013, 302). Hengitysteitä ei imetä, mikäli potilaalla epäillään olevan hengitysteissä trauma, josta imukatetri voisi joutua kudosten sisään. Mikäli hengitystiet ovat auki, eikä niitä voida imulla puhdistaa, pyritään potilas tukemaan kylkiasentoon hengitysteiden auki pysymisen varmistamiseksi. (Rasku, Sopanen & Toivola 1999, 56.) Jos potilas ei kakistele vastaan, asetetaan Nieluputki pitämään ylähengitystiet auki (Peräjoki ym. 2013a, 520). Tämä on jo kuitenkin merkki siitä, että potilaan nielun suojarefleksit eivät toimi ja hänellä on tällöin kohonnut aspiraatoriski. Jollei hengitys näiden toimenpiteiden jälkeen käynnisty normaalina (hengityssyvyys ja -taajuus), aloitetaan ventilaatiotuki hengityspalkeella. (Alaspää & Holmström 2013, 120.) Nämä menetelmät ovat usein riittäviä hengitysteiden varmistamiseen ja riittävän ventilaation mahdollistamiseksi (Puolakka 2013a, 195).

## 8.2 Keinoilmatie

Keinoilmateilla tarkoitetaan potilaan ilmäteiden avaamisessa ja varmistamisessa käytettäviä hengitysteiden hallintavälineitä kuten *intubaatioputkia*, *supraglottisia hengitysvälineitä* (esimerkiksi kurkunpäänaamari ja -putki) tai *kirurgisia hengitystievälineitä* (Puolakka 2013a, 193 - 202). Keinoilmateita käytetään, kun hengitysteiden hallinta ja ventilaatio eivät onnistu muilla keinoin tai hengitysteiden avoimuuden oletetaan olevan uhattuna. Potilaan tilasta ja vammamekanismista riippuen ilmatien hallinta saattaa olla uhattuna tajuttomuuden, lisääntyvän kudosturvotuksen tai lävistävien hengitystievammojen seurauksena. Myös sydän- ja hengityspysähdys sekä potilaan tilasta johtuva tarve kontrolloituun normoventilaatioon ovat indikaatioita keinoilmatien käytölle. (Puolakka 2013a, 193 - 194.)

Keski-Suomen sairaanhoitopiirissä ensihoidon ensisijaisena keinoilmatienä käytetään supraglottisia hengitystievälineitä. Ilmateiden varmistamisen, intubaatiolla tai kirurgisilla hengitystievälineillä, suorittavat pääsääntöisesti kenttäjohto tai ensihoitolääkäri, mikäli tämä potilaan tilanne huomioiden on mahdollista. Myös ensihoidon yksiköillä on valmiudet toteuttaa hätäintubaatio ja kirurginen ilmatie potilaan tilan sitä vaatiessa. (Pulkinen 2013.)

### 8.2.1. Intubaatio

Intubaatio on toimenpide, jossa henkitorveen viedään muoviputki, joka pitää hengitystiet avoinna ja jonka kautta potilaan hengitystä voidaan tukea. Onnistuneella intubaatiolla mahdollistetaan potilaan tehokas ventilointi ja hyvä happeutuminen. Ilmamansetillista intubaatioputkea käytettäessä estetään myös aspiraatio. (Kuuri-Riutta 2009a, 135; Puolakka 2013a, 193.)

Intubaatiota on jo pitkään pidetty ensisijaisena keinoilmatienä sekä sairaalan sisällä että sen ulkopuolella (Berlac, Hyldmo, Kongstad, Kurola, Nakstad & Sandberg 2008, 901). Kyseessä on kuitenkin vaativa ja riskialtis toimenpide, joka edellyttää toteuttajalta kokemusta toimenpiteestä (Kuuri-Riutta 2009a, 138 - 141). Tutkimusten mukaan intubaatiotaidon ylläpito vaatisi suorittajalta, lähteestä riippuen, kymmenestä aina 60 toistoon vuodessa. Suomessa intubaatioiden määrä jää yksittäisellä hoitajalla, useimmissa ensihoitojärjestelmissä, kuitenkin vain muutamaaan tapaukseen vuodessa. (Berlac ym. 2008, 902; Kuuri-Riutta 2009a, 141; Puolakka 2013a, 195.) Ensihoidon suorittamista intubaatioista vaikeiksi luokiteltavia on jopa 30 %, kun sairaalan sisällä vastaava osuus on noin 5 %. Traumapotilaiden intubaatiosta vaikean tekee mahdollisesta kaularankavammasta johtuva liikerajoite. Lisäksi hengitysteiden alueella oleva kudosturvotus, trauman aiheuttamat vauriot ja kohonnut aspiraatoriski hankaloittavat toimenpidettä. Aspiraatoriskiä kohottaa myös se, että ensihoidon suorittamisessa hätäintubaatioissa potilaan mahalaukku voi olla hyvinkin täynnä (Puolakka 2013a, 197; Silfvast 2010, 121.)

Intubaatio aiheuttaa elimistössä monta erilaista haitallista vastetta, joita pyritään estämään lääkehoidon keinoin. Tämän vuoksi toimenpiteen suorittajalta vaaditaan kokemuksen lisäksi myös vankkaa lääkehoidon osaamista. Laryngoskopia voi aiheuttaa potilaalla voimakkaan kipureaktion, joka johtaa syketason nousuun. Nielun ja kurkunpään ärsytys saa potilaassa aikaan kakomista, jonka seurauksena kallonsisäinen paine voi nousta hetkellisesti hyvin korkeaksi. Lisäksi nielun manipulaatiosta johtuva vagaalinen ärsytys voi johtaa bradykardiaan ja huonosti happeutuneella potilaalla jopa asystoleen. Toistuvat intubaatioyritykset voivat aiheuttaa ylähengitystien

turvotusta, mikä vaikeuttaa ventilointia ja intubaatiota entisestään. (Peräjoki ym. 2013c, 535; Puolakka 2013a, 197; Silfvast 2010, 121 - 122.)

Haitallisia vasteita pyritään ehkäisemään analgeettisella, sedatoivalla ja relaksoivalla lääkityksellä. Lääkityksen sivuvaikutuksena potilaan oma hengitystoiminta heikkenee ja verenpaine laskee. Erityisesti relaksoivat lääkkeaineet ja vahvat anesteetit lamaavat hengitystoimintaa. Niiden käyttö kuuluu vain anestesiologiaan perehtyneille lääkäreille tai erityiskoulutetuille kenttäjohtajille. Ensihoidon käytössä olevat analgeetit (alfentaniili, oksikoni) ja sedatoivat lääkkeet (midatsolaami, diatsepaami) eivät aina takaa optimaalisia intubaatio-olosuhteita, mikä tulee huomioida hoitostrategiaa suunnitellessa. Käytettävät lääkkeet ja niiden annostus tulee sovittaa potilaan hemodynaamisen tilan mukaisesti, sillä vammapotilailla saavutettu lääkevaikutus poikkeaa merkittävästi elektiivisistä potilaista. Lääkkeen annon jälkeen potilaan hengitystoiminta on ensihoidon varassa. Pahimmillaan epäonnistunut intubaatio voi johtaa ”no intubation - no ventilation” -tilanteeseen, jolloin hengitysteitä ei saada avattua eikä potilasta ventiloitua. (Hakala 2010b, 166; Lintu, Pulkkinen, Jämsen & Kujala 2013; Peräjoki ym. 2013c, 535; Puolakka 2013a, 197, 201; Silfvast 2010, 121 - 122.)

Intubaatio on aikaa vievä toimenpide ja näin ollen se lisää tapahtumapaikalla kulutettua aikaa. Tutkimusten mukaan sairaalan ulkopuolella kulutetun ajan lisääntyessä, vakavasti vammautuneiden potilaiden kuolleisuus kasvaa, erityisesti kun kuljetusmatkat hoitoyksikköön ovat lyhyitä. (Cudnik, Newgard, Wang, Bangs & Herrington 2008.) Kokeneen suorittajan tekemänä intubaation on havaittu parantavan traumapotilaiden selviytymistä. Kuolleisuus on kuitenkin suurempi tai vastaava, kuin paljeventiloituilla potilailla. (Bushby, Fitzgerald, Cameron, Marasco, Bystrycki, Rosenfeld & Bailey 2005; Stockinger & McSwain 2004a.) Traumapotilaille suoritettujen onnistuneiden intubaatioiden määrä vaihtelee tutkimusten mukaan 53 - 56 % välillä, kun intubaation yhteydessä ei käytetä relaksoivia lääkeaineita. Relaksoivia lääkeaineita käytettäessä, ensihoidon suorittamien onnistuneiden intubaatioiden osuus kaikissa potilasryhmissä oli 92 - 95.5 % ja vain sedatoivia lääkkeaineita käytettäessä 62.5 - 85 %. (Berlac ym. 2008, 901 - 902.)

Intubaatiota helpottavaksi apuvälineeksi on kehitetty videolaryngoskooppi, jolla on havaittu olevan positiivinen vaikutus toimenpiteen suorittamiseen sairaalan ulkopuolella. Intubaation kesto, tarvittavat yritykset ja onnistuneiden toimenpiteiden määrä olivat parempia verrattuna perinteisellä laryngoskoopilla suoritettuihin intubaatioihin. (Wayne & McDonnell 2010.) Videolaryngoskopiasta ei kuitenkaan näyttäisi olevan vastaavaa hyötyä, kun intubaatio suoritetaan sairaalan sisällä ja intuboinnin suorittaa lääkäri. Ensimmäisellä kerralla onnistuneiden intubaatioiden osuus oli vastaava kuin perinteistä laryngoskopiaa käyttäen, mutta intubaatioon käytetty aika pidentyi merkittävästi. (Platts-Mills, Campagne, Chinnock, Snowden, Glickman & Hendey 2009.) Tämä selittynee sillä, että sairaalan sisällä intubaatio-olosuhteet ovat otollisemmat, ja lääkäreillä on mahdollisesti vankempi kokemus hengitystien hallinnasta intubaatiolla.

Scandinavian Society of Anesthesiology and Intensive Care Medicine:in (SSAI) laatiman suosituksen mukaan vain harvoin intuboimaan joutuvien terveydenhuollon ammattilaisten tulisi käyttää muita ilmatiehallintamenetelmiä kuin intubaatiota. Intuboinnin suorittajalla tulisi olla riittävä kokemus, taito ja lääkehoidolliset valmiudet toimenpiteen suorittamiseen. SSAI:n suosituksen mukaan intubaation suorittajan tulisi olla lääkäri ja ensisijaisesti anestesioologi tai ensihoitolääkäri. (Berlac ym. 2008, 902.)

### 8.2.2. Supraglottiset hengitystievälineet

Supraglottisilla hengitystievälineillä tarkoitetaan keinoilmateitä, joiden tarkoituksena on turvata ilmatie muutoin kuin henkitorveen vietävällä keinoilmatiellä. Supraglottiset hengitystievälineet asettuvat kurkunpään ympärille, eristäen sen muusta hengitystiestä. Yleisimmät ensihoidon käytössä olevat supraglottiset hengitystievälineet ovat larynxmaski (LMA) ja larynxtuubi (LT). Näiden lisäksi markkinoilla on erityisesti LMA:sta kehiteltyjä erilaisia malleja, joiden läpi voidaan esimerkiksi intuboida tai joissa ei ole ilmamansettia. Käyttöperiaate näissä kaikissa on kuitenkin sama. Larynxmaskia, kuten muitakin supraglottisia hengitystievälineitä, pidetään vaihtoehtona intubaatiolle. Larynxmaskilla saavutetaan naamariventilaatioon verrattuna tehokkaampi ventilointi. (Jama 2008; Kuuri-Riutta 2009a, 142 - 144; Puolakka 2013a, 198 - 199.)

Supraglottisten hengitystievälineiden suurimpana etuna, intubaatioon nähden, on pidetty niiden helppokäyttöisyyttä. Tutkimusten mukaan onnistuneesti asetettujen LMA:en osuus kokemattomilla hoitotyön ammattilaisilla vaihtelee 64 - 100 % välillä, vastaavan osuuden ollessa LT:lla 78 - 100 %. (Berlac ym. 2008, 900 - 901.) Traumapotilaille käytettynä LT:n asennus onnistui tutkimuksen mukaan 56 tapauksessa 57:stä (Schalk, Meininger, Ruesseler, Oberndörfer, Walcher, Zacharowski, Latasch & Byhahn 2011). Näennäisestä helppoudesta huolimatta, supraglottisten hengitystievälineiden käyttö edellyttää koulutusta ja jatkuvaa harjoittelua (Puolakka 2013a, 193). LMA:n ja LT:n käyttö vaatii, intubaatioon verrattuna, kevyempää lääkehoitoa ja edullisen asettamistekniikan vuoksi asettamiseen vaadittava potilaan kaulan ojennus on, käytettävistä välineistä riippuen, pienempi tai yhtä suuri kuin intubaatiossa. Supraglottisten ilmatievälineiden käyttö on tältä osin turvallisempaa potilailla, joilla epäillä kaularankavammaa. (Kiliç, Goksu, Durmaz & Yildiz 2013; Silfvast 2010, 121.)

Supraglottisten hengitystievälineiden suurimpana haittana pidetään sitä, etteivät ne estä mahansisällön tai nielusta tulevien eritteiden aspiraatiota (Berlac ym. 2008, 900). Leikkaussaliolosuhteissa LMA:n ja intubaation välillä ei ole havaittu merkittävää eroa aspiraation ilmaantuvuudessa (Bernardini & Natalini 2009). Stonen, Chantlerin ja Basketin (1998) mukaan LMA:n käyttö elvytyksessä, ilman ilmäteiden varmistamista edeltävää maskiventilaatiota, laskee aspiraation ilmaantuvuutta, kun sitä verrattiin maskiventilaatiolla aloitettuun elvytykseen. Vastaavia tuloksia on saatu myös LT:a elvytystilanteessa käytettäessä (Kette, Reffo, Giordani, Buzzi, Boren, Cimarosti, Codiglia, Hattinger, Mongiat & Tararan 2005).

### 8.2.3. Kirurginen hengitystie

Kirurgisella hengitystiellä, eli krikotyreotomialla, tarkoitetaan hengitystien avaamista ihon läpi suoraan henkitorveen kilpiruston ja rengasruston välistä. Ensihoidossa toimenpide on harvinainen ja sen tärkein indikaatio on ”no intubation, no ventilation” -tilanne, jossa hengitystien avaaminen ja ventilaatio eivät muilla keinoin ole onnistuneet tai ovat potilaan tilasta johtuen mahdottomia esimerkiksi vakavan kasvovamman vuoksi. (Lindqvist 2010, 392; Puolakka 2013b, 202.)

Kirurginen hengitystie voidaan ensihoidossa toteuttaa kahdella eri tavalla. Neulalla suoritettava krikotyreotomia on lisäaikaa antava toimenpide, jonka avulla potilasta voidaan happeuttaa 30 - 45 minuutin ajan. Tällä tavoin avatun hengitystien kautta ventilaatio ei yleensä ole tehokasta, etenkin aikuisella potilaalla. Lapsilla neulakrikotyreotomia on kuitenkin ensisijainen menetelmä kirurgisen hengitystien avaamiseksi. *Koniotomia*, eli kirurginen krikotyreotomia, on veistä ja katkaistua intubaatioputkea tai erityistä trakeostomiakanyyliä käyttäen suoritettu toimenpide. Koniotomia on toimenpiteenä vaarallisempi kuin neulalla suoritettu krikotyreotomia, mutta mahdollistaa kanyylin tai intubaatioputken koosta riippuen paremman ventilaation. (Puolakka 2013b, 202; Rasku ym. 1999, 62.) Koniotomiassa paras ventilaatio saavutetaan mansetillista trakeostomiakanyyliä käyttäen. Mansetitonta kanyyliä käytettäessä ylähengitysteiden avoimuus vaikuttaa ventilaation tehokkuuteen. Mansetittomalla kanyyllilla ventilaatio muuttuu riittämättömäksi, kun ylähengitysteiden avoimen ilmatien halkaisija on yli 3mm. (Michalek-Sauberer, Granegger & Gilly 2011.)

### 8.3 Ventilaatio

Ensihoidon tehtävä ventilaativajauksen hoidossa on normaalin ventilaatiotaajuuden ja -syvyyden varmistaminen. Potilaan tilasta riippuen nämä voidaan saavuttaa ilmaiteiden hallinnalla, kivun hoidolla ja potilaan rauhoittelulla sekä oireen mukaisella hoidolla tai ventilaatiotuella. Ventilaation tukemiseksi ensihoidolla on käytössä ventilaatiopalje, joka liitetään keinoilmatiehen tai ventilaatiomaskiin. Ventilaation riittävyyden arviointiin käytetään uloshengityksen hiilidioksidiosapainetta mittaava kapnometriä tai kapnografia sekä happisaturaatiomittaria. (Kuuri-Riutta 2009a, 130 - 133; Lund & Valli 2013, 227 - 229, 233; Rasku ym. 1999, 66.) Heikentynyt ventilaatio tarvitsee tukemista syntymekanismista riippumatta. Hengitystä tuetaan jos potilas on tajuton, hengitystaajuus on alle 8 tai hengitys on kuorsaavaa. (Peräjoki ym. 2013a, 521.)

Ventilaatiotuen tarkoituksena on turvata hiilidioksidin poistuminen elimistöstä. Kudosten riittävä happeutuminen voidaan saavuttaa pelkällä hapen tarjonnan lisäämisellä, mutta tällöin ongelmaksi kehittyy hiilidioksidiretentio. Hoitamattomassa ventilaativajauksessa hiilidioksidipitoisuuden kasvu johtaa lopulta heikentyneeseen hap-

peutumiseen ja tajuttomuuteen, hiilidioksidinarkoosiin. Ventilaation riittävyttä voidaan arvioida uloshengityksen hiilidioksidipitoisuutta mittaavilla laitteilla ja verikäsianalyysillä. Pulssioksimetria antaa epäsuorasti tietoa veren hiilidioksidiosapaineesta, sillä suuret hiilidioksidipitoisuudet alveoli-ilmassa heikentävät happeutumista, jolloin happisaturaatioarvo laskee. Lisähappea saavalla potilaalla näin ei kuitenkaan tapahdu, koska hapen määrä alveoleissa on huomattavan suuri. Hapillisää saavalla potilaalla voi näin ollen olla ventilaatiovajausta, hyvästä happeutumisesta huolimatta. (Holmström & Alaspää 2013, 303 - 305.)

Hengityspalkeella annettua ventilaatiotukea voidaan verrata potilaan omaan hengitystyöhön. Palkeen käytöstä aiheutuva ylipaine pakottaa keuhkokudoksen ja rintaontelon laajenemaan kuten normaalissa sisäänhengityksessä. Uloshengitys tapahtuu passiivisesti. Ventilaatiotuen antaja kontrolloi ventilaation syvyyttä ja taajuutta. (Holmström & Alaspää 2013, 303 - 304.) Ventilaatiotuki sovitetaan potilaan oman hengityssyrytmin mukaan. Tällöin potilaan sisäänhengitystä helpotetaan palkeen avulla, ja uloshengityksen esteettömyys turvataan. Hengitystaukojen aikana tai hengityksen puuttuessa, potilasta ventiloidaan 10 - 12 kertaa minuutissa. (Rasku ym. 1999, 66 - 67.) Palkeesta puristetaan hengitysteihin ilmaa noin 400 - 600 ml kerrallaan, tasaisesti noin sekunnin aikana (Kuuri-Riutta 2009a, 132). Mikäli kertahengitystilavuus tai sisäänhengitysaika ovat liian suuret, voi ilmavirta ohjautua mahalaukkuun maskiventilaatiota käyttäessä. Mahalaukun täytyminen ilmalla johtaa aspiraatoriskin nousuun. (Länkimäki 2008.)

Ventilaation tehokkuutta arvioidaan ensihoidossa kapnometrillä, joka ilmaisee uloshengityksen loppuvaiheen hiilidioksidipitoisuuden ( $etCO_2$ ). Jos käytössä on myös kapnografi, voidaan laitteen piirtämästä käyrästä havainnoida myös hengityssyklin eri vaiheet. Kapnometriä tai kapnografia voidaan luotettavasti käyttää vain potilailla, joiden hengitystie on varmistettu intubaatiolla tai vastaavilla keinoilmateillä. (Aalto 2009, 98; Holmström & Puolakka 2013, 128 - 129.) Tutkimuksissa kapnometrin käytön on huomattu ehkäisevän tahatonta hypo- ja hyperventilaatiota intuboiduilla potilailla (Erlor, Rutherford, Rodman, Mounts, Schutz & Eccles 1993; Davis, Dunford, Ochs, Park & Hoyt 2004). Potilasta ventiloidessa pyritään normoventilaatioon, jolloin veren hiilidioksidiosapaine on tasolla 4.6 - 6.0 kPa. Hypo- ja hyperventilaatiosta joh-

tuvat happamuuden ja kaasuosapaineiden muutokset aiheuttavat potilaan verenkierrossa ja kudosten kaasujen vaihdossa erilaisia haitallisia muutoksia. Hypoventilaatio aiheuttaa aivoverenkierron kiihtymistä, mikä pahentaa mahdollisia aivovaurioita. Hypoventiloidun potilaan ääreisverenkierron suonet laajenevat, jolloin verenpaine laskee. (Aalto 2009, 99 - 100.) Hyperventilaatio supistaa aivojen verisuonia, jolloin kudospesuus aivoissa heikkenee. Lisäksi hyperventilaatio voi johtaa erilaisiin rytmijä johtumishäiriöihin sekä alentuneeseen kouristuskykyyn. (Holmström & Puolakka 2013, 129.)

Kapnometrin mittaama hiilidioksidiosapaine on tavallisesti hieman pienempi kuin verestä mitattu arvo, sillä uloshengitysilmaan sekoittuu hengitysteiden kuolleiden tilan hiilidioksiditon ilmaa (Holmström & Puolakka 2013, 128). Eryityisesti vammautuneiden uloshengitysilmaasta mitattu hiilidioksidiosapaine korreloi huonosti valtimoveren todellisen hiilidioksidiosapaineen kanssa. Vammautuneista 80 %:lla todettiin ventilaatiovajausta verikaasuanalyysissä, kun kontrolloitu normoventilaatio oli toteutettu etCO<sub>2</sub>-arvon perusteella. Korrelaatio oli huonointa potilailla, joilla kudospesuus oli heikentynyt. (Warner, Cuschieri, Garland, Carlbom, Baker, Copass, Jurkovich & Bulger 2009.) Mitä huonompi potilaan tilanne on, sitä suurempi on kapnometrin ja valtimoveren todellisen hiilidioksidiosapaineen välinen erotus (Jama 2013a, 597).

## 8.4 Happihoito

Happi on hypoksemian eli veren hapenpuutteen hoitoon tarkoitettu, ensihoidossa varsin yleisesti käytetty, lääkekaasu. Hapen annosteluun ensihoidolla on käytettävissä erilaisia happinaamareita, happiviiksejä ja ylipainelaitteita. Potilaan happeutumista arvioidaan pulssioksimetrian mittaaman happisaturaation (SpO<sub>2</sub>) avulla. Happihoidon tavoitteena on turvata riittävä happeutuminen potilaan tilan mukaan. (Branson & Johannigman 2013; Hakanpää 2013; Holmström & Alaspää 2013, 308 - 309; Rasku ym. 1999, 62 - 63.)

Potilaalla katsotaan olevan hypoksemia, kun valtimoiden happisaturaatio laskee alle 95 %. Hoitamattomana hypoksemia voi johtaa solujen hapenpuutteeseen eli *hypoksiaan*. Hypoksian seurauksena solujen energia-aineenvaihdunta häiriintyy, jolloin

elimistöön alkaa muodostua maitohappoa. Elimistö reagoi hypoksemiaan ja hypoksiin kohottamalla hengitystaajuutta ja tehostamalla verenkierron toimintaa. Potilaan happeutumista arvioidaan pulssioksimetrilla, joka mittaa veren punasolujen hemoglobiinin happikyllästeisyysastetta. Pulssioksimetrialla voidaan todeta tai poissulkea hypoksia ja arvioida sen vaikeusastetta. (Hakanpää & Harve 2013.) Pulssioksimetria ei, potilaan tilasta riippuen, ole aina luotettava mittari arvioimaan potilaan happeutumista. Esimerkiksi anemia, hypovolemia ja häikämyrkytys vääristävät happisaturaatioarvoa tai tekevät sen mittaamisen vaikeaksi. Pulssioksimetria on happeutumisen arvioinnin apuväline ja sen antamia tuloksia tulisi aina verrata potilaan kliiniseen tilaan. (Aalto 2009, 93 - 98.)

Happihoidon tavoitteena on turvata hapentarjonta siten, että veren happiosapaine pysyy riittävän korkeana. Käytännössä tämä tarkoittaa yli 95 % happisaturaatiota. Joissain tilanteissa tavoitearvosta joudutaan tinkimään, mutta alimpana hyväksyttävänä saturaatioarvona vammapotilaalla pidetään 90 % happisaturaatiota. (Peräjoki ym. 2013c, 536.) Potilaan tilasta ja perussairauksista riippuen tavoiteltava saturaatioarvo voi olla poikkeava. Esimerkiksi keuhkokroonikon happihoidon tavoitteena ei ole normo-oksemia, vaan subjektiivisesti parempi olo ja noin 85 - 90 % happisaturaatio. (Holmström & Alaspää 2013, 323 - 324.)

Happi on lääkkeellinen kaasu, mistä johtuen sen käyttö tulee voida perustella. Ainoa indikaatio lisähapen annolle on kliinisesti todettu hypoksemia. Liiallinen hapen saanti johtaa hyperoksemiaan ja hyperoksiaan, joilla on haitallisia vaikutuksia elimistölle. Elimistö ei kykene tehokkaasti kompensoimaan kumpaakaan näistä, sillä kyseisiä tiloja ei ilman ulkoista happilisää synny. Hyperoksemia supistaa aivojen verisuonia ja sydämen sepelvaltimoita sekä pienentää sydämen iskutilavuutta. Hyperoksian seurauksena elimistöön syntyy vapaita happiradikaaleja, jotka häiritsevät solujen normaalia toimintaa ja heikentävät niiden toipumista hypoksiasta. Haittavaikutusten välttämiseksi, lisähappea saavan potilaan happisaturaatiota tulee seurata ja happivirtausta säätää siten, että happisaturaatio pysyy tavoitearvossa. (Branson & Johannigman 2013; Hakanpää & Harve 2013.) Stockingerin ja McSwainin (2004b) mukaan sairaalaan kuljetetuilla traumapotilailla, jotka saivat lisähappea ilman todettua hengi-

tysvajausta, oli kuolleisuus vamman vakavuusaste huomioiden vastaava tai suurempi kuin ilman lisähapetta kuljetetuilla potilailla.

Vammapotilaan happeutuksen parantamiseen ei ensihoidossa ole käytettävissä monia vaihtoehtoja. Mikäli sisäänhengitettävän ilman happipitoisuuden nostaminen erilaisilla happinaamareilla ei korjaa happisaturaatiota tavoiteltuun arvoon, voidaan happisaturaatiota pyrkiä nostamaan ylipainehappihoidolla (CPAP). (Peräjoki ym. 2013c, 536.) Hoidon tarkoituksena on pitää keuhkoissa ja ilmäteissä jatkuva tasainen ylipaine, potilaan hengittäessä spontaanisti. Ylipaineen vaikutuksesta kasaan painuneita alveoleita ja pienimpiä keuhkoputkia avautuu ja neste puristuu ulos keuhkorakuloista. Tällöin kaasujenvaihto tehostuu ja hengitystyö vähenee. (Holmström & Alaspää 2010, 309 - 311.) Rintakehän luisten rakenteiden vammoissa CPAP -hoito parantaa hengitysmekaniikkaa ja ”lastoittaa” hengitysteitä helpottaen kipua. Näin ollen se soveltuu esimerkiksi varstarinnan ensimmäiseksi hoitomuodoksi. (Reinikainen & Ruokonen 2010, 190.) Vammapotilaalla voi kuitenkin olla, vammamekanismista riippuen, useita vasta-aiheita CPAP -hoidon toteutukselle. Näitä ovat muun muassa kasvojen alueen tai ylähengitysteiden vammat, tajunnantason lasku ja ilmarinta ilman dreeniä. Mikäli potilaan tilasta johtuen CPAP -hoitoa ei voida toteuttaa, jää ainoaksi vaihtoehdoksi hengitysteiden turvaaminen keinoilmatiellä. (Holmström & Alaspää 2013, 310; Peräjoki ym. 2013c, 536.)

## 8.5 Muut toimenpiteet ja kuljetus

### 8.5.1. Nestehoito

Hengitysvajauksen hoidon lisäksi traumapotilaan hoidon peruseräiteisiin kuuluu riittävän verenkierron turvaaminen (Hakala 2010a, 78). Hypovolemia, eli verivolyymin riittämättömyys, on nestetasapainon häiriötila, joka on seurausta verevuodosta tai elimistön kuivumisesta (Ångerman-Haasmaa 2013, 218). Traumapotilailla tämä tarkoittaa käytännössä verenvuotoa kehon sisä- tai ulkopuolelle (Tulikoura 2010, 52). Vammapotilasta tulee aina pitää hypovoleemisena, mikäli tämän syketaajuus on selkeästi koholla (Peräjoki ym. 2013a, 524). Suurissa vuotoissa elimistö ajautuu hypovoleemiseen sokkiin, joka hoitamattomana johtaa elinvaurioihin ja kuolemaan. Ensihoi-

dossa traumapotilaan hypovolemian hoidon päätavoite on kudospesuusion ylläpito, iskeemisten elinvaurioiden estämiseksi. (Ångerman-Haasmaa 2013, 219.) Ensihoidossa vuotavan potilaan veren hapenkuljetuskyky ei tavallisesti ole uhattuna, mikäli verisuonistossa on riittävästi täyttöä (Silfvast 2010, 124).

Kiertävän veritilavuuden vähentyessä, elimistö pyrkii turvaamaan keskeisten elimien hapen saannin, kohottamalla syke- ja hengitystaajuutta, supistamalla pieniä laskimoita, siirtämällä nestettä kudoksista verenkiertoon ja ohjaamalla verenkierron vitalelimille (Ångerman-Haasmaa & Aaltonen 2013, 423, 427). Tämän seurauksena kehon ääreisosat viilenevät asteittain, syke- ja hengitystaajuus kohoavat ja pulssipaine kaventuu. Kehon kompensatiomekanismien käydessä riittämättömiksi, alkaa verenpaine laskea, virtsaneritys hiipua ja tajunnantaso alentua. Kompensatiomekanismit voivat olla riittäviä jopa 30 % nestemenetykseen. Jatkuessaan hypovolemia johtaa iskeemisiin muutoksiin eri elimissä. (Ångerman-Haasmaa 2013, 216.)

Ensihoidossa nestehoito perustuu häiriötilojen korjaamiseen parenteraalisella nestehoidolla. Nestehoidon tavoitteet ja käytettävät nesteet määräytyvät vammojen laadun ja potilaan hemodynaamisen tilan mukaisesti. Traumapotilaiden osalta ensihoidon antamien nesteiden laadulla (elektrolyyttiliuokset, plasmankorvikkeet, kolloidit) ei tutkimusten mukaan ole osoitettu olevan merkitystä potilaan selviytymisen kannalta (Peräjoki ym. 2013c, 537; Silfvast 2010, 124). Tylpän vamman saaneen potilaan nestehoidon tarkoituksena on estää syvä hypotensio. Aikuisella potilaalla pyritään tällöin hallittuun hypotensioon, jossa systolinen verenpaine on noin tasolla 80 - 90 mmHg, rannesyke on palpoitavissa ja syketaajuus on alle 120. Aivovammaa epäiltäessä tulee pyrkiä turvaamaan aivojen kudospesuusio, mikä edellyttää yli 120 mmHg systolista verenpainetta. Lävistävässä vammoissa verenvuoto vähenee vaurioituneiden suonien supistuessa ja verenpaineen laskiessa. Näissä tilanteissa on viitteitä siitä, ettei sairaalan ulkopuolella aloitetulla nestehoidolla ole merkitystä tai se on vähäisempi. (Silfvast 2010, 122 - 124.) Lävistävän vamman saaneen potilaan invasiivinen hoito sairaalan ulkopuolella ei näyttäisi hyödyttävän potilaita, kun kuljetusmatka sairaalaan on lyhyt (Seamon, Doane, Gaugham, Kulp, D'Andrea, Pathak, Santora, Goldberg & Wydro 2013).

Ensihoidossa nestehoito toteutetaan pääsääntöisesti perifeerisen laskimokanyylin kautta. Potilaan tilasta riippuen, avataan yksi tai useampia suoniyhteyksiä tarvittavan nesteensiirtonopeuden ja -määrän mukaisesti. Vuotavalla vammapotilaalla tämä tarkoittaa vähintään kahta, läpimitaltaan suurta, kanyyliä riittävän suurissa suonissa. Suoniyhteyden avaaminen vammapotilaalle ei kuitenkaan saa pitkittää tapahtumapaikalla vietettyä aikaa, mikäli potilaan tila ei sitä vaadi. (Puolakka 2013b, 209.) Mikäli suoniyhteyden avaaminen perifeerisiin laskimoihin ei onnistu, voidaan ensihoidossa käyttää vaihtoehtoisena nesteensiirtoreittinä tavallisimmin sääri- tai olkaluun luuydinonteloon annettua infuusiota (intraosseaalisyhteys) (Puolakka 2013b, 212). Luuydinonteloon voidaan antaa samoja lääkkeitä ja infuusionesteitä kuin tavallisen suoniyhteyden kautta. Kun infuusio annetaan paineistettuna, voidaan intraosseaalisyhteydellä saavuttaa aina 163ml/min infuusionopeus, pistopaikasta riippuen. (Mäkinen & Siltala 2012, 21.) Vammapotilaalla intraosseaalisyhteyden avaamisessa tulee huomioida erityisesti asennuspaikkana toimivan luun eheys. Vaurioitunut luu on ehdoton este intraosseaalisyhteyden avaamiselle (Mäkinen & Siltala 2012, 25). Tajuihin olevalle potilaalle infuusion aloitus voi aiheuttaa voimakasta kipua. Tätä voidaan ehkäistä annostelemalla intraosseaalisyhteyden kautta 20 - 40 mg säilöntäainetta lidokaiinia luuydintilaan. (Katila 2011, 204 - 205.)

### 8.5.2. Immobilisaatio ja kivun hoito

Potilaan immobilisaation, eli rangan liikkumattomaksi tukemisen, tarkoituksena on ehkäistä lisävammojen syntyminen. Immobilisaatiota toteutetaan kaulurin ja rankalaudan tai tyhjiöpatan avulla. Potilaan rankaa tukiessa tavoitteena on saada aikaiseksi neutraaliasento, jossa rangan liike on mahdollisimman vähäistä. Potilaan kannalta riskialttiimpia tilanteita ovat potilaan siirrot ajoneuvoon tai paareille ja niiltä pois. (Peräjoki ym. 2013c, 532.) Arviolta jopa 25 % rankavammoista ovat seurausta vammautumisen jälkeisestä käsittelystä (Jämsén 2009). Pelkän kaulurin käyttö on riittämätön toimenpide vammapotilaan immobilisaatiossa. Ranka tulee immobilisoida koko matkaltaan rankalaudan tai tyhjiöpatjan avulla. Kauluri ei myöskään estä riittävästi kaularangan sivuttaista liikettä, minkä vuoksi päätä on tuettava joko käsin tai kuljetusalustaan kiinnittämällä. (Peräjoki ym. 2013c, 532.) Paras tuki rangalle saadaan käyttäen rankalautaa ja tyhjiöpatjaa yhdessä, sillä rankalaudan jäykkyys yhdis-

tettynä tyhjiöpatjan tarjoamaan sivuttaistukeen vähentää rangan liikettä entisestään. Tämä tekisi myös potilassiirroista turvallisempia. (Jämsén 2009.)

Mahdolliset raajojen virheasennot korjataan verenkierron palauttamiseksi, mikäli raajan vitaliteetti on uhattuna. Repositiossa murtunut tai sijoiltaan mennyt raaja pyritään palauttamaan silmämääräisesti normaalilta näyttävään asentoon riittävän kipulääkityksen turvin. Paikoilleen vedetty raaja tulee lastoittaa saavutettuun asentoon. Reponaation hyödyllisyyttä arvioidessa tulee ottaa huomioon kuljetusaika sairaalaan ja hoitohenkilöstön kokemus toimenpiteestä. (Peräjoki ym. 2013c, 532.)

Ensihoidossa vammautuneeseen kivunhoitoa voidaan toteuttaa sekä lääkkeellisiä että lääkkeettömiä keinoja hyödyntäen. Asentohoidolla, murtumien repositiolla sekä lastoittamisella voidaan kipua lievittää tehokkaasti. Kipulääkkeinä vammautuneilla käytetään suonensisäisiä opiaatteja, alfentaniilia ja oksikonia, joiden annostusta titraataan vasteen mukaisesti. Opioidit lamaavat hengitystä, mutta tämä muodostuu kivuliaalle potilaalle vain harvoin ongelmaksi, sillä kivulla on voimakas hengitystä stimuloiva vaikutus. Mikäli vammautuneella tajunnantaso on alentunut tai hengitys on muusta syystä vaikeutunut, tulee tämä kuitenkin ottaa huomioon lääkkeellisessä kivunhoidossa. Lihakseen tai ihon alle pistettyjä lääkkeitä ei vammautuneilla suositella käytettävän, sillä potilaan yksilöllisten ominaisuuksien sekä vamman seurauksena syntyvien verenkiertovaikutusten vuoksi lääkeaineen imeytyminen ja saatu lääkeväste ovat epävarmoja. (Kalso & Salomäki 2010, 173 - 174; Peräjoki ym. 2013c, 538.)

### 8.5.3. Lämpötila

Normaalisti ihmisen peruslämpö on noin 37 °C (ydinlämpö) ja se vaihtelee vuorokauden aikana noin 0,5 °C molempiin suuntiin. Potilaan katsotaan olevan hypoterminen, kun ydinlämpö laskee alle 35 °C. Kehon viilentyminen käynnistää lihasvärinän, jonka tarkoituksena on kasvattaa lämmöntuotantoa. Lihastyön aiheuttama kiihtynyt aineenvaihdunta tuottaa enemmän lämpöä, mutta vaatii samalla enemmän energiavaroja ja happea. (Jama 2013b, 603 - 604.) Mikäli potilaan happeutumisen on häiriintynyt hengitysvaikeuden tai hypovolemian vuoksi, voivat palelu ja hypotermia pahentaa tilannetta entisestään (Kähkönen 2008). Traumatun potilaan kylmettyminen

heikentää selviytymistä merkittävästi. Ydinlämmön laskiessa alle 32 °C, menehtyy monivammapotilaista 100 %, riippumatta muusta tilasta. (Juntunen 2009.)

Vammapotilailla hypotermia on seurausta monesta eri mekanismista. Vamma itsessään aiheuttaa häiriöitä lämmönsäätelyssä ja lämmöntuotossa. Keskushermoston kohdistuvat vammat vaikuttavat suoraan elimistön lämmönsäätelykykyyn ja lämmön tuotantoon. Vamman aiheuttama kipu ja mahdollinen vuotosokki vaikuttavat samalla tavalla, minkä lisäksi ne voivat romahduttaa kudosten verenkierron. Ympäristön olosuhteet ja kyvyttömyys suojautua kylmältä altistavat vammapotilaan hypotermialle. (Juntunen 2009.) Hypotermia on yksi kolmesta traumapotilaan kuolemanriskiä kohoavasta tekijästä, yhdessä veren hyytymishäiriöiden ja elimistön happamoitumisen kanssa (ns. lethal triad) (Jama 2013b, 605).

Hypotermian oireet ja löydökset ovat hyvin yksilöllisiä. Tyypillinen hypotermisen potilas on apaattinen ja hänen toimintansa on hidastunutta, liikkeet kömpelöitä ja huonosti koordinoituja. Kehon lämpötilan laskiessa käynnistyvä lihasvärinä saa hapentarpeen kasvamaan jopa viisinkertaiseksi, ja samalla minuuttiventilaatio kasvaa lisääntyneen hiilidioksidin tuotannon takia. Tällöin hengitys muuttuu nopeaksi ja pinnalliseksi. Perifeerinen verenkierto supistuu lämmönhukan estämiseksi ja virtsaneritys kiihtyy. Kun lämpötila edelleen laskee, alkaa hengitystaajuus ja minuuttiventilaatio pienentyä. Eritteiden poistuminen hengitysteistä hidastuu, ja keuhkoputkiston limaneritys lisääntyy. Hengitysvajaus syntyy, kun rintakehän elastisuus pienenee ja hengityslihasten toiminta heikentyy. Kylmyyden seurauksena happea ei vapaudu solujen käyttöön yhtä tehokkaasti kuin normaalilämmössä. Hengitysvajauksen seurauksena keho ajautuu respiratoriseen asidoosiin. Lämpötilan laskiessa sydämen minuuttivirtaus pienenee ja syketaajuus sekä verenpaine laskevat. Veren hyytymistekijöiden toiminta heikkenee altistaen potilaan vuodoille ja jo syntyneet hyytymät purkautuvat. Kylmyys altistaa myös rytmihäiriöille ja EKG-muutokset ovat tavallisia. (Jama 2013b, 605 - 607; Juntunen 2009.)

Ensihoidossa hypotermisen potilaan hoidon tavoitteena on estää lisäjäähtyminen. Varsinainen lämmittäminen aloitetaan vasta sairaalassa. Potilas eristetään kylmästä ja siirretään mahdollisuuksien mukaan suojaan esimerkiksi lämmitettyyn ajoneu-

voon. Märät vaatteet riisutaan ja iho kuivataan. Ihoa ei kuitenkaan saa lämmittää hieromalla. Niska, pää ja vartalo suojataan. Raajojen liiallista lämmitystä tulee välttää, sillä perifeerisen verenkierron avautuessa kylmä veri voi aiheuttaa sydämen johtumishäiriöitä. Nestehoito tulisi aloittaa vasta lämmitetyssä tilassa. Hypotermian syntyminen ei välttämättä edellytä altistumista paukkupakkasille vaan se voi, potilaan tilasta riippuen, kehittyä jo huoneenlämmössä. Tärkeintä on, osata epäillä potilaan mahdollista alilämpöisyyttä kliinisen tilan sekä olosuhteiden perusteella, ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin lämmönhukan estämiseksi. (Jama 2013b, 607 - 609.) Potilaat jäähtyvät myös kuljetuksen aikana hyvin herkästi, joten lämpötaloudesta tulee huolehtia myös siirron aikana (Sopanen 2009b, 443).

#### 8.5.4. Kuljettaminen

Potilaan kuljettaminen hoitoyksikköön aloitetaan, kun ensiarvion jälkeen päätetyn toimintastrategian mukaiset toimenpiteet tapahtumapaikalla on suoritettu ja päätös hoitopaikasta on tehty. Potilas kuljetetaan kliinisen tilan ja löydösten määrittelemän asennon ja kiireellisyyden mukaisesti. Monipotilastilanteissa potilaiden kliininen tila määrittää potilaiden kuljetusjärjestyksen. (Peräjoki ym. 2013a, 522; Sopanen 2009b, 442 - 443.) Hengitysvajauspotilas pyritään kuljettamaan istuvassa, puoli-istuvassa tai potilaan mieluisaksi kokemassa asennossa, mikäli kliininen tila tämän sallii (Holmström & Alaspää 2013, 302, 307). Vammamekanismista riippuen, potilas voidaan kuitenkin joutua asettamaan makuulle esimerkiksi intubaation vuoksi tai rangon tukemisen varmistamiseksi. (Peräjoki ym. 2013a, 522). Aina potilaan siirron yhteydessä, sekä sen jälkeen, varmistetaan potilaan tuenta ja mahdollisten hengitystievälineiden, nesteensiirtoletkustojen ja seurantalaitteiden toimivuus sekä paikallaan pysyminen (Sopanen 2009b, 442 - 443).

Olipa kuljetusasento mikä tahansa, tarkkaillaan potilaan tilaa ensiarviossa käytettävän ABCDE -järjestyksen mukaisesti, tasaisin väliajoin tai aina potilaan tilan muuttuessa (Peräjoki ym. 2013a, 522). Vammapotilaan tila saattaa muuttua merkittävästi lyhyessäkin ajassa, ja esimerkiksi paineilmarinta saattaa syntyä vasta kuljetuksen aikana. Ajoneuvon liikkeiden ja taustamelun vuoksi keuhkoauskultaation ja muiden perusmittausten kuten verenpaineen, sykkeen, hengitystaajuuden tekeminen ja ta-

junnan sekä kivun arviointi voi olla haastavaa. Kuljetus keskeytetään tarpeen mukaan, jotta mittauksista esimerkiksi hengityssänten kuuntelusta saadaan luotettavia. (Sopanen 2009b, 443 - 444.) Mikäli potilaan tila vaatii hoidon välitöntä jatkumista hoitopaikassa, tulee potilaasta tehdä ajoissa ennakoilmoitus. Ennakoilmoituksen perusteella hoitopaikka valmistautuu potilaan vastaanottamiseen, ja varaa käyttöön riittävät resurssit potilaan hoitamiseen esimerkiksi traumahälytyksellä. (Kempainen 2013, 95; Sopanen 2009c, 444.)

## 9. Pohdinta

Traumapotilaat ovat monimuotoinen potilasryhmä, joiden oirekuva, löydökset ja hoidontarve ovat hyvin yksilöllisiä (Peräjoki ym. 2013d, 513). Traumapotilaan hoito vaatii ensihoidolta havaintoihin perustuvaa nopeaa päätöksentekoa ja ennakointia (Nurmi 2013, 110). Hengitysvajauksen taustalla oleva trauma voi rajoittaa ensihoidon käytössä olevia toimenpiteitä ja tapahtumapaikalla käytettävää aikaa (Peräjoki ym. 2013c 534 - 537). Väärän hoitostrategian tai hoitotoimenpiteen valinta voi johtaa vakaviin seurauksiin, pahimmassa tapauksessa potilaan menehtymiseen (Nurmi 2013, 110).

Vammapotilaiden hoidossa hoitostrategioita ei käytännössä voida yleistää (Peräjoki ym. 2013d, 513). Näennäisesti samankaltaisissa onnettomuuksissa syntyneiden vammojen vakavuusaste ja laatu vaihtelevat ulkoisten tekijöiden ja osallisina olleiden yksilöiden reaktioiden sekä ominaisuuksien mukaan (Lassus & Kröger 2010, 25). Hoitostrategia tulee jokaisen potilaan kohdalla päättää erikseen oirekuvan, löydösten ja ympäristön olosuhteiden mukaisesti (Peräjoki ym. 2013d, 513). Ensihoidon käytössä olevilla keinoilla pyritään vammautuneen potilaan tila vakauttamaan ja lisävammat estämään, mutta lopullinen hoito tapahtuu aina sairaalassa (Peräjoki ym. 2013d, 512).

## 9.1 Muutoksia hoitokäytänteissä

Hengitysvajauksen hoito perustuu hengitysteiden hallintaan, ventilaation turvaamiseen ja hapen tarjonnan varmistamiseen (Hakala 2010a, 76 - 78). Viime vuosina hengitysteiden hallinnan niin sanottuna ”golden standardina” toiminutta intubaatiota on alettu kyseenalaistaa sairaalan ulkopuolisessa hoidossa, toimenpiteen vaativuuden ja mahdollisten haitallisten vaikutusten vuoksi (Berlac ym. 2008, 901 - 902). SSAI:n suosituksen mukaisesti KSSHP:n ensihoito on muuttanut toimintaansa siten, että vaihtoehdot hengitystievälineet ovat nykyisin ensisijainen hengitystiehallinnan muoto. Tämän seurauksena intubaatiokerrat ovat yksittäisellä ensihoitajalla käyneet entistä harvinaisemmiksi. (Pulkinen 2013.) Traumaperäinen hengitysvajaus voi kuitenkin vaatia ensihoidolta hengitystien hallintaa hätäintubaatiolla. Traumapotilaan tilasta johtuva intubaation vaikeus, yhdistettynä vähäiseen suoritettujen toimenpiteiden määrään, tekevät hengitystien varmistamisesta intubaatiolla potentiaalisesti erittäin haastavan. Hätäintubaatiossa potilaan elintoimintojen turvaamiseksi ensihoidolla ei välttämättä ole aikaa odottaa kenttäjohdon tai ensihoitolääkärin saapumista, jolloin toimenpiteen suorittaa tapahtumapaikalla oleva ensihoitoyksikkö. Tämän vuoksi on tärkeää, että hoitohenkilöstön intubaatiotaitoa ylläpidetään koulutuksilla ja mannekiineilla harjoittelemalla. Videonlaryngoskoopin käytöstä intubaatiota helpottavana apuvälineenä sairaalan ulkopuolisessa hoidossa on saatu rohkaisevia tuloksia (ks. Wayne & McDonnell 2010), mikä mielestämme tulisi ottaa huomioon KSSHP:n ensihoidon yksiköiden varustelua ja hengitysvajauksen hoidon käytänteitä suunniteltaessa. Tällä hetkellä tarvittava laitteisto on käytössä vain kenttäjohdolla ja ensihoitolääkäreillä. Videolaryngoskooppien käytön yleistyessä ja hankintakustannusten laskiessa on mahdollista, että laitteisto otetaan osaksi myös muiden ensihoidon yksiköiden varustusta. (Pulkinen 2013.)

Työelämässä olemme huomanneet lisähapen käytön olevan varsin yleinen hoitomenetelmä sekä sairaalan sisällä että sen ulkopuolella. Edelleen potilaille annetaan happea varmuuden vuoksi, ilman varsinaista hapen käytön indikaatiota, vaikka liiallisen hapenannon riskit ovat olleet tiedossa jo pitkään (Hakanpää & Harve 2013). Tätä ajatusta tukee myös Branssonin ja Johannigmanin (2013) tutkimus, jonka mukaan hyperoksia on jopa yhtä yleinen löydös sairaalaan tuoduilla potilailla kuin hypoksemia.

Hakanpää ja Harve (2013) arvelevat hapen melko vapaamielisen käytön olevan seurausta happeutumisen muutosten aiheuttamista oireista potilailla: pelätty hypokse- mia näkyy potilaassa heti, kun taas hyperoksemian vaikutuksia ei voida hoitotilan- teessa välittömästi havainnoida.

Liiallinen hapenanto aiheuttaa elimistössä haitallisia vaikutuksia. Rutiininomaisesta lisähapen annosta tulisi pyrkiä eroon ja hapentarjonnan lisäämisen tulisi aina olla perusteltavissa. (Hakanpää & Harve 2013.) Käytännössä tämä tarkoittaa hypoksemi- an toteamista tai häikämyrkytystä (Branson & Johannigman 2013, 86). Lisähapen liial- lisesta käytöstä käydään tällä hetkellä keskustelua KSSHP:n ensihoidossa. Lisähapen käyttökulttuuria pyritään muuttamaan. Tämä edellyttää hoitohenkilöstöltä uusien toimintamallien omaksumista osaksi omaa hoitotyötään. (Pulkkinen 2013.)

## 9.2 Opinnäytetyön luotettavuus ja käytettävyys

Ensihoito on kansainvälisesti varsin nuori ja jatkuvasti kehittyvä terveydenhuollon toimiala. Eri maissa ensihoidon järjestelmät, koulutustaso ja tilastointimenetelmät eroavat toisistaan huomattavastikin, minkä vuoksi kansainvälisten tutkimusten to- teuttaminen, vertailu ja johtopäätösten tekeminen on haastavaa. (Määttä 2013, 27 - 28.) Vammapotilaan hoitokäytännöt ja oppaat perustuvat kansainvälisten koulutus- järjestelmien ohjeisiin. Näiden ohjeistusten taustalla oleva lääketieteellinen näyttö on kuitenkin varsin vaatimatonta, mikä on yksi keskeisimmistä ongelmista vamma- potilaiden ensihoitoa kehitettäessä. (Peräjoki ym. 2013d, 512.)

Tiedonhakuja tehtäessä havaittiin, että kotimaisia tutkimuksia vammapotilaiden hoi- dosta ja traumaperäisestä hengitysvajauksesta on tehty vähän. Kotimainen ensihoi- toa koskeva tutkimus on varsin suppeaa ja keskittynyt lähinnä tiettyihin potilasryh- miin, heidän selviytymiseensä sekä kouluttamiseen ja oppimiseen. Hätätilapotilaiden tieteellistä tutkimusta vaikeuttaa merkittävästi vuoden 2004 tutkimusdirektiivi, jonka mukaan potilaalta tulee saada tietoinen suostumus, ennen kuin hänet voidaan ottaa mukaan tutkimukseen. (Määttä 2013, 30.) Kotimaisen tutkimuksen vähäisyydestä johtuen valtaosa opinnäytetyössä käytetyistä tutkimuksista on kansainvälisiä.

Tässä opinnäytetyössä käytetyt tutkimukset on kerätty Jyväskylän ammattikorkeakoulun verkossa käytettävissä olevista tietokannoista sekä hoitoalan oppikirjoista ja lehdistä. Opinnäytetyöhön hyväksytyt tutkimukset löydettiin luotettavina pidettyjen artikkelitietokantojen, Cinahlin, PubMedin ja Terveystieteen kautta. Alan lehdissä ja oppikirjoissa mainitut tutkimukset etsittiin näistä tietokannoista tai Google Scholar hakukonetta hyödyntäen. Mikäli lähde löydettiin ensisijaisesti Google Scholarin kautta, arvioitiin sen luotettavuutta sen perusteella, löytyikö kyseinen tutkimus myös luotettavina pidetyistä artikkelitietokannoista.

Kahta tutkimusta lukuun ottamatta, kaikki opinnäytetyössä käytetyt tutkimukset täyttivät asetetut kriteerit. Näiden kahden, iältään liian vanhan, tutkimuksen tulokset kuitenkin vahvistettiin uudemmissa tutkimuksissa, minkä vuoksi ne hyväksyttiin mukaan opinnäytetyössä käytettyyn aineistoon. Huomattava osa traumapotilaan hengitysvajauksesta koskevista tutkimuksista keskittyi aivovammapotilaan hengityksen hoitoon. Hengitysvajaus on tutkimusten mukaan traumapotilaille yleinen ilmiö, mutta valtaosa tutkimuksista keskittyi potilaan hoitoon kokonaisuutena. Usein hengitysvajaus jäi tutkimuksissa maininnan tasolle. Hengitysvajauksesta käsitellään tutkimuksissa traumaan liittyvänä oireena, eikä sen hoitoa juurikaan kuvata ja sen tarpeellisuudesta annetaan ristiriitaisia tulkintoja.

Eri maiden ensihoitojärjestelmien toimintaympäristöt ja sairaalaverkostot poikkeavat toisistaan, eikä esimerkiksi kuljetusmatkoja tai -aikoja voi siten välttämättä vertailla keskenään. Esimerkiksi Liebermanin ja muiden (2003) tutkimuksessa traumapotilaat kuljetettiin sairaalaan, joka toimintavalmiudeltaan vastaa lähinnä suomalaista yliopistosairaalaan. KSSHP:n toimialueella tämä voi, tapahtumapaikasta riippuen, tarkoittaa satojen kilometrien kuljetusmatkaa. Vaikka potilaiden onkin osoitettu hyötyvän nopeasta kuljetuksesta lopulliseen hoitoyksikköön, on Keski-Suomen alueella otettava huomioon välimatkat ja kuljetusaika. Nämä seikat vaikuttavat oleellisesti toimintastrategian suunnitteluun. Hoitotoimenpiteet, jotka ulkomaisessa ensihoitojärjestelmässä luokitellaan aikaa vieviksi ja jopa turhiksi, voivat KSSHP:n toimintaympäristössä vaikuttaa suuresti potilaan ennusteeseen. Vaikka kansainvälisesti toiminta on erilaista eri ensihoitojärjestelmissä, ei ihmisen anatomia ja fysiologia muutu valtioiden rajoja ylittäessä. Positiiviset kokemukset traumaperäisen hengitysvajauksen hoidosta

maailmalla tulisi ottaa huomioon, kun uusia toimintamalleja suunnitellaan. Kansainvälisiä tutkimustuloksia ja niiden taustoja tulee kuitenkin tarkastella kriittisesti. Uusien toimintamallien luominen, kansainvälisen tutkimuksen pohjalta, edellyttää tulosten suhteuttamista KSSHP:n toimintaympäristöön.

Opinnäytetyön kirjoittamisprosessin aikana toimeksiantajan kanssa käytiin useita ohjaus- ja arviointikeskusteluja. Näiden avulla varmistettiin sisällön laatu ja käytettävyys KSSHP:n ensihoidon tarpeisiin. Keskusteluiden kautta opinnäytetyön osa-alueita rajattiin tai laajennettiin toimeksiantajan tarpeiden mukaan. Tämän koimme opinnäytetyön työstämistä helpottavana, sillä saamamme palaute ja arviointi edistivät osa-alueiden suunnittelua ja kokonaisuuden hallintaa sekä ylläpiti motivaatiota opinnäytetyöprosessin eri vaiheissa. Sairaalan ulkopuolisessa hoitotyössä toimivalla hoitohenkilöstöllä perustaidot painottuvat eri tavalla, kuin sairaalan sisällä toimivilla hoitotyön ammattilaisilla. Kummallakaan meistä ei ole työkokemusta sairaalan ulkopuolisesta hoitotyöstä ja tämä varmasti osiltaan näkyy opinnäytetyön rakenteessa ja sisällön painotuksessa. Toimeksiantajan kanssa käytyjen ohjauskeskusteluiden avulla ensihoidon näkökulma pystyttiin säilyttämään lopullisessa opinnäytetyössä. Toimeksiantajalta saadun palautteen perusteella katsomme, että opinnäytetyölle asetettu tarkoitus ja tavoitteet on täytetty.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu KSSHP:n toimeksiannosta. KSSHP:n hoitokäytännöt ovat muovautuneet sen toimintaympäristön ja palvelurakenteen mukaan. Mikäli vastaava opinnäytetyö toteutettaisiin erilaiseen toimintaympäristöön, voisivat tulokset ja johtopäätökset lähteistä riippumatta olla tästä opinnäytetyöstä poikkeavia. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla ja Pohjois-Suomessa ensihoidon toimintaympäristö ja palvelurakenne poikkeavat Keski-Suomen sairaanhoitopiiristä muun muassa väestöjakauman, kuljetusmatkojen, sairaalaverkoston ja käytettävissä olevien resurssien osalta. Tätä opinnäytetyötä voidaan soveltaa ensihoidon ja muiden hoitotyön ammattilaisten koulutukseen myös muualla, kuin KSSHP:n toimialueella. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että KSSHP:n toimintaympäristöstä ja palvelurakenteesta poikkeavat tekijät huomioidaan toimialueelle kohdennettua koulutusta järjestettäessä.

Toimeksiantajan kanssa käytyjen keskusteluiden myötä ja opinnäytetyöprosessin aikana oma käsityksemme traumapotilaiden ja hengitysvajauksen hoidosta sekä ensihoidosta on laajentunut huomattavasti. Opinnäytetyö on vahvistanut teoriapohjaa, jolle oma hoitotyön osaamisemme ja ammattitaitomme rakentuu. Suhtautumisemme traumaperäiseen hengitysvajaukseen ja sen hoitoon on opinnäytetyöprosessin aikana muuttunut. Jatkossa hoitotyötä tehdessämme tulemme varmasti kiinnittämään enemmän huomiota näihin muutoksessa oleviin käytäntöihin, joita tässä työssä olemme käsitelleet. Uskomme, että voimme hyödyntää opinnäytetyön tarjoamaa tietoa käytännön hoitotyössä. Tämä kuitenkin edellyttää hankitun tiedon sisäistämistä ja soveltamista omaan työympäristöömme.

### 9.3 Jatkotutkimushaasteita

Tällä hetkellä kaikista traumaista luotettavimmat tiedot valtakunnallisesti saadaan tapaturmaisista kuolemista (Parkkari & Kannus 2010, 18). Jatkotutkimusten kannalta olisi hyödyllistä, että saatavilla olisi monipuolista, helposti käsiteltävää tilastotietoa traumapotilaista. Tämä edellyttäisi tilastollisen tutkimuksen tekemistä vammapotilaiden määrästä, vammojen laadusta ja vammamekanismeista, oireista, löydöksistä, toteutetuista hoitotoimenpiteistä sekä hoitoketjusta ja vammapotilaiden jatkohoidosta. Tätä pitäisimme erinomaisena opinnäytetyön aiheena, sillä näiden tietojen pohjalta KSSH:n:ssä voitaisiin laajasti arvioida esimerkiksi traumapotilaiden hengitystiehallinnan ja muun sairaalan ulkopuolisen hoidon laatua sekä toimintaympäristölle tyypillisiä vammamekanismeja.

Ensihoidon hoitokäytänteet uudistuvat jatkuvasti ja tämän seurauksena myös KSSH:n ensihoidon on vastattava uudistusten mukanaan tuomiin muutoksiin (Pulkinen 2013). Tämä opinnäytetyö keskittyy mekaanisen energian aiheuttaman traumaperäisen hengitysvajauksen hoitoon. Traumapotilaat ovat kuitenkin monimuotoinen ryhmä, eikä yhdellä opinnäytetyöllä voida vastata traumapotilaiden kokonaisuhoitoa koskeviin kysymyksiin. Tämän opinnäytetyön pohjalta toimeksiantajalla heräsi kiinnostus saada lisätutkimusta muun muassa traumapotilaan immobilisaation toteutuksesta ja kivun hoidosta, eri vammamekanismien yksityiskohtaisemmasta tarkastelusta sekä hoitovälineistön ja mittauslaitteiden käytöstä traumapotilaiden hoidossa

(Pulkkinen 2013). Traumapotilaiden hoito on moniammatillista yhteistyötä sairaalan ulkopuolisen ja sen sisäisen hoitohenkilöstön sekä usein myös eri viranomaisten välillä. Jatkossa KSSHP:n alueella tulisi toimeksiantajan mukaan tarkastella tapaturmien tilannejohtamista, viranomaisten välistä yhteistyötä ja viestintää sekä hoitohenkilöstön välistä tiedonvaihtoa ja raportointia. (Pulkkinen 2013.)

Tapaturmiin voi liittyä raakoja piirteitä, vaativia olosuhteita, inhimillisen kärsimyksen kohtaamista sekä väkivallan uhkaa, jotka kaikki kuormittavat hoitohenkilöstöä. Tämän vuoksi traumapotilaan kohtaaminen ensihoidossa voi olla psyykkisesti, fyysisesti ja sosiaalisesti erittäin kuormittavaa. Vakavasti vammautuneiden potilaiden hoito vaatii nopeaa päätöksentekoa ja toimintaa. Monipotilastilanteissa ensihoitaja voi joutua arvioimaan hoidon kiireellisyyttä kahden vakavasti loukkaantuneen potilaan välillä. Nämä seikat yhdistettynä vuorotyön epäsäännöllisyyteen voivat heikentää fyysistä ja psyykkistä työssä jaksamista. (Teperi 2013, 751 - 752.) KSSHP:n ensihoidon työssäjaksamista ja työhyvinvointia tarkasteleva ja edistävä tutkimus olisi näin ollen mielestämme myös paikallaan.

## Lähteet

- A340/6.4.2011. Asetus ensihoidosta. Viitattu 8.10.2013. Valtion säädöstietopankki Finlex. <http://www.finlex.fi/>, Ajantasainen lainsäädäntö.
- Aalto, S. 2009. Hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen uloshengityksestä kapnometrillä. Teoksessa Ensihoidosta päivystyspoliklinikalle. Toim. T. Saastamoinen. WSOY Oppimateriaalit, 98 - 100.
- Alaspää, A. & Holmström, P. 2013. Ensiarvio ja yleistutkimus. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 119 - 122.
- Báez, A. A., Lane, P.L., Sorondo, B. & Giráldez, E. M. 2006. Predictive effect of out-of-hospital time in outcomes of severely injured young adult and elderly patients. Pre-hospital & Disaster Medicine 21, 427 - 430. Viitattu 24.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl.
- Berlac, P., Hyldmo, P. K., Kongstad, P., Kurola, J., Nakstad, A. R. & Sandberg, M. 2008. Pre-hospital airway management: guidelines from a task force from the Scandinavian Society for Anesthesiology and Intensive Care Medicine. Acta Anesthesiologica Scandinavica 52, 897 - 907. Viitattu 28.10.2013. [www.ssai.info](http://www.ssai.info), Guidelines.
- Bernardini, A. & Natalini, G. 2009. Risk of pulmonary aspiration with laryngeal mask airway and tracheal tube: analysis on 65 712 procedures with positive pressure ventilation. Anesthesia 12, 1289 - 1294. Viitattu 29.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, PubMed.
- Bjålie, J. G., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Toverud, K. C. 2009. Ihminen. Fysiologia ja anatomia. WSOY.
- Brander, P. E. 2013. Hengitysvajaus. Lääkärin käsikirja. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 7.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Terveysportti.
- Brander, P. E. & Vuori, A. 2000. Hengitysvajaus. Teoksessa Hengityshoito 4. Toim. J. Herrala, P. Hämäläinen, M. Järvinen & E. Karivaara. Hämeenlinna: Karisto Oy, 63 - 80.
- Branson, R. D. & Johannigman, J. A. 2013. Pre-hospital oxygen therapy. Respiratory care 1, 86 - 97. Viitattu 6.11.2013. rc.rcjournal.com, archives, 2013, January.
- Bushby, N., Fitzgerald, M., Cameron, P., Marasco, S., Bystrzycki, A., Rosenfeld, J. V. & Bailey, M. 2005. Prehospital intubation and chest decompression is associated with unexpected survival in major thoracic blunt trauma. Emergency Medicine Australasia 5 - 6, 443 - 449. Viitattu 29.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, PubMed.
- Böstman, O., Leppäniemi, A., Pihlajamäki, H. & Tukiainen, E. 2010. Ampumavammat. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 279 - 287.

Cudnik, M. T., Newgard, G. D., Wang, H., Bangs, C. & Herrington, R. 2008. Distance impacts mortality in trauma patients with an intubation attempt. *Prehospital Emergency Care* 4, 459 - 466. Viitattu 29.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl.

Davis, D. P., Dunford, J. V., Ochs, M., Park, K. & Hoyt, D. B. 2004. The use of quantitative end-tidal capnometry to avoid inadvertent severe hyperventilation in patients with head injury after paramedic rapid sequence intubation. *Journal of Trauma* 4, 808 - 814. Viitattu 5.11.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl.

Lääketieteen sanasto. 2013. Duodecim terveyskirjasto. Viitattu 10.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Terveysportti.

Ensihoidon perusteet. 2012. Toim. M. Castrén, K. Helveranta, A. Kinnunen, H. Korte, K. Laurila, H. Paakkonen, J. Pousi & O. Väisänen. 4. korjattu p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Erler, C. J., Rutherford, W. F., Rodman, G., Mounts, J., Schutz, D. & Eccles, B. 1993. Inadequate respiratory support in head injury patients. *Air Medical Journal* 7, 223 - 226. Viitattu 5.11.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl.

Hakala, P. 2010a. Posttraumaattinen hengityksen vajaatoiminta. Teoksessa *Traumatologia*. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 75 - 79.

Hakala, P. 2010b. Traumapotilaan anestesia. Teoksessa *Traumatologia*. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 161 - 172.

Hakanpää, S. & Harve, H. 2013. O2 - käyttääkö vai eikö käyttää? *Systole, Ensihoidon erikoislehti*, 3, 20 - 25.

Handolin, L., Kivioja, A. & Lassus, J. 2010. Traumaresuskitaatio. Teoksessa *Traumatologia*. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 149 - 160.

Hengitysvajaus (äkillinen). 2006. Käypä Hoito suositus. Suomalainen lääkärisseura Duodecim ja Suomen anesthesiologiayhdistys. Viitattu 22.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Terveysportti.

Holmström, P. & Alaspää, A. 2013. Hengitysvaikeus. Teoksessa *Ensihoito*. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 301 - 328.

Holmström, P. & Puolakka, J. 2013. Hengityselimistön tutkiminen ja seuranta. Teoksessa *Ensihoito*. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 124 - 129.

Jama, T. 2008. Suositus hengitystien hallinnasta sairaalan ulkopuolella. *Systole, Ensihoidon erikoislehti* 6, 6 - 7.

Jama, T. 2013a. Hukkuminen. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 592 - 598.

Jama, T. 2013b. Hypotermia. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 603 - 611.

Juntunen, J. 2009. Hypotermian vaikutukset traumapotilaaseen. Systole, Ensihoidon erikoislehti 1, 16 - 19.

Jämsén, J. 2009. Rankalauta vai tyhjiöpatja? Systole, Ensihoidon erikoislehti, 1, 26 - 29.

Katila, A. 2011. Intraosseali-infuusio - paranneltu vanha tekniikka. Finnanest 3, 202 - 205. Viitattu 11.11.2013. [www.finnanest.fi](http://www.finnanest.fi), Lehtiarkisto, vuosi 2011.

Kalso, E. & Salomäki, T. Traumapotilaan kivunhoito. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 173 - 177.

Kempainen, M. 2013. Potilaan vastaanottaminen päivystyksessä. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 92 - 101.

Kette, F., Reffo, I., Giordani, G., Buzzi, F., Borean, V., Cimarosti, R., Codiglia, A., Hattinger, C., Mongiat, A. & Tararan, S. 2005. The use of laryngeal tube by nurses in out-of-hospital emergencies: preliminary experience. Resuscitation 1, 21 - 25. Viitattu 5.11.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, PubMed.

Kılıç, T., Goksu, E., Durmaz, D. & Yıldız, G. 2013. Upper cervical spine movement during intubation with different airway devices. The American journal of emergency medicine 7, 1034 - 1036. Viitattu 31.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Terveysala, PubMed.

Korte, H. & Myllyrinne, K. 2012. Ensiapu. Suomen punainen risti. Espoo: Wellprint.

Kuisma, M. & Harve, H. 2013. Korva- nenä- ja kurkkutautien akuuttitilanteet. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 493 - 501.

Kuuri-Riutta, A. 2009a. Hengityksen hallinta. Teoksessa Ensihoidosta päivystyspoliklinikalle. Toim. T. Saastamoinen. WSOY Oppimateriaalit, 130 - 144.

Kuuri-Riutta, A. 2009b. Kivun hoito. Teoksessa Ensihoidosta päivystyspoliklinikalle. Toim. T. Saastamoinen. WSOY Oppimateriaalit, 237 - 248.

Kähkönen, M. 2008. Kylmäsuojaus ensiavussa ja ensihoidossa. Systole, Ensihoidon erikoislehti 6, 48 - 51.

L1326/30.12.2010. Terveystieteiden lakien muuttaminen. Viitattu 8.10.2013. Valtion säädöstietopankki Finlex. <http://www.finlex.fi>, Ajantasainen lainsäädäntö.

- Lassus, J. & Kröger, H.. 2010. Vammamekanismi. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 25 - 36.
- Liberman, M., Mulder, D., Lavoie, A., Denis, R. & Sampalis, J. S. 2003. Multicenter Canadian study of prehospital trauma care. *Annals of surgery* 2, 153 - 160. Viitattu 24.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, PubMed.
- Lindqvist, C. 2010. Kasvovammat. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 391 - 410.
- Lintu, M. 2012. Ensihoitopalvelun järjestämisvastuu siirtyy Keski-Suomen sairaanhoitopiirille vuoden 2013 alusta. Tiedote ensihoitopalvelun uudistumisesta Keski-Suomen sairaanhoitopiirin sivuilla. Viitattu 14.11.2013.  
<http://www.ksshp.fi/Public/default.aspx?contentid=39115&nodeid=36418>
- Lintu, M., Pulkkinen, T., Jämsen, J. & Kujala, J. 2013. Ensihoito, hoito-ohjeet, lääkeopas 2013. Keski-Suomen sairaanhoitopiiri.
- Lund, V. & Valli, J. 2013. Vaikeasti vammautunut potilas. Teoksessa Ensihoito-opas. Toim. T. Silfvast, M. Castrén, J. Kurola, V. Lund, M. Martikainen. 6. uud. p. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy, 225 - 244.
- Länkimäki, S. 2008. Supraglottiset välineet hengitysteiden hallinnassa. *Systole, Ensihoidon erikoislehti* 6, 8 - 11.
- Michalek-Sauberer, A., Granegger, M. & Gilly, H. 2011. The efficacy of spontaneous and controlled ventilation with various cricothyrotomy devices: a quantitative in vitro assessment in a model lung. *Journal of Trauma* 4, 886 - 892. Viitattu 4.11.2013.  
[www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl.
- Mäkinen, T. & Siltala, J. 2012. Intraosseaalisyhteys EZ-IO -laitteella hoitotason ensihoidossa. Opinnäytetyö, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, ensihoidon koulutusohjelma. Viitattu 11.11.2013. <https://publications.theseus.fi/handle/10024/38868>
- Määttä, T. 2013. Ensihoitopalvelun organisointi. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 14 - 30.
- Parkkari, J & Kannus, P. 2010. Tapaturmien yleisyys ja torjunta. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 17 - 24.
- Peräjoki, K., Taskinen, T. & Hiltunen, T. 2013a. Tilanarvio. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 519 - 525.
- Peräjoki, K., Taskinen, T. & Hiltunen, T. 2013b. Vammamekaniikka. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 514 - 519.

- Peräjoki, K., Taskinen, T. & Hiltunen, T. 2013c. Vammapotilaan tutkiminen ja hoito. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 526 - 538.
- Peräjoki, K., Taskinen, T. & Hiltunen, T. 2013d. Vammapotilas. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 512 - 513.
- Pulkkinen, T. 2013. Osastonhoitaja. Keski-Suomen sairaanhoitopiirin ensihoidon osasto. Opinnäytetyön ohjauskeskustelut , syksy 2013.
- Puolakka, J. 2013a. Hengitystien hallinta. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 193 - 203.
- Puolakka, J. 2013b. Suoniyhteys. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 208 - 213.
- Rasku, T., Sopanen, P. & Toivola, T. 1999. Hoitoa ympäri vuorokauden. Ensi- ja polikliininen hoito. Porvoo: WSOY.
- Reinikainen, M. & Ruokonen, E. 2010. Traumapotilaan hengitylaitehoito. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 187 - 198.
- Reitala, J. 2012. Hengitysvaikeus. Teoksessa Ensihoidon perusteet. Toim. M. Castrén, K. Helveranta, A. Kinnunen, H. Korte, K. Laurila, H. Paakkonen, J. Pousi & O. Väisänen. 4. korjattu p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Salo, J. A., Sihvo, E., Räsänen, J. & Volmonen, K. 2010. Thoraxvammat. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 311 - 322.
- Sand, O., Sjaastad, O-V., Haug, E., Bjålie, J-G. & Toverud, K-C. 2011. Ihminen; Fysiologia ja anatomia. Helsinki: WSOYPro Oy.
- Schalk, R., Meininger, D., Ruesseler, M., Oberndörfer, D., Walcher, F., Zacharowski, K., Latasch, L. & Byhahn, C. Emergency airway management in trauma patients using laryngeal tube suction. 2011. Prehospital Emergency Care 3, 347 - 350. Viitattu 29.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl.
- Seamon, M. J., Doane, S. M., Gaughan, J. P., Kulp, H., D`Andrea, A. P., Pathak, A. S., Santora, T. A., Goldberg, A. J & Wydro, G. C. 2013. Prehospital interventions for penetrating trauma victims: A prospective comparison between Advanced Life Support and Basic Life Support. Injury 5, 634 - 638. Viitattu 8.11.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, PubMed.
- Silfvast, T. 2010. Ensihoito sairaalan ulkopuolella ja kuljetuksen aikana. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 119 - 126.

- Sopanen, P. 2009a. Hengitysvaikeuspotilaan hoito. Teoksessa Ensihoidosta päivystyspoliklinikalle. Toim. T. Saastamoinen. WSOY Oppimateriaalit Oy, 306 - 328.
- Sopanen, P. 2009b. Monivamma- ja traumapotilaan hoito. Teoksessa Ensihoidosta päivystyspoliklinikalle. Toim. T. Saastamoinen. WSOY Oppimateriaalit Oy, 430 - 456.
- Stockinger, Z. T. & McSwain, N. E. 2004a. Prehospital endotracheal intubation for trauma does not improve survival over bag-valve-mask ventilation. The Journal of Trauma 3, 531 - 536. Viitattu 29.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, PubMed.
- Stockinger, Z. T. & McSwain, N. E. 2004b. Prehospital supplemental oxygen in trauma patients: its efficacy and implications for military medic. Military medicine 8, 609 - 612. Viitattu 7.11.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl
- Stone, B. J., Chantler, P. J. & Baskett, P. J. F. 1998. The incidence of regurgitation during cardiopulmonary resuscitation: a comparison between the bag valve mask and laryngeal mask airway. Resuscitation 1, 3 - 6. Viitattu 5.11.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, PubMed.
- Suomen Virallinen Tilasto. 2012a. Kuolemansyyt 2011, 1. Kuolemansyyt vuonna 2011. Viitattu 12.11.2013. [http://www.tilastokeskus.fi/til/ksyyt/2011/ksyyt\\_2011\\_2012-12-21\\_kat\\_001\\_fi.html](http://www.tilastokeskus.fi/til/ksyyt/2011/ksyyt_2011_2012-12-21_kat_001_fi.html)
- Suomen Virallinen Tilasto. 2012b. Kuolemansyyt 2011, Liitetaulukko 1a. Kuolleet peruskuolemansyyn (54-luokkainen luokitus) ja iän mukaan 2011, molemmat sukupuolet. Viitattu 12.11.2013. [http://www.tilastokeskus.fi/til/ksyyt/2011/ksyyt\\_2011\\_2012-12-21\\_tau\\_001\\_fi.html](http://www.tilastokeskus.fi/til/ksyyt/2011/ksyyt_2011_2012-12-21_tau_001_fi.html)
- Tanskanen, P. 2013. Aivovammat. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 539 - 548.
- Teperi, A-M. 2013. Työssä jaksaminen. Teoksessa Ensihoito. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 751 - 763.
- Tortora, G-J. & Derrickson, B. 2007. Principles of anatomy and physiology. 11 p. Wiley & Sons Inc.
- Traumatologia. 2010. Toim. H. Kröger, Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Tulikoura, I. 2010. Elimistön reaktiot traumaan. Teoksessa Traumatologia. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 51 - 73.
- Valtioneuvoston päätös 1077/1990. Valtioneuvoston päätös erityistason sairaanhoidon erityisvastuualueista. Valtion säädöstietopankki Finlex. Viitattu 28.11.2013. <http://www.finlex.fi>, Ajantasainen lainsäädäntö.

Warner, K. J., Cuschieri, J., Garland, B., Carlbom, D., Baker, D., Copass, M. K., Jurkovich, G. J. & Bulger, E. M. 2009. The utility of end-tidal capnography in monitoring ventilation status after severe injury. *Journal of trauma* 1, 26 - 31. Viitattu 5.11.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl.

Wayne, M. A. & McDonnel, M. 2010. Comparison of traditional versus video laryngoscopy in out-of-hospital tracheal intubation. *Prehospital Emergency Care* 2, 278 - 282. Viitattu 31.10.2013. [www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Cinahl.

Ångerman-Haasmaa, S. 2013. Nestehoito. Teoksessa *Ensihoito*. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 214 - 223.

Ångerman-Haasmaa, S. & Aaltonen, J. 2013. Sokki. Teoksessa *Ensihoito*. Toim. H. Kokkonen ja S. Hanste. 3. uud. p. Sanoma Pro oy, 423 - 437.

Öhman, J. & Pälvimäki, E-P. 2010. Aivovammat. Teoksessa *Traumatologia*. Toim. H. Kröger, H. Aro, O. Böstman, J. Lassus & J. Salo. 7. uud. p. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 363 - 375.