

# Esipuhe ja lisälukemista kirjaan

## Esipuhe

Jos saisimme päättää, minkälaiseksi ihmislaji kehittyi tulevaisuudessa, esimerkiksi muutaman sadan vuoden kuluessa, mitä päättäisimme? Mitä haluaisimme? Yleinen ajatus varmaan olisi, että fyysisistä rajoitteista ja sairauksista voisi päästä eroon, ja melko moni haluaisi todennäköisesti olla vähän nykyistä peilikuvaansa parempi versio. Kai aivojakin voisi muuttaa vähän? Positiivinen elämänsäsenne, onnellisuus, älykkyys – kukapa ei näitä toivoisi jälkeläisilleen?

Ihmiskunnan kehitys on biologisen evoluution jälkeen pitkälti pohjautunut teknologisiin edistysaskeliin. Tämän vuoksi ymmärryksemme eri asioista ja osaamisemme lisääntyminen näyttää tapahtuneen hiukan takaperoisesti suunnitellen, tai lähes suunnittelematta – ensin on opittu jotain perustavaa, keksitty esimerkiksi menetelmä tai työkalu ja sitten vasta ymmärretty ajatella, että olisipa hyödyllistä, jos osaisimme tehdä jotakin, jota juuri kehitetty työkalu mahdollistaa. Klassisena esimerkkinä perustutkimuksen tärkeydestä on pidetty tarinaa sähkön keksimisestä, jonka yhteydessä Michael Faraday olisi vastannut uuden, kummalliselta tuntuvan keksinnön merkitystä tivaaville poliitikoille: ”Eräänä päivänä voitte vielä kerätä siitä veroja.” Tarina kertoo mielestäni hyvin siitä, että kukaan ei osannut edes ajatella, miten elämä voisi olla helpompaa tai mitä meiltä puuttui, ennen kuin keksinnön tekninen toteutus oli paljastanut fysiikasta jotain uutta.

Mullistavien keksintöjen lista on moninainen ja ulottuu tulen kesyttämisestä lääketieteen hienouksiin ja internetiin. Yhteistä on, että jälkeensä ajateltuna niiden tarve tuntuu niin perustavanlaatuiselta, että jos jostain syystä itse tekniikka lakkaisi toimimasta, yrittäisimme ilman muuta keksiä uusia tapoja samaa käyttötarkoitusta varten. On huomionarvoista, että osaamme tavallisesti edes kuvitella vain sellaisia vaihtoehtoja ja uusia mahdollisuuksia, joita voimme tutkia tai teknisesti kokeilla. Suomen kielen sana ”käsittää” sisältää mielestäni hienon vihjeen siitä, että vasta käsin työstellävä asia voidaan ymmärtää. Käytännön elämässä ymmärrys ja tavoitteet etenevät näin teknologian mukana, eikä niin, että ensin keksittäisiin mielivaltaisen päämäärä ja

sen jälkeen yritettäisiin luoda keinot tavoitteeseen pääsemiseksi. Perustutkimus on usein hyvin lähellä käytännön havaintoja, ihan vaan uteliaisuuden pohjalta syntyvää ihmettelyä. Sen tuomia hedelmiä voidaan kyllä käyttää erilaisten tavoitteiden aikaansaamiseksi, mutta etenemisen järjestys on tärkeä tiedostaa. Taiteilijoiden ja harvinaisten visionäärien kyky kuvitella uusia ulottuvuuksia ilman konkreettisia työkaluja niiden saavuttamiseksi on tästä säännöstä piristävä poikkeus.

Biotekniikan kehittyessä olemme tulleet aikaan, jossa solujen DNA:ta osataan laajassa mitassa lukea, usein tulkita ja joskus hallitusti jo muunnella. Tämä koskee kaikkia lajeja eli myös ihmistä, jonka geenien muokkauksella voidaan teknisesti aikaansaada ja ohjata solujen ja yksilöiden biologisia muutoksia. On silti vaikea etukäteen nähdä, mitä kaikkea tästä voi seurata. Erilaiset tekniset kehitysaskeleet ovat usein tuottaneet ihmiskunnalle sekä valtavasti hyvää että uudenlaisia ongelmia. Asioiden keksimisessä ollaan useasti ”tuntemattomien tuntemattomien” ongelman äärellä – emme tiedä edes sitä, jääkö meiltä jotain tärkeää huomaamatta vai ei. Valitsemallamme suunnalla voi odottaa todellinen aarre, tyhjä arpa tai isoja ongelmia, mutta ainoa keino selvittää asia lienee se, että käymme katsomassa, mitä nurkan takana on. Uteliaisuus voi johtaa pulaan, mutta ilman sitä tuskin olisimme lajina kehittyneet läheskään näin pitkälle.

Kun pohdimme mahdollisia päätöksiä siitä, mihin haluamme päästä tai miten muuttaisimme maailmaa DNA:ta muokkaamalla, on hyvä tietää, missä olemme nyt. Tätä varten kannattaa kerrata, mitä tiedämme, ja selvittää itsellemme ainakin tunnetut asiat ja tällä hetkellä tiedossa olevat avoimet kysymykset. Samalla voimme visioida mahdollisimman hyvin, kuinka edetä, oppia aiemmista virheistä ja ehkä todeta, että tutkimusmatka kannattaa suunnata ennemmin suuntaan tai toiseen. Se, miten asiat ovat nyt, ei kerro meille, miten niiden optimaalisesti tulisi olla, mutta ilman nykytilan ymmärrystä on vaikea kehittää yhtään mitään. Tähänkin tarvitaan perustutkimusta.

Tämän kirjan tarkoitus on tehdä geeni- ja DNA-tietoa ymmärrettävämmäksi ihmisille, joille asia ei ole niin tuttua. Tätä varten käyn ensin läpi perusasioita ja tutkimusta siitä, mitä ihmisen DNA:sta tiedetään. Samoin yritän koota yhteen, kuinka ihmislajin perimä on muuttunut aikojen kuluessa ja mistä olemme tulleet sellaisiksi kun olemme. Koko kirjan läpi olen halunnut tuoda esiin, kuinka DNA:n biologia ja sen sovellukset voivat näkyä lähes jokapäiväisessä elämässämme. Osa esimerkeistä ja teemoista on otettu kirjoitta-

mistani teksteistä Helsingin yliopiston lääketieteellisen tiedekunnan ”viikon juttu” -blogiin, joita on tähän muokattu ja päivitetty.

Kolmeen pääpiirteeseen osaan jaettuna kirjassa yritän löytää vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä ihmisen DNA:ssa lukee?
- Miten DNA-kirjoitusta voidaan muuttaa?
- Miten geenit ja DNA liittyvät yhteiskunnan toimintoihin?

Nämä osat ja kysymykset lomittuvat toistensa kanssa usein, mutta tämänkaltaisen karkea jaottelu voi helpottaa kokonaisvaltaista hahmottamista, joskin samalla se ehkä kuvaa, kuinka yhteen kietoutuneita asiat voivat olla.

Ensimmäinen osa kirjasta käsittelee sitä, mitä tiedämme ihmisen DNA:sta. Miten lajimme on muuttunut? Millä varmuudella voimme sanoa, että jokin DNA-emäsjärjestys aiheuttaa tietyn seurauksen? Tämän, edelleen vajavaisen, tietämyksen pohjalta voimme esittää kysymyksiä. Mitä haluaisimme tehdä? Minkälaisista geeneistä tai geenimuodoista olisi hyötyä? Mitä emme tiedä? Kirja keskittyy eniten ihmisen DNA:n merkitykseen, mutta ihmiskunta on vaikuttanut mitä suurimmassa määrin myös ympäristömme geeneihin. Oman DNA:mme biotekniset sovellukset ovat niin paljon velkaa muiden lajien tutkimukselle, että joskus asioiden läpikäyminen kannattaa aloittaa niistä. Yksinkertaisempien eliöiden muokkaaminen on teknisesti helpompaa, ja olemme muiden lajien geenimuokkauksessa paljon pidemmällä, joten voimme oppia kokemuksistamme. Kasvien ja eläinten geenien muuttaminen vaikuttaa meidän kaikkien elämään todennäköisesti myös paljon nopeammalla aikataululla ja laajemmin kuin yksittäisiin ihmisiin tehty geenimuokkaus. Yhden ihmisen sairauden parantamisella voi olla ihmiskunnalle kapeampi, mutta sen sijaan henkilökohtaisella tasolla koko elämää mullistava vaikutus.

Toisessa kirjan osassa käydään läpi biotekniikan kehitystä viimeisen noin viidenkymmenen vuoden ajalta. Aiheeseen liittyy monia Nobelin palkintoja ja tieteellisiä läpimurtoja, patentteja ja kaupallisia menestystarinoita. Tekniikoiden kehittymisen ansiosta on ymmärretty kysyä tärkeitä tieteellisiä kysymyksiä, ja toisaalta tekniikoiden kehitys on pakottanut lainsäädännön ottamaan huomioon uusia asioita. Käsitelen joitain melko monimutkaisiakin, pitkälle kehitettyjä tekniikoita, mutta toivon pystyneeni yksinkertaistamaan niitä kohtuullisen ymmärrettävälle tasolle. Tekniseltä kannalta esimerkiksi geeniedi-

toinnin voi mielestäni (yli)yksinkertaistaa kysymykseen: kuinka tietty proteiini saadaan sitoutumaan tarkasti juuri oikeaan kohtaan DNA-kirjoitusta?

Eri menetelmien selittämisen ohella olen yrittänyt ottaa mukaan käytännön esimerkkejä niiden käyttömahdollisuuksista ja sovelluksista. On oletettavaa, että tämä osa kirjasta vanhentuu kaikkein nopeiten. Esimerkiksi geenisakset eli CRISPR-tekniikka julkaistiin vuonna 2012 ja se sai Nobelin palkinnon jo kahdeksan vuoden päästä, mutta tekninen kehitys näyttää silti vain kiihtyvän. Biologian vallankumous on maailmanlaajuinen ilmiö, joka houkuttaa alalle opiskelijoita ja yrityksiä, joten sen tulevaisuus näyttää valoisalta, edellyttäen, että osaamme käyttää työkaluja oikein.

Kolmas osa-alue, joka ei aina saa ansaitsemaansa huomiota edistyksen huumassa, on tekniikan, ja tässä tapauksessa bio- ja geenitekniikan, vuorovaikutus yhteiskunnan kanssa. Geeneillä ja DNA:lla on yhteys hyvin moniin eri elämämme osa-alueisiin, kuten terveyteen, biotekniikkaan, ruuantuotantoon, ympäristökysymyksiin, yritystoimintaan ja bioinnovaatioihin, lainsäädäntöön ja jopa turvallisuuspolitiikkaan. Geenitutkimuksen tuoma tieto avaa loistavia mahdollisuuksia, mutta siihen liittyy myös vastuita ja velvollisuuksia ja monimutkaisia kokonaisuuksia, jotka on hyvä huomioda.

Nykyisessä yhteiskuntamuodossamme olisi hyvin vaikea saada yhtään uutta lääkettä käyttöön ilman taloudellisesti kannattavaa yritystoimintaa, ja voidaksemme kehittää ihmiskuntaa hyödyttäviä sovelluksia geenien muokkauksella myös kaupallisen sektorin on oltava mukana. Lienee laajalti hyväksyttyä, että lääketiede ja biotekniikka tarvitsevat yhteiskunnan julkista sääntelyä jo turvallisuuden takia. Liian raskaat yhteiskunnan sääntelyprosessit voivat kuitenkin nostaa tuotteiden vaatimukset sellaisiksi, että ne muuttavat hyvänkin hoito- tai ruuantuotannon keksinnön kaupallisesti vähemmän kiinnostavaksi tai jopa kokonaan kannattamattomaksi. Tällöin sen tuoma hyöty jää yhteiskunnallisista syistä saamatta.

Osa geenimuokkauksen sovelluksista koetaan syystäkin eettisesti ongelmallisiksi, ja niihin liittyy perusteltuja huolenaiheita. Toisaalta osa huolista saattaa olla vain väärinkäsityksiä, tietämättömyyttä tai huonoa viestintää. Tekniikoiden kehittäjien tai niitä käyttävien tahojen ja yhteiskunnallisten toimijoiden olisi kuitenkin syytä ottaa huolenaiheet huomioon monilla tasoilla: turvallisuudessa, viestinnässä, yhteisten resurssien jakopäätöksissä ja lainsäädännössä.

DNA-informaation lukemisen ja ymmärryksen kehittyminen kyvyksi muokata geenejä halutulla tavalla on mahdollisuuksiltaan ja potentiaalisilta vaikutuksiltaan mielestäni tietokoneiden tai atomienergian keksimisen veroinen asia. Olemme tulleet aikaan, jossa ihmisen biologinen kehitys on antanut meille abstraktin ajattelun myötä teknologisia kykyjä, joilla me voimme puolestaan muuttaa biologiaa. Ihmiskunta voi käyttää tätä osaamista monenlaisen edistyksen aikaansaamiseksi, mutta siihen tarvitaan hyvää perustutkimusta, soveltavaa teknologista osaamista ja ihmistieteisiin ja -arvoihin perustuvia toimintamalleja, jotta ylilyönneiltä vältytään ja tekniikat saadaan palvelemaan yhteiskuntaa. Näen toivottavana tilanteen, jossa kaikki nämä osa-alueet tulevat huomioiduiksi. Lienee parasta, että jokaisella toimijalla on oma syvän osaamisen erikoistumisalansa, mutta silti jonkinlainen kokonaiskuva siitä, mihin kaikkeen ihmiskunnan DNA:n muokkaaminen liittyy. Tämä kirja yrittää kuvata asian eri puolia ja parhaassa tapauksessa saa lukijan kiinnostumaan asiasta lisää.

Kiitän lämpimästi saamastani tuesta Suomen tietokirjailijat ry:tä ja Väinö Tannerin säätiötä.

Helsingissä toukokuussa 2022

*Kirmo Wartiovaara*

## Lisälukemista ja alkuperäisartikkeleita osaan I

Avery O T, MacLeod C M, McCarty M. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: Induction of nature by a deoxyribonucleic acid fraction isolated from *Pneumococcus* Type III. *J Exp Med* 1944;79:137–58.

**Ensimmäinen raportti DNA:n kyvystä siirtää biologinen ominaisuus**

Crick F H, Barnett L, Brenner S, Watts-Tobin R J. General nature of the genetic code for proteins. *Nature* 1961;192:1227–32.

**DNA:n proteiineja ohjaavan koodin kuvaus**

Cappellini E, Welker F, Pandolfi L ym. Early pleistocene enamel proteome from *Dmanisi* resolves *Stephanorhinus* phylogeny. *Nature* 2019;574:103–7.

**Vanhin onnistunut ihmisen proteiinimääritys**

Dennis M Y, Nuttle X, Sudmant P H ym. Human-specific evolution of novel SRGAP2 genes by incomplete segmental duplication. *Cell* 2012;149:912–22.

**Ihmislinjassa tapahtunut aivojen kehitykseen vaikuttavan geenin muutos**

Hajdinjak M, Mafessoni F, Skov L ym. Initial upper palaeolithic humans in Europe had recent Neanderthal ancestry. *Nature* 2021;592:253–7.

**Nykyihmisen ja neandertalinihmisen risteytyminen vielä 42–45 tuhatta vuotta sitten**

Hoffmann D L, Standish C D, García-Diez M ym. U-Th dating of carbonate crusts reveals Neanderthal origin of Iberian cave art. *Science* 2018;359:912–5.

**Eurooppalaisia luolamaalauksia on mahdollisesti tehty ennen *Homo sapiensia*.**

Owen M ym. Rapid sequencing-based diagnosis of thiamine metabolism dysfunction syndrome. *New England Medical Journal* 2021;384:22.

**Sekvenssitieto apuna tiamiinipuutoksen diagnosoinnissa**

Prabhakar S, Visel A, Akiyama J A ym. Human-specific gain of function in a developmental enhancer. *Science* 2008;321:1346–50.

**Esimerkki ihmisen ja apinoiden raajojen kehityksen erojen geneettisestä taustasta**

Reich D. *Who we are and how we got here : Ancient DNA and the new science of the human past.* Oxford: Oxford University Press, 2018.

**Ihmislajin geneettisen historian ansiokas selvitys**

Sanger F, Coulson A E. A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase. *J Mol Biol* 1975;94:441–8.

**DNA-sekvenssoinnin ensimmäinen läpimurtotekniikka**

Stankiewicz, P. One pedigree we all may have come from – did Adam and Eve have the chromosome 2 fusion? *Mol Cytogenet* 2016;9:72. <https://doi.org/10.1186/s13039-016-0283-3>

**Ihmisen kromosomi 2:n muodostuminen yhdistelmänä kahdesta kromosomista, jotka apinoilla vastaavat kromosomeja 12 ja 13**

Stedman H H, Kozyak B W, Nelson A ym. Myosin gene mutation correlates with anatomical changes in the human lineage. *Nature*. 2004;428:415–8.

**Ihmisen ja apinan lihasgeenin ero**

Strother P K, Brasier M D, Wacey D ym. A possible billion-year-old holozoan with differentiated multicellularity. *Curr Biol* 2021;31:2658–65.

**Varhaisimpia löytöjä monisoluisesta elämästä**

Valk T van der, Pečnerová P, Díez-Del-Molino D ym. Million-year-old DNA sheds light on the genomic history of mammoths. *Nature* 2021;591:265–9.

**Tähän asti vanhin löydetty lukukelpoisena säilynyt DNA**

Watson J D, Crick F H. Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature* 1953;171:964–7.

**DNA:n rakenteen löytymisen alkuperäisjulkaisu**

## Avoimia tietokantoja geenitietoa hakeville

ClinVar - tunnistetut kliinisiä oireita aiheuttavat geneettiset variaatiot

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/clinvar/>

gnomAD - yksittäisten geenimuutosten yleisyyksiä väestöissä

<https://gnomad.broadinstitute.org>

OMIM - tietoa taudeista ja niihin yhdistettyistä geeneistä

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/omim/>

ORPHANET- harvinaisten tautien tietopankki

<https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/index.php>

UCSC genome browser - erittäin monipuolinen tietokanta monien eri lajien geenien analysointiin

<https://genome-euro.ucsc.edu/index.html>

## Lisälukemista ja alkuperäisartikkeleita osaan II

Blaese RM, Culvera KW, Miller D, ym. T lymphocyte-directed gene therapy for ADA-SCID: Initial trial results after 4 years. *Science* 1995;270:475–80.

### **Ensimmäisen geeniterapian raportti**

Frangoul H, Altshuler D, Cappellini MD, ym. CRISPR-Cas9 gene editing for sickle cell disease and  $\beta$ -Thalassemia. *N Engl J Med* 2021;384:252–60.

### **Sirppisolutaudin onnistunut hoito geenimuokkauksella**

Imdad A, Mayo-Wilson E, Herzer K, ym. Vitamin A supplementation for preventing morbidity and mortality in children from six months to five years of age. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017, Issue 3. Art. No.: CD008524. DOI: 10.1002/14651858.CD008524.pub3.

### **A-vitamiinin lisäyksen merkitys lasten terveydelle**

Jackson DA, Symons RH, Berg P. Biochemical method for inserting new genetic information into DNA of Simian Virus 40: Circular SV40 DNA molecules containing lambda phage genes and the galactose operon of *Escherichia coli*. *Proc Natl Acad Sci USA* 1972 69:2904–9.

### **Ensimmäinen artikkeli, jossa bakteereissa kasvatettiin toisiinsa liitettyjä DNA-paloja, eli käytettiin yhdistelmä-DNA-tekniikkaa**

Kennett D J, Thakar H B, VanDerwarker A M, ym. High-precision chronology for Central American maize diversification from El Gigante rockshelter, Honduras. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2017; 114: 9026–31. DOI:10.1073/pnas.1705052114.

### **Kuvan 8.1 lähde**

Lapteva L, Purohit-Sheth T, Serabian M, Puri RK. Clinical development of gene therapies: The first three decades and counting. *Mol Ther Methods Clin Dev* 2020;19:387–97.

### **Katsausartikkeli geeniterapian kehityksestä**

Martin Jinek M, Krzyzstof Chylinski K, Ines Fonfara I ym. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science* 2012; 337:816–21.

### **CRISPR-Cas9 -menetelmän alkuperäisjulkaisu**

Riggs AD. Making, cloning, and the expression of human insulin genes in bacteria: The path to humulin. *Endocr Rev* 2021;42:374–80.

### **Katsausartikkeli yhdistelmä-DNA tekniikalla valmistetun insuliinin kehitystyöstä**

Ye X, Al-Babili S, Klöti A, ym. Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 2000;287:303–5.

### **Kultainen riisi, alkuperäisartikkeli**

## Avoimia tietokantoja

Paljon lisätietoa ja taustoja Nobel-palkintoihin johtaneista keksinnöistä ja niiden tekijöistä löytyy osoitteesta: [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org)

Potilaskokeissa olevat geeniterapiat on listattu tietokantaan [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov), jota voi käyttää eri hakusanoilla tehtäviin hakuihin.

## Lisälukemista ja alkuperäisartikkeleita osaan III

Baltimore, DA, Charo GQ, Daley JA, ym. Statement by the Organizing Committee of the Second International Summit on Human Genome Editing. National Academies of Sciences, 2018. [www.nationalacademies.org](http://www.nationalacademies.org).

**Yhdysvaltain tiedeakatemian julkaisema geenieditoinnin tutkijoiden kannanotto ihmisen geenimuokkaukseen**

Baylis F. Altered inheritance: CRISPR and the ethics of human genome editing. Harward: Harvard University Press, 2019.

**Kuuluisan bioetikon katsaus ihmisen geenieditoinnin eri puoliin**

Brinkmann S. Tammi. Mitä on olla ihminen? Suomentanut Heikki Eskelinen. Helsinki: Tammi, 2021.

**Ihmisen biologian ja kulttuurirevoluution tarinaluonteinen katsaus**

Cohen J. The untold story of the 'circle of trust' behind the world's first gene-edited babies. Science News 1.8.2019. Doi: 10.1126/science.aay9400

**Ihmisen geenieditoinnin taustoja ja tieteellisen valvonnan puutteen ongelmia ruotiva artikkeli**

Davies K. Editing humanity: The CRISPR revolution and the new era of genome editing. Cambridge: Pegasus, 2020.

**CRISPR-tiedelehden päätoimittajan kirjoittama kirja geenimuokkauksen kehityksestä**

Fredrickson DS. Asilomar and recombinant DNA: The end of the beginning. Biomedical Politics. Washington DC: National Academy Press, 1991.

**Asilomarin kokouksen historiallinen merkitys ja vaikutus DNA-teknologian kehitykseen**

Isaacson W. The code breaker: Jennifer Doudna, gene editing, and the future of the human race. New York: Simon & Schuster, 2021.

**CRISPR-Cas9-geenieditoinnin keksijän ja keksinnön historiaa**

ISSCR. Human gene editing: Scientific, medical, and ethical considerations. Statement to the Committee on Human Gene Editing. National Academies of Sciences and Medicine, July 5, 2016.

**Kansainvälisen kantasolututkimusseuran kannanotto ihmisen geenimuokkaukseen**

Nuffield Council on Bioethics. Genome editing and human reproduction: Social and ethical issues. London: Nuffield Council on Bioethics, 2018.

**Englantilaisen bioetiikkalautakunnan kannanotto geenimuokkaukseen**

Scheufele DA, Xenos MA, Howell EL, ym. U.S. attitudes on human genome editing. Science 2017;357:553–4.

**Tutkittuja mielipiteitä geenimuokkauksesta**

Wahlberg A, Dong D, Song P, Jianfeng Z. The platforming of human embryo editing: prospecting "disease free" futures. New Gen Society 2021;40:367–83.

**Ensimmäinen geenimuokattu ihmiskoe: keskustelua ihmislajin tautivapaasta tulevaisuudesta**

World Health Organisation. Statement on governance and oversight of human genome editing. Geneva: WHO, 2019. [www.who.int](http://www.who.int).

**Maailman terveysjärjestön lausunto ihmisen geenimuokkauksesta**

Yleissopimus ihmisoikeuksien ja ihmisarvon suojaamiseksi biologian ja lääketieteen alalla. [https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2010/20100024/20100024\\_2](https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2010/20100024/20100024_2)