

# Botulinumtoksiini biouhka-agenssina

Botulismi on *Clostridium botulinum* -bakteerin tuottaman botulinumneurotoksiinin aiheuttama velttohalvaus, jossa tajunta ja kiputunto säilyvät. Luonnollinen botulismi on tyyppisesti seurausta riittämättömästi kuumennettujen tai kuumentamattomien tyhjiöpakattujen elintarvikkeiden nauttimisesta. Botulinumtoksiini on yksi pelätymmistä biouhka-agensseista, ja sen tahallinen levitys saattaisi johtaa suureen kuolleisuuteen, terveydenhuollon kuormittumiseen ja yleiseen paniikkiin. Botulismin diagnostiikassa ja hoidossa lääkärin varhainen epäily on ensiarvoisen tärkeää. Usea samanaikainen botulismitapaus tai niiden paikallinen ryvästyminen ilman tyyppillistä yhdistävää lähdettä voi viitata tahallisesti aiheutettuun epidemiaan. Niin ikään epätavallinen toksiiniytyppi voi olla merkki tästä.

**Lokakuussa 2011** Helsingissä sairastui botulismiin kaksi henkilöä, joista toinen menehtyi hoidosta huolimatta. Botulismin aiheuttajan eli botulinumtoksiinin lähteeksi paljastui italialaista alkuperää oleva oliivisäilyke, joka vedettiin tapausten vuoksi markkinoilta (Jalava ym. 2011). Myös Ranskassa, Italiassa ja Saksassa todettiin botulismia 2011. Tällaisen luonnollisen taudin lisäksi botulismi voi olla seurausta myös botulinumtoksiinin tahallisesti levityksestä. Yhdysvaltain tautien seuranta- ja torjuntavirasto (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) onkin luokitellut botulinumtoksiinin sen yhteiskuntaa vaarantavan biouhkapotentiaalain perusteella vaarallisimpanaan A-luokkaan kuuluvaksi aineeksi ja Euroopan lääkevirasto (EMA) puolestaan I luokan biouhka-agenssiksi (TAULUKKO 1).

Biouhkaksi kutsutaan Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen määritelmän mukaan mikrobin tai biologisen materiaalin aiheuttamaa joukkosairastumista tai sen uhkaa, kun tauti ei tartuntavaaran vuoksi ole hoidettavissa nor-

maalitoiminnan puitteissa tai kun kyseessä on laaja joukkosairastuminen, jonka hallitsemiseen sairaalan tai sairaanhoitopiirin tavanomaiset resurssit eivät riitä. Kysymyksessä voi määritelmän mukaan olla myös mikrobin tai toksiinin tarkoituksellinen levitys. Tällainen toiminta on rikollista, ja bioaseen käyttö on kielletty kansainvälisellä sopimuksella, jonka on allekirjoittanut 176 maata (Sissonen ym. 2012). Vaikka botulinumtoksiinin, kuten muidenkin bioagenssien, tahallinen levitys on epätodennäköistä, sen mahdollisuuteen on varauduttava muun muassa lisäämällä tietoisuutta biouhkataudeista ja niiden aiheuttajista. Riippumatta siitä, onko kyseessä luonnollinen vai tahallisesti aiheutettu epidemia, botulismin diagnostiikassa ja hoidossa tärkeintä on lääkärin valveutuneisuus.

## *Clostridium botulinum*, botulinumtoksiini ja niiden epidemiologia

Botulismi on hengenvaarallinen tila, jonka aiheuttaa *Clostridium botulinum* -bakteerin tuottama botulinumneurotoksiini (Wood 1999). *C. botulinum* on itiöllinen anaerobinen sauvabakteeri, jota esiintyy yleisesti maaperässä, vesistöjen sedimenteissä ja eläinten suolistossa. Hapettomissa, pH-arvon 4,5 ylittävissä olosuhteissa ja 3,5–50 °C:n lämpötilassa itiöistä voi kehittyä bakteereita, jotka tuottavat botulinumneurotoksiinia, voimakkainta tunnettua luonnollista myrkyä (Wood 1999). *C. botulinum* -kannat jaetaan niiden ominaisuuksien perusteella ryhmiin I–IV (Peck 2009). Eri ryhmiin kuuluvien kantojen kasvuolovaatimukset vaihtelevat hieman.

*C. botulinum* -bakteerien tuottamat neurotoksiinit jaetaan tyyppeihin A–G niiden antigeenisten ominaisuuksien mukaan (Lindström ja Korkeala 2006). Ryhmien I ja II *C. botulinum* -kannat tuottavat A-, B-, E- ja F-tyyppisiä toksiineja, jotka aiheuttavat botulis-

**TAULUKKO 1.** Artikkelissa käytettyjä määritelmiä ja luokitteluja.

Määritelmä tai luokitteluperusteet	Viite
<i>A-luokan biouhka-agenssi</i> Botulinumtoksiinia on helppo levittää, ja se aiheuttaa suuren kuolleisuuden. Toksiinin levittämisellä voi olla vakavia kansanterveydellisiä vaikutuksia. Seurauksena saattaa olla yleistä paniikkia ja sosiaalista epäjärjestystä, mikä vaatii terveydenhuollolta erityistä varautumista.	Centers for Disease Control and Prevention www.bt.cdc.gov
<i>I luokan biouhka-agenssi</i> Botulismi on merkittävä ja vakava tartuntatauti, jolle on olemassa hoitokeino.	European Medicines Agency www.ema.europa.eu
<i>Laboratoriossa varmistettu botulismitapaus</i> Potilaan veressä on todettu botulinumtoksiinia tai potilaan uloste-, mahahuhtelu- tai haavanäytteessä on todettu <i>C. botulinum</i> -bakteeri tai nautitussa elintarvikkeessa on todettu botulinumtoksiinia tai toksiinia tuottava <i>C. botulinum</i> -bakteeri.	Valtakunnallinen tartuntatauti-rekisteri

mia ihmisille ja joillekin eläinlajeille (Centers for Disease Control and Prevention 1998). Ryhmän III kannat tuottavat C- ja D-tyypin toksiineja, jotka aiheuttavat botulismia eläimille. Suomessa on todettu C-tyypin botulismia siipikarjalla 2009 ja D-tyypin botulismia tarhatsuilla siniketuilla 2006 (Zoonosikeskus 2011). Vaikka *C. botulinum* -itiöt ovat erittäin kestäviä, itse botulinumtoksiini tuhoutuu 100 °C:ssa kymmenessä minuutissa (Centers for Disease Control and Prevention 1998, Rautio 2010).

Suomen väestössä botulismi on harvinainen sairaus: vuonna 1999 todettiin yksi ruokamyrkytysbotulismitapaus ja vuonna 2006 kaksi tapausta (Lindström ym. 2006). Vuonna 2011 botulismiepäilyjä oli useita, tosin laboratoriossa varmistettuja tapauksia vain kaksi. Yleisimpiä riskielintarvikkeita ovat virheellisesti säilytetyt tyhjiöpakatut kalatuotteet ja huonosti kuumentamalla valmistetut kotitekoiset säilykkeet (Lindström ym. 2006, Cowden 2011). Viime lokakuussa sattuneissa tapauksissa aiheuttajaksi varmistuivat tuotantoprosessissa pilaantuneet italialaiset mantelitäytteiset oliivit, joissa todettiin B-tyypin botulinumtoksiinia (Jalava ym. 2011). Tyyppillisesti luonnollinen botulismi onkin seurausta ruokamyrkytyksestä, jossa bakteerin jo elintarvikkeessa muodostaman toksiinin nauttiminen aiheuttaa sairastumisen (Rautio 2010). Harvinaisempi tautimuoto on toksiko-

infektiivinen botulismi. Se on seurausta itiön itämisestä ja toksiinin tuotannosta haavoissa tai ruoansulatuskanavassa. Jälkimmäisestä on esimerkkinä imeväisbotulismi, jonka takia *Clostridium*-itiöiden lähteenä toimivaa hunajaa ei suositella syötettäväksi alle yksivuotiaille lapsille (Evara 2001). Yliannostuksesta seuraavaa iatrogeenista botulismia on myös julkaistu esiintyneen (Sobel 2005), joskaan ei Suomessa. Botulismi ja botulinumtoksiini eivät tartu ihmisestä toiseen.

### Lääkärin on muistettava ilmoittaa botulismiepäilyistä

Hoitavan lääkärin on ilmoitettava botulismiepäilyistä välittömästi muille terveysviranomaisille (TAULUKKO 2), jotta uusien tapausten ehkäisyyn tähtäävät torjuntatoimet saadaan nopeasti käynnistettyä (Tartuntatautilaki 1986 ja 2003, Tartuntatautiasetus 1986 ja 2009). Botulismitapauksesta on ilmoitettava myös valtakunnalliseen tartuntatautirekisteriin. Lääkärin on kerrottava puhelimitse botulismitapauksista jo epäilyvaiheessa tartuntataudeista vastaavalle lääkärille paikallisesti, alueellisesti (sairaanhoitopiiri) ja valtakunnallisesti. Myös paikalliselle virkaeläinlääkärille on ilmoitettava asiasta (KTL 2008). Puhelimitse tehtävän alustavan ilmoituksen lisäksi lääkärin on toimitettava kirjallinen tartuntatauti-ilmoitus, mikäli laboratoriotutkimukset varmistavat

**TAULUKKO 2.** Lääkärin vastuulla olevat ilmoitukset botulismiepäilyn ja varmistetun botulismitapauksen yhteydessä.

Taho, jolle ilmoitetaan	Miten ilmoitus tehdään	Milloin ilmoitetaan	Lakisääteinen
Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tartuntatautilääkäri	Puhelimitse, puh. 020 610 8557	Epäilyvaiheessa	X
Terveyskeskuksen tartuntataudeista vastaava lääkäri	Puhelimitse	Epäilyvaiheessa	X
Sairaanhoidopiirin tartuntataudeista vastaava lääkäri	Puhelimitse	Epäilyvaiheessa	X
Paikallinen virkaeläinlääkäri	Puhelimitse	Epäilyvaiheessa	X
Valtakunnallinen tartuntatauti-rekisteri	Kirjallisesti, A-lomake	Diagnoosin varmistuttua	X
Ruokamyrkytusepidemioiden rekisteritietojärjestelmä	Sähköisesti, <a href="https://palvelut2.evira.fi/rymy/">https://palvelut2.evira.fi/rymy/</a>	Epäilyvaiheessa	X
Tutkimuslaboratorio* Helsingin yliopiston Elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osaston <i>Clostridium botulinum</i> -laboratorio	Puhelimitse, puh. (09) 1915 7107	Ennen näytteiden lähettämistä	

\*Säädökset eivät velvoita ottamaan yhteyttä tutkimuslaboratorioon, mutta käytännössä se on tarpeen viimeistään ennen näytteiden lähettämistä.

epäilyn (TAULUKKO 1). Kun taudin lähteeksi epäillään saastunutta elintarviketta tai juomavettä, on tehtävä välittömästi epidemiaepäilyilmoitus ruokamyrkytusepidemioiden rekisteritietojärjestelmään (STM 2007).

## Botulismien diagnostiikka ja hoito

Botulismien oireet ovat seurausta botulinumtoksiinin joutumisesta verenkiertoon limakalvojen (suolisto, keuhkot) tai haavan kautta (Arnon ym. 2001). Kaikki toksiinityypit ovat rakenteeltaan polypeptidejä. Ne hakeutuvat ääreishermoston kolinergisiin pääätteisiin ja estävät asetyylikoliinin vapautumista hermopääteistä ja siten hermoimpulssin kulun lihakseen (Sobel 2005). Voimakkain vaikutus on A-tyyppin toksiinilla. Tästä johtuvat botulismille tyypilliset nopeasti etenevät lihashalvaukset, jotka alkavat elintarvikeperäisessä botulismissa 12–36 tunnin kuluttua altistuksesta (Wood 1999). Tahallisen levityksen aiheuttaman botulismien oireiden arvellaan alkavan yhtä nopeasti, mutta haavabotulismissa itämisaika on pidempi, 4–18 vrk. Oireet alkavat kasvojen ja nielun alueelta, josta ne etenevät kaulaan, palleaan ja raajoihin. Tyypillisiä ensimmäisiä

hermostollisia oireita ovat puhe- ja nielemisvaikeudet sekä näköhäiriöt, jotka johtuvat pään alueen lihasten halvaantumisesta (Wood 1999, Rautio 2010). Alkuvaiheen oireita voi olla vaikea tunnistaa, koska botulismipotilas saattaa hakeutua hoitoon esimerkiksi kurkkukivun, ripulitaudin tai väsymyksen vuoksi.

Hoitona käytetään spesifistä antitoksiinia (Kaakkola 2001), jota on saatavilla Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen rokotelähettämöstä. Antitoksiini (trivalentti, vasta-aineet neurotoksiinin tyyppinä A, B ja E vastaan) on botulismien ainoa spesifinen hoito. Siitä on hyötyä vain kun se annetaan saman tyyppin myrkytykseen ennen kuin toksiini on ehtinyt kiinnittyä hermopääteisiin. Antitoksiini valmistetaan hevosessa, joten sen käyttöön liittyy vakavien haittavaikutusten (mm. anafylaktisen reaktion) vaara. Antitoksiinin lisäksi sairastunut saattaa tarvita tehohoitoa useiden viikkojen tai jopa kuukausien ajan (Kaakkola 2001). Vaikka taudin edetessäkin potilaiden tajunta ja kiputunto pysyvät normaaleina, hengityksen lamaantuminen voi johtaa kuolemaan (Pilch ja Bray 2011). Kuolleisuus botulismiin on noin 9 %, kun tehohoitoa ja antitoksiinia on saatavilla; ilman niitä kuolleisuus on noin 70 %

(Wood 1999). Toipuminen kestää viikkoja tai kuukausia, ja osalle potilaista voi jäädä lihasheikkoutta ja hengenahdistusta vuosikausiksi.

Kaupallista rokotetta botulismia vastaan ei ole saatavilla. Kokeellisia toksoidirokotteita on kuitenkin kehitetty erityisryhmien suojelemiseksi, ja esimerkiksi Yhdysvalloissa tuhansia sotilas- ja laboratoriohenkilöitä on rokotettu niillä. Rokotteen yhtenä haittana on kuitenkin botulinumtoksiinin lääkinällisen käytön estyminen (Arnon ym. 2001).

Botulismiepäilyn tulee herätä, kun kuumettomalla henkilöllä todetaan äkillinen, nopeasti etenevä velttohalvaus ilman keskushermosto-oireita. Epäilyä vahvistaa mahdollinen tieto altistumisesta riskielintarvikkeelle, joten ruokailuhistoria on syytä selvittää tarkoin. Botulismin diagnoosi perustuu kliinisen kuvan lisäksi neurologiseen tutkimukseen, hermojen toimintamittauksiin (ENMG) ja botulinumtoksiinin osoittamiseen potilaan seerumista, ulosteesta, ruoansulatuskanavan sisällöstä tai elintarvikenäytteestä (Kaakkola 2001, Lindström ja Korkeala 2006). Näytteet, etenkin seeruminäyte, tulee ottaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Toksiini osoitetaan näytteistä hiirien letaalikokeella. *C. botulinum*-bakteeri voidaan osoittaa näytemateriaalista PCR-menetelmällä tai viljelyllä (Lindström ja Korkeala 2006). Laboratoriodiagnostiikkaa tekee Suomessa Helsingin yliopiston eläinlääketieteellisen tiedekunnan elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osasto. Myös Puolustusvoimien kenttälaboratoriossa ja Biologisten uhkien osaamiskeskuksen laboratoriossa on valmiuksia *C. botulinum*-bakteerin neurotoksiinigeenin ja botulinumtoksiinin osoittamiseen (KUVA). Botulismin diagnostiikassa neurologiset löydökset ohjaavat nopeasti oikeille jäljille. Tärkeintä diagnostiikassa ovatkin kliiniset löydökset.

## Botulinumtoksiinin lääkinällinen käyttö

Monen sairaustilan hoidossa voidaan hyödyntää botulinumtoksiinin hermoja ja lihaksia lamaavaa vaikutusta. Vakiintuneimpia käyttökohteita ovat spasmit ja dystoniat (Sotaniemi



**KUVA.** Puolustusvoimien kenttälaboratoriossa on valmiuksia biouhka-agenssien, mukaan lukien *C. botulinum* ja botulinumtoksiini, osoittamiseen. Kuva julkaistaan Suojelu, pelastus ja turvallisuus ry:n (SPT) luvalla.

2011), mutta botulinumtoksiini (lääkkeenä myös nimitys botuliini) on osoittautunut tehokkaaksi lääkkeeksi myös tiettyjen kiputilojen hoidossa (Soinila ja Haanpää 2011). Lääketieteellisten käyttökohteiden ohella on etenkin Yhdysvalloissa yleistynyt botulinumtoksiinin käyttö kasvoryppyjen hoidossa.

Suomessa on myyntilupa kolmelle erilaiselle, kuudella kauppanimellä myytävälle laimealle A-tyypin botulinumtoksiinivalmisteelle (ona-, abo- ja inkobotulinumtoksiinit) sekä yhdelle B-tyypin valmisteelle (rimabotulinumtoksiini). Lääkinällistä botulinumtoksiinia on moninaisten käyttöaiheidensa mukaisesti usean erikoisalan mutta erityisesti neurologiaan erikoistuneiden lääkäreiden käytössä (Sotaniemi 2011). Tyypillisen lääkepulloollisen sisältö eli 100 yksikköä onabotulinumtoksiinia vastaa 5 ng:aa botulinumtoksiinia. Tämä on noin 1/140 määrästä, joka hengitettynä voisi olla aikuiselle tappava (0,7–0,9 µg), ja 1/14000 määrästä, joka voisi tappaa nieltynä (70 µg) (Arnon ym. 2001). Koulutetun lääkärin käsissä oikein annosteltuna botulinumtoksiini on siis turvallinen lääkeaine, eivätkä terapeuttiset botulinumtoksiinimäärät muodosta biouhkaa.

## YDINASIAT

- ▶ Botulismiepäilystä on velvollisuus ilmoittaa välittömästi.
- ▶ Botulismi on tyypillisesti seurausta toksiinia sisältävän elintarvikkeen nauttimisesta, jolloin kyseessä on ruokamyrkytys.
- ▶ Botulinumtoksiinin tahalliseen levitykseen viittaa tapausten ryvästyminen, etenkin jos yhteistä ravinnonlähdetä ei löydy tai on todettu epätavallinen botulinumtoksiinityyppi.
- ▶ Botulismi ja botulinumtoksiini eivät tartu ihmistä toiseen.
- ▶ Botulismin laboratoriodiagnostiikasta vastaa Suomessa Helsingin yliopiston eläinlääketieteellisen tiedekunnan elintarvikehygienian ja ympäristöterveyden osasto.

### Botulinumtoksiinin tahallinen pahantahtoinen käyttö

Botulinumtoksiini on voimakkain tunnettu luonnollinen myrky ja mahdollinen bioase. On arvioitu, että yksi gramma toksiinia levitettyinä aerosolimuodossa riittäisi tappamaan 1,5 miljoonaa ihmistä (Arnon ym. 2001, Pilch ja Bray 2011). Aerosolilevitys olisi kuitenkin teknisesti hyvin hankalaa ja vaatisi kehitystyötä, sillä sekä luonnollinen että lääkinnällinen botulinumtoksiini ovat herkkiä muun muassa valolle. Lisäksi levityssumun pitäisi olla juuri oikeankokoista. Aerosolilevityksen jälkeen toksiini inaktivoituisi luonnon olosuhteissa arviolta kahdessa päivässä (Pilch ja Bray 2011). Bioaseena botulinumtoksiinia levitetäisiin todennäköisemmin aerosolin sijaan elintarvikkeiden tai juomaveden välityksellä. Yhtään vesivälitteistä botulismitapausta ei kuitenkaan ole koskaan julkaistu (Arnon ym. 2001). Kunnallisen vesijärjestelmän saastuttaminen botulinumtoksiinilla olisi vaikeata toteuttaa, koska tavanomaiset vedenkäsittelymenetelmät inaktivoisivat toksiinin nopeasti. Lisäksi suurien, hitaasti vaihtuvien vesivarastojen saastuttami-

seen tarvittavan toksiinin määrä olisi käytännössä liian suuri. Yksittäisten pienten vesierien tai elintarvikkeiden hetkellinen myrkyttäminen sen sijaan on teknisesti mahdollista.

Epäilyn tahallisesta botulinumtoksiinin levityksestä (TAULUKKO 3) tulisi herätä, kun samanaikaisesti ilmaantuu useita botulismiepäilytapauksia tai useita samanaikaisia pieniä epidemioita ilman tavanomaista yhteistä lähdettä. Niin ikään on epäilyttävää, jos epidemian aiheuttaa epätavallinen botulinumtoksiinityyppi (Arnon ym. 2001). Aerosolilevitystä taas tulee epäillä todettaessa epidemia, jossa henkilöt ovat olleet samassa paikassa (esim. lentokenttä, työpaikka) mutta eivät ole syöneet samaa ruokaa.

Useassa maassa on tutkittu botulinumtoksiinin käyttöä bioaseena tai sellainen on jopa kehitetty valmiiksi. Virallisesti kehitystyö lopetettiin biologiset ja toksiiniaseet kieltävän sopimuksen myötä vuonna 1972 sopimuksen allekirjoittaneissa maissa. Tämän jälkeenkin Irak on vuonna 1995 myöntänyt valmistaneensa 19 000 litraa vahvaa botulinumtoksiinia, josta noin 10 000 litraa oli saatettu asemuotoon (Arnon ym. 2001). Nykyisessä poliittisessa tilanteessa on huomionarvoista, että myös Pohjois-Korean ja Syyrian epäillään kehittäneen tai kehittävän vastaavaa botulinumtoksiiniasetta (Arnon ym. 2001). *C. botulinum*-bakteerin helpon saatavuuden ja botulinumtoksiinin myrkyllisyyden vuoksi se on kiinnostanut myös terroristijärjestöjä: vuonna 1990 Korkein totuus -uskonlahko yritti Japanissa levittää botulinumtoksiinia, mutta heidän bakteerikantansa osoittautui toksiinia tuottamattomaksi (Pilch ja Bray 2011). Valtaosa luonnosta eristettävistä *Clostridium*-kannoista ei onneksi tuota neurotoksiinia. Sen sijaan

**TAULUKKO 3.** Milloin epäillä botulinumtoksiinin tahallista levitystä (Arnon ym. 2001).

Kun todetaan epätavallisen toksiinityypin aiheuttama botulismiepidemia

Kun kyseessä on epidemia, jossa henkilöt ovat olleet samassa paikassa (esim. lentokenttä, työpaikka) mutta eivät ole syöneet samaa ruokaa

Kun ilmaantuu useita samanaikaisia tautitapauksia ilman tavanomaista lähdettä



mikrobiologian laboratorioden tulisi tarkastella omia bioturvaamiskäytäntöjään, etteivät kantakokeemat päädy väärin käsiin. Uudempina uhkana ovat laittomat, pitoisuudeltaan standardoimattomat valmisteet, joita internetissä markkinoidaan kosmeettiseen käyttöön. Laittomatkin toksinit ovat luultavasti laimeita, mutta ilmiö osoittaa toksiinintuottamistaidon levinneen laajalle.

## Lopuksi

Botulinumtoksiinin tahallisella levityksellä olisi vakavat seuraukset koko yhteiskunnan kannalta. Botulismi tekee toipuvatkin uhrinsa kuukausien ajaksi normaaliin toimintaan kyvyttömiksi, ja potilaiden hoito kuormittaa terveydenhuollon resursseja merkittävästi. Tahallinen levitys aiheuttaisi lisäksi laajaa kauhua, mikä edelleen johtaisi muun muassa terveydenhuollon kuormittumiseen. Haasteena on sekin, että diagnoosiin on päästävä nopeasti, jotta hengen pelastavat vastatoimet ehdittäin aloittaa ajoissa. Vastatoimia vaikeuttavat kuitenkin antitoksiinin saatavuus ja vaarallisuus sekä tehohoidon kapasiteetin (etenkin hengityskoneet, joita tarvitaan pitkään) riittävyys. Ensimmäiset uhrin voitaisiin menettää diagnoosin viivästyksen vuoksi, ja laajemmassa epidemiasa menetyksiä voisi tulla resurssiongelmien vuoksi myöhemminkin.

Botulinumtoksiini on potentiaalinen biouhka-agenssi myrkyllisyytensä ja melko helpon saatavuutensa vuoksi. Toksiinin laajamittainen aerosolilevitys on epätodennäköistä, ja se vaatisi onnistuakseen valtiovallan poikkeuksellista osaamista. Pienempimuotoinen ruoka- tai juomavälitteinen kohdistettu levittäminen sen sijaan on muidenkin toimijoiden, kuten terroristijärjestöjen tai yksittäisten häiriintyneiden yksilöiden, ulottuvilla. Lääkäriin tulee olla tietoinen niin luonnollisesta botulismista kuin myös tahallisen botulinumtoksiinin levittämisen mahdollisuudesta. Lääkäriin varhainen kliininen epäily ja asianmukaiset ilmoitukset mahdollistavat hengen pelastavan hoidon ja auttavat viranomaisia vastaamaan tilanteeseen asianmukaisesti. ■

**HEIDI ROSSOW, ELL, erikoiseläinlääkäri (tarttuvat taudit), erikoistutkija**

**PAULA M. KINNUNEN, ELT, erikoiseläinlääkäri (tarttuvat taudit), tutkimusjohtaja**

**SIMO NIKKARI, LT, professori, kliinisen mikrobiologian erikoislääkäri, osastonjohtaja**

Biologisten uhkien osaamiskeskus  
CB-suojelulääketieteen ja ympäristöterveyden keskus,  
tutkimus- ja kehittämissosasto  
Puolustusvoimat, Sotilaslääketieteen Keskus

### SIDONNAISUUDET

Heidi Rossow: Ei sidonnoisuuksia

Paula M. Kinnunen: Luentopalkkio (Pfizer)

Simo Nikkari: Ei sidonnoisuuksia

## Summary

### Botulinum toxin as a biological weapon

Botulism is caused by botulinum neurotoxin produced by the bacterium *Clostridium botulinum*. It is a flaccid paralysis in which consciousness and nociception are preserved. Natural botulism typically results from ingestion of inadequately heated or unheated vacuum-packed foods. In addition, botulinum toxin is one of the most feared biological weapons. In the diagnosis and treatment of botulism early suspicion is essential. Several coinciding or local clusters without a typical connecting source, or an uncommon type of toxin may indicate an intentionally caused epidemic.

#### KIRJALLISUUTTA

- Arnon S, Schechter R, Ingelsby T, ym. Botulinum toxin as a biological weapon: medical and public health management. *JAMA* 2001;285:1059–70.
- Centers for Disease Control and Prevention. Botulism in the United States, 1899–1996. Handbook for epidemiologists, clinicians and laboratory workers. Atlanta, GA, USA: Centers for Disease Control and Prevention 1998.
- Cowden J. Food-borne Clostridium botulinum intoxication from mass produced foodstuffs in Europe. *Euro Surveill* 2011; 16:20033.
- Evira. Elintarviketurvallisuusviraston ohjekirje 326/41/2001.
- Jalava K, Selby K, Pihlajasaari A, ym. Two cases of food-borne botulism in Finland caused by conserved olives, October 2011. *Euro Surveill* 2011;16:20034.
- Kaakkola S. Botulismin diagnostiikka ja hoito. *Duodecim* 2001;117:421–5.
- Lindström M, Korkeala H. Laboratory diagnostics of botulism. *Clin Microbiol Rev* 2006;19:298–314.
- KTL. Tartuntatautien ilmoittaminen – Ohjeet lääkäreille, terveyskeskuksille ja sairaanhoitopiireille. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 8/2008.
- Lindström M, Vuorela M, Hinderlink K, ym. Botulism associated with vacuum-packed smoked whitefish in Finland, June–July 2006. *Euro Surveill* 2006;11:3004.
- Peck MW. Biology and genomic analysis of Clostridium botulinum. *Adv Microb Physiol* 2009;55:183–265.
- Pilch RF, Bray M. Botulinum toxin. Kirjassa: Katz R, Zilinskas RA, toim. Encyclopedia of bioterrorism defence. New Jersey: John Wiley & Sons 2011, s.138–43.
- Rautio M. Clostridium-lajit. Teoksessa: Hedman K, Heikkinen T, Huovinen P, Järvinen A, Meri S, Vaara M, toim. Mikrobiologia, immunologia ja infektiosairaudet, kirja 1. Jyväskylä: Kustannus Oy Duodecim 2010, s. 233–8.
- Sissonen S, Rajjas T, Haikala O, ym. Biologisten aseiden kieltosopimuksen uudet haasteet. *Duodecim* 2012;3:283–9.
- Sobel J. Botulism. *Clin Infect Dis* 2005; 41:1167–73.
- Soinila S, Haanpää M. Botuliini kivun hoidossa. *Duodecim* 2011;22:2425–30.
- Sotaniemi K. Botuliinin neurologiset käyttöaiheet aikuisilla. *Duodecim* 2011; 22:2409–13.
- STM. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 251/2007 elintarvikkeiden tai talousveden välityksellä leviävien ruokamyrkytysepidemioiden selvittämisestä.
- Tartuntatautiasetus 786/1986 ja sen päivitys 556/2009.
- Tartuntatautilaki 583/1986 ja sen päivitys 935/2003.
- Wood MJ. Toxin-Mediated Disorders. Kirjassa: Armstrong D, Cohen J, toim. Infectious diseases, volume one. London, UK: Harcourt Publishers Ltd 1999, s. 18.4–6.
- Zoonosikeskus. Zoonoosit Suomessa 2000–2010. Zoonosikeskuksen julkaisuja 2011.