

Papukaijojen (*Psittaciformes*) hengitysteiden anatomia ja yleisimmät hengitystiesairaudet

Kirjallisuuskatsaus

Elina Sirainen

Lisensiaatin tutkielma

Eläinlääketieteellisten biotieteiden osasto

Anatomian ja kehitysbiologian oppiaine

Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

2011



Tiedekunta - Fakultet – FacultyEläinlääketieteellinen tiedekunta		Osasto - Avdelning – Department Eläinlääketieteellisten biotieteiden osasto	
Tekijä - Författare – Author <u>Elina Sirainen</u>			
Työn nimi - Arbetets titel – Title <u>Papukaijojen (<i>Psittaciformes</i>) hengitysteiden anatomia ja yleisimmät hengitystiesairaudet</u>			
Oppiaine - Läroämne – Subject <u>Anatomia</u>			
Työn laji - Arbetets art – Level Kirjallisuuskatsaus		Aika - Datum – Month and year 31.10.2011	
		Sivumäärä - Sidoantal – Number of pages 35	
Tiivistelmä - Referat – Abstract <p>Lintujen anatomia poikkeaa nisäkkäiden anatomiaa merkittävästi. Anatomisia eroja on paljon hengityselimistöissä, sillä lintujen hengityselimistö on huomattavasti tehokkaampi kuin nisäkkäiden hengityselimistö. Tehokas hengitys on edellytys lentämiseksi. Kevyet rakenteet helpottavat lentämistä, minkä vuoksi hengityselimistöön kuuluu useita ilmantäyteisiä umpipusseja. Lintulajien välillä on selviä anatomisia eroja, jotka liittyvät kunkin lajin tyypilliseen elintapaan. Havaittavissa olevia anatomisia eroja on myös eri papukaijalajien välillä.</p> <p>Ylemmät hengitystiet alkavat sieraimista, jotka sijaitsevat papukaijoilla nokan tyvessä lateraalisesti. Sierainten sijainnissa ja muodossa on lajien välistä vaihtelua. Papukaijoilla sieraimia ympäröi paksu vaha. Nenäontelo on pitkä ja lateraalisesti litistynyt. Sen jakaa oikeaan ja vasempaan osaan ohut väliseinä. Nenäontelossa on kolme nenäkuorikkoa ja kolme onteloa, joiden lisäksi papukaijoilla on hyvin kehittyneet nenän sivuontelot. Suurin sivuontelo on infraorbitaalinen sinus, josta erkanee useita pienempiä umpipusseja. Nenäontelo on yhteydessä nieluun nenänieluaukon välityksellä. Nielun pohjalla on kurkunkpää, jossa on linnuilla neljä kurkunkpäänrustoa mutta ei lainkaan kurkunkantta. Nisäkkäistä poiketen lintujen ääni ei muodostu kurkunkpäässä.</p> <p>Alemmat hengitystiet sijaitsevat linnuilla ruumiinontelon kraniaalisessa osassa, koska linnuilla ei ole palleaa, joka jakaisi ruumiinontelon rintaonteloon ja vatsaonteloon. Henkitorvi koostuu rustorenkaista, jotka ovat papukaijoilla litistyneet dorsoventraalisuunnassa. Jokaisen renkaan toinen lateraalisivu on leveämpi niin, että leveä alue on vuoroin oikealla ja vuoroin vasemmalla. Leveät osat rengasta ovat aina kapeamman renkaan osan ulkopuolella. Henkitorven bifurkaatiossa sijaitsee papukaijojen äänielin. Se koostuu muuntuneista henkitorven rustoista ja kalvorakenteista.</p> <p>Lintujen keuhkot ovat kiinteät, laajentumattomat ja lohkontomat. Keuhkot sijaitsevat ruumiinontelon kraniaaliosassa dorsaalaisesti kylkiluita ja selkärankaa vasten. Kummastakin primaarisesta keuhkoputkesta haarautuu neljä sekundaaristen keuhkoputkien joukkoa, jotka haarautuvat edelleen tertiärisiin keuhkoputkiin eli parabroncheihin. Tertiärisien keuhkoputkien seinämissä olevista aukoista ilma pääsee pienten onkaloiden kautta ilmapillaarien verkostoon, joissa kaasujenvaihto tapahtuu.</p> <p>Ilmapussit muodostavat suurimman osan hengityselimistön tilavuudesta. Ilmapussit ovat yksinkertaisesta levyepiteelistä ja sidekudoksesta koostuvia pusseja, jotka eivät osallistu kaasujenvaihtoon. Ilmapusseista lähtee umpipusseja, jotka ulottuvat siipien luiden sisälle ja useisiin selkänikamiin. Ilmapussien määrä vaihtelee lintulajien välillä, mutta papukaijoilla niitä on yhdeksän.</p> <p>Hengitystieinfektioita aiheuttavat papukaijoille bakteerit, virukset, sienet ja loiset. Vääränlainen ruokavalio aiheuttaa myös hengitystieoireita. Hyvin tehokkaan hengityselimistön vuoksi linnut ovat erityisen herkkiä kaasumuodossa oleville myrkyille. Useissa infektioissa huonot elinolot, väärä ravinto ja stressi altistavat taudin puhkeamiselle. Sairaita lintuja käsiteltäessä tulee aina muistaa, että osa lintujen hengitystiesairauksista on zoonoottisia. Esimerkiksi klamydioosi ja lintuinfluenssa voivat tarttua infektoituneesta linnusta ihmiseen.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords <u>Linnut, papukaijat, anatomia, hengitystiet, hengitystiesairaudet</u>			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited <u>Viikin kampuskirjasto</u>			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) – Instruktör och ledare – Director and Supervisor(s) Työn johtaja Antti Iivanainen ja ohjaaja Juha Laakkonen			

Sisältö

1 Johdanto.....	1
1.1 Papukaijoista.....	2
2 Anatomia.....	4
2.1 Ylemmät hengitystiet.....	4
2.1.1 Nenäontelo.....	4
2.1.2 Nenän sivuontelot.....	5
2.1.3 Kurkunpää.....	6
2.2 Alemmat hengitystiet.....	8
2.2.1 Henkitorvi.....	8
2.2.2 Syrinx.....	8
2.2.3 Keuhkoputket.....	10
2.2.4 Keuhkot	13
2.2.5 Ilmapussit.....	14
2.3 Pneumaattiset luut.....	16
2.4 Pleura.....	16
2.5 Hengityslihakset.....	17
3 Yleisimmät hengitysteiden sairaudet.....	18
3.1 Bakteeri-infektiot.....	18
3.1.1 Klamydioosi.....	18
3.1.2 Tuberkuloosi.....	19
3.2 Virusinfektiot.....	20
3.2.1 Linturokko.....	20
3.2.2 Amatsonien trakeiitti	21
3.2.3 Lintuinfluenssa	22

3.3 Sieni-infektiot.....	23
3.3.1 Aspergilloosi.....	23
3.3.2 Kandidiaasi.....	25
3.4 Loiset.....	25
3.4.1 <i>Sternostoma tracheacolum</i>	25
3.4.2 <i>Syngamus trachea</i>	26
3.4.3 Trikomoniaasi.....	27
3.5 Noninfektiiviset hengitystiesairaudet.....	27
3.5.1 A-vitamiinin puutos.....	27
3.5.2 Polytetrafluoroetyleenimyrkytys.....	28
3.5.3 Ilmapussin repeämä.....	29
4 Pohdinta.....	30
5 Kirjallisuusluettelo.....	33

1 Johdanto

Maailmassa on yli 9000 lintulajia ja nisäkkäitä vain noin 5400 lajia. Kuitenkin ehdottomasti suurin osa eläinlääkärin vastaanotolle tulevista potilaista edustaa vain muutamaa nisäkäslajia. Eläinlääkäreille opetetaan koulutuksen aikana erittäin vähän eksoottisten eläinten hoitamisesta, mikä on varmasti yksi syy siihen, että näiden eläinten hoitaminen koetaan vaikeaksi. Kuntapraktiikassa lintuja ei tule vastaanotolle joka päivä, joten voisi olettaa, ettei moni eläinlääkäri priorisoi lemmikkilintuihin perehtymistä kovin tärkeäksi asiaksi. Yleisimpiä papukaijojen sairauksia pystyy kuitenkin diagnosoimaan ja hoitamaan, jos on edes hieman tutustunut lintuihin ja omistaa jonkun eksoottisia eläimiä käsittelevän perusteoksen. Eläinlääkäreiden ei tulisi turhaan arkailla lemmikkilintujen hoitamista ja aliarvioida hoitotaitojaan.

Lintujen anatomia poikkeaa nisäkkäiden anatomiasta monella tavalla. Nisäkkäiden anatomiaan verrattuna lintujen anatomiaa tunnetaan vain vähän. Eniten on tutkittu kanan (*Gallus gallus domesticus*) anatomiaa. Papukaijojen anatomiaa on tutkittu varsin vähän, minkä vuoksi näiden lajien anatomian tietoa on saatavilla vain muutamista julkaistuista artikkeleista ja lintuja käsittelevistä kirjoista. Anatominen termistö ei ole myöskään kovin vakiintunutta, eikä monille rakenteille ole lainkaan suomenkielistä vastinetta. Useiden anatomisten erityispiirteiden taustalla on lintujen sopeutuminen lentämiseen, minkä vuoksi monet rakenteet ovat hyvin kevyitä. Myös lintulajien välillä on merkittäviä anatomisia eroja. Rakenteiden keveyden lisäksi lentokyky vaatii linnulta tehokkaan hengityselimistön.

Papukaijojen hengitystiesairauksista ei ole paljon tieteellisiä julkaisuja. Lintujen sairauksia ja lääkintää käsittelevissä kirjoissa kerrotaan myös hengitystiesairauksista ja niiden hoitamisesta perustietoa, jonka avulla eläinlääkäri pystyy diagnosoimaan ja hoitamaan yleisimpiä sairauksia. Hengitystiesairauksia aiheuttavat bakteerit, virukset, sienet ja loiset. Monet näistä sairauksista ovat tyyppisiä vain tietyille lintulajeille. Huonot elinolosuhteet, vääränlainen ravinto ja stressi altistavat monien tautien puhkeamiselle. Lintujen tehokkaan hengityselimistön takia kaasumuodossa olevat myrkyt ovat hyvin vaarallisia linnuille, koska ne pystyvät vaikuttamaan nopeasti laajaan

hengityselimistöön. Myös vääränlainen ravinto aiheuttaa linnuille hengitystieoireita. Hauras hengityselimistö on lisäksi altis traumaalille. Eläinlääkärin on tärkeää muistaa, että osa lintujen hengitystieinfektioista on eläimistä ihmisiin tarttuvia tauteja (zoonoosit). Lintuinfluenssa on Suomessa lakisääteisesti vastustettava, helposti leviävä eläintauti.

Tässä liseniaatin tutkielmassani käsittelen papukaijojen (*Psittaciformes*) hengityselimistön anatomiaa keskittyen erityisesti makroskooppiseen anatomiaan. Lisäksi nostan esille muutamia yleisimpiä ja merkittävimpiä papukaijojen infektiivisiä ja noninfektiivisiä hengitystiesairauksia, jotka eläinlääkärin tulisi osata tunnistaa ja hoitaa.

1.1 Papukaijoista

Lemmikkeinä pidetään hyvin laajaa kirjoa papukaijalajeja (*Psittaciformes*). Yleisimpiä lemmikkipapukaijoja ovat undulaatit (*Melopsittacus undulatus*) ja neitokakadut (*Nymphicus hollandicus*). Lisäksi melko yleisiä lemmikkilajeja ovat kaijaset (*Agapornis* spp.), rosellat (*Platyercus* spp.), harmaapapukaijat (*Psittacus erithacus*), kakadut (*Cacatuinae* spp.), amatsonin papukaijat (*Amazona* spp.) ja arat (*Ara* spp.). (Beynon ym. 1996.) Nämä lajit ovat alun perin lähtöisin Afrikasta, Etelä- ja Väli-Amerikasta, Australiasta, Uudesta-Seelannista ja Kaakkois-Aasiasta (Roskopf & Woerpel cop. 1996).

Papukaijalajit eroavat toisistaan muun muassa koon, värityksen, ruokavalion ja käyttäytymisen perusteella (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Pienimmät lemmikkipapukaijat, undulaatit, ovat noin 18 cm pitkiä ja painavat 30–40 g (Banjo 2008). Suurimmat eläinlääkärin vastaanotolle mahdollisesti tulevat papukaijat, hyasinttiarat (*Anodorhynchus hyacinthinus*), ovat jopa metrin pituisia ja painavat noin 1,5 kg (Hagan 2004). Pienten papukaijojen ruokavalio koostuu siemenistä, hedelmistä ja vihanneksista, kun taas suuret papukaijat syövät pähkinöitä ja hedelmiä (Beynon ym. 1996). Papukaijojen elinikä vaihtelee lajista riippuen kymmenestä vuodesta noin 80

vuoteen. Yleisesti voidaan sanoa, että mitä suurempi papukaija on kyseessä, sitä pidempään se todennäköisesti elää. (Tuutti 2011.)

2 Anatomia

2.1 Ylemmät hengitystiet

2.1.1 Nenäontelo

Sierainten muodossa ja sijainnissa on hyvin paljon vaihtelua eri lintulajien kesken (King & McLelland 1975). Sieraimet ovat linnuilla usein pitkänomaiset raot nokan yläosassa (Getty ym. 1975), ja papukaijoilla ne sijaitsevat nokan tyvessä lateraalisesti (O'Malley ym. 2005). Sieraimia ympäröi papukaijoilla paksu vaha (*cera*), joka kattaa nokan tyven alueen (O'Malley ym. 2005). Undulaateilla sierainten ympärillä oleva vaha on koirailta sinertävä ja naarailta ruskea. Aivan sierainten sisäpuolella, dorsaalisesti nenäontelossa, on sarveistunut kudosläppä (*operculum*). (Getty ym. 1975, Tully ym. 2009.) Operculumin sijainti sierainten sisäpuolella on tyypillistä juuri papukaijoille (Heard 1997). Kudosläpän tehtävänä on estää vierasesineiden pääsy nenäonteloon (O'Malley ym. 2005).

Nenäontelo on pitkän mallinen (Farner ym. 1972) ja lateraalisesti litistynyt (O'Malley ym. 2005). Sen jakaa oikeaan ja vasempaan osaan ohut mediaalinen väliseinä (O'Malley ym. 2005). Nenäontelosta voidaan erottaa kolme toisiinsa yhteydessä olevaa onteloa (Getty ym. 1975). Jokaisessa ontelossa on nenäkuorikko, joka on lähtöisin nenäontelon lateraalisesta seinästä (Farner ym. 1972). Nenäkuorikot ovat rustoisia ja ovat rakenteeltaan kiertyneitä (Heard 1997). Nenäkuorikoita verhoava epiteeli on poimuttunutta lisäten kuorikoiden pinta-alaa. Kuorikot ovat hyvin verisuonitetut, niiden verisuonet muodostavat erittäin tiheän verkoston (*rete mirabile*).

Nenäkuorikoita on kolme erilaista; rostraalinen, mediaalinen ja kaudaalinen. (O'Malley ym. 2005.)

Nenäontelon eteinen eli vestibulaarinen osasto sijaitsee nokassa rostraalisesti. Siinä on rostraalinen nenäkuorikko, jonka pinta on kerrostunutta levyepiteeliä. Respiratorinen osasto sijaitsee keskellä nenäonteloa ja mediaalinen nenäkuorikko on tässä osastossa. (Getty ym. 1975.) Mediaalinen nenäkuorikko on suurin nenäkuorikoista (Heard 1997). Osastoa verhoavassa epiteelissä on pikarisoluja sekä värekarvallisia epiteelisoluja. Respiratorinen osasto on yhteydessä suuonteloon nenänieluaukon (*choana*)

välityksellä. (Getty ym. 1975.) Nenänieluaukko on nielun katossa oleva pitkänmallinen ohut rako, jonka kautta hengitysilma kulkee nieluun (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Olfaktorinen osasto on kaudaalisin. Kaudaalinen nenäkuorikko, jonka pinnalla hajuaistinepiteeli on, sijaitsee tässä osastossa. (Getty ym. 1975.) Kaudaalinen nenäkuorikko ei ole suoraan yhteydessä nenäonteloon vaan aukeaa dorsaalisesti infraorbitaaliseen sinukseen (Tully ym. 2009).

Nenän väliseinä (*septum nasale*) jakaa nenäontelon oikeaan ja vasempaan puoliskoon (Getty ym. 1975). Väliseinä on luutunut (Heard 1997). Nenäontelon pohjaa tukevat rostraalisesti yläleuanluu (*maxilla*) ja *premaxilla*. Kaudaalisesti pohjaa tukevat vain suulaenluu (*os palatinum*) ja vannasluu (*vomer*), jotka molemmat ovat siroja luita. Tämän vuoksi suurin osa nenäontelon pohjasta on pehmytkudosten rajaamaa. Nenäonteloa rajaavat dorsaalisesti *premaxilla* ja rostraalisesti nenäluut (*os nasale*), nenäontelon kattoa tukee kaudaalisesti kyynelluu (*os lacrimale*). Lateraalisilla sivuilla nenäonteloa tukevat nenä- ja kyynelluu. (Getty ym. 1975.)

2.1.2 Nenän sivuontelot

Papukaijoilla nenän sivuontelot ovat varsin hyvin kehittyneet (O'Malley ym. 2005). Molemminpuolinen infraorbitaalinen sinus sijaitsee yläleuassa lateraalisessa nenäontelossa rostroventraalisesti silmään nähden (Getty ym. 1975, Heard 1997). Papukaijoilla oikea ja vasen infraorbitaalinen sinus ovat yhteydessä toisiinsa poikittaisella kanavalla (Heard 1997). Sivuentelons dorsokaudaalinen reuna on silmää vasten. Infraorbitaalista sinusta rajaavia luita ovat nenäluu, yläleuanluu, suulaenluu ja poskiluu (*os jugale*). Kuitenkin suurin osa sivuentelons seinästä on pehmytkudosta. Rostraalisessa osassa sivuenteloa on kerrostunutta levyepiteeliä, joka muuttuu kaudaalisuuntaan siirryttäessä värekarvalliseksi lieriöepiteeliksi. (Getty ym. 1975.) Lieriöepiteelissä on lisäksi muutamia limarauhasia (Heard 1997). Kumpikin infraorbitaalinen sinus on yhteydessä nenäonteloon kahdesta kohdasta (Heard 1997), dorsaalisesti kaudaalisen nenäkuorikon dorsaaliseen osaan sekä mediaaliseen nenäkuorikkoon (Graham 2004).

Infraorbitaalissa sinuksessa on useita pienempiä umpipusseja (Heard 1997), jotka ulottuvat nokkaan ja korvan alueelle (O'Malley ym. 2005). Amatsonin papukaijoilla umpipusseja on viisi erilaista (Heard 1997). Rostraalinen umpipussi on pariton ja se on nokan rostraalikärjessä. Preorbitaalinen umpipussi on parillinen ja sijaitsee silmän rostraalisella puolella. Vastaavasti parillinen postorbitaalinen umpipussi sijaitsee silmän kaudaalipuolella. Tämä umpipussi jakautuu kahteen osaan korvakäytävän kohdalla. Infraorbitaalinen umpipussi on myös parillinen ja sijaitsee suborbitaalisen kaaren takana mediaalisesti silmään nähden. Alaleuassa oleva mandibulaarinen umpipussi on parillinen. (Graham 2004.) Amatsonin papukaijoilla mandibulaarinen umpipussi on suuri ja se ylittää nokan tyvestä pitkälle rostraalisuuntaan (Heard 1997). Maksillaarinen kammio yhdistää rostraalisen ja preorbitaalisen umpipussin. Silmäkuopan alla on suborbitaalinen kammio (Graham 2004).

Infraorbitaalinen sinus on kaudaaliosastaan yhteydessä kaulaan ja pään alueen ilmapussiin (*diverticulum*) (O'Malley ym. 2005), joka ei kuitenkaan ole muuta kautta yhteydessä hengityselimistöön (Heard 1997). Tämä ilmapussi on parillinen. Se on laajin vahvimmillä lentäjälajeilla kuten esimerkiksi papukaijoilla. Ilmapussissa on kaksi osaa, joista toinen sijaitsee pään alueella ja toinen kaulan alueella. Osia yhdistää kapea käytävä. Papukaijoilla pään puoleinen osa on kallon takana dorsoventraalisuunnassa. Kaulan puoleinen osa sijoittuu kaulan dorsolateraalisivulle ja jatkuu kaudaalisesti. (Heard 1997.)

2.1.3 Kurkunpää

Kurkunpää sijaitsee nielun pohjalla (Roskopf & Woerpel cop. 1996) ja se koostuu linnuilla neljästä kurkunpäänrustosta (Getty ym. 1975). Rustot ovat osittain luutuneita (King & McLelland 1975). Niistä parittomat sormusrusto eli rengasrusto (*cartilago cricoidea*) ja procricoidi rusto (*cartilago procricoidea*) ovat mediaalisia ja kannurustot (*cartilago arytenoidea*) ovat lateraalisia. Sormusrusto koostuu kolmesta osasta. Mediaalinen runko on kourumainen ja dorsaalisuunnasta katsottuna kovera. Rusto kapenee rostraalisuuntaan muodostaen ulokkeen (*processus rostralis*). Sormusruston kaudaaliosassa ovat dorsaalisuuntaan kaartuvat siivekkeet, jotka kiinnittyvät rungon

lateraalireunoihin ohuella ja joustavalla rustolla. Siivekkeiden rostraaliset reunat ovat paksuuntuneet, ja kannuruston kaudaalinen osa on näitä reunoja vasten. Siivekkeiden mediaaliset reunat taas nivELYVÄT procricoidiin rustoon muodostaen procricocricoidin nivelen. Procricoidi rusto on pieni ja pilkun muotoinen. Ruston runko on kraniaalisesti ja häntämäinen osa kaudaalisesti. Se sijaitsee dorsaalisesti sormusrustoon nähden. Procricoidissa rustossa on lisäksi nivelpinnat oikealle ja vasemmalle kannurustolle. Kannurustot ovat parilliset. Rustossa on runko (*corpus*), rostraalinen uloke (*processus rostralis*) ja kaudaalinen uloke (*processus caudalis*). Runko-osa nivELYTYÄ procricoidiin rustoon muodostaen procricoarytenoidin nivelen. (Getty et al. 1975.) Kannurustojen väliin jää kapea äänirako (*glottis*) (King & McLelland 1975). Ääniraossa ei ole lainkaan äänihuulia (O'Malley ym. 2005). Nisäkkäisiin verrattuna linnuilta puuttuu kokonaan kurkunkannenrusto (*cartilago epiglottica*) sekä kilpirusto (*cartilago thyroidea*) (Getty ym. 1975).

Kurkunpäässä on yksi pariton ja viisi parillista sisäistä ligamenttia, sekä yksi parillinen ulkoinen ligamentti. Parillisia kurkunpään sisäisiä ligamentteja ovat lateraalinen sormusruston ligamentti, perifeerinen sormus- ja kannuruston ligamentti (*ligamentum aryteno-cricoideum*), kaudaalinen sormus- ja kannuruston ligamentti sekä procricocricoidin ja procricoarytenoidin nivelen kapselilliset ligamentit (*ligamentum procricocricoideum* ja *ligamentum procrico-arytenoideum*). Pariton kurkunpään sisäinen ligamentti on arytenoarytenoidi ligamentti (*ligamentum interarytenoideum*). Parillinen ulkoinen ligamentti on arytenoglossaalinen ligamentti (*ligamentum arytenoglossale*) kannuruston ja paraglossaalisen kieliluun välillä. (Getty ym. 1975.)

Linnuilla on kurkunpäässä kaksi paria sisäisiä lihaksia, kaksi paria ulkoisia lihaksia, sekä yksi pariton ulkoinen lihas. Kurkunpään sisäisiä lihaksia ovat syvä ja pinnallinen lihas, ne kiinnittyvät vain kurkunpäänrustoihin. Ulkoiset lihakset kiinnittyvät kurkunpäänrustojen lisäksi muihinkin rakenteisiin. Ulkoisia lihaksia ovat parilliset rostraalinen ulkoinen lihas ja kaudolateraalinen ulkoinen lihas, sekä pariton kaudomediaalinen ulkoinen lihas. (Getty ym. 1975.) Kurkunpään limakalvon pinta on valekerrostunutta epiteeliä, jossa on yksisoluisia limarauhasia ja harjanteita, joissa on värekarvoja (King & McLelland 1975).

2.2 Alemmat hengitystiet

2.2.1 Henkitorvi

Henkitorvi (*trachea*) kulkee kaulan kraniaaliosassa ventraalisesti ruokatorveen nähden. Henkitorvi siirtyy kaudaalisuuntaan kohti edetessään kaulan oikealle sivulle (Getty ym. 1975), pysyen koko ajan ruokatorven vasemmalla puolella (Roskopf & Woerpel cop. 1996), ja lopulta takaisin keskilinjaan lähestyessään rinta-apertuuraa (Getty ym. 1975). Henkitorvi on löyhästi kiinni ympäröivissä kudoksissa, joten se on koko pituudeltaan liikuteltavissa (Tully ym. 2009). Henkitorvi koostuu jäykistä toisiinsa liittyneistä rustorenkaista (O'Malley ym. 2005), jotka pitävät joustavan henkitorven luumenin avonaisena (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Papukaijoilla rustorengaat ovat litistyneet dorsoventraalisuunnassa (Heard 1997). Ensimmäinen henkitorven rusto sijaitsee heti sormusruston jälkeen ja viimeinen on syrinxin kalvon edellä. Kaikki henkitorven rustot ovat täysiä renkaita toisin kuin nisäkkäillä. Renkaiden toinen puoli on leveämpi kuin toinen, ja renkaat ovat asettuneet niin, että leveät alueet renkaista ovat vuoroin oikealla ja vuoroin vasemmalla. (Getty ym. 1975.) Rustorengaat ovat lomittain niin, että leveät osat rengasta ovat aina kapean ruston osan ulkopuolella (King & McLelland 1975). Henkitorven molemmin puolin kurkunpäästä syrinxiin kulkeva ohut lihas on undulaateilla noin 1 mm levyinen (Roskopf & Woerpel cop. 1996). *Musculus sternotrachealis* -lihas kiinnittyy rintalastan *processus costalikseen* ja kaudaaliseen henkitorveen (Getty ym. 1975). Henkitorvi on linnuilla suhteellisesti pidempi kuin nisäkkäillä. Pituuden aiheuttama ilmavastus kuitenkin kompensoituu sillä, että henkitorven luumenin halkaisija on vastaavasti suurempi. (O'Malley ym. 2005.) Undulaateilla henkitorven halkaisija on noin 2 mm (Roskopf & Woerpel cop. 1996).

2.2.2 Syrinx

Syrinx on lintujen äänielin (Getty ym. 1975), joka vastaa toiminnaltaan nisäkkäiden kurkunpäättä (O'Malley ym. 2005). Siinä ei kuitenkaan ole varsinaisia äänihuulia (O'Malley ym. 2005). Ääni muodostuu, kun uloshengityksen aikana ilma virtaa syrinxin

läpi (O'Malley ym. 2005) ja siinä olevat bilateraalisesti kalvot värisevät tuottaen lintulajille tyypillisen äänen (Tully ym. 2009). Syrinx sijaitsee ruumiinontelossa henkitorven bifurkaation lähellä (Getty ym. 1975). Tarkan sijaintinsa perusteella syrinxin voidaan sanoa olevan trakeaalinen, trakeobronkaalinen tai bronkaalinen. Papukaijojen syrinx on trakeobronkaalinen, joka on yleisin tyyppi. Tällöin syrinx sijaitsee henkitorven bifurkaatiossa. (O'Malley ym. 2005.)

Syrinx rakentuu muuntautuneista trakeobronkaalisista rustoista, kahdesta parillisesta värisevästä kalvosta ja lihaksista, jotka säätelevät kalvon jännitystilaa (O'Malley ym. 2005). Syrinxin rustoiset rakenteet voidaan jakaa neljään osaan. Syrinxin kraniaalisiin osa on tympanum. Sen rustorenkaat (*cartilagine tracheosyringales*) ovat halkaisijaltaan suurempia kuin henkitorven rustorenkaat. Rustorenkaiden määrä vaihtelee lintulajien välillä. (Getty ym. 1975.) Esimerkiksi sinikelta-aralla (*Ara ararauna*) tympanum muodostuu neljästä rustorenkaasta, kun taas munkkiaratilla (*Myiopsitta monachus*) tympanum muodostuu kuudesta rustorenkaasta. Rustorenkaat voivat olla fuusioituneina toisiinsa. (Baumel 1979.) Tympanumin kaudaalipuolella rustot eivät muodosta täysiä renkaita, vaan ne sijoittuvat parillisesti syrinxin lateraalisivuille. *Pessulus* on kiilamainen rusto, joka on henkitorven bifurkaatiossa primaaristen keuhkoputkien välissä dorsoventraalisuunnassa. Ruston kraniaalinen reuna on terävä. Syrinxin kaudaaliset rustot (*cartilagine bronchosyringales*) eivät myöskään muodosta kokonaisia renkaita. Ne sijaitsevat heti henkitorven bifurkaation kaudaalipuolella. (Getty ym. 1975)

Syrinxissä on yleensä parillisesti kaksi ohutta kalvoa; lateraalinen kalvo (*membrana tympaniformis lateralis*) ja mediaalinen kalvo (*membrana tympaniformis medialis*). Lateraalinen kalvo kiinnittyy kaudaalisimman trakeosyringeaalisen ruston kaudaalireunaan, kraniaalisimman bronkosyringeaalisen ruston kraniaalireunaan sekä *pessulus*-rustoon dorsaalisesti ja ventraalisesti. Mediaalinen kalvo kiinnittyy kraniaalireunastaan *pessulus*-ruston kaudaaliseen reunaan, dorsaalisesti ja ventraalisesti ensimmäisiin bronkosyringeaalisiin rustoihin ja kaudaalisesti jatkuu primaarisen keuhkoputken mediaalisena sidekudoksena seinämänä. (Getty ym. 1975.) Mediaalista kalvoa ei ole kaikilla papukaijalajeilla, mutta esimerkiksi sinikelta-aralla on mediaalinen kalvo. Papukaijoilla on edellä mainittujen lisäksi keskilinjassa

kolmas kalvo (*membrana tracheosyringalis*). Tämän vuoksi keskilinjassa olevat tracheosyringeaaliset rustot ovat lyhyempiä kuin muilla lintulajeilla. (Baumel 1979.)

Syrinxin lihakset voivat jännittää syrinxin kalvorakenteita ja muokata syrinxin muotoa (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Lihasten määrä vaihtelee lintulajien välillä.

Papukaijoilla on varsin yksinkertainen syrinx, jossa on vain kolme paria lihaksia. Sen sijaan laululinnuilla on yleensä viisi paria lihaksia. (O'Malley ym. 2005.) Papukaijoilla syrinxin parilliset lihakset ovat *musculus tracheolateralis*, *musculus syringalis superficialis* ja *musculus syringalis profundus*. *Musculus tracheolateralis* on syrinxin ulkoinen lihas. Sen insertio on tyypillisesti syrinxin alueella henkitorven tai keuhkoputkien rakenteissa eikä varsinaisesti syrinxissä. Useilla lintulajeilla *m. tracheolateralis* on ainoa syrinxin lihas. *Musculus syringalis superficialis* ja *m. syringalis profundus* ovat papukaijoilla lyhyitä lihaksia. *Musculus syringalis superficialis* on pinnallinen verrattuna *m. syringalis profundus* –lihakseen. (Baumel 1979.)

2.2.3 Keuhkoputket

Henkitorven bifurkaatiosta alkavat oikea ja vasen primaarinen keuhkoputki (*bronchus primarius*) (Getty ym. 1975). Primaarinen keuhkoputki voidaan jakaa ekstrapulmonaariseen ja intrapulmonaariseen osaan sen perusteella, onko keuhkoputki keuhkokudoksessa vai ei (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Primaarisissa keuhkoputkissa ei ole täydellisiä rustorenkaita (Farner ym. 1972).

Ekstrapulmonaaristen primaaristen keuhkoputkien lateraalisivuilla on rustoa (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Rustoinen tuki pienenee mediaalisesti ja ventraalisesti tai jopa puuttuu kokonaan (Farner ym. 1972). Keuhkoputkissa on sidekudoksinen juoste, joka täyttää rustojen väliin jäävän tilan (Baumel 1979).

Primaariset keuhkoputket menevät pian bifurkaation jälkeen keuhkoihin medioventraalisesta suunnasta ja kulkevat keuhkojen läpi abdominaalisiin ilmapusseihin asti (Getty ym. 1975, Whittow & Sturkie cop. 2000).

Intrapulmonaarisisissa primaarisissa keuhkoputkissa eli mesobronkeissa ei ole

rustorenkaita (O'Malley ym. 2005). Niiden sisäpinnalla on sileää lihasta rengasmaisesti ja pitkittäisesti. Lihakset säätelevät primaaristen keuhkoputkien halkaisijan suuruutta (Ludders 1998). Halkaisija on aina suurimmillaan keuhkon rajalla. Keuhkoputkien halkaisija on pienempi keuhkojen kaudaaliosissa (King & McLelland 1975). Keuhkoputkien luumenin pinnan epiteeli on värekarvallista ja siinä on limaa erittäviä pikarisoluja (Whittow & Sturkie cop. 2000).

Linnuilla keuhkoputkien jakautuminen poikkeaa merkittävästi nisäkkäiden puumaisesta keuhkoputkien haarautumisesta (Farner ym. 1972). Kummastakin primaarisesta keuhkoputkesta lähtee neljä sekundaaristen keuhkoputkien (*bronchi secundarii*) joukkoa. Sekundaaristen keuhkoputkien määrä vaihtelee lajeittain. Ne jaetaan kulkusuuntansa mukaan medioventraaleihin, mediodorsaaleihin, lateroventraaleihin ja laterodorsaaleihin sekundaarisiin keuhkoputkiin (*bronchi medioventrales, bronchi mediodorsales, bronchi lateroventrales, bronchi laterodorsales*). (Getty ym. 1975.)

Kraniaalisimmin primaarisista keuhkoputkista haarautuvat medioventraaliset sekundaariset keuhkoputket (Whittow & Sturkie cop. 2000). Niiden haarautumiskohta on primaarisen keuhkoputken kraniaalisessa kolmanneksessa, keuhkoputken dorsomediaalisessa seinämässä (King & McLelland 1975). Medioventraalisia sekundaarisia keuhkoputkia on lajista riippuen neljä tai viisi. Nämä keuhkoputket haarautuvat edelleen muodostaen keuhkojen medioventraalisen pinnan. (Whittow & Sturkie cop. 2000.) Medioventraaliset sekundaariset keuhkoputket ovat suurimpia sekundaarisia keuhkoputkia (King & McLelland 1975).

Mediodorsaaliset sekundaariset keuhkoputket haarautuvat primaarisen keuhkoputken kaudaaliosesta kahdesta kolmanneksesta. Haarautumat lähtevät keuhkoputken dorsaaliosesta seinämästä. (King & McLelland 1975.) Mediodorsaalisia sekundaarisia keuhkoputkia on kuudesta kymmeneen kappaletta lajista riippuen. Näiden sekundaaristen keuhkoputkien haarautumat muodostavat keuhkojen mediodorsaalisen pinnan (Whittow & Sturkie cop. 2000.) Mediodorsaalisten sekundaaristen keuhkoputkien luumenin halkaisija pienenee asteittain kaudaaliosimpiin haaroihin päin (King & McLelland 1975).

Kaudaaliosesta primaarisesta keuhkoputkesta haarautuu ventraalisesti lateroventraaliset sekundaariset keuhkoputket (Getty ym. 1975). Haarautumiskohta on

kraniokaudaalisuunnassa sama kuin mediodorsaleilla sekundaarisilla keuhkoputkilla, mutta lateroventraaliset keuhkoputket haarautuvat primaarisen keuhkoputken ventraalisesta seinämästä. Ensimmäisten lateroventraalien sekundaaristen keuhkoputkien luumenin halkaisija on varsin suuri. Halkaisija pienenee asteittain kaudaalisten haarojen suuntaan. Kaudaalisimmat lateroventraaliset sekundaariset keuhkoputket muistuttavat halkaisijaltaan tertiäärisiä keuhkoputkia. (King & McLelland 1975.)

Primaarisen keuhkoputken lateraalisivulta haarautuvat laterodorsaaliset sekundaariset keuhkoputket (Getty ym. 1975). Haarautumiskohta on kraniokaudaalisuunnassa sama kuin mediodorsaleilla ja lateroventraaleilla sekundaarisilla keuhkoputkilla. Kraniaalisimmat laterodorsaaliset sekundaariset keuhkoputket ovat halkaisijaltaan suuria. Halkaisija pienenee kaudaalisuuntaan. Kaudaalisimpien laterodorsaalien sekundaaristen keuhkoputkien halkaisija on samaa luokkaa kuin tertiäärisillä keuhkoputkilla. (King & McLelland 1975.) Laterodorsaleista sekundaarisista keuhkoputkista lähtevät pienemmät haarat muodostavat lateroventraalien sekundaaristen keuhkoputkien haarojen kanssa keuhkojen lateraalisen pinnan (Heard 1997).

Sekundaarisista keuhkoputkista lähtee useita tertiäärisiä keuhkoputkia eli parabronkeja (Getty ym. 1975). Tertiääristen keuhkoputkien määrä on riippuvainen lintulajista. Paljon lentävillä lajeilla tertiäärisiä keuhkoputkia on huomattavasti enemmän kuin lentokyvyttömillä lajeilla. (O'Malley ym. 2005.) Tertiääriset keuhkoputket muodostavat anastomooseja toistensa kanssa. Anastomoosit voivat muodostaa pitkiä bronkiaalisia renkaita, mutta osa anastomooseista on hyvin lyhyitä poikittaisia yhteyksiä tertiääristen keuhkoputkien väleissä. (Getty ym. 1975.)

Suurin osa parabronkeista on järjestäytynyt satojen samansuuntaisten keuhkoputkien sarjoiksi yhdistäen medioventraaliset ja mediodorsaaliset sekundaariset keuhkoputket. Tällaisia rakenteita kutsutaan paleopulmonisiksi bronkeiksi. (Whittow & Sturkie cop. 2000.) Valtaosa tertiäärisistä keuhkoputkista on paleopulmonisia (O'Malley ym. 2005). Papukaijoilla, kuten myös monilla muillakin lintulajeilla, on lisäksi neopulmonisia parabronkeja. Ne eivät ole järjestäytyneet samansuuntaisesti ja ne haarautuvat

epäsäännöllisesti. Neopulmoniset parabronkit voivat yhdistää sekundaarisia keuhkoputkia kaudaalisiin ilmapusseihin tai toisiin parabronkeihin. Neopulmonisten keuhkoputkien määrä vaihtelee hyvin paljon lajien välillä, mutta niitä on aina korkeintaan 25 % parabronkeista. (Whittow & Sturkie cop. 2000.) Paleopulmonisissa keuhkoputkissa ilma virtaa aina samaan suuntaan, niin sisään- kuin uloshengityksenkin aikana. Neopulmonisissa keuhkoputkissa ilmavirtaus on kaksisuuntaista hengitysrytmin mukaan. (O'Malley ym. 2005.)

Tertiäristen keuhkoputkien sisäpintaa verhoaa yksinkertainen levyepiteeli (King & McLelland 1975). Tämän alla on ohut sileän lihaksen kerros (Farner ym. 1972). Lihakset säätelevät parabronkien lumenin leveyttä (King & McLelland 1975). Kaikkien tertiäristen keuhkoputkien seinämät ovat täynnä pieniä aukkoja, jotka johtavat pieniin kulmikkaan mallisiin kammioihin, atrioihin (*atrium*) (Getty ym. 1975). Atrioita erottaa toisistaan ohuet sidekudoksiset seinämät, interatriaaliset septat (*septum interatriale*) (Heard 1997). Nämä atriat johtavat edelleen pienempiin onkaloihin (*infundibulum*), jotka lopulta aukeavat sienimäiseen ilmakapillaarien (*pneumocapillaris*) verkostoon (Getty ym. 1975). Ilmakapillaarit ovat mikroskooppisen pieniä. Niiden pinta on rajattu surfaktantilla. (O'Malley ym. 2005.) Ilmakapillaarien ympäri on kietoutunut runsaasti kapillaarisuonia (Getty ym. 1975). Kaasujenvaihto tapahtuu kapillaarisuonten ja ilmakapillaarien välillä. Veri kapillaareissa ja ilma kulkevat vastakkaisesti suuntiin. (Tully ym. 2009.) Lintujen keuhkoissa ei ole lainkaan umpipussimaisia tubuluksia kuten nisäkkäiden alveolit ovat (Getty ym. 1975). Lintulajeista papukaijoilla on pienimmät tertiäriset keuhkoputket ja eniten kaasujenvaihtoon osallistuvaa kudosta (Heard 1997).

2.2.4 Keuhkot

Parilliset keuhkot ovat linnuilla melko pienet ja laajentumattomat (Farner ym. 1972). Ne vievät suhteellisesti vähemmät tilaa kuin nisäkkäiden keuhkot. Lintujen keuhkot ovat rakenteeltaan selvästi jäykemmät kuin nisäkkäillä, koska niissä on enemmän rustoa. Keuhkot ovat väriltään kirkkaan vaaleanpunaiset. (O'Malley ym. 2005.) Ne sijaitsevat dorsaalisesti kraniaalisessa osassa ruumiinonteloa (Getty ym. 1975).

Keuhkojen kraniaalireuna on kaudaalisimman kaulanikaman tasolla. Kaudaalisesti keuhkot yltävät suoliluuhun asti. (King & McLelland 1975.) Keuhkot ovat melko litistyneet, ja niiden dorsolateraalinen pinta on vasten kylkiluita, minkä vuoksi keuhkojen pinnalla on uurteet (*sulci costales*) (Farner ym. 1972). Keuhkot työntyvät kylkiluiden väleihin muodostaen keuhkokudokseen uurteiden välille harjanteita (*torus intercostalis*) (Baumel 1979). Yhdelläkään lintulajilla ei ole keuhkolohkoja. Lintujen keuhkot eivät ympäröi sydäntä kuten nisäkkäillä, vaan linnuilla maksa on sydämen ympärillä. (King & McLelland 1975.)

2.2.5 Ilmapussit

Ilmapussit muodostavat suurimman osan hengityselimistön tilavuudesta kaikilla linnuilla. Ne kattavat noin 80 % hengityselimistön kokonaistilavuudesta. (Farner ym. 1972.) Ilmapussit ovat hyvin ohutseinäisiä ja läpinäkyviä pusseja (O'Malley ym. 2005). Ne koostuvat yksinkertaisesta levyepiteelistä ja vähäisestä määrästä sidekudosta (Tully ym. 2009). Ilmapussien verisuonitus on heikkoa, eikä niillä ole lainkaan merkitystä kaasujenvaihdossa (O'Malley ym. 2005). Ilmapussien erilliset umpipussit, divertikkelit, voivat myös tunkeutua luihin (Whittow & Sturkie cop. 2000). Tämän vuoksi ilmapussit ulottuvat ruumiinontelosta siipiin ja useisiin nikamiin (O'Malley ym. 2005).

Suurimmalla osalla lintulajeista on yhdeksän ilmapussia (Whittow & Sturkie cop. 2000). Yleisesti jokaisella ilmapussilla on yksi pääyhteys primaariseen tai sekundaariseen keuhkoputkeen alueella, jota kutsutaan ostiumiksi (O'Malley ym. 2005, Farner ym. 1972). Ostium sijaitsee yleensä keuhkon ventrolateraalaisella rajalla (O'Malley ym. 2005). Sijaintinsa ja keuhkoputkiyhteyksien perusteella ilmapussit jaetaan kraniaalisiin ja kaudaalisiin ilmapusseihin (Farner ym. 1972). Kraniaalisia ovat kaulan ja solisluun ilmapussit sekä rintakehän kraniaalinen ilmapussi. Nämä ovat yhteydessä ventraaliseen sekundaariseen keuhkoputkeen. Kaudaalisia ovat rintakehän kaudaalinen ilmapussi ja vatsan alueen ilmapussi. Ne ovat yhteydessä primaariseen keuhkoputkeen. (O'Malley ym. 2005.) Papukaijoilla on parilliset kaudaaliset ilmapussit, eli sekä rintakehän kaudaalinen että vatsan alueen ilmapussit. Kraniaalisista

ilmapusseista rintakehän kranaalinen ilmapussi ja kaulan ilmapussi ovat parillisia, solisluun ilmapussi on pariton. (Tully ym. 2009.)

Kaulan ilmapussi (*saccus cervicalis*) koostuu pääkammiosta ja umpipussista (Getty ym. 1975). Yhteys keuhkoihin on ensimmäisen medioventraalisen sekundaarisen keuhkoputken kautta (Whittow & Sturkie cop. 2000). Kaulan ilmapussi sijaitsee keuhkojen välissä, dorsaalisesti ruokatorveen nähden. Sillä on erillinen umpipussi, joka ulottuu kolmannesta kaulanikamasta viidenteen rintanikamaan. Se on myös yhteydessä infraorbitaaliseen sinukseen. (O'Malley ym. 2005.)

Solisluun ilmapussi (*saccus clavicularis*) koostuu mediaalisesta kammioista (*pars medialis*) ja parillisista lateraalisista kammioista (*pars lateralis*) (Getty ym. 1975). Yhteys keuhkoihin on kolmannen medioventraalisen sekundaarisen keuhkoputken kautta. Lisäksi ilmapussilla voi olla epäsuoria yhteyksiä muihin kranaalisiin sekundaarisiin keuhkoputkiin parabronkien välityksellä. (Whittow & Sturkie cop. 2000.) Solisluun ilmapussi on rintakehän alueella. Siinä on kaksi osaa, intratorakaalinen sydämen ja rintalastan alueella ja ekstratorakaalinen rintalihasten ja olkaluunpään alueella. Solisluun ilmapussi ulottuu myös syrinxin ja osallistuu ääntenmuodostukseen. (O'Malley ym. 2005.)

Rintakehän kranaalinen ilmapussi (*saccus thoracicus cranialis*) on papukaijoilla pienin ilmapussi (Taylor 1997). Se on yhteydessä keuhkoihin yleensä kolmannen medioventraalisen sekundaarisen keuhkoputken sekä parabronkien kautta (Whittow, & Sturkie cop. 2000). Kranaaliset ja kaudaaliset rintakehän ilmapussit sijaitsevat dorsolateraalisesti ruumiinontelon rintakehän puoleisessa osassa (O'Malley ym. 2005).

Rintakehän kaudaalinen ilmapussi (*saccus thoracicus caudalis*) sijaitsee rintakehän kranaaliseen ilmapussiin nähden dorsaalisesti ja kaudaalisesti (Getty ym. 1975, Taylor 1997). Ilmapussilla on suora yhteys lateroventraaliseen sekundaariseen keuhkoputkeen (Whittow & Sturkie cop. 2000).

Vatsan alueen ilmapussi (*saccus abdominalis*) on suurimmalla osalla linnuista laajin ilmapussi (Taylor 1997). Se muodostaa umpipusseja munuaisen (*diverticula perirenalis*) ympärille ja reisiluun pään (*diverticula femoralia*) ympärille (Getty ym.

1975). Vatsan alueen ilmapussilla on suora yhteys intrapulmonaarisen primaarisen keuhkoputken kaudaaliseen päähän. Lisäksi ilmapussiin voi olla epäsuoria yhteyksiä parabronkien kautta (Whittow & Sturkie cop. 2000). Vatsan alueen ilmapussi ulottuu keuhkoista viemärisuoleen (*cloaca*) asti (O'Malley ym. 2005).

2.3 Pneumaattiset luut

Hengityselimistö on yhteydessä useisiin luihin. Yhteen pneumaattiseen luuhun voi olla useampi yhteys. Kaikki selkänikamat, lukuun ottamatta kahta ensimmäistä kaulanikamaa ja vapaita kaudaalisia nikamia, ovat yhteydessä hengityselimistöön. Rintanikamat ovat suoraan yhteydessä keuhkojen parabronkeihin. Lannenikamiin ja ristiluuhun (*os sacrum*) on suoria yhteyksiä keuhkoista. Lisäksi niihin on epäsuoria yhteyksiä vatsan alueen ilmapussista suoliluun (*ilium*) ja istuinluun (*os ischii*) kautta. Suoli-, istuin- ja häpyluuhun (*os pubis*) on ilmatiet molemmin puolin vatsan alueen ilmapussin dorsaalista osasta. Suoliluuhun on myös yhteys parabronkien välityksellä keuhkojen kaudodorsaalimmasta osasta. Jokaiseen kylkiluuhun on dorsaalinen yhteys keuhkoista ja ventraalinen yhteys rintalastasta (*sternum*) ja kraniaalisesta rintakehän ilmapussista. Korppiluuhun (*os coracoideum*) on yhteys solisluun ilmapussin lateraalista kammioista. Lapaluu (*scapula*) ja solisluu (*clavicula*) eivät ole pneumaattisia luita. Olkaluun (*humerus*) proksimaalinen osa pneumaattinen. Rintalastaan on yhteys solisluun ilmapussin ja kraniaalisen rintakehän ilmapussin kautta. Takaraajojen luut eivät ole pneumaattisia. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.)

2.4 Pleura

Parietaalinen ja viskeraalinen pleura ovat kiinnittyneet toisiinsa sidekudoksisilla juosteilla (King & McLelland 1975). Sidekudoksinen saccopleuraalinen kalvo verhoaa keuhkojen ventromediaalipintaa (Getty ym. 1975). Kalvo on muodostunut keuhkojen parietaalisen pleuran ja torakaalisten ilmapussien fuusiosta (King & McLelland 1975).

Saccopleuraalisessa kalvossa on aukot rintakehän ja vatsan alueen ilmapussien ostiumien alueilla (Getty ym. 1975).

2.5 Hengityslihakset

Sekä sisään- että uloshengitys vaatii lihastyötä (O'Malley ym. 2005). Lintu käyttää sisäänhengitykseen poikittaista rintalihasta (*musculus transversus thoracis*, josta käytetään myös nimitystä *m. triangularis sterni*), neljän kraniaalisimman kylkiluuvälin ulompia kylkivälilihaksia (*musculus intercostales externi*), rustojen välisiä osia viidestä kraniaalisimmasta sisemmistä kylkivälilihaksista (*musculus intercostales interni*), kylkiluunkannattajalihaksia (*musculus scaleni*), kylkiluunkohottajalihaksia (*musculus levatores costarum*) ja selänpuolen sahalihasta (*musculus serratus dorsalis*). Näistä poikittainen rintalihas ja uloimmat kylkivälilihakset ovat merkittävimmät sisäänhengityslihakset. (Getty ym. 1975.)

Uloshengityslihaksia ovat ulompi vino vatsalihas (*musculus obliquus externus abdominis*), sisempi vino vatsalihas (*musculus obliquus internus abdominis*), poikittainen vatsalihas (*musculus transversus abdominis*), suora vatsalihas (*musculus rectus abdominis*), ulommat kylkivälilihakset viidennessä ja kuudennessa kylkiluuvälissä (*musculus intercostales externi*), sisempien kylkivälilihasten kylkiluiden väliset osat ja kuudennen kylkiluuvälinen rustojen välinen osa (*musculus intercostales interni*), *musculus costisternalis pars anterior* ja mahanpuolen sahalihaksia (*musculus serratus ventralis*). (Getty ym. 1975.) Tärkeimmät uloshengityslihakset ovat sisemmät kylkivälilihakset ja vatsalihakset. Merkittävä ero nisäkkäisiin nähden on, että linnuilla ei ole lainkaan palleaa. (O'Malley ym. 2005.)

3 Yleisimmät hengitysteiden sairaudet

3.1 Bakteeri-intektiot

3.1.1 Klamydioosi

Chlamydomphila psittaci on solunsisäinen bakteeri (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Sen aiheuttamaa tautia, klamydioosia, kutsutaan myös psittakoosiksi, ornitoosiksi ja papukaijakuumeeksi (Evira 2010). *Chlamydomphila psittaci* -bakteerin aiheuttama tauti tarttuu eläimistä myös ihmisiin, eli se on zoonoosi (Price 1992). Ihmisillä tauti ilmenee vaihtelevasti flunssan kaltaisista oireista vakavaan, jopa tappavaan, yleisinfektioon (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2009). Klamydioosia esiintyy maailmanlaajuisesti (Quinn 2002). Taudin itämisaika on linnuilla muutamasta päivästä useisiin vuosiin (Rosskopf & Woerpel cop. 1996).

Chlamydia psittaci leviää yleisesti eritteiden mukana, mutta undulaateilla on havaittu myös vertikaalista tartuntaa (Ritchie ym. cop. 1994). Subkliiniset infektiot ovat yleisiä (Quinn 2002). Suurin osa infektoituneista linnuista on oireettomia taudinkantajia (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Oireettomat linnut voivat erittää bakteeria jatkuvasti tai ajoittain (Price 1992). Erityisesti nymfipapukaijoiden on havaittu olevan usein oireettomia kantajia (Ritchie ym. cop. 1994). Osalle oireettomista linnuista voi kehittyä oireita stressin jälkeen (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Infektoituneilla linnuilla voi olla hyvinkin vaihtelevanlaisia oireita (Price 1992). Lintujen klamydioosi on yleisinfektio, joka vaikuttaa erityisesti ruoansulatuskanavaan ja hengityselimistöön (Quinn 2002).

Tyypillisiä klamydioosin hengityselimistöoireita ovat aivastelu, nenä- ja silmäerite, nenän sivuonteloiden turpoaminen, karkeat hengityssäänet, yskä sekä hengenahdistus (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Vetinen sierainerite ja satunnainen aivastelu ovat tyypillisiä oireita erityisesti australialaisilla parakiiteillä (Tully ym. 2009). Muita mahdollisia klamydioosin oireita ovat vihreä tai harmaa ripuli, silmän sidekalvon tulehdus (Arnall & Keymer cop. 1975), polyuria, ikterus ja laihtuminen (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Undulaateilla havaitaan usein sinusiittia (Ritchie ym. cop. 1994). Harvinaisempia oireita ovat vartalon yliojentuminen, niskan jäykkyys ja jalkojen

paralyysi. Jos tartunta on lievä tai vain paikallinen, kliinisiä oireita ei välttämättä ole lainkaan. Kuitenkin stressi, liian tiheä populaatio ja ruokintavirheet voivat aiheuttaa taudin puhkeamisen. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Klamydiaosin akuutissa muodossa infektoiduneiden lintujen kuolleisuus on korkea (Price 1992). Erityisesti nuoret linnut, jotka ovat saaneet infektion hyvin virulentilta bakteerikannalta, kehittävät usein kuolemaan johtavan systeemisen infektion. Akuuttiin muotoon sairastunut lintu kuolee yleensä 8-14 vuorokauden kuluessa. (Ritchie ym. cop. 1994).

3.1.2 Tuberkuloosi

Tuberkuloosia aiheuttaa linnuille yleensä *Mycobacterium avium* subsp. *avium* -bakteeri, mutta papukaijat ovat herkkiä myös *Mycobacterium tuberculosis* ja *Mycobacterium bovis* aiheuttamille infektoille (Roskopf & Woerpel cop. 1996, Price 1992). Tuberkuloosi on harvinainen tauti papukaijoilla (Price 1992). Sitä tavataan eniten tropiikkiarateilla (*Brotoogeris* spp.), undulaateilla, amatsonin papukaijoilla ja siniarateilla (*Pionus* spp.) (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Yleisesti papukaijat ovat tuberkuloosille varsin vastustuskykyisiä (Riddell & Atkinson 1981).

Mycobacterium-lajit ovat haponkestäviä sauvabakteereja (Quinn 2002). Niiden siirtyminen elimistöön tapahtuu yleensä ruoansulatuskanavan kautta ulostekontaminaation seurauksena. On myös mahdollista, että bakteerit pääsevät elimistöön hengitysteiden kautta. (Ritchie ym. cop. 1994.) Bakteerit elävät isäntäeläimen makrofageissa ja lisääntyvät jopa vuosia kestävän subkliinisen vaiheen aikana. Aktiivinen infektio seuraa, kun isäntäeläimen immuunijärjestelmä häiriintyy. Mykobakteerit ovat kestäviä ja ne voivat säilyä infektiivisinä maaperässä ja vedessä jopa vuosia. (VanDerHeyden 1997.)

Mycobacterium tuberculosis aiheuttaa papukaijoille muutoksia lähinnä pään ihoon ja läheisille limakalvoille (Riddell & Atkinson 1981). *Mycobacterium aviumin* taudinkuva on vaihtelevampi (Price 1992). Tuberkuloosi on krooninen, hitaasti etenevä tauti, jonka alkuvaiheessa lintu vaikuttaa kliinisesti terveeltä tai vain hieman huonokuntoiselta (Arnall & Keymer cop. 1975). Sairastuneen linnun paino laskee varsin hitaasti, lintu on

heikko, kuihtunut ja sen höyhenet ovat pörhöllään. Usein oireisiin kuuluu myös ripuli. Lopulta linnulle voi kehittyä hengenahdistusta. (Price 1992.) Hengenahdistus voi johtua keuhkoihin kertyvästä infiltraatista tai laajentuneiden sisäelinten aiheuttamasta ilmapusseihin kohdistuvasta paineesta (VanDerHeyden 1997). Vaikka tuberkuloosi on yleensä krooninen heikentävä tauti, se aiheuttaa joskus myös äkkikuolemia (Roskopf & Woerpel cop. 1996).

Leesioita on papukaijoilla erityisesti suolistossa, maksassa, pernassa ja luuytimessä, mutta niitä voi olla myös keuhkoissa (Price 1992). Satunnaisesti on havaittu tautitapauksia, joissa leesioita on vain keuhkoissa ja ilmapusseissa (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Leesiot ovat linnuilla valkeita, kaseattisia ja nekroottisia. Niiden koko vaihtelee pienistä paikallisista noduloista laajoihin massoihin, jotka voivat syrjäyttää elimen normaalin kudoksen. Leesiot eivät normaalisti kalkkeudu. (Price 1992.) Tuberkuloosi voi ilmetä linnuilla myös harvinaisempana muotona, jossa leesioissa ei ole lainkaan kaseatiota eikä kapselinmuodostusta (Riddell & Atkinson 1981). Koska *Mycobacterium avium* ei muodosta varsinaisia granuloomia papukaijoille, on tuberkuloosin diagnosoiminen vaikeaa (Roskopf & Woerpel cop. 1996).

3.2 Virusinfektiot

3.2.1 Linturokko

Linturokon taudinaiheuttaja on virus, joka kuuluu avipoxvirusten sukuun (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Samaan sukuun kuuluu useita lajeja, jotka eivät ole taudinaiheutuskykyyn nähden kovin lajispesifisiä (Quinn 2002). Suvun virukset on nimetty pääisäntälajin mukaan (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Papukaijoilla linturokkoa aiheuttaa tyypillisesti PsPo-virus (psittacinepoxvirus) (Katoh ym. 2010). Linturokkoa on havaittu aiheuttavan vain undulaateille myös toinen poxvirus, budgerigarpoxvirus (Ritchie ym. cop. 1994). Linturokkoa tavataan papukaijoilla eniten amatsonin papukaijoilla, siniarateilla, kaijasilla, australialaisilla parakiiteilla sekä roselloilla (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Papukaijalajeista amatsonit vaikuttavat olevan herkimpiä saamaan linturokkoinfektion (Katoh ym. 2010).

Poxvirusinfektio voi pysyä latenttina vuosia ja aktivoitua myöhemmin stressin seurauksena (Ritchie ym. cop. 1994). Avipoxvirus voi aiheuttaa useaa kliinisesti erilaista tautia (Jones 2006). Viruksen aiheuttama tauti voi olla kuivaa ihomuotoa, märkää difteeristä muotoa, septistä muotoa tai näiden yhdistelmiä (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Kuiva muoto on harvinainen papukaijoilla (Ritchie ym. cop. 1994). Difteerinen muoto vaikuttaa hengityselimistöön. Tällöin leesiot sijaitsevat suunielussa, ylemmissä hengitysteissä ja alemmissa hengitysteissä. Limakalvoilla voidaan havaita eksudaattia, jonka koostumus vaihtelee fibrinoottisesta kaseationekroottiseen. Eksudaatti muodostaa tyypillisesti laajoja laattoja. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Hengitystiessä sijaitsevat leesiot voivat vaikeuttaa hengittämistä (Arnall & Keymer cop. 1975). Kurkunpään tai henkitorven osittainen tukkeutuminen voi johtaa vakavaan hengenahdistukseen. Hengitysteiden täydellinen tukkeutuminen on myös mahdollista, ja se johtaa linnun tukehtumiseen. Sekundaariset bakteeri- ja sieni-infektiot ovat yleisiä linturokkoa sairastavilla linnuilla. Osalla amatsonin papukaijoista tauti kehittyy krooniseksi, jonka jälkeen taudin tyypillisiä piirteitä ovat aivastelu ja seroosinen nenäerite. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Undulaattien budgerigarpoxviruksen aiheuttaman infektion oireena on tyypillisesti vain kolmesta neljään päivään kestävä lievä hengenahdistus (Ritchie ym. cop. 1994).

3.2.2 Amatsonien trakeiitti

Amatsonin papukaijat voivat saada akuutin hengitystieinfektion, jonka aiheuttaja on α -herpesvirus, joka muistuttaa ILT-virusta (Infectious Laryngotracheitis virus). Taudin kulku vaihtelee perakuutista krooniseen. Vallitseva oire herpesviruksen aiheuttamalle trakeiitille on tyypillisesti hengenahdistus. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Tällöin sairas lintu hengittää suu auki (Ritchie ym. cop. 1994). Sieraimista ja silmistä tulee eritettä, joka on aluksi seroosista, mutta taudin edetessä erite muuttuu purulentiksi. Tämän lisäksi trakeiitin oireita voivat olla kuriseva hengitysääni ja yskä. Herpesviruksen aiheuttama trakeiitti on pseudomembranoottinen, tällöin kurkunpään ja henkitorveen kertyy limaa ja fibrinoottista eritettä. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Tauti johtaa yleensä tukehtumiskuolemaan henkitorven ödeeman (Levine & Practice

2003) ja henkitorven tukkivan fibrinonekroottisen eritteen takia (Ritchie ym. cop. 1994). Sekundaariset bakteeri-infektiot voivat johtaa pneumoniaan tai ilmapussintulehdukseen (Roskopf & Woerpel cop. 1996).

3.2.3 Lintuinfluenssa

Lintuinfluenssaa aiheuttaa ortomyxovirusiin kuuluva influenssa A -virus. Influenssa A -virukset jaetaan alatyyppeihin viruksen antigeenien, hemagglutiniinin ja neuraminidaasin, perusteella (Ritchie ym. cop. 1994). Lintuinfluenssavirukset voidaan myös jakaa korkeapatogeenisiin ja matalapatogeenisiin (World Organisation of Animal Health 2011). Valtaosa influenssaviruksen alatyypeistä on taudinaiheuttamiskyvyltään heikkoja (Evira 2011). Lintuinfluenssa voi tarttua hyvin moneen lintulajiin, mukaan lukien useisiin papukaijalajeihin (Ritchie ym. cop. 1994). Papukajoilla tauti on kuitenkin harvinainen (Coles 1987). Osalla lintuinfluenssaviruksilla, kuten alatyypillä H5N1, on kyky tartuttaa ihmisiä (Evira 2011).

Osa infektoituneista linnuista on latenteja kantajia. Infektoituneet linnut levittävät virusta hengitystie-eritteiden ja ulosteiden mukana. Virusten siirtyminen suoran kontaktin ja vektorien välityksellä on myös mahdollista. (Ritchie ym. cop. 1994.) Influenssavirus ei leviä vertikaalisesti, sillä infektoituneet alkioit kuolevat ennen kuoriutumista. Taudin itämisaika on vain muutamia tunteja. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Kliiniset oireet vaihtelevat sen mukaan, mikä on ollut linnun terveydentila ennen infektiota (Price 1992), minkä alatyypin virus on kyseessä ja minkä lintulajin yksilön virus infektoi (Kelly 2008). Lievimmillään oireena voi olla piilevä sinusiitti, pahimmillaan infektoituneelle linnulle kehittyy vaikea hengitystiesairaus (Coles 1987). Influenssa voi myös yleistyä ja johtaa sairastuneen linnun kuolemaan (Ritchie ym. cop. 1994). Papukajoilla on havaittu myös ataksiaa, alakuloisuutta, ripulia ja huonolaatuista höyhenpukua (Altman 1997). Matalapatogeeninen lintuinfluenssa aiheuttaa yleensä lievän tai oireettoman infektion (World Organisation of Animal Health 2011). Lievissä infektioissa lintujen kuolleisuus voi nousta 30 %:iin (Kelly 2008). Korkeapatogeeninen lintuinfluenssavirus leviää nopeasti ja aiheuttaa vakavan infektion, jossa kuolleisuus on jopa 100 % kahden vuorokauden kuluessa infektiosta

(World Organisation of Animal Health 2011). Lintuinfluenssa on Suomessa lakisääteisesti vastustettava, helposti leviävä eläintauti. Jo puhjenneseen tautiin ei ole hoitoa ja siksi sen varhainen toteaminen ja leviämisen tehokas estäminen on tärkeää (Evira 2011).

3.3 Sieni-infektiot

3.3.1 Aspergilloosi

Aspergillus-lajit ovat tärkeimpiä lintujen sieni-infektioiden aiheuttajia ja yleinen syy papukaijojen hengitysvaikeuksiin ja painonlaskuun (Roskopf & Woerpel cop. 1996, Tully ym. 2009). Yleisimmin hengitystieinfektion aiheuttaa *Aspergillus fumigatus* -laji, koska sen itiöt ovat niin pieniä, että ne voivat kulkeutua ylempien hengitysteiden kautta keuhkoputkiin asti (Quinn 2002). Papukaijoista aspergilloosia nähdään eniten harmaapapukaijoilla, amatsonin papukaijoilla ja kakaduilla (Beynon ym. 1996).

Aspergillus ei tartu linnusta toiseen (Beynon ym. 1996). Tartunta hengityselimistöön tapahtuu hengittämällä sieni-itiöitä (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Aspergilloosi kehittyy yleensä pimeässä, kosteassa ja likaisessa ympäristössä, joka on otollinen sienien kasvulle, tai kuumassa ja pölyisessä ympäristössä, joka vaikuttaa linnun hengityselimistön puolustuskykyyn altistaen linnun tartunnalle. Immunosupressiota aiheuttava voimakas stressi edesauttaa tartunnan muodostumista. Itiöiden määrällä, altistumisajalla ja linnun iällä on myös vaikutusta tartuntaan. Leesioita on yleisimmin keuhkoissa ja ilmapusseissa, mutta niitä voi olla myös missä tahansa elimessä. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Huonot elinolosuhteet aiheuttavat usein multifokaalisia muutoksia (Beynon ym. 1996). *Aspergillus* voi tuottaa mykotoksiineita ja näin aiheuttaa systeemisen taudin (Roskopf & Woerpel cop. 1996).

Aspergilloosia on kahta muotoa, akuuttia ja kroonista. Jos nuori lintu altistuu hyvin suurelle määrälle itiöitä, akuutti muoto voi ilmetä äkkikuolemana ennen kuin mitään oireita on ehtinyt kehittyä. Jos lintu selviää ensimmäisestä vaiheesta, oireet kehittyvät nopeasti. Tyypillisiä oireita ovat syömättömyys, runsas juominen, nopea hengitys ja

hengenahdistus. Tauti johtaa yleensä kuolemaan alle viikossa. Aspergilloosin leesioita ovat tällöin keuhkoissa laajalle levinneet jyvämäisten granuloomien alueet. Toisessa akuutin aspergilloosin muodossa muutokset keskittyvät henkitorveen, syrinxiin ja suurimpiin keuhkoputkiin. Jos tartunta diagnosoidaan aikaisessa vaiheessa ja hoito aloitetaan nopeasti, lintu saattaa selvitä taudista. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.)

Yleisimmin aspergilloosi on krooninen tauti, joka kehittyy kuukausien kuluessa. Tällöin sienikasvustoa on tyypillisesti ilmapusseissa, keuhkoissa ja henkitorvessa. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Aspergilloosi voi olla paikallinen, jolloin muutokset keskittyvät yleensä joko henkitorveen tai muutamaankin ilmapussiin, tai se voi olla multifokaalinen. Kun aspergilloosi leviää ilmapusseihin, se infektoi yleensä ensimmäisenä kaudaaliset ilmapussit. Tämä johtuu siitä, että sisäänhengityksen aikana sieni-itiöt kulkeutuvat ensimmäisenä kaudaaliin ilmapusseihin. (Beynon ym. 1996.) Usein sienikasvustoa on erityisesti rintakehän ja vatsan alueen ilmapusseissa (Arnall & Keymer cop. 1975). Sienikasvuston keskittymistä vain henkitorveen tavataan erityisesti amatsonin papukaijoilla, harmaapapukaijoilla ja aroilla (Morrisey 1997). Sienikasvusto voi levitä ilmapusseista vatsan alueen elinten seroosapinoille. Samanaikaiset bakteeri-infektiot ovat yleisiä. Krooninen aspergilloosi johtaa yleensä kuolemaan. Jos sienikasvustoa on vain muutamissa ilmapusseissa, lintu voi olla täysin oireeton. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.)

Kroonisen aspergilloosin oireet ovat epäspesifejä (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Kliiniset oireet riippuvat usein leesioiden sijainnista ja niiden laajuudesta (Beynon ym. 1996). Usein ainoat oireet ovat alakuloisuus ja painonlasku. Sienikasvuston levitessä laajemmin ilmapusseihin ja keuhkoihin alkaa ilmetä merkittävää hengenahdistusta. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) Stressi ja liikunta usein pahentavat oireita (Tully ym. 2009). Mykotoksiinien aiheuttamia systeemisiä oireita ovat alakulo, oksentelu, polyuria ja polydipsia. Leesiot syrinxissä aiheuttavat äänen muuttumista tai kokonaan äänen menetyksen. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.)

3.3.2 Kandidiaasi

Candida-lajit ovat hiivoja, jotka aiheuttavat yleensä muutoksia kupuun ja ruokatorveen (Price 1992). Yleisin infektion aiheuttava laji on *Candida albicans* (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). *Candida*-lajit ovat opportunistisia taudinaiheuttajia (Ritchie ym. cop. 1994). Infektiolle altistavia tekijöitä ovat pitkät antibioottikuurit, vitamiinien puute, pilaantunut ravinto sekä kostea ja likainen elinympäristö (Rosskopf & Woerpel cop. 1996, Rosskopf 2003). Kandidiaasi on yleensä sekundaarinen infektio (Rosskopf 2003) ja lähinnä nuorten lintujen sairaus (Price 1992), koska niiden immuunijärjestelmä ei ole vielä täysin kehittynyt (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Primaarista kandidiaasia on havaittu usein kaijasilla (Rosskopf 2003).

Erityisesti nuorilla linnuilla *Candida* spp. infektoi yleensä kuvun (Ritchie ym. cop. 1994). Jos hiivakasvustoa muodostuu glottikseen, siitä voi seurata hengitysvaikeuksia hiivan muodostaman plakin tukkiessa hengitysteitä (Price 1992). Hiivakasvusto voi aiheuttaa muutoksia ruoansulatuskanavan ja hengitysteiden lisäksi ihoon (Ritchie ym. cop. 1994). *Candida*-infektio vaikuttaa eniten ruoansulatuskanavaan, joten sen kliinisiä oireita ovat haluttomuus nielaista, vähentynyt ruokahalu, oksentelu ja alakuloisuus (Jones 2006).

3.4 Loiset

3.4.1 *Sternostoma tracheacolum*

Sternostoma tracheacolum on punkki, joka loisii henkitorvessa, keuhkoputkissa ja ilmapusseissa. Sen elämänsyönnön oletetaan olevan suora. Punkit leviävät tällöin vanhemmilta linnuilta jälkeläisille. Lievä tartunta voi olla subkliininen.

Voimakkaammassa tartunnassa hengitysäänet muuttuvat vinkuviksi ja lintu hengittää usein suun kautta. (Rosskopf & Woerpel cop. 1996.) Sairastunut lintu voi menettää äänensä osittain tai jopa kokonaan. Yskiminen, aivastelu ja hengen haukkominen ovat taudin edetessä tyypillisiä oireita. (Arnall & Keymer cop. 1975.) Stressi voimistaa oireita. Punkkitartunta aiheuttaa linnulle kroonisen painonlaskun ja lopulta kuoleman. (Rosskopf & Woerpel cop. 1996.)

3.4.2 *Syngamus trachea*

Syngamus trachea kuuluu sukkulamatoihin (*Nematoda*) (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). *Syngamus trachea* -loista esiintyy maailmanlaajuisesti (Taylor ym. 2007), mutta sitä tavataan eniten maassa elävillä lintulajeilla (Beynon ym. 1996). Tartunta tapahtuu syömällä infektiivisen munan tai larvan maasta, tai syömällä loisen väli-isäntänä toimivan kastemadon tai etanan (Arnall ym. Keymer cop. 1975). Tämän vuoksi infektiot lemmikkipapukaijoilla ovat harvinaisia. Yleisimmin tartunnan kohteena ovat nuoret linnut. (Morrisey 1997, Clyde & Patton 1996.) Vanhemmat linnut ovat vastustuskykyisempiä loista kohtaan (Ritchie ym. cop. 1994).

Syngamus trachean elämänkierto on suora (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Loistartunta tapahtuu ruoansulatuskanavan kautta. L₃-muodon larva tunkeutuu suolen seinämän läpi ja hakeutuu maksan kautta keuhkoihin verenkierron mukana. Keuhkokudoksesta loinen vaelttaa keuhkoputkiin tai henkitorveen. (Taylor ym. 2007.) Aikuiset madot elävät henkitorvessa kiinnittyneinä pysyvästi henkitorven mukoosaan (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Loisten aiheuttaman ärsytyksen vuoksi infektoitunut lintu yskii ja aivastelee, jolloin loisten munat siirtyvät henkitorvesta suuhun. Lintu nielee munat, jotka päätyvät lopulta ulosteiden mukana ympäristöön. (Arnall & Keymer cop. 1975.)

Jos *S. trachea* -loisia on paljon, ne aiheuttavat keuhkokudoksessa vaeltaessaan emfyseemaa ja ödeemaa. Tämä voi johtaa lopulta pneumoniaan ja kuolemaan. Jos loisia on vähemmän, ne aiheuttavat hemorragista trakeiittia ja lisääntyntä limaneritystä. Lima voi osittain tukkia hengitystiet. (Taylor ym. 2007.) Oireiden vakavuus vaihtelee loismatojen määrän mukaan. Oireilevat linnut haukkovat henkeään, eivät syö ja laihtuvat (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Linnut voivat yskiä, niiden ääni saattaa muuttua, niillä voi olla merkittävää hengenahdistusta ja henkitorvesta voi tulla veristä eritettä (Clyde & Patton 1996). Jos loisia on hyvin paljon, ne voivat aiheuttaa henkitorven täydellisen tukkeutumisen ja johtaa tukehtumiskuolemaan (Rosskopf & Woerpel cop. 1996).

3.4.3 Trikomoniaasi

Trikomoniaasia aiheuttaa alkueläin *Trichomonas gallinae* (Price 1992). *Trichomonas gallinae* leviää lintujen välisessä kontaktissa, erityisesti vanhempien ruokkiessa poikasiaan. Epäsuora tartunta juomaveden kautta on myös mahdollinen. (Arnall & Keymer cop. 1975.) Infektioita on papukaijoista lähinnä vain undulaateilla (Price 1992).

*Trichomonas gallinae*n aiheuttama tauti keskittyy ensisijaisesti ruoansulatuskanavaan, mutta voi edetessään levitä myös hengityselimistöön. Muutoksia voidaan havaita tällöin nielussa ja nenän sivuonteloissa. (Rosskopf & Woerpel cop. 1996.) Klassisessa muodossa voidaan nähdä kermaista kerrostumaa linnun suussa (Price 1992).

Kaseaattisia plakkeja on tyypillisesti suussa, nielussa, ruokatorvessa ja kuvussa (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Linnuilla on myös kuvattu infektioita, joissa plakkeja muodostuu nenäonteloihin, infraorbitaalisiin sinuksiin ja syrinxiin (Jones 2006).

Trikomoniaasi voi levitä myös henkitorveen (Morrisey 1997). Taudin kliinisiä oireita ovat syömättömyys, hengitysvaikeudet, heikkous ja oksentelu (Clyde & Patton 1996).

Nuoret infektoituneet linnut kasvavat hitaasti (Ritchie ym. cop. 1994) ja niiden kuolleisuus on suuri (Rosskopf & Woerpel cop. 1996). Vanhemmilla ja vastustuskykyisemmillä linnuilla kuolemaa edeltää merkittävä painonlasku, joka saattaa kestää noin kolme viikkoa (Arnall & Keymer cop. 1975).

3.5 Noninfektiiviset hengitystiesairaudet

3.5.1 A-vitamiinin puutos

A-vitamiinin saanti on olennaista kasvun, terveen ihon ja limakalvojen ylläpitämisen ja hyvän näkökyvyn takia (Arnall & Keymer cop. 1975). A-vitamiinin puutostila altistaa ylempien hengitysteiden tulehduksille. Se aiheuttaa steriilejä abskesseja nenään, nenänieluaukkoon ja kielen alueelle. Abskessit näkyvät valkoisena tai keltaisena plakkina, joka muistuttaa paljon sienien, hiivan ja alkueläinten, erityisesti *Trichomonas*-lajien, aiheuttamamaa plakkia. (Beynon ym. 1996.) A-vitamiinin puutostila on varsin yleinen vaiva lemmikkilinnuilla, erityisesti papukaijoilla (Girling 2003). Suurin osa A-

vitamiinin puutostiloista johtuu väärästä ravinnosta. A-vitamiinin esiasteita on erityisesti vihreissä ja oransseissa kasviksissa. (Price 1992.)

Yksi A-vitamiinin tehtävistä on pitää limakalvot kosteina ja terveinä. Ensimmäinen A-vitamiinin puutostilan aiheuttama muutos on liman tuotannon vähentyminen, jolloin suoja patogeenejä vastaan heikentyy. Tämä altistaa linnun sekundaarisille infektioille. (Price 1992.) A-vitamiinilla on myös osoitettu olevan immunologista vastetta bakteerinfektioita vastaan (Roskopf & Woerpel cop. 1996). Puutostilan myöhempänä muutoksena tapahtuu epiteelin hyperkeratoosia. Suun limakalvon rauhaskudoksen metaplasia aiheuttaa kystia, jotka voivat infektoitua ja näkyä abskesseina kielen ympärillä ja nenänieluaukossa. Levyepiteelin metaplasiaa voi olla sekä ylemmissä että alemmissa hengitysteissä. Keratiinipitoista eritettä kertyy nenän sivuonteloihin ja se voi jopa tukkia sieraimet kokonaan. Sieraimet tukkivaa pölyn ja keratiinieritteen seosta kutsutaan rinoliitiksi. Hengityselimistöön vaikuttavan A-vitamiinin puutostilan oireita ovat väsymys, aivastelu, vinkuva hengitys ja hengenahdistus. (Price 1992.) Muita oireita ovat polyuria, polydipsia, kihti, jalkapohjien hyperkeratoosi ja kyynelrauhasten vaurioitumisesta johtuva silmien kuivuminen (Tully ym. 2009).

3.5.2 Polytetrafluoroetyleenimyrkytys

Papukaijojen hengityselimistö on herkempi haitallisille kaasuille ja savulle kuin nisäkkäiden hengityselimistö. Hengitettyjen myrkkujen aiheuttamat kliiniset oireet riippuvat myrkytymäärästä. (LaBonde 1995.) Polytetrafluoroetyleni eli PTFE on yleisin hengityksen kautta saadun myrkytyksen aiheuttaja (Roskopf & Woerpel cop. 1996). PTFE:tä on teflonpinnoitteisissa ruoanlaittovälineissä sekä lämpölampuissa (Ritchie ym. cop. 1994). Teflonin kuumentuessa yli 280 °:een, sen rakennepolymeerit alkavat kaasuuntua. Lievä altistuminen aiheuttaa linnuilla hengenahdistusta, ataksiaa ja hätäantynyttä käytöstä. (Roskopf & Woerpel cop. 1996.) PTFE aiheuttaa hengitettynä linnuille vakavan, nopeasti etenevän kuolemaan johtavan pneumonian. Myrkytä hengittänyt lintu kuolee noin puolessa tunnissa. (Tully 2009.) Kuolema seuraa yleensä niin nopeasti, ettei myrkytyksen hoitoa ehditä aloittaa (Ritchie ym. cop. 1994).

Myrkytyksen aiheuttamia leesioita ovat ilmapussintulehdus, keuhkokongestio sekä hemorraginen ja nekroottinen keuhkotulehdus (Rosskopf & Woerpel cop. 1996).

3.5.3 Ilmapussin repeämä

Paikallinen vaurio missä tahansa ilmapussissa voi aiheuttaa ilmapussin repeämisen (Clippinger 1997). Repeämisen seurauksena muodostuu paikallisia ihonalaisia ilmataskuja (Altman 1997). Repeämiä on havaittu monilla lintulajeilla (Rosskopf & Woerpel cop. 1996), mutta papukaijalajeista niitä on eniten amatsonin papukaijoilla, aroilla ja nymfipapukaijoilla (Altman 1997). Ilman aiheuttama turvotus sijaitsee yleensä päässä, kaulan dorsaalipuolella tai kyljissä. Turvotus voi olla lievää ja paikallista tai diffuusia. Ilmapussin repeämän voi aiheuttaa trauma tai ilmapussintulehdus. (Altman 1997.) Mikä tahansa ilmapussi voi revetä, mutta yleensä repeämä tulee rintakehän kaudaaliseen, kaulan tai vatsan alueen ilmapussiin (Ritchie ym. cop. 1994). Linnun törmäämisen aiheuttamat traumat kohdistuvat usein solisluun ilmapussiin, joka voi revetä muodostaen ihonalaisen emfyseeman. Repeytyneet ilmapussit paranevat yleensä itsestään. (Coles 1987.) Tarvittaessa ihon alle kertynyt ilma voidaan poistaa neulalla (Ritchie ym. cop. 1994).

4 Pohdinta

Eksoottisten eläinten suosio lemmikkeinä kasvaa jatkuvasti, joten eläinlääkäreiden tulisi olla yhä valmiimpia hoitamaan niitä. Eksoottisten nisäkkäiden, kuten jyrsijöiden ja kaniin, hoidon perustana voi käyttää muihin nisäkkäisiin perustuvaa tietoa. Sen sijaan papukaijojen ja yleensäkin lintujen anatomia ja fysiologia poikkeavat nisäkkäistä niin paljon, että lintujen hoitaminen voidaan kokea haastavaksi. Lintujen perusanatomian ymmärtäminen helpottaa tautien patogeneesin ymmärtämistä ja tautien diagnosoimista. Anatomian ja fysiologian lisäksi lintujen sairaudet ovat osittain erilaisia kuin nisäkkäillä. Lintujen hengityselimistö on hyvin poikkeuksellinen rakenteeltaan ja toiminnaltaan. Tämän vuoksi se on varsin altis erilaisille sairauksille. Eläinlääkärin tulisi kyetä tunnistamaan papukaijojen yleisimmät hengitystiesairaudet, ymmärtää sairauksien patogeneesi ja tietää tärkeimmät hoitokäytännöt.

Useiden papukaijojen sairauksien taustalla on huonot elinolosuhteet. Liian tiheä populaatio, vääränlainen ruokinta ja likainen ympäristö aiheuttavat papukaijoille stressiä, joka voi laukaista piilevän infektion. Hyvillä elinolosuhteilla pystytään ehkäisemään useita hengitysteihin kohdistuvia sairauksia. Klamydioosi, linturokko, aspergilloosi ja kandidiaasi ovat usein subkliinisiä infektioita, jotka kehittyvät kliiniseksi huonojen elinolojen aiheuttaman stressin seurauksena. Vääränlainen ravinto aiheuttaa papukaijoille helposti A-vitamiinin puutosta. Valveutunut papukaijan omistaja tietää millainen on oikea ympäristö ja ruokavalio juuri omalle papukaijalajilleen. Eri papukaijalajien välillä on huomattavia eroja erityisesti ravinnon suhteen. Näihin asioihin perehtymällä linnun omistaja pystyy pitkälti ehkäisemään lemmikkinsä sairastumista. Tarvittaessa eläinlääkärin tulee kuitenkin osata neuvoa papukaijojen omistajia lintujen hoitamisessa tai kertoa omistajalle mistä papukaijan hoitoon liittyvää lisätietoa kannattaa hankkia. Ajan tasalla olevaa tietoa saa parhaiten suoraan papukaijojen kasvattajilta. Tämän vuoksi lemmikkilintu kannattaa ostaa kasvattajalta eikä eläinkaupasta, jossa myyjät eivät välttämättä tunne riittävän paljon kaikkien myytävien eläinlajien hoidosta.

Lintujen hyvinvoinnin parantamisen lisäksi eläinlääkäreiden tulisi tietää yleisimmät hengitysteihin kohdistuvat zoonoottiset taudit, jotka voivat tarttua papukaijoista

ihmisiin. Erityisen tärkeää on tunnistaa lintuinfluenssa papukaijoilla, sillä lintuinfluenssa on Suomessa lakisääteisesti vastustettava, helposti leviävä eläintauti. Lintuinfluenssatartunta papukaijalla on Suomessa kuitenkin hyvin harvinainen, sillä tartunta vaatii kontaktin jo infektoituneeseen lintuun tai infektoituneen linnun eritteeseen. Suomalaisen ilmaston vuoksi papukaijoja voi pitää ulkona vain lyhyen ajan vuodesta, joten kontakti luonnonvaraiseen lintuinfluenssaa sairastavaan lintuun on harvinaista.

Useimpia papukaijojen yleisimmistä hengitystieinfektioista voi diagnosoida ja hoitaa yksinkertaisessakin praktiikassa. Hengitysvaikeuksista kärsivää lintua käsiteltäessä vastaanotolla tulee ehdottomasti ottaa huomioon se, että vieraassa ympäristössä olemisesta ja linnun käsittelystä aiheutuva stressi voi entisestään vaikeuttaa hengittämistä. Perusasioiden varmistaminen, kuten rauhallinen tutkimisympäristö ja riittävän hapensaannin takaaminen on tärkeää, kun linnulla on hengitystieoireita. Lisäksi papukaijan varmaotteinen käsittely estää lintua vahingoittamasta itseään. Tietyissä tilanteissa hengitystieinfektion diagnosoiminen tai trauman sijainnin tarkka paikantaminen voi vaatia ilmapussien tähyttämistä tai muuta hengityselimistön kuvantamista. Tällöin voi olla tarpeellista lähettää potilas stabiloinnin jälkeen eteenpäin vastaanotolle, jossa ollaan perehtyneempiä lintujen hoitamiseen.

Eläinlääkäreiden tulisi suhtautua avoimesti rutiinitapauksista poikkeaviin potilaisiin ja kokea lintupotilaiden hoitaminen sopivana haasteena ja vaihteluna. Uusien eläinlääkäreiden ei myöskään pitäisi hyväksyä kyseenalaistamatta sitä asennetta, että eksoottisia lemmikkieläimiä ei pysty käsittelemään eikä varsinkaan hoitamaan. Suurin osa papukaijojen omistajista tietää, että eläinlääkärit eivät yleensä kykene hoitamaan papukaijoja yhtä hyvin kuin esimerkiksi koiria. Monet papukaijan omistajat ovat kuitenkin jo tyytyväisiä siitä, että eläinlääkäri edes yrittää auttaa, vaikkei hänellä olisi laajaa kokemusta lintujen hoitamisesta.

Lemmikkilintujen ja erityisesti papukaijojen hoitamiseen perehtyminen ei ole kovin hankalaa, sillä perusasioihin keskittyvää kirjallisuutta on yllättävän paljon saatavilla. Useissa eksoottisia lemmikkieläimiä käsittelevissä kirjoissa on kerrottu myös yleisimpien lemmikkipapukaijojen perusanatomiasta, tyypillisimmistä sairauksista,

diagnostiikasta ja hoitomenetelmistä. Tällaisten teosten avulla jokainen eläinlääkäri pystyy hoitamaan papukaijojen yleisimpiä hengitystiesairauksia. Monet vanhemmat anatomian teokset käsittelevät vain kanan anatomiaa, mutta uudemmissa kirjoissa kerrotaan enemmän papukaijoista, petolinnuista ja vesilinnuista. Lintujen anatomiasta ja lääkinnästä on kirjoitettu myös useita laajempia teoksia, joiden avulla eläinlääkäri pystyy syventämään osaamistaan. Näissä kirjoissa on paikoin hyvinkin yksityiskohtaisia ohjeita esimerkiksi lintujen kirurgiasta. Sen sijaan, että yksittäiset eläinlääkärit erikoistuisivat pitkälle papukaijojen hoitamisessa, olisi hyödyllisempää, että yhä useampi eläinlääkäri perehtyisi hieman papukaijojen yleisimpiin sairauksiin. Todennäköisesti vastaanotolle tulevilla lintupotilailla on jokin kohtalaisen yksinkertainen tauti kuten hengitystieinfektio. Mikäli parantava hoito on olemassa, se on yleensä melko yksinkertainen. Olisi ihanteellista, että tällaiset tapaukset voisi hoitaa sillä vastaanotolla, jonne asiakas ensimmäisenä hakeutuu. Tällöin pystytään vähentämään papukaijan stressiä, kun sitä ei tarvitse lähettää kauas hoitotoimenpiteitä varten. Lisäksi linnun omistaja on varmasti tyytyväinen saadessaan riittävän tasokasta palvelua vaivattomasti lähiseudultaan.

5 Kirjallisuusluettelo

- Altman, R.B. *Avian medicine and surgery*, Saunders, Philadelphia 1997.
- Arnall, L. & Keymer, I.F. *Bird diseases : An introduction to clinical diagnosis and treatment of diseases in birds other than poultry*, Baillie´re Tindall, London cop. 1975.
- Banjo, A. *Undulaatti - Melopsittacus undulatus*. Lemmikkilinnut Kaijuli ry. <http://kaijuli.papukaijat.net/kaijuli/file/lajiesittelyt/undut.pdf>, haettu 23.9.2011, päivitetty 28.9.2008.
- Baumel, J.J. *Nomina anatomica avium = An annotated anatomical dictionary of birds*, Academic Press, London 1979.
- Beynon, P.H., Forbes, N.A. & Lawton, M.P.C. *Manual of psittacine birds*, British Small Animal Veterinary Association (BSAVA), Cheltenham 1996.
- Clippinger, T.L. "Diseases of the lower respiratory tract of companion birds", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1997, 6(4): 201-208.
- Clyde, V.L. & Patton, S. "Diagnosis, treatment, and control of common parasites in companion and aviary birds", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1996, 5(2): 75-84.
- Coles, B.H. *Avian medicine and surgery*, Blackwell Scientific Publications, Oxford 1987.
- Evara 2011, *Lintuinfluenssa*.
http://www.evira.fi/portal/fi/elaimet/elainten_terveys_ja_elaintaudit/elaintaudit/siipikarja/lintuinfluenssa/, haettu 23.9.2011, päivitetty 19.4.2011.
- Evara 2010, *Psittakoosi (ornitoosi)*.
http://www.evira.fi/portal/fi/elaimet/elainten_terveys_ja_elaintaudit/elaintaudit/siipikarja/psittakoosi/, haettu 23.9.2011, päivitetty 30.8.2010.
- Farner Donald S., King, J.R. & Parkes, K.C. *Avian biology. Vol. 2*, Academic press, New York 1972.
- Getty, R., Rosenbaum, C.E., Ghoshal, N.G. & Hillman, D. *Sisson and Grossman's The anatomy of the domestic animals. Vol. 2*, 5. painos, Saunders, Philadelphia 1975.
- Girling, S. *Veterinary nursing of exotic pets*, Blackwell Publishing, Oxford 2003.
- Graham, J.E. "Approach to the dyspneic avian patient", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 2004, 13(3): 154-159.

- Hagan, E. *Anodorhynchus hyacinthinus*. University of Michigan, Museum of Zoology. http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Anodorhynchus_hyacinthinus.html, haettu 23.9.2011, päivitetty 2004.
- Heard, D.J. "Avian respiratory anatomy and physiology", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1997, 6(4): 172-179.
- Jones, M.P. "Selected Infectious Diseases of Birds of Prey", *Journal of Exotic Pet Medicine*, 2006, 15(1): 5-17.
- Katoh, H., Ogawa, H., Ohya, K. & Fukushi, H. "A Review of DNA Viral Infections in Psittacine Birds", *The Journal of veterinary medical science / the Japanese Society of Veterinary Science*, 2010, 72(9): 1099-1106.
- Kelly, D.J. "Avian Influenza Testing", *Journal of Exotic Pet Medicine*, 2008, 17(1): 26-30.
- King, A.S. & McLelland, J. *Outlines of avian anatomy*, Baillie`re Tindall, London 1975.
- LaBonde, J. "Toxicity in pet avian patients", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1995, 4(1): 23-31.
- Levine, B.S. & Practice, C.A. "Common disorders of amazons, Australian Parakeets, and African Grey Parrots", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 2003, 12(3): 125-130.
- Ludders, J.W. "Respiratory physiology of birds: Considerations for anesthetic management", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1998, 7(1): 3-9.
- Morrissey, J.K. "Diseases of the upper respiratory tract of companion birds", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1997, 6(4): 195-200.
- O'Malley, B., Helmer, P., Whiteside, D.P. & Lewington, J.H. *Clinical anatomy and physiology of exotic species : structure and function of mammals, birds, reptiles and amphibians*, Elsevier Saunders, Edinburgh 2005.
- Price, C.J. *Manual of parrots, budgerigars and other psittacine birds*, British Small Animal Veterinary Association, Cheltenham 1992.
- Quinn, P.J. *Veterinary microbiology and microbial disease*, Blackwell Science, Oxford 2009.
- Riddell, C. & Atkinson, D.R. "Two Cases of Mycobacteriosis in Psittacine Birds", *The Canadian veterinary journal. La revue veterinaire canadienne*, 1981, 22(5): 145-147.
- Ritchie, B.W., Harrison, G.J. & Harrison, L.R. *Avian medicine : principles and applications*, Wingers Publishing, Lake Worth (FL) cop. 1994.

- Roskopf, J., Walter J. "Common conditions and syndromes of canaries, finches, lories and lorikeets, lovebirds, and macaws", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 2003, 12(3): 131-143.
- Roskopf, W.J. & Woerpel, R.W. *Diseases of cage and aviary birds*, 3. painos, Williams & Wilkins, Baltimore, MD. cop. 1996.
- Taylor, M.A., Coop, R.L. & Wall, R., *Veterinary parasitology*, 3. painos, Blackwell Pub, Oxford 2007.
- Taylor, M. "Endoscopic diagnosis of avian respiratory tract diseases", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1997, 6(4): 187-194.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2009, *Psittakoosi*.
http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/terveys_ja_sairaudet/infektio_taudit/elainten_valityksella_tarttuvat_taudit/psittakoosi/, haettu 23.9.2011, päivitetty 2.1.2009.
- Tully, T.N., Dorrestein, G.M. & Jones, A.K. *Handbook of avian medicine*, 2. painos, Elsevier Saunders, Edinburgh 2009.
- Tuutti, J. *Tyypillisiä lajeja Suomessa*. <http://www.papukaija.fi/papukaija-lemmikiksi/liite2-lajeja-suomessa>, haettu 23.9.2011.
- VanDerHeyden, N. "Clinical manifestations of mycobacteriosis in pet birds", *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 1997, 6(1): 18-24.
- Whittow, G.C. & Sturkie, P.D. *Sturkie's avian physiology*, 5. painos, Academic Press, San Diego, CA cop. 2000.
- World Organisation of Animal Health 2011, *About AI*. <http://www.oie.int/animal-health-in-the-world/web-portal-on-avian-influenza/about-ai/>, haettu 23.9.2011.