

Taru Kuokkanen

Lypsylehmän immuunivasteen genotyypin yhteys ensikkokauden hoitotietoi- hin

Lypsylehmän immuunivasteen genotyypin yhteys ensikkokauden hoitotietoi- hin

Taru Kuokkanen
Opinnäytetyö
Syksy 2020
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä: Taru Kuokkanen

Opinnäytetyön nimi: Lypsylehmän immuunivasteen genotyypin yhteys ensikkokauden hoitotietoihin

Työn ohjaaja: Hanna Laurell

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2020

Sivumäärä: 36

Opinnäytetyön tarkoituksena oli verrata lypsylehmien ensikkokaudella kertyneitä sairauksien hoitomerkinthä immuunivasteen genotyyppiin. Tutkimus toteutettiin yhdessä keskisuudessa suomalaisessa lypsykarjassa, jossa genomitettiin 91 kanadalaisten holstein-sonnien tyttäriä, ja jaoteltiin ne eri immuunivasteiden voimakkuuden perusteella kolmeen ryhmään. Tutkimuksessa vertailtiin näiden eläinten Nasevan hoitotietomerkinthä sekä "Minun Maatilani"- sovellukseen kirjattuja siemennysmerkintöjä genomitettien tuloksiin perinnöllisestä immuunivasteesta. Työn toimeksiantajana toimi Semex Finland Oy, joka on Suomessa toimiva kanadalaista lypsykarjan genetiikkaa ja palveluita jälleenmyyvä yritys.

Lypsylehmien terveyden jalostaminen on nykypäivänä yksi tärkeimmistä jalostustavoitteista maidontuotantotiloilla. Korkea maidontuotanto asettaa lehmän alttiiksi useille tuotantorasisairauksille. Terveet, helppohoitoiset ja pitkäikäiset lehmät ovat niin taloudellisesta kuin eettisestäkin näkökulmasta tavoittelemisen arvoinen asia. Lehmien terveyttä voidaan edistää pitämällä huolta niiden vastustuskyvystä. Vastustuskyvyn voimakkuus on osittain perinnöllinen ominaisuus ja osittain ympäristötekijöiden vaikutuksen seurasta. Perinnöllistä vastustuskykyä voidaan jalostaa valitsemalla karjan uudistukseen hyvää perinnöllistä immuunivastetta periyttävät lehmät sekä suosimalla sonivalinnassa hyvän immuunivasteen omaavia sonneja. Perinteiset hoitotietoihin perustuvat terveysominaisuudet ovat hankalia jalostaa alhaisten periytymisasteiden vuoksi. Suoraan eläimestä testatun perinnöllisen immuunivasteen periytymisaste on yhtä korkea kuin tuotosominaisuuksien ja useiden rakenneominaisuuksien periytymisasteet.

Tutkimuksen tulokset olivat vaihtelevia. Keskimääräisesti korkean perinnöllisen immuunivasteen eläimille oli kertynyt selvästi vähiten hoitokertoja eri sairauksissa, mutta tulokset eivät ole systemaattisia jokaisessa sairaudessa ja immuunivasteryhmässä. Matalan ja keskiverron immuunivasteen välillä ei ollut havaittavissa niin selkeää eroa kuin korkean ja muiden immuunivasteiden välillä.

Tutkimuksen haasteena oli melko suppea aineisto testiryhmän koon ollessa vain 91 lehmää. Näin pienessä otannassa yhdenkin eläimen hoitomerkinthä sairaudesta, jossa on vain muutamia hoitoja muuttaa radikaalisti tuloksia. Testiryhmä on myös geneettisesti hyvin lähellä toisiaan, eikä perinnöllisen immuunivasteen voimakkuudessa ole niin isoja eroja yksilöiden välillä. Tutkimusta voitaisiin saada luotettavammaksi laajentamalla otantaa. Tulokset olisivat luotettavampia, jos mukana olisi useita kymmeniä eri karjoja ja satoja lehmiä.

Avainsanat: Vastustuskyky, perinnöllinen immuunivaste, genomitesti, lypsykarjan jalostus, terveysjalostus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Agricultural and Rural Industries

Author: Taru Kuokkanen

Title of thesis: Association Between Genotyped Immune Response and Treatment Incidence During First Lactation in Dairy Cows

Supervisor: Hanna Laurell

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2020 Number of pages: 36

The aim of this bachelor's thesis was to compare the medical history records from the first lactation to the genotyped immune response results of Holstein cows. The study was conducted in one mid-sized dairy farm. 91 Holstein cows were genotyped for their genetic immune response and categorized into three groups based on the test results. These results were compared to the medical history records and insemination records of the cows during the first lactation. This thesis was commissioned by Semex Finland Ltd. Semex Finland Ltd provides Canadian dairy genetics and other genetic related services in Finland as a subsidiary to Canadian company Semex Alliance.

Improving the health of the cattle is one of the most important breeding goals on dairy farms. High milk production is always a burden on the cow's health. Healthy, easy care and long-lasting cows are something to pursue, not only from an economic point of view but also from ethical aspects. The health of the cattle can be improved by taking care of their immune system. The strength of the immune system is partially a genetic trait and partially result of environmental effects. Genetic immune response can be improved by selecting cows and bulls with a high estimated breeding value for the genetic immune response. Traditional health traits based on health recordings are difficult to breed due to low heritability. Genetic immune response on the other hand has as high heritability as production traits and many conformation traits.

The results of the study are varied. Cows with a high genetic immune response had clearly the lowest amount of medical treatments on average. But the results were not systematic in every disease and immune response group. The differences were not as big between average and low genetic immune response groups, as they were between high genetic immune response group and others.

Narrow sample of only 91 cows, was a challenge for the study. In narrow sample like this even one medical record on specific disease, has high impact on the results. The cows in the study were genetically very similar to each other in their immune response. The results could be more reliable if the study included dozens of herds and hundreds of cows.

Keywords: Immune system, genetic immune response, genomic test, dairy cattle breeding, health trait

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LYPSYKARJAN TERVEYS	7
2.1	Terveystarkkailu	7
2.2	Lypsylehmien yleiset sairaudet.....	8
2.2.1	Utaretulehdus.....	8
2.2.2	Hedelmällisyyshäiriöt	9
2.3	Vastustuskyky ja immuunivaste.....	10
2.3.1	Solunsisäinen ja –ulkoisen immuunivaste.....	11
3	LYPSYKARJAN JALOSTAMINEN.....	12
3.1	Jalostusindeksit	12
3.2	Genomitestaus	13
3.3	Terveysten jalostus	13
3.3.1	Terveysominaisuuksien indeksit	13
3.3.2	Perinnöllinen immuunivaste	15
4	HIGH IMMUNE RESPONSE- MENETELMÄ.....	17
4.1	Lypsylehmien sairauksien esiintymisen ja geneettisen immuunivasteen yhteys	17
4.2	Utaretulehdusten esiintyvyys korkean, keskiverron ja matalan perinnöllisen immuunivasteen lehmillä	18
5	KEHITTÄMISTEHTÄVÄN KUVAUS	21
6	AINEISTO JA MENETELMÄT	22
7	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
7.1	Kaikki hoidot.....	25
7.2	Tiinehtyminen	26
7.3	Utaretulehdushoidot	28
7.4	Hedelmällisyyshoidot.....	29
7.5	Poikimisen jälkeisten ongelmien hoidot.....	30
8	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	34

1 JOHDANTO

Nykyaikaisen lypsykarjatilán suurimpia haasteita on lehmien terveyden parantaminen. Maitotuotoksen noustessa myös lypsylehmien kokema tuotosrasitus kasvaa. Lypsylehmien yleisimmät poisonsyyt liittyvät utareterveyteen ja hedelmällisyysongelmiin. Terve ja kestävä lypsylehmä on kaikista taloudellisin maidontuottajalle; sairaushoitokuluja on vähemmän, nuorkarjan kasvatuskustannukset ovat pienemmät, kun uudistamiseen tarvitaan vähemmän eläimiä vuosittain ja lypsylehmän parhaat tuotoskaudet tulevat vasta neljännen ja viidennen poikimisen jälkeen. Taloudellisuuden lisäksi vanhempien kokeneempien eläinten hoitaminen koetaan yleensä stressittömämmäksi, kuin nuoren lehmän opettaminen lypsykäytäntöihin. Pidempään elävät lehmät ja pienempi uudistustarve ovat myös eettisestä ja ekologisesta näkökulmasta paras vaihtoehto. Lypsylehmien terveyden eteen voidaan tehdä paljon olosuhteita ja hoitokäytäntöjä korjaamalla, mutta vain tiettyyn rajaan asti. Jalostuksella yritetään vaikuttaa lehmien perimään niin, että ne eivät sairastuisi niin helposti ja selviäisivät terveysongelmistaan nopeammin.

Lypsylehmien terveyttä voidaan jalostaa emä- ja sonnivalinnalla valitsemalla jalostukseen perinnöllisesti terveempiä yksilöitä. Terveyttä voidaan arvioida hoitotietoihin perustuvilla terveysindekseillä tai naudán oman geneettisen vastustuskyvyn testaamisella. Perinnöllisen vastustuskyvyn karjanomistaja voi testata omista holstein-rotuisista lehmistään genomitestillä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli verrata perinnölliseltä vastustuskyvyltään testattujen lehmien terveyden tilaa ensimmäisen lypsykauden ajalta genomitestin antamaan tulokseen. Tutkimus toteutettiin määrällisenä tutkimuksena keskiuurella suomalaisella lypsykarjatilalla. Työn toimeksiantajana toimi Semex Finland Oy.

2 LYPSYKARJAN TERVEYS

2.1 Terveystarkkailu

Terveystarkkailulla tarkoitetaan nautojen sairauksien hoitomerkinnoistä kerättävää dataa. Merkinnot kaikista eläinlääkärin tekemistä hoidoista kirjataan lehmien siemennyskortteille, joista ne tallennetaan tietokantaan. (Faba 2020a.)

Faba julkaisee terveystarkkailun tulokset vuosittain. Vuonna 2019 hoidettujen lehmien osuudet kaikissa hoidoissa ja kaikilla roduilla kääntyivät hienoiseen laskuun usean vuoden nousujohteisuuden jälkeen. Holstein-rotuiset lehmät keräsivät jälleen eniten hoitoja melkein kaikissa hoitoluokissa ja niillä olikin korkein hoitoprosentti. Tämä ei kuitenkaan välttämättä kerro, että holstein-rotuiset olisivat sairastaneet eniten. Voi olla, että niiden hoitaminen terveysongelmia kohdattaessa on nähty kannattavammaksi kuin karjasta poistaminen. Vuonna 2019 julkaistiin myös hoitoprosentit eri sairausryhmissä jaoteltuna karjan keskituotoksen mukaan. (Faba 2020b.)

TAULUKKO 1. Sairausryhmien hoitoprosentit (= hoidettujen osuus 100 lehmää kohti) eri keskituotostasoilla (Terveystarkkailun tulokset 2019)

Hoitoprosentit karjan eri tuotostasoilla

Tuotostaso	Karjoja	Keski-lehmäluku	Hedelmällisyys hoidot	Utare-sairaudet	Poikimahalvaus	Ruokinnalliset häiriöt	Asetonitauti	Sorkka-sairaudet	ELL hoidot yht.
< 7500	256	40,69	10,09	9,40	2,75	2,17	0,64	1,33	35,42
7500 - 8499	459	39,35	13,35	12,02	3,22	1,99	0,60	1,49	45,10
8500 - 9499	1043	44,92	19,46	14,56	3,70	3,85	0,79	2,03	60,75
9500 - 10499	1227	55,22	24,34	19,65	4,22	4,67	0,94	2,92	85,65
> 10500	792	62,79	33,41	22,01	4,94	7,58	1,15	3,67	106,85

Hoitomerkitöjen perusteella, mitä korkeampi keskituotos lehmillä on ja mitä suurempi on karjako, sitä enemmän lehmille on tehty hoitoja. Käytännössä nämä hoitotiedot eivät kuitenkaan kerro lehmien sairastuneisuudesta tai vastuskyvystä. Voi olla, että korkeampi tuottoisilla tiloilla eläinten terveydellisiin ongelmiin vain puututaan herkemmin ja näin hoitotietoja kertyy enemmän. (Vahlsten 2018.) Korkean maitotuotoksen on kuitenkin todettu tekevän lehmän alttiimmaksi useille tuotantorasisairauksille (Uribe, Kennedy, Martin & Kelton 1995).

Yleisimmin esiintyvät sairaudet Suomessa ovatkin tuotantorasisairauksia. Tarttuvia tauteja esiintyy, mutta ne eivät ole meillä niin yleisiä kuin monissa muissa maissa (Ruokavirasto 2020). Selvästi yleisimmät yksittäiset hoidetut sairaudet Suomessa ovat hedelmällisyshäiriöt ja utaresairaudet (Faba 2020b).

TAULUKKO 2. Hoitoprosentit sairausryhmittäin vuonna 2019 (hoito-% = hoitomerkitöjen määrä 100 lehmää kohti) (Terveystarkkailun tulokset 2019).

Sairausryhmä	Hoito-%
Hedelmällisyshäiriöt	21,27
Utaresairaudet	15,97
Poikimahalvaus	3,69
Ruokinnalliset häiriöt	4,34
Sorkkahoidot	2,40
Asetonitauti	0,82
Muut sairaudet	21,13
Kaikki ell-hoidot yhteensä	69,62

2.2 Lypsylehmien yleiset sairaudet

2.2.1 Utaretulehdus

Utaretulehdukset ovat yksi yleisimmistä ja kalleimmista lypsykarjan sairauksista. Utaretulehdus onkin yleisin poiston syy useamman kerran poikineilla lehmillä. Ensikoillakin utaretulehdus on kolmanneksi yleisin poistonsyy heti ”huonon hedelmällisyyden” ja ”huonon tuotoksen” tai ”huonon jalostusarvon jälkeen”. (Nokka 2020.) Kalliiden uudistamiskustannusten lisäksi utaretulehduksesta tulee karjanomistajalle hoitokustannuksia eläinlääkärinkäynnin ja lääkkeiden muodossa, sekä ansion menetystä menetetyistä maitomäärästä meijeriin kelpaamattoman antibiootti- tai tulehdusmaiton takia. Tulehduksen vioittama utarekudos ei myöskään välttämättä palaa enää entiseen tuotopotentiaaliinsa tai jopa kokonainen neljännes voidaan menettää. Lisäksi erilleen lypsäminen ja hoitaminen lisäävät yrittäjän työmäärää. (Rautala 1996, 73-75.) Antibioottien käyttöön liittyy aina myös

eettinen näkökulma ruoan puhtaasta ja kestävästä tuottamisesta (Heikkilä, Nousiainen & Pyörälä 2012). Utaretulehduksen aiheuttaa yleisimmin bakteeri, joka pääsee utareeseen vedinkanavan kautta. Tulehdus on elimistön reaktio bakteerin poistamiseksi. (Rautala 1996, 74.) Suomessa yleisin utaretulehdusnäytteissä tavattu bakteeri on koagulaasinegatiivinen stafylokokki ja toiseksi yleisin *Staphylococcus (S.) Aureus* (Taponen, Vakkamäki, Heikkilä & Pyörälä 2017). Muita mahdollisia harvoin tavattuja aiheuttajia voivat olla hiivat ja homesienet, *prototheca* (levä) ja mykoplasma *Bovis* (Pyörälä 2016). Utaretulehdusta aiheuttavat bakteerit voivat olla tyypiltään tarttuvia bakteereja, jotka leviävät lehmästä toiseen esimerkiksi parteen jääneen maidon, lypsykoneen tai lypsäjän välityksellä. Toinen tyyppi on ympäristöperäiset bakteerit, jotka elävät esimerkiksi lannassa ja navetan kalusteissa. (Rautala 1996, 82-83.)

Utaretulehduksen ennaltaehkäisy on monen asian summa. Bakteereja tulee aine olemaan eläimen ihossa ja ympäristössä. Vetimen päiden huono kunto altistaa eläimen heti utaretulehduksille. Ulkoisten vastustuskykyä laskevien tekijöiden hoitamisen lisäksi myös lehmän perinnölliseen vastustuskykyyn voidaan vaikuttaa jalostuksella. (Kurkela 2020.)

2.2.2 Hedelmällisyshäiriöt

Hedelmällisyys on Suomessa yleisin ensikoiden poistonsyy (Nokka 2020). Nopea tiinehtyminen on tärkeää myös poikimavälin pitämisessä toivotuissa rajoissa ja parhaan mahdollisen taloudellisen tuloksen takaamisessa (Heikkilä 2016). Hedelmällisyys oli myös terveysseurantakarjojen yleisin hoidon syy lypsylehmillä vuonna 2019 (Faba 2020b).

Hedelmällisyysongelmat voidaan jakaa kahdenlaisiin: hormonihäiriöt (rakkulat, hiljainen kiima, pitkäkiimaisuus) sekä tulehdustilat (krooniset tai akuutit kohtu- ja emätintulehdukset). Hormonihäiriöiden tarkkaa syntyä ei tunneta. Monet hormonitoiminnan häiriöt ovat kuitenkin yhteydessä energian puutteeseen. Nämä ongelmat ilmenevätkin yleensä korkean herumisen aikaan poikimisen jälkeen. Varsinkin ensikot, jotka tarvitsevat vielä energiaa kasvuunsa eikä syöntikyky ole samalla tasolla vanhojen lehmien kanssa, ovat erityisen alttiita energian puutokselle. Myös muut terveydelliset ongelmat tai stressitekijät voivat laskea lehmän syöntiä ja altistaa sen näin energian puutokselle. (Rautala 1996, 117-118.) Oireina voi olla kiiman oireiden puuttuminen, epämääräisyys tai pitkittyminen. Hormonihäiriöitä hoidetaan hormonipistoksilla ja hormonikierukalla. (Farmit 2020.)

Kohdun ja emättimen tulehdustilat ovat Suomessa harvinaisempia kuin hormonitoiminnanhäiriöt. Kohtutulehduksen aiheuttaa kohtuun päässeet bakteerit. Bakteerien pääsy kohtuun poikimisen aikana on yleistä, mutta tätäkin voidaan ehkäistä huolehtimalla hyvästä hygieniasta poikimapaikalla ja poikimista avustaessa. Altistavia tekijöitä kohtutulehdukselle ovat jälkeisten jääminen ja poikimavaikeudet. Vähän alle puolessa poikimisista bakteerit aiheuttavat infektion. Yleisimmät kohtutulehduksen aiheuttajat ovat bakteerit: *Trueperella pyogenes*, *Eschericia coli*, *Fusobacterium necrophorum* ja *Prevotella melaninogenicus*. Kohdun immunologialla on havaittu olevan suuri merkitys siihen, aiheutuuko infektiosta varsinainen hoitoa vaativa kohtutulehdus. Kohtutulehduksen ehkäisyä voidaan pitää lehmän vastustuskyvystä huolehtimista valmiiksi herkkänä poikimisen aikana. Immuunipuolustusta on mahdollista tukea poikimisen aikaan huolehtimalla riittävästä energian saannista ja stressittömästä ajasta poikimisen läheisyydessä. (Luukkonen & Taponen 2014, 143.) Jälkeisten jääminen ja synnytyselimien vammat altistavat myös tulehdukselle. Kohtutulehdus oirehtii yleensä pahanhajuisena, pitkään jatkuvana ja epänormaalina vuotona. Joskus valuttelua ei ole havaittavissa, vaan kohdun tulehdus tulee ilmi vasta siemennystilanteessa, kun huomataan ettei kohtu ole palautunut. (Rautala 1996, 122-123). Kohdun tulehduksia hoidetaan prostaglandiineilla (Luukkonen & Taponen 2014, 143).

2.3 Vastustuskyky ja immuunivaste

Vastustuskyvyllä eli immunitetillä tarkoitetaan kaikkia kehon puolustus- ja suojajärjestelmiä infektioita vastaan. Keho kohtaa jatkuvasti kaikkialta ympäristöstä tunkeutuvia mahdollisia taudinaiheuttajia, bakteereja, viruksia, alkueläimiä tai loisia, joiden kohtaamisesta yksilö ei voisi selvitä hengissä ilman vastustuskykyä. Vastustuskyvyn toiminta perustuu elimistön omien ja vieraiden rakenteiden erotteluun eikä sen näin ollen pitäisi hyökätä elimistön omien kudosten rakenteita kohtaan. (Lumio 2019.)

Lehmän vastustuskyky riippuu niin perimästä saadun vastustuskyvyn voimakkuudesta kuin ympäristötekijöiden vaikutuksesta. Lehmän vastustuskykyä voidaan tukea pitämällä huolta oikeaoppisesta ruokinnasta ja minimoimalla stressin määrää. Oikeaoppinen tuotantovaiheen mukainen ruokinta takaa lehmälle riittävän energian saannin sekä oikean määrän hivenaineita, kivennäisiä ja vitamiineja, että lehmä pysyisi vastustuskyvyltään optimaalisessa kunnossa. Energiavajeella, liika-

lihavuudella ja puutostiloilla on kaikilla negatiivinen vaikutus vastustuskyvyn toimintaan. Virheellisen ruokinnan lisäksi toinen vastustuskykyä heikentävä tekijä on stressi. Stressiä lehmälle aiheutuu aina esimerkiksi poikimisesta, herumisesta, siirrosta ryhmästä toiseen tai ruokinnan muutoksesta. Nämä kaikki kuuluvat yleensä lypsylehmän normaalin elämän tilanteisiin, joita lehmä joutuu kohtaamaan. Muutokset kannattaa kuitenkin tehdä niin pehmeiksi kuin mahdollista ja poistaa kaikki ylimääräiset stressin aiheuttajat. Ylimääräistä stressiä lehmälle aiheutuu lajityypillistä käytöstä rajoittavista tekijöistä, kuten ahtaista tai liukkaista käytävistä, normaalia liikerataa rajoittavista parsirakenteista tai epämukavasta makuupaikasta. Äkillinen melu, kuumuus ja ruokinnan nopeat muutokset ovat myös stressitekijöitä. (Kurkela 2020.)

Luontainen immuunivaste on vastustuskyvyn osa, joka yksilöllä on syntyessään ja joka ei muutu elämän aikana. Se hyökkää aina nopeasti ja samalla tavalla kaikkia taudinaiheuttajia vastaan eikä opi kokemuksistaan. Toinen vastustuskyvyn osa on hankittu eli adaptiivinen immuunivaste. Hankittu immuunivaste käynnistyy hitaasti ensimmäisen kerran uuden taudinaiheuttajan kohdatessaan, mutta muistaa jatkossa kohtaamansa taudinaiheuttajat ja osaa jatkossa tuhota ne tehokkaammin ja nopeammin. (Lumio 2019, viitattu 16.12.2020.)

2.3.1 Solunsisäinen ja –ulkoisen immuunivaste

Luontainen immuunivaste jakautuu kahteen tyyppiin. Solunsisäiseen immuunivasteeseen, joka reagoi virusten ja mycoplasmojen hyökkäyksiin, ja solunulkoiseen immuunivasteeseen, joka reagoi solun ulkoisiin patogeeneihin kuten utare- ja kohtutulehduksia sekä sorkkasairauksia aiheuttaviin bakteereihin. (Alhainen 2016.) Solunulkoisen (AMIR eli antibody mediated immune response) ja sisäisen (CMIR eli cell-mediated immune response) immuunivaste ovat perinnöllisesti eri ominaisuuksia ja näiden ominaisuuksien on todettu korreloivan negatiivisesti keskenään. Tämän negatiivisen geneettisen korrelaation takia on tärkeää jalostaa molempia ominaisuuksia yhtäaikaaisesti. (Thompson-Crispi, Sewalem, Miglior & Mallard 2012.)

3 LYPSEKARJAN JALOSTAMINEN

Lypsykarjan jalostuksella tarkoitetaan eläinaineksen kehittämistä tietoisesti valittuun suuntaan. Käytännössä jalostus on evoluution ohjaamista ja nopeuttamista. Nykymuotoisessa karjanjalostuksessa tavoitteena on karjatilán kannattavuuden parantaminen. Jalostustavoitteen tarkoituksena on eläinaineksen kehittäminen sellaiseksi, joka vallitsevilla olosuhteilla pystyisi tuottamaan hyvin, säilymään terveenä ja kestämaan lypsykaudesta toiseen niin että eläimen hoitaminen on miellyttävää. (Aro, Hilpelä-Lallukka, Niemi, Toivonen, Vahlsten 2012, 113.) Tämän yhteisen tavoitteen lisäksi on jokaisessa karjassa myös karjanomistajan omaan karjaansa asettamia yksilötavoitteita. Kaikkien näiden tavoitteiden saavuttamiseksi vaaditaan niin emä- kuin isävalintaa. Valinnan apuna käytetään erilaisia jalostusarvoja ja -indeksejä. (Alhainen 2015, 17-18.) Mitä vain ominaisuuksia, joita voidaan mitata, voidaan myös jalostaa, mikäli sen periytymisaste on yli 0 eli geenit vaikuttavat sen esiintymiseen. Periytymisaste on arvio siitä, kuinka suuri osa kyseisen ominaisuuden ilmiästä johtuu perintötekijöistä ja kuinka suuri osa ympäristön vaikutuksesta. Ominaisuuksiin, joilla on korkea periytymisaste on helpompi vaikuttaa jalostuksella, kuin ominaisuuksiin, joiden esiintyvyys on paljon kiinni ympäristön vaikutuksesta. (Juga, Maijala, Mäki-Tanila, Mäntysaari, Ojala & Syväjärvi 1999, 68-69.)

3.1 Jalostusindeksit

Jalostusarvon ennuste eli indeksi, kertoo millaisia jälkeläisiä kyseisen lehmän tai sonnin odotetaan jättävän jälkeensä. Indeksejä lasketaan monista mitattavista ominaisuuksista, kuten eri rakenne-, tuotos-, hedelmällisyys-, terveys- ja käyttöominaisuuksista. Indeksejä lasketaan useista kymmenistä eri ominaisuuksista, riippuen jalostusohjelmasta. Indeksillä ilmoitetaan lukuna, joka kuvaa yksilön perinnöllisen tason ennustetta tässä kyseisissä ominaisuuksissa. Nämä arviot muunnetaan eli standardoidaan vastaamaan normaalijakaumaa, jossa keskiarvoksi asetetaan kyseisen rodun keskiarvo kyseisessä maassa. Suomessa käytössä olevassa yhteispohjoismaisessa jalostusarvostelussa keskiarvoksi ilmoitetaan 100 ja hajonnanyksiköksi 10. Yli 100 oleva luku kertoo siis eläimen olevan keskimääräistä parempi kyseisissä ominaisuuksissa ja alle 100 oleva luku kertoo eläimen olevan keskivertoa heikompi tässä kyseisessä ominaisuudessa. Pois lukien ominaisuudet, joita ei mitata paremmuudessa vaan suunnassa ja joiden optimi on jossain ääripäiden välissä, kuten lan-

tionkulma. (Aro ym. 2012, 60.) Indeksien julkaisutapa vaihtelee jalostusohjelman mukaan. Keskiarvo voidaan ilmoittaa vaikka numerona nolla ja hajonnanyksikön suhdeluku voi olla esimerkiksi 5 tai 1 riippuen maan valitsemasta julkaisutavasta. Myös rodun fenotyyppinen keskiarvo tietyssä ominaisuudessa voi olla hyvinkin erilainen eri maiden välillä. (Alhainen 2015, 9.)

3.2 Genomitestaus

Genomitestauksessa eläimen DNA-näytteestä tutkitaan geenimerkkien eli SNP-markkerien (single-nucleotide polymorphism) avulla yksittäisten emäksien välistä vaihtelua, jolla voidaan määrittää geenit, jotka vaikuttavat perinnöllisiin ominaisuuksiin. Vertaamalla genomitietoa referenssiryhmään (jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonniin DNA-näytteet) ja vanhempien sukulaisuustietoihin, saadaan genomiset jalostusarvojen ennusteen eli indeksit eri ominaisuuksista. (Koilu, Mäntysaari & Strandén 2012.) Genomitestauksen etu on sukupolvien välisen ajan lyhentäminen, ison eläinmäärän tutkiminen edullisesti ja arvosteluvarmuuden parantuminen varsinkin heikosti periytyvissä ominaisuuksissa. Genomitesti voidaan tehdä sekä uros- että naaraspuolisilta yksilöiltä. Eri näytteenottotapoja on veri-, kudus-, sierainlima- ja karvanäyte. (Aro ym. 2012, 44-45.)

3.3 Terveiden jalostus

Eläinten kestävyys ja terveyden parantaminen on yksi tärkeimpiä jalostustavoitteita lypsykarjaloilla. Naudan säilyminen terveenä lypsykaudesta toiseen on tuottajalle stressittömin ja taloudellisesti kannattavin vaihtoehto. Lypsylehmien yleisimmät poistonsyyt liittyvät utareterveyteen ja hedelmällisyysongelmiin (Nokka 2020). Terveysongelmien hoitaminen on kallista ja antibioottimaidot ovat pois meijeriin lähetetyn maidon määrästä. Vanhempi lehmä myös lypsää enemmän ja kuluttaa vähemmän ympäristöä kuin uudistushieho. (Heikkilä 2006.)

3.3.1 Terveysominaisuuksien indeksit

Suomella muiden pohjoismaiden kanssa on pitkät perinteet hoitotietojen keräämisessä ja niiden hyödyntämisessä terveystalostuksessa. Nautojen terveyttä on jalostettu hoitotietoihin perustuvilla indekseillä Suomessa vuosikymmeniä. (Faba 2020a.) Terveystarkkailun tiedoista sonnit saavat jälkeläisarvosteluunsa erilaisia terveysominaisuuksien indeksejä tyttären hoitomerkitöiden perusteella. Näiden tietojen ja genotyyppityksen avulla on myös voitu laskea referenssiryhmän perusteella

terveysindekseistä genomiset jalostusarvot sonneille. (Alhainen 2015, 10.) Terveysominaisuuksia, joille julkaistaan indeksit pohjoismaisessa NAV-arvostelussa, ovat utareterveys, muut hoidot ja sorkkaterveys. Lisäksi ilmoitetaan kolmen ensimmäisen lypsykauden aikaisista siemennystiedoista kerättävä hedelmällisyysindeksi ja jälkeläisen todennäköisyydestä saavuttaa pitkä tuotantoikä ker-
toivat indeksit kestävyys (tuotantoikä) ja vasikan elinvoima. (NAV 2020a.) Terveysominaisuuksia, joille julkaistaan indeksit kanadalaisessa jalostusohjelmassa ovat utareterveys, aineenvaihdunta-
sairaudet ja sorkkaterveys. Lisäksi julkaistaan indeksit myös kestävyydelle, tytärhedelmällisyydelle ja kuntoluokalle. Lisäksi 1.12.2020 julkaistiin ensimmäistä kertaa myös indeksit jälkeisten jäämi-
selle, kohtutulehdukselle ja munasarjarakkuloille. (Lactanet 2020.)

Yksittäisten terveysominaisuuksien jalostaminen on kuitenkin haastavaa alhaisten periytymisastei-
den vuoksi. Periytymisaste kertoo kuinka paljon jonkun ominaisuuden yksilöiden väliset erot ovat
perimästä johtuvia. Holsteineilla utaretulehdusten periytymisaste on keskimäärin 0,05, muiden hoi-
tojen keskimäärin 0,015 ja jalka- ja sorkkasairauksien keskimäärin vain 0,012. Olosuhteiden ja ruo-
kinnan vaikutus eläinten terveyteen on siis mittava. Parhaiten periytyviä ovat ominaisuudet, joihin
ei juurikaan pysty olosuhteilla tai ruokinnalla vaikuttamaan. Tällaisia ovat ominaisuudet kuten taka-
korkeus (periytymisaste 0,60), utareen syvyys (periytymisaste 0,46) ja vedinpituus (periytymisaste
0,37). Myös tuotosominaisuuksien periytymisasteet ovat korkeat. Maitotuotoksen periytymisaste
on 0,33, valkuaistuotoksen 0,25 ja rasvatuotoksen 0,30. Erot periytymisasteissa eri ominaisuuksien
välillä ovat siis mittavat. (NAV 2020b, viitattu 15.12.2020.)

Erot eläinten sairauksien hoidossa vaihtelevat niin tilojen kuin eri eläintenkin välillä. Hyvin hoide-
tuilla tiloilla eläinten terveyttä seurataan tarkemmin ja terveysongelmiin puututaan herkemmin. Näin
hoitotietoja kertyy nopeasti enemmän kuin tiloilla, joissa eläinten hyvinvointiin ei kiinnitetä niin pal-
jon huomiota ja lehmiä lähtee helpommin teuraaksi ilman hoitotietomerkintöjä. Myös yksilökohtaista
vaihtelua on. Karjanomistajalle mieleistä hyvin tuottavaa eläintä hoidetaan herkemmin ja pidem-
pään kuin vastaavasti huonotuotoksista epämieluisaa eläintä, joka sairastuessaan laitetaan mie-
luummin teuraaksi kuin yritetään hoitaa. Hoitotiedot eivät myöskään kerro, onko eläin parantunut
hoidon seurauksena. (Heikkilä 2006.) Vuosien saatossa olosuhteiden kehittymisen, jalostuksen ja
osittain rotusuhteiden muutoksen ansioista maitotuotos on noussut, mutta samalla keskipoikima-
kerta on laskenut. Vuonna 1969 lehmien keskimääräinen poistoikä oli seitsemän vuotta ja keski-
tuotos 3500 kg (Hassinen 1980). 50 vuotta myöhemmin 2019 keskimääräinen poistoikä oli viisi

vuotta ja keskituotos 9937 kg. Pitkässä juoksussa lehmien poistoikä on siis aikaistunut, mutta viimeisen viiden vuoden tulokset osoittanut trendin kääntyneen nyt pieneen nousuun ja keskipoikimakerran nousseen viidessä vuodessa 0,18 verran. (Nokka 2020.)

Sonnien tytärien hoitotietojen tulokset voivat osittain vääristyä siemennesteannosten hinnoittelun takia. Hyvin toimeentulevalla tilalla panostetaan jalostukseen ja hankitaan kalliimman hintaluokan siemenannoksia. Sama tila myös panostaa eläinten tarkkailuun ja ennaltaehkäiseviin hoitoihin, jolloin hoitoja kertyy tilalla käytettyjen sonnien tyttärille enemmän. Taloudellisesti huonolla tolalla oleva tila valitsee halvemman hintaluokan sonneja, ei panosta eläinten tarkkailuun tai välitä sairauksien hoidosta vaan sairaat eläimet joko selviävät ongelmistaan ilman eläinlääkärin hoitoa tai poistuvat karjasta. Hoitotietoja ei kerry, vaikka eläimet olisivat oikeasti sairastelleet enemmän tällä tilalla. (Alhainen 2016.)

3.3.2 Perinnöllinen immuunivaste

Toinen vaihtoehto nautojen terveyden jalostukseen on jalostaa naudan luontaista immuunivastetta eli vastustuskykyä omana ominaisuutenaan. Tämä patentoitu menetelmä on käytössä Semex Alliancen jalostusohjelmassa. HIR (High Immune Response) -menetelmällä voidaan mitata eläimen solunsisäisen (CMIR eli cell-mediated immune response) ja solunulkoisen (AMIR eli antibody mediated immune response) immuunivasteen kykyä reagoida taudinaiheuttajien hyökkäykseen. CMIR ja AMIR ovat omia erillisiä ominaisuuksiaan. CMIR reagoi virusten ja mykoplasmojen aiheuttamiin hyökkäyksiin, kun taas AMIR vastaa bakteerien aiheuttamiin tulehduksiin. CMIR:sta ja AMIR:sta saadaan siis omat indeksinsä. (Thompson-Crispi, Sargolzaei, Ventura, Abo-Ismael, Miglior, Schenkel & Mallard 2014.)

Koska hyvän immuunivasteen omaava eläin tarvitsee sekä solunsisäistä että -ulkoista vastustuskykyä, yhdistetään nämä kaksi yhdistelmä indeksiksi OMIR, jotta voidaan jalostaa molempia yhtäaikaaisesti. Testatut eläimet jaotellaan kolmeen luokkaan immuunivasteen tuloksen voimakkuuden perusteella kaikkien immuunivasteindeksien osalta. Korkean immuunivasteen eläimiksi luokitellaan ne eläimet, jotka ovat yhden hajonnan yksikön verran testatun ryhmän keskiarvon yläpuolella, ma-

talan immuunivasteen eläimiksi ne, jotka ovat yhden hajonnan yksikön verran testatun ryhmän keskiarvon alapuolella ja keskiverroksi luokitellaan eläimet siltä väliltä. Korkein ja matalin yksi hajonnan yksikkö vastaa aina parasta ja heikointa 16 prosenttia testatuista eläimistä. (Alhainen 2016.)

Luontaista immuunivastetta on mahdollista jalostaa karjatasolla käyttämällä HIR-menetelmällä korkean immuunivasteen omaaviksi todettuja sonneja eli niin kutsuttuja Immunity+ sonneja. Toinen vaihtoehto holstein-rotuisille lehmille on myös testata genomitestillä lehmien oma geneettinen immuunivaste ja valita korkean immuunivasteen omaavia lehmiä ja mahdollisesti karsia matalan immuunivasteen lehmiä jalostuskäytöstä. (Alhainen 2018.) Perinnöllisen immuunivasteen periytymisaste on korkea, noin 0,30 (Thompson-Crispi ym. 2014.)

4 HIGH IMMUNE RESPONSE- MENETELMÄ

Geneettisen immuunivasteen merkitystä käytännössä on testattu useissa Pohjois-Amerikan suurissa karjoissa tehdyissä tutkimuksissa. Tutkimuksissa HIR-menetelmällä korkean vastustuskyvyn omaaviksi todetut eläimet sairastivat vähemmän, reagoivat paremmin rokotteisiin ja niiden ternimaidossa oli enemmän vasta-aineita ja laktoferriiniä kuin HIR-testissä heikon tai keskiverron tuloksen saaneilla lehmillä (Wagter, Mallard, Wilkie, Leslie, Boettcher & Dekkers 2000).

4.1 Lypsylehmien sairauksien esiintymisen ja geneettisen immuunivasteen yhteys

Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa 875 holstein-rotuista lehmää floridalaisesta suuresta karjasta tutkittiin genomitestillä vastuskyvyltään AMIR (solunulkoinen immuunivaste), CMIR (solunsisäinen immuunivaste) ja IR (yhdistelmä indeksi) osalta ja jaettiin vastuskyvyn voimakkuuden mukaan luokkiin matala, keskiverto ja korkea. Testiryhmien lehmiä vertailtiin utaretulehduksen, kohtutulehduksen, ketoosin, juoksutusmahan siirtymän ja jälkeläisten jäämisen esiintymisen osalta. Vastustuskyky testattiin jokaiselta tiineeksi todetulta lehmältä kahdeksan viikkoa ennen poikimista ja sairauksien esiintyvyyttä seurattiin poikimista seuraavan lypsykauden ajan. Sairauksien esiintymisen ja voimakkuuden kirjasi koulutetut henkilökunnan jäsenet, jotka eivät olleet tietoisia vastustuskyvyn luokituksen tuloksista. (Thompson-Crispi, Hine, Quinton, Miglior & Mallard 2012.)

Täydelliset vertailukelpoiset tutkimustulokset saatiin lopulta 699 lehmästä. Eniten tutkimusryhmän lehmillä esiintyi utaretulehduksia. 23,6 prosentilla lehmistä raportoitiin ainakin yksi utaretulehdus tutkittavan lypsykauden aikana. Muiden tautien esiintyvyydet olivat: jälkeisten jääminen 7,3 %, kohtutulehdus 6,9 %, ketoosi 5,7 % ja juoksutusmahan siirtymä 3,0 %. (Thompson-Crispi, Hine, Quinton, Miglior & Mallard 2012.)

TAULUKKO 3. Sairauksien esiintymiset eri immuunivasteen ryhmissä (Thompson-Crispi, Hine, Quinton, Miglior & Mallard 2012).

Disease ²	AMIR			CMIR			IR ³		
	Low (n = 104)	Ave (n = 501)	High (n = 94)	Low (n = 93)	Ave (n = 504)	High (n = 102)	Low (n = 153)	Ave (n = 407)	High (n = 139)
Mastitis	22.0 ^{ab}	29.2 ^a	16.1 ^b	20.0	29.5	19.4	25.7 ^{ab}	29.0 ^a	19.4 ^b
Metritis	7.7	5.0	3.2	6.6	5.0	4.9	7.2	4.7	4.3
Ketosis	8.6	5.6	3.2	5.4	5.6	6.9	5.9	5.7	5.8
DA	5.8	2.6	2.1	5.3	2.2	4.9	5.8 ^a	1.7 ^b	3.6 ^{ab}
RFM	11.54	6.8	5.3	9.7	7.3	4.9	13.1 ^a	5.9 ^b	5.0 ^b

Tutkimuksen mukaan korkeaksi solunulkoisessa immuunivasteessa ja yhdistelmäindeksissä luokitellut eläimet sairastivat selvästi vähemmän utaretulehduksia kuin keskiverron tai matalan solunulkoisen immuunivasteen ja yhdistelmäindeksin eläimet. Myös solunsisäisessä immuunivasteessa korkeiksi luokitellut eläimet sairastivat hieman vähemmän utaretulehduksia kuin keskiverron ja matalan ryhmän eläimet. Kohtutulehduksia esiintyi vähiten jokaisessa ryhmässä korkeaksi luokitelluilla eläimillä. Ketoosia esiintyi vähiten korkean solunulkoisen immuunivasteen eläimillä, kun taas solunsisäisen immuunivasteen ryhmässä alhaisin esiintyvyys oli matalaksi luokitelluilla eläimillä. Yhdistelmäindeksillä mitattujen ryhmien välillä oli pienimmät erot. Ketoosia esiintyi vain niukasti vähemmän keskiverto ryhmän eläimillä ja eniten matalan ryhmän eläimillä. Juoksutusmahan siirtymä oli jokaisessa mitatussa vastustuskyvyssä havaittu eniten matalan ryhmän eläimillä. Solunulkoisessa immuunivasteessa vähiten korkeaksi luokitelluilla, solunsisäisessä ja yhdistelmäindeksissä keskiverroiksi luokitelluilla. Jälkeisten jääminen oli selvästi yleisintä jokaisessa ryhmässä aina matalaksi luokitetuilla. Alhaisin esiintyvyys oli samoten kaikissa ryhmissä korkeaksi luokitelluilla eläimillä. (Thompson-Crispi, Hine, Quinton, Miglior & Mallard 2012.)

4.2 Utaretulehdusten esiintyvyys korkean, keskiverron ja matalan perinnöllisen immuunivasteen lehmillä

Thompson-Crispi, Miglior ja Mallard yhteistyössä Canadian Bovine Mastitis Research Networkin kanssa toteuttivat tutkimuksen utaretulehdusten esiintyvyydestä korkean, keskiverron ja matalan perinnöllisen immuunivasteen lehmillä. Tutkimusta varten luokiteltiin 458 holstein-rotuista lehmää 41 eri karjasta Kanadasta immuunivasteeltaan solunulkoisessa (AMIR) ja solunsisäisessä immuunivasteessa (CMIR). Vastustuskyky arvioitiin reaktion voimakkuudella patogeeneihin arvosanalla korkea, keskiverto tai matala. Tutkimus kesti kaksi vuotta ja siinä vertailtiin kaikkien tutkimusaikana

esiintyneiden utaretulehdusten määrää eri immuunivasteen ryhmissä. (Thompson-Crispi, Miglior & Mallard 2012.)

Tutkimuksessa todettiin korkean solunulkoisen immuunivasteen omaavien lehmien sairastaneen 17,1 tapausta sataa lehmää kohti vuodessa, joka on huomattavasti matalampi kuin keskiverron ja matalan solunulkoisen immuunivasteen omaavien vastaavat luvut 27,9 ja 30,7. Matalan solunulkoisen immuunivasteen lehmien todettiin myös sairastaneen vakavimmat utaretulehdustapaukset. Korkean, keskiverron ja matalan solunsisäisen immuunivasteen lehmäryhmien välillä ei todettu mitään näkyvää eroa tapausten määrässä. Tutkimuksessa todetaan tämän johtuvan todennäköisesti siitä, että utaretulehdusten aiheuttajina ovat yleisimmin solunulkoisesti toimivat patogeenit. Myös kolmen yleisimmän utaretulehduksen aiheuttajan esiintymistä vertailtiin eri solunulkoisen- ja solunsisäisen immuunivasteen ryhmien välillä. Näissäkin alhaisin esiintyvyys oli jokaisella bakteerilla korkeimman solunulkoisen immuunivasteen ryhmässä. Myös tarttuvien ja ympäristöperäisten utaretulehdusten aiheuttajien eroa vertailtiin. Näissäkin alhaisin esiintyvyys löytyi korkean solunsisäisen immuunivasteen ryhmästä. (Thompson-Crispi, Miglior & Mallard 2012,)

TAULUKKO 4. Utaretulehdusten esiintyvyys eri solunulkoisen immuunivasteen voimakkuuden luokissa (Thompson-Crispi, Miglior & Mallard 2012).

ICRM per 100 cow-years by high, average, and low immune response category based on EBV for AMIR for 458 Holstein dairy cows from 41 herds across Canada

Pathogen or mastitis severity group	ICRM (per 100 cow-yrs) by AMIR category ^a			
	Low (n = 86)	Avg (n = 289)	High (n = 83)	All cows
<i>Escherichia coli</i>	6.15	4.53	4.26	4.77
<i>Staphylococcus aureus</i>	1.54	4.97	0.71	3.54
<i>Streptococcus</i> spp. ^b	2.31	2.37	3.55	2.59
Contagious ^c	2.31	6.26	1.42	4.63
Environmental	14.60	12.52	9.95	12.40
Culture negative	5.38	6.04	2.84	5.31
Overall ICRM	30.7 (A)	27.9 (A)	17.1 (B)	26.3
Mastitis severity score				
1	16.14	15.76 (A)	7.10 (B)	14.17
2	8.45	10.58	7.81	9.67
3	6.15	1.94	2.13	2.72

^aICRM values in the same row that are followed by different uppercase letters in parentheses show significant differences ($P \leq 0.05$).

^bContagious pathogens were *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, and *Streptococcus uberis*.

^cEnvironmental pathogens were *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp. (other than *S. agalactiae*), *Serratia* spp., *Citrobacter* spp., *Proteus* spp., *Salmonella* spp., *Pseudomonas* spp., *Pasteurella multocida*, *Corynebacterium* spp., yeasts, fungi, *Klebsiella* spp., *Staphylococcus hyicus*, *Prototheca* spp., coagulase-negative *Staphylococcus*, *Arcanobacterium pyogenes*, *Bacillus* spp., non-*S. aureus* coagulase-positive *Staphylococcus*, and *Enterobacter*.

TAULUKKO 5. Utaretulehdusten esiintyvyys eri solunsisäisen immuunivasteen voimakkuuden luokissa (Thompson-Crispi, Miglior & Mallard 2012).

ICRM per 100 cow-years by high, average, and low immune response category based on EBV for CMIR for 458 Holstein dairy cows from 41 herds across Canada

Pathogen or mastitis severity score	ICRM (per 100 cow-yr) by CMIR category ^a			
	Low (n = 68)	Avg (n = 324)	High (n = 66)	All cows
<i>Escherichia coli</i>	2.76	5.56	2.90	4.77
<i>Staphylococcus aureus</i>	3.68	3.64	2.90	3.54
<i>Streptococcus</i> spp. ^b	0.92	3.26	0.97	2.59
Contagious	3.68	5.17	2.90	4.63
Environmental ^c	6.44	14.56	7.72	12.40
Culture negative	1.84	6.13	4.83	5.31
Overall ICRM	18.4	28.9	21.2	26.3
Mastitis severity score				
1	11.96	15.14	11.58	14.17
2	5.52	10.73	8.69	9.67
3	0.92	3.45	0.97	2.72

^aThere were no significant differences in these results.

^bContagious pathogens were *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, and *Streptococcus uberis*.

^cEnvironmental pathogens were *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp. (other than *S. agalactiae*), *Serratia* spp., *Citrobacter* spp., *Proteus* spp., *Salmonella* spp., *Pseudomonas* spp., *Pasteurella multocida*, *Corynebacterium* spp., yeasts, fungi, *Klebsiella* spp., *Staphylococcus hyicus*, *Prototheca* spp., coagulase-negative *Staphylococcus*, *Arcanobacterium pyogenes*, *Bacillus* spp., non-*S. aureus* coagulase-positive *Staphylococcus*, and *Enterobacter*.

5 KEHITTÄMISTEHTÄVÄN KUVAUS

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, näkyykö geneettinen immuunivaste käytännössä naudan ensikkokauden hoitotietojen kanssa. Yhdysvalloissa on tehty vastaavia tutkimuksia suurissa testikarjoissa ja opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia samaa Suomessa pienemmässä mittakaavassa. Määrällistä tutkimusta varten genomitestattiin 91 lehmää perinnöllisen immuunivasteen osalta. Genomitestien tuloksia verrattiin sairauksien hoitomerkeihin sekä siemennystietoihin ensimmäisen lypsykauden ajalta. Lisäksi toteutettiin sähköpostin välityksellä pieni karjanomistajan haastattelu, jossa hän avasi taustoja hoitotietojen takana.

6 AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto koostuu yhden maidontuotantotilan eläinten genomitestien tuloksista ja hoito- ja siemennystiedoista. Tärkeimmät kriteerit maidontuotantotilan valintaan olivat tarpeeksi suuri karja, jossa olisi tarpeeksi paljon holstein-rotuisia Semexin sonnien tyttäriä. Tutkimusryhmän eläimien haluttiin olevan Semexin sonnien jälkeläisiä, sillä silloin myös sonnien oman testatun immuunivasteen status olisi tiedossa. Pakollista valittavalle tilalle oli myös Nasevaan (nautatilojen terveydenhuollon seurantajärjestelmä) kuuluminen. Nasevaan on kirjattuna kaikki tilalla tehdyt terveydenhoidolliset toimenpiteet. Toimeksiantaja tarjosi genomitestit tutkimuskarjan lehmille, jotka ovat lypsäneet ensikkokautensa Nasevaan liittymisen jälkeen. Kriteerit täyttäviä lemiä karjasta löytyi 91 kappaletta. Kaikista eläimistä otettiin genomitestit kudoksenäytteenä eläinlääkärin toimesta, ja lähetettiin tutkittaviksi Iso-Britanniaan laboratorioon.

Genomitestistä saatiin tieto jokaisen lehmän yhdistetyn immuunivasteen voimakkuudesta arvosamalla korkea, keskiverto tai matala. Tämän lisäksi sain myös tutkimuskäyttöön genomitestissä käytössä olevien valmiiden korkea, keskiverto, matala jaottelujen sijasta oikeat alkuperäiset indeksit. Näin sain itse jaettua eläimet tasaisiin ryhmiin indeksin suuruuden perusteella. Samalla saatiin käyttöön enemmän tietoa, kun tulokset saatiin myös erikseen solunsisäisestä ja solunulkoisesta immuunivasteesta eikä vain näiden yhdistelmästä. Eläimet jaettiin ryhmiin jokaisessa ominaisuudessa korkeimman 16 %, keskivälin ja matalimman 16 % mukaan. 16 % vastaa yhtä hajonnan yksikköä, jonka perusteella genomitestattujen lehmien immunity-tulos julkaistaan arvosanalla korkea, keskiverto ja matala. Tällöin korkean arvonsanan saaneet eläimet ovat yhden hajonnan yksikön verran testiryhmän keskiarvoa parempia ja matalan arvonsanan saaneet testiryhmän keskiarvoa yhden hajonnan yksikön verran heikompia. Keskiverto arvonsanan saivat eläimet, jotka sijoittuvat näiden välille.

Aineiston lehmistä oli käytettävissä Nasevasta saatavat hoitotiedot Excel-muodossa. Excelistä poistettiin ennalta ehkäisevien hoitojen koodit kuten umpeenpanohoidot (rutiini toimenpide kaikille karjassa) tai sarven poistot. Hoitotietojen lisäksi otettiin mukaan myös ”Minun Maatilani”-ohjelmasta tieto, montako siemennystä kukin lehmä on tarvinnut tiinehtyäkseen ensimmäisen poikimisen jälkeen. Minun Maatilani on ohjelmistokokonaisuus, jonne voidaan kirjata muun muassa siemennystapahtumat. Näiden tietojen avulla pystyttiin tutkimaan myös eroja tiinehtyvyydessä eri immuunivasteryhmien välillä.

Hoitoja oli merkitty yhteensä 13 eri hoitokoodilla. Hoitojen syyt olivat

1. Utaretulehdus
2. Hiljainen kiima
3. Pitkäkiimaisuus
4. Rakkulat
5. Häiriö munasolujen vapautumisessa
6. Kohtutulehdus
7. Involuutiohäiriö eli hidas synnytyselimien palautuminen
8. Sukuelintulehdus alle 6 viikkoa poikimisesta
9. Juoksutusmahan laajentuma/kiertymä
10. Valkoviivan repeämä
11. Valkoviivan paise
12. Sorkkasyylä ja muu jalkasairaus

Hoitotiedot jaettiin ryhmiin niiden tyypin mukaan. Ryhmittelyksi tuli

1. Utaretulehdushoidot, sisältäen vain utaretulehdushoidot (27 kpl)
2. Hedelmällisyyshoidot, sisältäen hoitotiedot hiljaisesta kiimasta (12 kpl), pitkäkiimaisuudesta (1 kpl), rakkuloista (8 kpl) ja häiriöstä munasolujen vapautumisessa (1 kpl)
3. Poikimisen jälkeisten ongelmien hoidot, sisältäen hoitotiedot kohtutulehduksesta (2 kpl), involuutiohäiriöstä (9 kpl) ja sukuelintulehduksesta alle 6 viikkoa poikimisesta (1 kpl)

Lisäksi tehtiin vertailu kaikkien hoitojen yhteenlasketusta esiintyvyydestä eri ryhmissä, sekä siemennysmerkintöjen perusteella vertailu, montako siemennystä on vaadittu seuraavaan tiinehtymiseen eri immuunivaste ryhmien eläinten välillä.

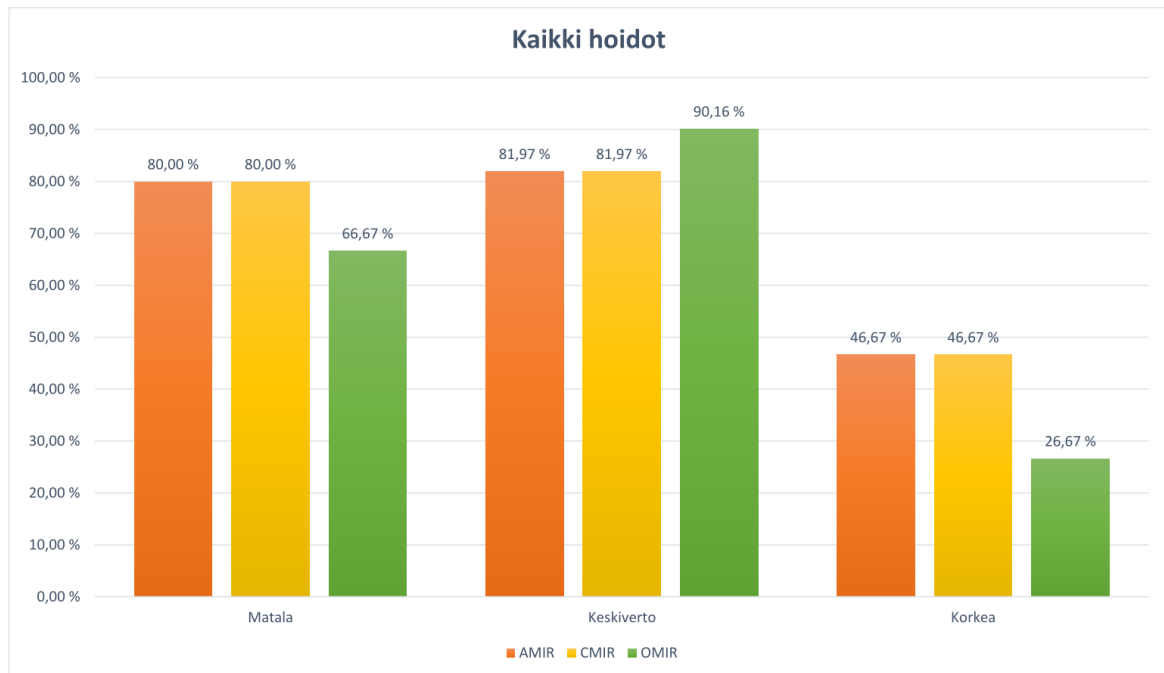
Hoitomerkitöjä juoksutusmahan laajentumasta tai kiertymästä, valkoviivan repeämästä, valkoviivan paiseesta, sorkkasyylästä ja muusta jalkasairaudesta oli niin vähän, ettei niiden perusteella voitu tehdä luotettavaa vertailua. Nämä hoidot on kuitenkin laskettu mukaan vertailuun, jossa verrattiin kaikkien hoitojen yhteenlaskettua määrää immuunivasteryhmittäin.

Tutkimus toteutettiin määrällisenä tutkimuksena. Jokaisesta hoitotietoryhmästä tehtiin taulukko, johon lisättiin immuunivasteryhmät ja kyseisten hoitojen määrä kussakin ryhmässä. Eläinten määrää

ja hoitokertojen määrää vertaamalla saatiin laskettua jokaisesta immuunivasteryhmästä esiintyvyyssprosentti. Näitä prosentteja verrattiin ryhmien välillä ja havainnointiin, missä immuunivasteryhmässä on ollut korkein ja matalin esiintyvyys. Määrällisen tutkimuksen lisäksi tehtiin pieni karjanomistajan haastattelu, jossa hän kertoi karjansa yleisimmistä taudinaiheuttajista ja antoi taustatietoja muutamien hoitokoodien takaa.

7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Kaikki hoidot



KUVIO 6. Kaikkien hoitojen esiintyvyyssprosentit immuunivasteen eri genotyypeillä

Kaikkien hoitojen esiintyvyys oli solunulkoisessa immuunivasteessa (AMIR) korkein keskiverron immuunivasteen ryhmässä 81,97 %. Toiseksi korkein esiintyvyys oli matalassa ryhmässä 80 %. Huomattavasti pienin esiintyvyys oli korkean immuunivasteen ryhmässä 46,67 %.

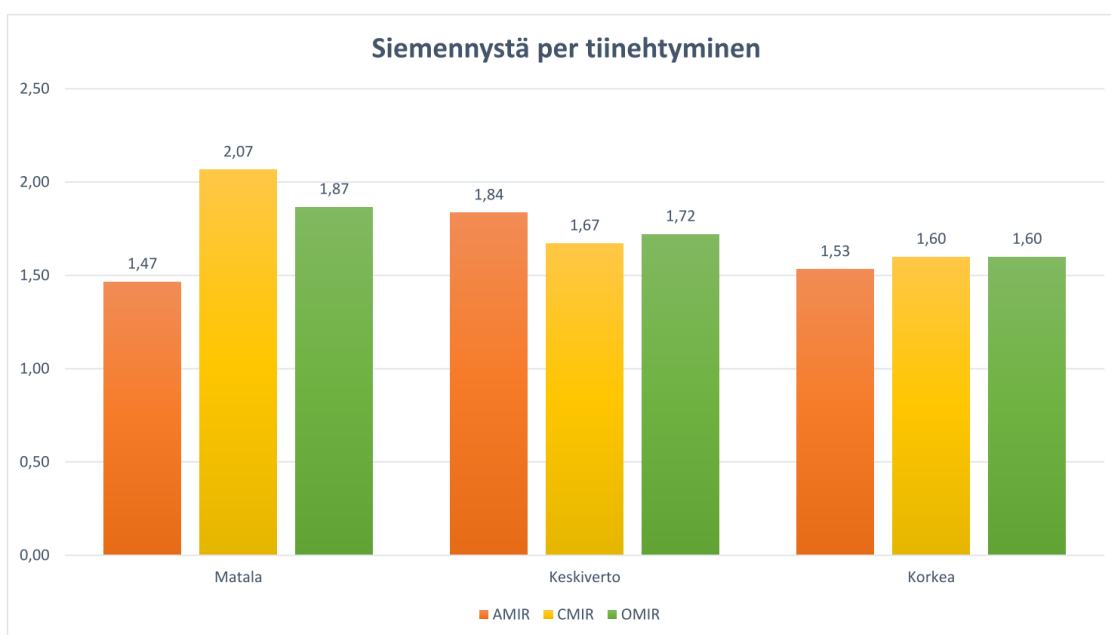
Solunsisäisen immuunivasteen (CMIR) ryhmistä eniten kaikkia hoitoja esiintyi myös keskiverto ryhmässä 81,97 %, toiseksi eniten matala ryhmässä 80 % ja vähiten korkea ryhmässä 46,67 %.

Sama toistui myös yhdistelmäindeksin (OMIR) ryhmissä. Korkein esiintyvyys oli ryhmällä keskiverto 90,16 %, toiseksi korkein ryhmälle matala 66,67 % ja korkea ryhmälle vain 26,67 %.

Näin ollen kaikissa ryhmissä matalin esiintyvyys oli korkean immuunivasteen eläimillä ja korkein esiintyvyys keskiverron immuunivasteen eläimillä. Solunsisäisen ja -ulkoisen immuunivasteen vertailuissa keskiverron ja matalan ryhmien välinen ero oli todella pieni, alle 2 prosenttia. Yhdistelmäindeksin vertailussa erot eri ryhmien välillä olivat huomattavasti suuremmat.

Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että korkean immuunivasteen eläimet kaikissa ryhmissä ovat pysyneet terveimpinä kuin vastaavasti keskiverron ja matalan immuunivasteen omaavat eläimet. Matalan ja keskiverron immuunivasteen ryhmien tulokset vaihtelevat, eikä niistä voida tehdä johtopäätöksiä perinnöllisen immuunivasteen vaikutuksesta hoitokertoihin.

7.2 Tiinehtyminen



KUVIO 7. Tiinehtymiseen vaadittujen siemennysten määrä immuunivasteen eri genotyypeillä

Solunulkoisen immuunivasteen (AMIR) perusteella vertailtuna eniten siemennyksiä tiinehtymistä varten kertyi keskiverron immuunivasteen ryhmälle. Vähiten siemennyksiä vaativat matalan solunulkoisen immuunivasteen eläimet pienellä erolla korkean immuunivasteen eläimiin.

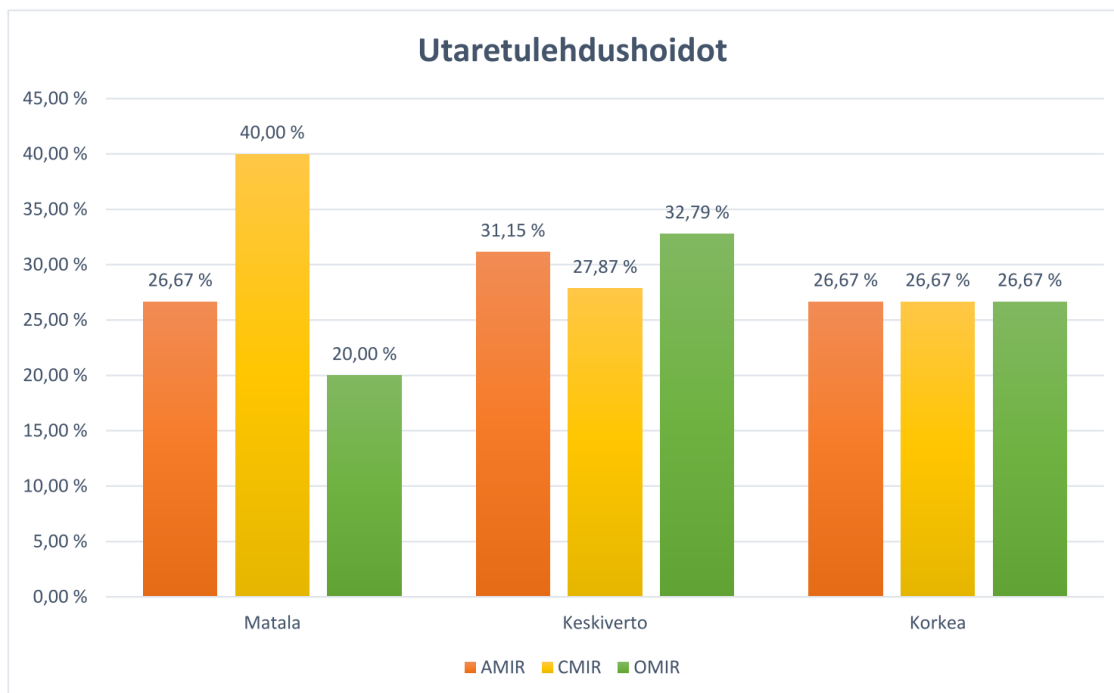
Solunsisäisessä immuunivasteessa (CMIR) paras tiinehtyvyys oli korkean immuunivasteen ryhmällä, hyvin pienellä erolla keskiverto ryhmään. Selvästi eniten siemennyksiä vaati matalan solunsisäisen immuunivasteen ryhmän eläimet.

Yhdistelmäindeksissä paras tiinehtyvyys oli jälleen korkean immuunivasteen eläimillä. Toiseksi paras oli keskiverto ryhmä ja eniten siemennyksiä vaadittiin matalan ryhmän eläinten tiinehtymiseen. Ryhmien väliset erot olivat pienimmät tämän immuunivasteen vertailussa.

Suomessa vuonna 2019 lehmä vaati keskimäärin 1,92 siemennystä tiinehtymistä kohti. Tämä luku on kuitenkin kaiken ikäisistä lehmistä eikä ole siis suoraan verrattavissa ensikkoryhmän lukuihin. Voidaan kuitenkin sanoa, että tutkimusaineiston kaikkien ryhmien tiinehtyminen on hyvällä tasolla. Hedelmällisyys on yleisin ensikoiden poistonsyy Suomessa, minkä takia mielestäni oli tärkeää myös tarkastella tätä näkökulmaa tutkimuksessa (Nokka 2020). Nopea tiinehtyminen on tärkeää myös poikimavälin pitämisessä toivotuissa rajoissa ja näin parhaan mahdollisen taloudellisen tuloksen saavuttamisessa (Heikkilä ym. 2016).

Immuunivasteen voimakkuus ei ole suoraan yhteydessä tiinehtymisen kanssa, mutta lehmän tiinehtymistä auttaa sen hyvä terveydentila. Kun lehmä on terve eikä sillä ole mitään sairauksia kuormittamassa elimistöä, jää sille enemmän energiaa kiimakierroksen käynnistymistä ja tiinehtymistä varten. Näin immuunivasteen ja tiinehtymisen välillä voisi olla yhteys. Suoraan tulokset eivät kuitenkaan tässä tutkimuksessa siihen viittaa, sillä paras tiinehtyminen on ollut matalan solunulkoisen immuunivasteen (AMIR) omaavilla eläimillä. Tulokset solunsisäisen (CMIR) ja yhdistelmäindeksin (OMIR) ryhmistä kuitenkin viittaisivat siihen, että korkeamman immuunivasteen eläimet ovat tiinehtyneet paremmin. Ehkäpä karjassa on ollut jotain solunsisäisesti vaikuttavan taudinaiheuttajan aiheuttamaa ongelmaa, joka on piilevästi huonontanut matalan immuunivasteen eläinten hedelmällisyyttä. Otanta on kuitenkin pieni eivätkä erot ole suuria, joten suoraan tästä ei voida vetää johtopäätöstä.

7.3 Utaretulehdushoidot



KUVIO 8. Utaretulehdushoitojen esiintyvyyssprosentit immuunivasteen eri genotyypeillä

Solunulkoisessa immuunivasteessa korkein utaretulehdusten esiintyvyys oli keskiverron immuunivasteen ryhmällä. Matalan ja korkean immuunivasteen ryhmillä hoitokertoja oli tasan sama määrä. Erot ryhmien välisessä esiintymisessä eivät olleet kovin korkeat.

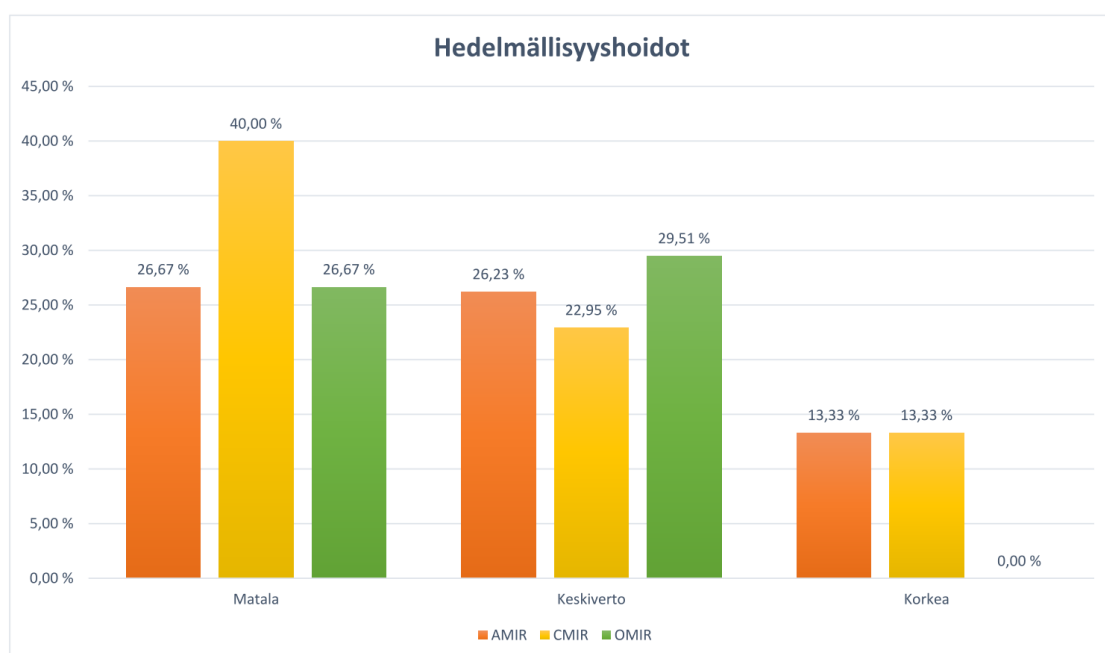
Solunsisäisessä immuunivasteessa korkein esiintyvyys oli matalan immuunivasteen ryhmällä 40 %. Alhaisin esiintyvyys oli korkean immuunivasteen ryhmällä 26,67 %, mutta eroa keskiverto ryhmän esiintyvyyteen oli alle 2 %.

Yhdistelmäindeksin ryhmässä korkein esiintyvyys oli keskiverto ryhmällä 32,79 %. Toiseksi korkein korkean immuunivasteen ryhmällä 26,67 % ja matalin matalan immuunivasteen ryhmällä 20 %.

Tulosten perusteella ei solunulkoisen immuunivasteen (AMIR) tai yhdistelmäindeksin (OMIR) ryhmässä havaittu perinnöllisen immuunivasteen suojanneen utaretulehduksilta. Korkean solunsisäisen immuunivasteen (CMIR) taas voitaisiin nähdä tulosten perusteella suojanneen lehmiä utaretulehdukselta. Testikarjan utaretulehduksien aiheuttajina on kuitenkin karjanomistajan haastattelun perusteella olleet aina bakteerit tai hiivat. Tämän vuoksi vastustuskyvyllä viruksia ja mykoplasmoja

(CMIR) vastaan ei pitäisi olla tekemisistä bakteerien tai hiivojen aiheuttamiin tulehduksiin. Toki virusten aiheuttamat aiemmat tai akuutit piilevätkin taudit voivat heikentää yleisesti vastustuskykyä ja tehdä alttiimmaksi bakteerien hyökkäyksille. Mitään tiedossa olevaa viruksen tai mykoplasman aiheuttamaa laajempaa ongelmaa ei karjassa kuitenkaan ollut tiedossa. Kaikki utaretulehdushoidot olivat saman koodin alla eikä niissä ollut eritelty tulehduksen vakavuutta tai siitä paranemista.

7.4 Hedelmällisyshoidot



KUVIO 9. Hedelmällisyshoitojen esiintyvyyssprosentit immuunivasteen eri genotyypeillä

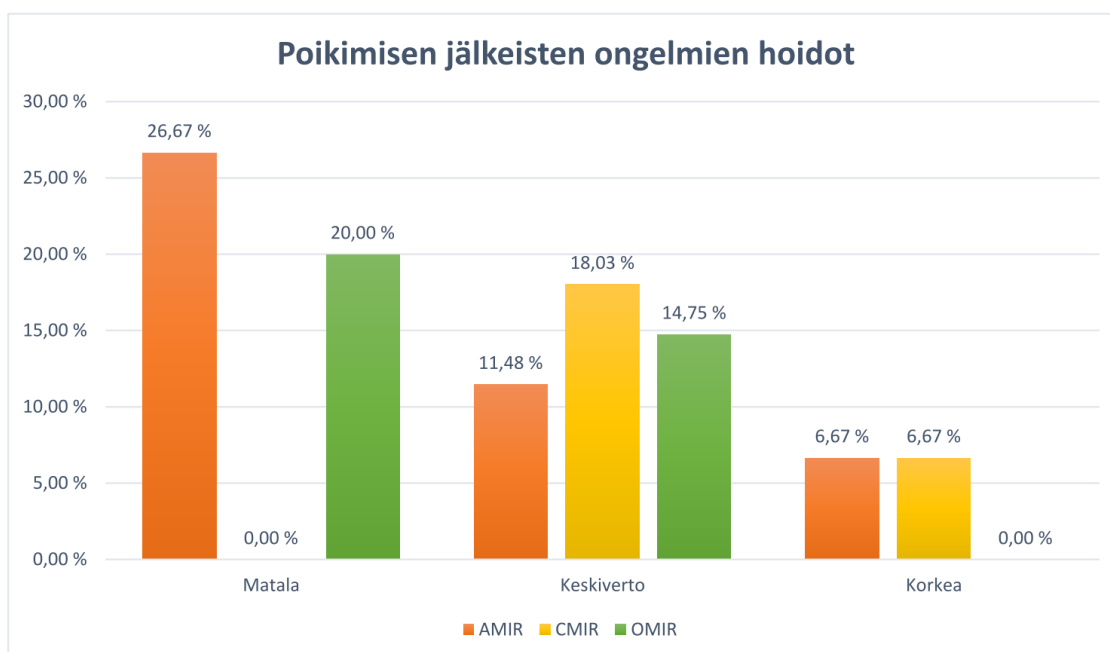
Solunulkoisessa immuunivasteessa selkeästi alhaisin esiintyvyys hedelmällisyysongelmiin oli korkean immuunivasteen ryhmässä 13,33 %, yli 10 % erolla muihin ryhmiin. Matalan ja keskiverron immuunivasteen ryhmien välillä oli vain pieni, alle prosentin ero, jolla esiintyvyys oli korkeinta matalan immuunivasteen ryhmässä 26,67 %.

Solunsisäisessä immuunivasteessa matalin esiintyvyys 13,33 %, oli taas korkean immuunivasteen eläimillä. Toiseksi matalin esiintyvyys oli keskiverto ryhmällä 22,95 % ja selkeästi korkein esiintyvyys 40 % matalan immuunivasteen ryhmällä.

Yhdistelmäindeksissä matalin esiintyvyys, 0 % oli jälleen korkean immuunivasteen ryhmällä. Korkein esiintyvyys oli keskiverto ryhmällä, jonka esiintyvyydestä 29,51 % matala ryhmä jäi alle 3 %.

Tulosten perusteella korkeasta perinnöllisestä immuunivasteesta näyttäisi olevan hyötyä, kun hedelmällisyshoitojen tarve on ollut pienin näillä lehmillä. Hedelmällisyysongelmien synty on monesti vähän epäselvä. Kyseessä on hormonitoiminnan häiriö, jonka syynä voi olla esimerkiksi riittämätön energia- tai valkuaisruokinta varsinkin korkean herumisen aikana tai olosuhteista johtuva stressi. Kyse ei siis ole bakteerin tai viruksen hyökkäyksestä, mutta hyvä yleisvointi on voinut vaikuttaa positiivisesti stressin sietoon ja sitä kautta hormonitoimintaan.

7.5 Poikimisen jälkeisten ongelmien hoidot



KUVIO 10. Poikimisen jälkeisten ongelmien hoitojen esiintyvyyss prosentit immuunivasteen eri genotyypeillä

Solunulkoisessa immuunivasteessa (AMIR) matalin poikimisen jälkeisten ongelmien esiintyvyys oli korkean immuunivasteen ryhmällä 6,67 %. Korkein esiintyvyys oli matalan solunulkoisen immuunivasteen ryhmällä 26,67 %. Keskiverto ryhmän esiintyvyys oli 11,48 %.

Solunsisäisessä immuunivasteessa (CMIR) selvästi matalin esiintyvyys 0 %, oli matalan immuunivasteen eläimillä. Korkein esiintyvyys 18,03 % oli keskiverron immuunivasteen ryhmällä ja toiseksi korkein esiintyvyys 6,67 % korkean immuunivasteen ryhmällä.

Yhdistelmä indeksillä (OMIR) jaoteltuna matalin esiintyvyys 0 % ilmeni korkean immuunivasteen ryhmällä. Korkein esiintyvyys 20 % havaittiin matalan immuunivasteen ryhmällä. Keskiverto ryhmän esiintyvyys oli siltä väliltä, 14,75 %.

Poikimisen jälkeiset ongelmat vaikuttavat myös hedelmällisyyteen, mutta eivät ole hormonitoiminnan häiriöitä. Karjanomistajan haastattelun mukaan involuutiohäiriöhoidot tässä tilanteessa ovat lievien kohtutulehdusoireiden (kuten valuttelu) hoitoja.

Tuloksien perusteella voitaisiin sanoa, että solunulkoisen immuunivasteen (AMIR) voimakkuudella on havaittavissa yhteys poikimisen jälkeisten ongelmien hoidon tarpeeseen. Tämä kävisi järkeen, sillä kohtu- ja synnytysnelintulehdukset ovat aina bakteerien eli solunulkoisten patogeenien aiheuttamia. Yhdistelmäindeksin (OMIR) ryhmien hoitoprosentit asettuvat myös hyvin vastaavalla tavalla. Solusisäisen immuunivasteen (CMIR) voimakkuus taas ei tulosten perusteella näytä vaikuttaneen hoitojen kertymiseen, korkean ja keskiverron ryhmien eläimillä on enemmän hoitoja kuin matalan immuunivasteen eläimillä, joiden hoitoprosentti on 0. Solunsisäinen immuunivaste ei kuitenkaan vaikuta vastustuskykyyn bakteereja vastaan, muuten kuin korkeintaan yleisvoinnin pysymisenä parempana, jos virusten ja mykoplasmojen aiheuttamat taudit vaivaavat vähemmän.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia perinnöllisen immuunivasteen voimakkuuden yhteyttä lypsy-lehmän ensikkokauden hoitotietomerkintöihin. Tarkoituksena oli saada perinnöllisen immuunivasteen genomitestillä testiryhmän lehmille tulos perinnöllinen immuunivaste korkea, keskiverto tai matala, ja verrata tätä tulosta Nasevaan merkittyihin hoitoihin.

Sopiva karja testausta varten löytyi nopeasti opinnäytetyön aloituspäätöksen jälkeen syksyllä 2018 ja genominäytteet päästiin ottamaan myös pian sen jälkeen marraskuun lopussa 2018. Genomitestien tulokset olivat valmiit tammikuussa 2019. Koska haluttiin mahdollisimman iso aineisto, oli osa testiryhmän lehmistä aikuisia monta kertaa poikineita lehmiä ja osa vasta ensimmäisen lypsykautensa alussa. Piti siis odottaa aloituksesta vuoden päähän syksylle 2019, että viimeisimpänäkin poikineella ensikolla tuli ensimmäinen lypsykausi päätökseen. Genomitestien tulokset olivat siinä mielessä pettymys, etteivät korkea, keskiverto ja matala -statukset jakautuneet 91 lehmän välillä tasaisesti. Keskimäärin populaatiossa 16 % on korkean ja 16 % matalan immuunivasteen eläimiä, ja tämän suuntaista tulosta toivottiin karjatasollakin. Tässä kyseisen karjan testiryhmässä korkean immuunivasteen eläimiä oli 34, keskivertoja 54 ja matalia vain 3. Jälkeenpäin mietittynä testikarjan valinta ei ehkä ollut paras mahdollinen. Tilalla oli valittu jo pitkään käyttöön sonneja korkean perinnöllisen vastustuskyvyn perusteella, joten mahdollisesti tämän takia korkean perinnöllisen immuunivasteen omaavat lehmät olivat yli edustettuna matalan immuunivasteen eläimiin verrattuna. Myös tilan lehmien suvuissa voi olla keskimääräistä enemmän parempaa perinnöllistä vastustuskykyä. Tulokset eivät siis olleet sitä mitä odotettiin, mutta tutkimus oli silti järkevintä viedä loppuun alkuperäisen suunnitelman mukaan. Tieto siitä, etteivät ryhmät isojen kokoerojen perusteella ole mitenkään järkevästi vertailtavissa, latisti vähän motivaatiota ja mielenkiintoa.

Syksyllä 2019, vähän ennen viimeisten testiryhmän lehmien lypsettyä ensikkokautensa loppuun, saatiin Kanadasta tieto että voisin saada tutkimuskäyttöön genomitestissä käytössä olevien valmiiden korkea, keskiverto, matala jaottelujen sijasta oikeat alkuperäiset indeksit. Näin saisin itse jaetua eläimet tasaisesti ryhmiin indeksin suuruuden perusteella. Samalla saatiin käyttöön enemmän tietoa, kun saatiin tulokset myös erikseen solunsisäisestä- ja solunulkoisesta immuunivasteesta eikä vain näiden yhdistelmästä. Tulokset sain vuoden 2020 alussa ja pääsin jakamaan eläimet

näiden perusteella korkeimman 16 % ja matalimman 16 % sekä näiden välille jääneiden keskiver-
tojen tulosten perusteella. Nyt myös kaikki lehmät olivat saaneet ensikkokautensa loppuun, joten
Nasevan hoitotiedotkin olivat kasassa.

Tein vertailun tuloksista pian kaikkien tulosten saamisen jälkeen alkuvuodesta 2020. Tutkimuksen
tulokset eivät olleet ihan sitä mitä odotettiin maailmalla tehtyjen isojen vastaavien tutkimusten tu-
lostien perusteella. Otanta on niin pieni ja hoitojen määrät vähäisiä, ettei voida varmaksi sanoa
minkään tuloksen varmasti kertovan mistään. Pientä suuntaa osoittaa suurimmaksi osin alhaisim-
miksi jääneet hoitoprosentit korkeiden immuunivasteiden eläimillä, mutta varsinkin keskiverron ja
matalan immuunivasteen eläimien välillä ei monesti ollut havaittavissa isoja eroja. Näin pienessä
otannassa yksikin hoitomerkitä ryhmässä muuttaa radikaalisti ryhmän sijoittumista hoitotiedoissa,
joissa oli jo valmiiksi vähän merkintöjä.

Tutkimuksen tekeminen oli kuitenkin mielestäni erittäin mielenkiintoista ja opettavaista. Mielenkiin-
toista olisi myös jatkotutkimuksena tutkia, miten testiryhmän eläimet pärjäävät kestävyudessa, py-
syvätkö korkean immuunivasteen eläimet karjassa pidempään ja mitä lopulta eri eläinten poistojen
syyksi koituu. Myös saman asian tutkiminen isossa mittakaavassa olisi mielenkiintoista. Tällöin voi-
taisiin ottaa monta eri karjaa, joissa kaikissa testattaisiin ryhmä eläimiä. Kun karjoja ja eläimiä olisi
tarpeeksi, voitaisiin vertailla hoitotietoja myös eri lypsykaudella olevien eläinten välillä ja mikäli tut-
kimus kestäisi tarpeeksi kauan, olisi mahdollista saada myös tulokset hoitotiedoista koko eläinten
elinaikana. Nasevan tiedot olivat helppoja käsitellä ja ne oli kerätty valmiiksi eikä vain tätä tutki-
musta varten. Kuitenkin tutkimus, jossa kirjattaisiin luotettavasti hoitojen sijasta tieto lehmien sai-
rasteluista, sairauksien voimakkuudesta ja parantumisesta olisi myös mielenkiintoinen.

Tiedonhankinnassa viitekehysten kirjoittamista varten koin jonkin verran haastavaksi sen, että lyp-
sykarjan jalostuksesta on saatavilla aika rajallisesti täysin objektiivista materiaalia. Monet tiedon-
lähteet tai tutkimukset ovat jonkin kaupallisen tahon ylläpitämiä tai rahoittamia.

LÄHTEET

- Alhainen, Sari 2015. Karjasilmä ja mutu-tieto jalostuksen apuvälineinä. Sari Alhainen.
- Alhainen, Sari 2016. Lupaavia tuloksia immuunivasteen jalostuksessa. Semex Posti. 5-8.
- Alhainen, Sari 2018. Immuunivasteen genomitestaus käynnistyy Suomessa. Semex Posti. 25-26.
- Aro, Johanna, Hilpelä-Lallukka, Ritva, Toivonen, Minna, Niemi, Anne-Mari & Vahlsten, Terhi 2012. Mittaa ja valitse: Lypsykarjanjalostuksella tuloksiin. Opetushallitus 2012.
- Faba 2020a. Terveystarkkailu. Hakupäivä 13.10.2020. <https://faba.fi/karjan-hyvinvointi/terveys/terveystarkkailu2/>.
- Faba 2020b. Terveystarkkailun tulokset 2019. Hakupäivä 13.12.2020. https://faba.fi/wp-content/uploads/2020/07/Yhteenveto_2019.pdf.
- Farmit 2020. Hedelmällisyshäiriöt. Hakupäivä 3.5.2020. <https://www.farmit.net/kotielain/lypsylehma/terveydenhuolto/hedelmallisyshairiot>.
- Heikkilä, Anna-Maija 2006. Kestävä lehmä: Lypsylehmien poiston syyt ja kestävyys taloudellinen merkitys. MTT:n selvityksiä.
- Heikkilä, Anna-Maija, Nousiainen, Jouni & Pyörälä, Satu 2012. Costs of clinical mastitis with special reference to premature culling. Journal of Dairy Science Volume 95 (1) 139-150.
- Heikkilä, Anna-Maija 2016. Taloudellisesti optimaalinen tyhjäkausi. ProAgria Maito-valmennus. Luke. https://www.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/taloudellisesti_optimaalinen_tyhja_kausi_anna_maija_heikkila.pdf.

Juga, Jarmo, Maijala, Kalle, Mäki-Tanila, Asko, Mäntysaari, Esa, Ojala, Matti & Syväjärvi, Jouko 1999. Kotieläinjalostus. Suomen Kotieläinjalostusosuuskunta.

Koivula, Minna, Mäntysaari, Esa. & Strandén, Ismo 2012. SNP-BLUP, G-BLUP ja H-BLUP - johdanto genomisiin arvosteluihin. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote nro 28.

Kurkela, Virpi 2010. Kuka puolustaa utaretta? Hoitaja ja Lehmä! Oamk. http://www.oamk.fi/cdn/fileuploads/virpi_kurkela.kuka_puolustaa_utaretta.pdf.

Lactanet 2020. New Genetic Evaluations Coming in December 2020. Hakupäivä 6.12.2020. <https://www.cdn.ca/document.php?id=544>.

Lumio, Jukka 2019. Elimistön vastustuskyky (immuniteetti). Lääkärikirja Duodecim. Hakupäivä 16.12.2020.

Luukkonen, Hanna-Mari & Taponen, Juhani 2014. Poikimisen jälkeiset kohtutulehdukset naudalla – kirjallisuuskatsaus. Suomen Eläinlääkärilehti 120. 143.

NAV 2020a. Käyttöominaisuudet. Hakupäivä 12.11.2020. <https://www.nordicebv.info/fi/kayttoominaisuudet/>.

NAV 2020b. Routine genetic evaluation of Dairy Cattle – data and genetic models. Hakupäivä 15.12.2020. https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2020/12/NAV-routine-genetic-evaluation_CORRECmetabolic-efficiency-01102020.pdf.

Nokka, Sanna 2020. Lypsykarjan tuotosseurannan tulokset 2019. Maidontuotannon tuloseminaari 2020. ProAgria. https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/lypsykarjan_tuotosseurannan_tulokset_2019_sannanokka.pdf.

Pyörälä, Satu 2016. Harvinaiset utaretulehduksenaiheuttajat. Helsingin Yliopisto, eläinlääketieteellinen tiedekunta. <https://docplayer.fi/20120976-Harvinaiset-utaretulehduksen-aiheuttajat.html>.

Rautala, Helena 1996. Tavoitteena terve karja. Suomen kotieläinjalostusosuuskunta.

Ruokavirasto 2020. Eläintaudit Suomessa 2019. Ruokaviraston julkaisuja 3/2020.
https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/julkaisusariat/julkaisuja/elaimet/elaintaudit_suomessa_2019.pdf.

Taponen, Suvi, Vakkamäki, Johanna, Heikkilä, Anna-Maija & Pyörälä Satu 2017. Stafylokokki aiheuttaa eniten utaretulehduksia. Maito ja Me 29 (2), 24-25.

Thompson- Crispi, Kathleen A., Sewalem, Asheber, Miglior, Filippo & Mallard, Bonnie A. 2012. Genetic parameters of adaptive immune response traits in Canadian Holsteins. Journal of Dairy Science 95 (1), 401–409.

Thompson-Crispi, Kathleen A., Miglior, Filippo & Mallard, Bonnie A. 2012. Incidence Rates of Clinical Mastitis among Canadian Holsteins Classified as High, Average, or Low Immune Responders. Clinical and Vaccine Immunology 20 (1).

Thompson-Crispi, Kathleen A., Hine, Brad, Quinton, Margaret, Miglior, Filippo & Mallard, Bonnie A. 2012. Short communication: Association of disease incidence and adaptive immune response in Holstein dairy cows. Journal of Dairy Science 95 (7), 3888-3893.

Thompson-Crispi, Kathleen A., Sargolzaei, Mehdi, Ventura, Ricardo, Abo-Ismael, Mohammed, Miglior, Filippo, Schenkel, Flavio & Mallard Bonnie A. 2014. A genome-wide association study of immune response traits in Canadian Holstein cattle. BMC Genomics 15 (1). 559.

Uribe, Hector, Kennedy, B. W., Martin, S. W., & Kelton, David 1995. Genetic parameters for common health disorders of holstein cows. Journal of dairy science 78 (2) 421-430.

Wagter, Lauraine C., Mallard, Bonnie A., Wilkie, Bruce, Leslie, Ken, Boettcher, Paul & Dekkers, Jack C.M. 2000. A Quantitative Approach to Classifying Holstein Cows Based on Antibody Responsiveness and Its Relationship to Peripartum Mastitis Occurrence. Journal of Dairy Science 83 (3), 488-498.