

RUOKINNAN VAIKUTUS HEVOSEN LISÄÄNTYMISEEN

Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma 2013

Saara Lindqvist

Helsingin yliopisto
Eläinlääketieteellinen tiedekunta
Kliinisen tuotantoeläinlääketieteen osasto
Kotieläinten lisääntymistiede

Tiedekunta - Fakultet – Faculty		Osasto - Avdelning – Department	
Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Kliinisen tuotantoeläinlääketieteen osasto	
Tekijä- Författare – Author			
Saara Lindqvist			
Työn nimi - Arbetets titel – Title			
Ruokinnan vaikutus hevosen lisääntymiseen			
Oppiaine - Läroämne – Subject			
Kotieläinten lisääntymistiede			
Työn laji - Arbetets art – Level		Aika - Datum – Month and year	
Kirjallisuuskatsaus		05/2013	
		Sivumäärä - Sidoantal – Number of pages	
		52	
Tiivistelmä - Referat – Abstract			
<p>Tämä eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma on kirjallisuuskatsaus ruokinnan vaikutuksesta hevosen lisääntymiseen. Tutkielman tarkoituksena on tarkastella tutkimustiedon valossa ravinnon laadun ja eri ravintoaineiden vaikutuksia hevosen lisääntymiseen liittyvään fysiologiaan. Tutkielman aihepiiriin oli tarpeellista perehtyä, koska ruokinta on tärkeä osa siitoskäytössä olevien hevosten hyvinvointia ja sairauksien ennaltaehkäisyä ja se vaikuttaa sekä hevosten kestävytyteen jalostuskäytössä että lisääntymisen tehokkuuteen. Tutkielmassa esille tulleita asioita voi hyödyntää käytännössä jalostushevosten ruokinnan suunnittelussa. Tutkielman alkuun on koottu tiiviisti kirjallisuudesta löydetyt ruokintasuositukset siitostammalle ja jalostusoriille. Seuraavissa kappaleissa perehdytään ensin ruokinnan vaikutukseen oriin lisääntymiseen ja tämän jälkeen tamman lisääntymiseen vaikuttaviin ruokinnallisiin asioihin.</p> <p>Ruokinnalla on tutkimusten mukaan vaikutuksia oriin sukupuoliviettiin ja siemennesteen ominaisuuksiin. Eniten tutkimuksia on tehty ruokinnan vaikutuksesta oriin siemennesteen laatuun ja säilyvyyteen. Tärkeimmät siemennesteen laatuun ja kylmän kestävytyteen vaikuttavat ravintoaineet ovat monitydyttymättömät rasvahapot ja erilaiset hapettumisenestoaineet eli antioksidantit. Tässä kirjallisuuskatsauksessa kuvatuissa tutkimuksissa monitydyttymättömien omega-3-rasvahappojen syöttäminen sai aikaan kasvua siittiömäärässä siemensyöksyä kohden, laskua epänormaaleiden ja kuolleiden siittiöiden osuuksissa sekä nousua siittiöiden liikkuvuusominaisuuksissa etenkin 48 tunnin kylmäsäilytyksen jälkeen. Lisäksi tutkimuksissa todettiin merkittävimmät parannukset sellaisilla oriilla, joiden siemennesteen laatu ja kylmän kestävyys oli alun perin heikkolaatuisempi kuin muilla oriilla. Tällaiset oriit todennäköisesti saivat parhaan hyödyn monitydyttymättömien omega-3-rasvahappojen syöttämisestä ravintolisänä. Hyvän siemennesteen laadun ja säilyvyyden omaaville oriille ei edellä mainittujen ravintolisien syöttäminen todennäköisesti ole tarpeellista.</p> <p>Sopivan energian saannin ja sopivan kuntoluokan säilyttäminen ovat tärkeimmät asiat siitostamman ruokinnassa, koska nämä vaikuttavat eniten lisääntymisen onnistumiseen ja tehokkuuteen. Tämän vuoksi tamman energian saanti on saanut eniten huomiota tutkijoilta, ja tutkimuksen kohteina ovat olleet lihominen ja laihtuminen, maidon määrä ja laatu sekä tamman hedelmällisyys varsomisen jälkeen. Sopivassa tai korkeassa kuntoluokassa olevat tammät tiinehtyvät todennäköisemmin kuin laihat tammät. Tamman lihominen tai laihtuminen tiineyden aikana, tamman paino varsomisen aikaan tai tamman lihavuus tai laihuus vaikuttaa vain vähän varsan syntymäpainoon ja synnytyksen onnistumiseen. Tamman tuottaman maidon määrä voi laskea liikalihavilla, laihtuvilla ja hyvin laihoilla tammoilla. Tamman ravintoaineiden saanti näyttää vaikuttavan hyvin vähän maidon koostumukseen, vaan maidon laatuun vaikuttaa eniten tamman kuntoluokka.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Hevonen, lisääntyminen, ruokinta			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Viikin kampuskirjasto			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) – Instruktor och ledare – Director and Supervisor(s)			
Terttu Katila			

Sisällysluettelo

1 RUOKINTASUOSITUKSET ORIILLE JA TAMMALLE	1
1.1 Energia	1
1.2 Proteiini.....	1
1.3 Mineraalit.....	2
1.4 Ravintoainetaulukot	3
2 RUOKINNAN VAIKUTUS ORIIN LISÄÄNTYMISEEN	4
2.1 Energian saanti.....	4
2.2 Monitydyttymättömät rasvahapot	6
2.2.1 Siemennesteen rasvat	6
2.2.2 Siemennesteen laatu	7
2.3 Antioksidantit ja vitamiinit	12
2.3.1 Vapaat happiradikaalit	12
2.3.2 Siemennesteen laatu	13
2.4 Proteiini.....	17
2.5 Mineraalit ja hivenaineet	18
2.6 Johtopäätökset.....	19
3 RUOKINNAN VAIKUTUS TAMMAN LISÄÄNTYMISEEN.....	22
3.1 Energian saanti ja kuntoluokka.....	22
3.1.1 Kiimakierto	22
3.1.2 Tiineys.....	25
3.1.3 Lihavuus ja laihuus	26
3.1.4 Maidon määrä ja koostumus	29
3.1.5 Ruokinnan toteutuksesta	32
3.2 Proteiini.....	34
3.3 Mineraalit.....	35
3.4 Hivenaineet	36
3.5 Vitamiinit	39
3.6 Erityistapauksia.....	42
3.7 Johtopäätökset.....	44
4 KIRJALLISUUSLUETTELO	46

1 RUOKINTASUOSITUKSET ORIILLE JA TAMMALLE

Tämän liseniaatin tutkielman tarkoituksena on esittää kirjallisuuskatsaus ja tarkastella tutkimustiedon valossa eri ravintoaineiden vaikutuksia hevosen lisääntymiseen liittyvään fysiologiaan. Tässä kappaleessa on lyhyesti tiivistetty kirjallisuuskatsauksessa selville saadut ruokintasuositukset oriille ja tammalle helposti luettaviksi kaavojen ja taulukoiden muodossa. Kaavat on esitetty uudelleen varsinaisessa tekstissä mahdollisesti laajemmin perusteltuina kunkin aihepiirin kohdalla. Näiden ruokintasuositusten avulla on mahdollista määrittää päivittäinen energian ja proteiinin tarve sekä tärkeimpien mineraalien, vitamiinien ja hivenaineiden tarve jalostusoriille ja siitostammalle.

1.1 Energia

Aikuisen oriin sulavan energian (digestible energy, DE, yksikössä megakaloria (Mcal) per päivä) tarve oriille siitoskauden ulkopuolella voidaan laskea kaavasta:

$$DE \text{ (Mcal/pvä)} = 0,0363 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Aikuisen oriin sulavan energian (digestible energy, DE) tarve siitoskaudella voidaan laskea seuraavasti:

$$DE \text{ (Mcal/pvä)} = 0,0363 \times \text{oriin paino (kg)} \times 1,2$$

Sulavan energian määrän tarve tiineelle tammalle tiineyden ensimmäisten kahdeksan kuukauden ajan vastaa aikuisen hevosen ylläpitotarvetta. Ylläpitotarve voidaan laskea kaavasta:

$$DE \text{ (Mcal/pvä)} = 1,4 + 0,03 \times \text{tamman paino (kg)}$$

Sulavan energian tarve tiineyskuukausina 9,10 ja 11 ovat järjestyksessä 1,11, 1,13 ja 1,20 kertaa ylläpitotarve.

1.2 Proteiini

Raakaproteiinin (crude protein, CP) tarve aikuiselle oriille voidaan laskea kaavasta:

$$CP \text{ (g/pvä)} = 1,44 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Lysiinin tarve saadaan laskettua raakaproteiinin tarpeen avulla:

$$\text{Lysiini (g/pvä)} = CP \text{ (g)} \times 0,043$$

Proteiinin ylläpitotarve tammalle ja tarve tiineyden alkuvaiheessa:

$$CP \text{ (g/ päivä)} = 40 \times \text{Mcal sulavaa energiaa}$$

Proteiinin tarve tamman tiineyden loppuvaiheessa:

$$CP \text{ (g/pvä)} = 44 \times \text{Mcal sulavaa energiaa}$$

1.3 Mineraalit

Oriin kalsiumin tarve siitoskauden ulkopuolella:

$$Ca \text{ (g/pvä)} = 0,04 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Oriin kalsiumin tarve siitoskaudella:

$$Ca \text{ (g/pvä)} = 0,06 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Tamman kalsiumin ylläpitotarve:

$$Ca \text{ (g/pvä)} = 0,04 \times \text{tamman paino (kg)}$$

Tamman kalsiumin tarve tiineyden aikana:

$$Ca \text{ (g/pvä)} = 1,90 \times \text{Mcal sulavaa energiaa (DE)}$$

Tamman kalsiumin tarve imetyksen alkuvaiheessa:

$$Ca \text{ (g/pvä)} = Ca \text{ ylläpitotarve} + (0,03 \times \text{tamman paino (kg)} \times 1,2 / 0,5)$$

Tamman kalsiumin tarve imetyksen loppuvaiheessa:

$$Ca \text{ (g/pvä)} = Ca \text{ ylläpitotarve} + (0,02 \times \text{tamman paino (kg)} \times 1,2 / 0,5)$$

Oriin fosforin tarve siitoskauden ulkopuolella:

$$P \text{ (g/pvä)} = 0,028 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Oriin fosforin tarve siitoskaudella:

$$P \text{ (g/pvä)} = 0,036 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Tamman fosforin tarve:

Tiineen ja imettävän tamman ruokavalion tulisi sisältää vähintään 0,3 % ja muulloin vähintään 0,15 % fosforia.

1.4 Ravintoainetaulukot

Taulukko 1. NRC:n (2007) laatimat päivittäiset ravinnevaatimukset eri painoisille oriille. NB (non breeding season= siitoskauden ulkopuolella, B (breeding season) = siitoskaudella, DE (digestible energy) = sulava energia, Mcal = megakaloria g = grammaa, mg= milligrammaa, IU (international units) = kansainvälistä yksikköä.

Ravintoaine	Oriin paino (kg)									
	200 NB	200 B	400 NB	400 B	500 NB	500 B	600 NB	600 B	900 NB	900 B
DE (Mcal)	7,3	8,7	14,5	17,4	18,2	21,8	21,8	26,1	32,7	39,2
Raakaproteiini (g)	288	316	576	631	720	789	864	947	1296	1421
Lysiini (g)	12,4	13,6	24,8	27,1	31	33,9	37,2	40,7	55,7	61,1
Kalsium (g)	8	12	16	24	20	30	24	36	36	54
Fosfori (g)	5,6	7,2	11,2	14,4	14	18	16,8	21,6	25,2	32,4
Magnesium (g)	3	3,8	6	7,6	7,5	9,5	9	11,4	13,5	17,1
Kalium (g)	10	11,4	20	22,8	25	28,5	30	34,2	45	51,3
Natrium (g)	4	5,6	8	11	10	13,9	12	16,7	18	25
Kloori (g)	16	18,7	32	37,3	40	46,6	48	56	72	83,9
Rikki (g)	6	6	12	12	15	15	18	18	27	27
Kupari (mg)	40	40	80	80	100	100	120	120	180	180
Jodi (mg)	1,4	1,4	2,8	2,8	3,5	3,5	4,2	4,2	6,3	6,3
Rauta (mg)	160	160	320	320	400	400	480	480	720	720
Mangaani (mg)	160	160	320	320	400	400	480	480	720	720
Seleen (mg)	0,4	0,4	0,8	0,8	1	1	1,2	1,2	1,8	1,8
Sinkki (mg)	160	160	320	320	400	400	480	480	720	720
A-vitamiini (IU)	6000	9000	12000	18000	22 500	25000	18000	27000	27000	40500
D-vitamiini (IU)	1320	1320	2640	2640	3300	3300	3960	3960	5940	5940
E-vitamiini (IU)	200	320	400	640	500	800	600	960	900	1440
Tiamiini (mg)	12	12	24	24	30	30	36	36	54	54
B2-vitamiini	8	8	16	16	20	20	24	24	36	36

Taulukko 2. NRC:n (1989) arvioimat päivittäiset ravintoainetarpeet aikuiselle tammalle (545 kg).

	Tyhjä	Täineyskuukausia			Imetys	
		9	10	11	Alku	Loppu
Energia (Mcal)	17,8	19,8	20,1	21,4	30,7	26,4
Proteiini (g)	712	871	884	942	1555	1235
Kalsium (g)	22	37	38	40	61	48
Fosfori (g)	15	28	29	31	39	24
Kupari (mg)	90	100	105	110	120	100
Sinkki (mg)	360	400	420	440	480	400
Jodi (mg)	0,9	0,9	1	1	1,3	1,1
Seleen (mg)	0,9	0,9	1	1	1,3	1,1
A-vitamiini (1000 IU)	16,5	33	33	33	33	33
E-vitamiini (IU)	450	900	900	900	900	900
Heinä (kg)*	9,4	7,5	7,5	7,5	7	7,5
Vilja (kg)†	-	1,8	1,9	2,4	5,8	4

2 RUOKINNAN VAIKUTUS ORIIN LISÄÄNTYMISEEN

Oriin ravitsemusvaatimuksista ja ruokinnan vaikutuksesta oriin lisääntymiseen on tehty verrattain vähän tutkimuksia siihen nähden, että jalostusoriit ovat usein arvokkaita eläimiä¹. Monissa oppikirjoissa hevosten kasvatuksesta tai ruokinnasta on kirjoitettu oriin ruokinnasta vain vähän ja yleisin suositus on, että jalostusoriin ei tule olla liian laiha eikä liian lihava¹. Ruokinnalla on kuitenkin tutkimusten mukaan vaikutuksia oriin sukupuoliviettiin eli libidoon ja siemennesteen eli sperman ominaisuuksiin sekä välillisiä vaikutuksia oriin kestävyteen jalostuskäytössä esimerkiksi sairauksien ehkäisyssä. Eniten tutkimuksia on tehty ruokinnan vaikutuksesta oriin siemennesteen laatuun. Siemennesteestä tutkittavia ominaisuuksia oriilla hedelmällisyyden arvioimiseksi ovat siemennesteen määrä eli volyyymi, siemennesteen siittiöitiheys eli konsentraatio, siittiöiden määrä ejakulaatissa eli siemensyöksyssä, progressiivisesti liikkuvien (etenevien) siittiöiden osuus, siittiöiden rakenne eli morfologia sekä siemennesteen pH¹.

2.1 Energian saanti

Oriin energiansaannin säätely ja sopivan kuntoluokan säilyttäminen ovat tärkeimmät asiat oriin ruokinnassa². Kuntoluokka on subjektiivinen arviointimenetelmä elimistön rasvapitoisuuden ja ihonalaisen rasvakerroksen paksuuden ja näin ollen energiatasapainon määrittämiseksi. Nykyään monet oriit pääsevät lihomään ylipainoisiksi, mistä voi seurata suurempia epäedullisia vaikutuksia oriin käyttöön, kestävyteen, sukupuoliviettiin sekä muihin ominaisuuksiin kuin yhdestäkään ravintoainepuutoksesta². Ylipainoisilla oriilla ei ole todettu parempaa suoritusta siemennesteen keräystilanteessa, parempaa libidoa tai parempia siemennesteen ominaisuuksia kuin normaalipainoisilla oriilla, kun taas on viitteitä siitä, että ylipainoiset oriit ovat alttiimpia ähkyille, kaviokuumeelle, käytösongelmille sekä vähentyneelle kestävyydelle jalostuskäytössä². Krooninen kaviokuume ja ontuminen voivat laskea oriin libidoa, ja akuutti kaviokuume voi pahimmassa tapauksessa lopettaa oriin uran jalostusoriina¹. Nämä välillisesti ylipainon seurauksena lisääntymiseen epäedullisesti vaikuttavat sairaudet ja ongelmat tulisi pitää kurissa pitämällä ori sopivassa kuntoluokassa oikealla ruokinnan ja liikunnan suhteella. Oriin kuntoluokan seuraaminen on tärkeimmässä asemassa, koska energiatarve vaihtelee yksilöittäin muun

muassa metabolian, temperamentin ja ympäristön vaikutuksen vuoksi¹. Tarvittaessa voidaan käyttää vaakaa tai painomittanauhaa painon seurannassa¹. Esimerkiksi rotilla³ siittiöntuotannon on todettu vähentyvän suuren ylipainon seurauksena¹.

Alipainon tai aliravitsemuksen vaikutuksesta oriin lisääntymiseen liittyviin ominaisuuksiin ei ole tehty tutkimuksia. Yleisesti on kuitenkin oletettu, että aliravitun laihan orin sukupuolivietti kärsii eikä sillä ole normaalia kiinnostusta tammoja kohtaan¹. Aliravitseminen on kuitenkin nykyään hevosilla pienempi huolenaihe kuin lihavuus ja sen aiheuttamat ongelmat¹. Joidenkin orien ruokahalu voi laskea astutuskaudella, mistä voi seurata painonlaskua⁴. Painon laskun ehkäisemiseksi orille tarjottavan ravinnon on oltava hyvälaatuista, hyvin maistavaa sekä energiapitoista, ja oriin päästäminen ruoholaitumelle vähintään muutamiksi tunneiksi voi auttaa⁴.

NRC (National Research Council) on määrittänyt oriin tarpeet eri ravintoaineille. Tärkein asia määritettäessä oriin ravinnon ja eri ravinteiden tarvetta on määrittää oriin energiantarve². Aikuisen oriin sulavan energian (digestible energy, DE) tarpeen ajatellaan olevan hieman suurempi kuin aikuisen hevosen normaali ylläpitotarve ja se voidaan laskea oriille siitoskauden ulkopuolella seuraavasta kaavasta²:

$$DE \text{ (Mcal/pvä)} = 0,0363 \times \text{paino (kg)}$$

Orikohtaiset yksilölliset vaihtelut aktiivisuudessa ja esimerkiksi ikä ja oriin ympäristön lämpötila vaikuttavat siihen, onko energian määrää lisättävä tai vähennettävä suhteessa saatuun tulokseen, jotta oriin paino pysyy ihanteellisena². On arvioitu, että oriin energiantarve kasvaa noin 20 % astutuskaudella verrattuna aikaan astutuskauden ulkopuolella². Oriin energiantarve siitoskaudella voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

$$DE \text{ (Mcal/pvä)} = 0,0363 \times \text{paino (kg)} \times 1,2$$

Oriin tarvitsema energian määrä vastaa kevyessä liikutuksessa olevan hevosen energiantarvetta. Kuten astutuskauden ulkopuolellakin, oriin energian saanti tulee säätää niin, että ori pysyy sopivassa kuntoluokassa².

Aikuiset oriit voisivat täyttää niiden energiantarpeen syömällä ainoastaan karkearehua². Aikuinen hevonen voi käyttää vähintään 2 % ja enintään 3,5 % elopainostaan päivässä karkearehun kuiva-ainetta (dry matter, DM). Tämä tarkoittaa sitä, että aikuinen 600 kg painava ori voi käyttää noin 12–21 kg karkearehun kuiva-ainetta päivässä. Oriin tulisi saada karkearehua vähintään 1,5 % painoan vastaava määrä joka päivä. Karkearehun

runsas käyttäminen orien ruokinnassa ehkäisee monia oriille tyypillisiä ongelmia, kuten ähkyjä, mahahaavoja ja huonoa tallikäyttäytymistä. Oriin saama energia jaetaan tyypillisemmin karkearehun ja väkirehun kesken kuin käytetään pelkästään karkearehuun pohjautuvaa ruokavaliota. Tämä usein johtuu siitä, että hevosenomistajat epäilevät oriin kykyä käyttää karkearehua hyödyksi, tai koska väkirehua käytetään monesti ravintoaineiden, kuten proteiinin vitamiinin ja mineraalien välittäjänä. Väkirehujen lisäksi rasvoja syötetään oriille ravitsemuksellisten syiden lisäksi myös muista syistä, jotka tähtäävät lähinnä oriin ulkomuodon parantamiseen. Tehokkain ja turvallisin tapa ruokkia oria on siis maksimoida karkearehun käyttö ja syöttää vain sen verran väkirehua, mikä vaaditaan oriin pitämiseen hyvässä kunnossa. Lisäksi oriin painonhallinta on helpompaa karkearehuun pohjautuvalla ruokavaliolla, koska karkearehut sisältävät yleensä vähemmän energiaa kuin tiivisteet².

2.2 Monityydyttymättömät rasvahapot

2.2.1 Siemennesteen rasvat

Siemennesteen rasvoilla eli lipideillä on tärkeä rooli siittiöiden liikkuvuusominaisuuksien, kylmäherkkyyden ja hedelmöittämiskyvyn osa-alueilla⁵. Oriin siemennestettä on mahdollista siirtää keinosiemennystä varten, kun se jäähdytetään matkan ajaksi. Siittiöt säilyvät paremmin kylmässä kuin lämpimässä, mutta kylmäsäilytys aiheuttaa myös ongelmia. On yleisesti hyväksytty, että jäähdytetty ja kylmäsäilytetty siemenneste hedelmöittää naaraan huonommin kuin tuore siemenneste⁶. Tämä ero johtuu sekä siemennesteen sulattamisen jälkeisestä siittiöiden elinkykyisyyden vähenemisestä että eloonjääneiden siittiöiden toimintahäiriöistä⁶. Siemennesteen pakastuksessa on monia vaiheita, jotka voivat vaurioittaa siittiöitä kuten jäähdytys, kylmäsuoja-aineiden lisäys sekä jääkiteiden muodostuminen ja sulaminen⁶. Eri eläinlajien kyky vastustaa kylmästä aiheutuvia soluvaurioita näyttää liittyvän siittiöiden solukalvojen erilaiseen rasvahappokoostumukseen⁵.

Kaikkien kotieläinten siemenneste ja siittiöiden solukalvot sisältävät korkean pitoisuuden monityydyttymättömiä rasvahappoja, erityisesti DHA:ta eli dokosaheksaenihappoa, joka on omega-3-rasvahappo ja DPA:ta eli dokosapentaenihappoa, joka on omega-6-rasvahappo⁵. Pitkäketjuisten monityydyttymättömien rasvahappojen esiintyminen oriin solukalvoilla on enemmän

samankaltaista karjulla kuin sonnilla tai kukolla⁵. Sonnin ja kukon siemenneste on hyvin kylmää kestävä ja jäätyy hyvin, kun taas oriin ja karjun siemenneste sietää huonosti kylmää ja jäätyy yleisesti ottaen huonosti⁵. Suurin ero sonnin siittiöissä suhteessa oriin ja karjun siittiöihin on solukalvojen erilainen osuus 22:6 ja 22:5 –rasvahappoja⁵. Sonnin siittiöissä on korkeammat tasot 22:6 –rasvahappoja kun taas oriilla ja karjulla 22:5 –rasvahapot ovat vallitsevia⁵. Tärkein 22:6 –monityydyttymätön rasvahappo siemennesteessä on DHA ja tärkein 22:5 –monityydyttymätön rasvahappo on DPA ja pääosa näistä rasvahapoista sisältyy siittiöiden solukalvoihin⁵. Karjulla tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että korkeat DHA ja DPA –pitoisuudet siemennesteessä johtavat parantuneeseen hedelmällisyyteen, kun taas korkea pitoisuus DPA:ta suhteessa DHA:n johtaa hedelmällisyyden laskuun⁵. Omega-3-rasvahappojen, erityisesti DHA:n, vähäisyyden siittiösolujen solukalvoissa on osoitettu olevan huonontuneen hedelmällisyyden merkki ihmisellä⁷.

Nisäkkäät eivät kykene valmistamaan elimistössään monityydyttymättömiä rasvahappoja ja tämän vuoksi eläimen on saatava niitä ravinnosta⁵. Ravinnosta saatujen monityydyttymättömien rasvahappojen kulkeutuminen siemennesteeseen on osoitettu tehokkaaksi useilla lajeilla kuten ihmisellä⁸ ja siipikarjalla⁹ sekä sialla ja lampaalla⁵. Hevosten kaupalliset rehut sisältävät usein runsaasti omega-6-rasvahappojen ja vähän omega-3-rasvahappojen lähteitä⁵.

2.2.2 Siemennesteen laatu

Brinsko ym. (2005) tutkivat DHA-rikkaan ravintolisän syöttämisen vaikutuksia siitosoriiden tuoreen, jäädytetyn sekä pakastuksen jälkeen sulatetun siemennesteen laatuun. Tutkimuksessa oli mukana kahdeksan oria, jotka jaettiin kahteen yhtä suureen ryhmään. Kokeen ensimmäisessä vaiheessa kontrolliryhmälle syötettiin perusravintoa ja testiryhmälle perusravinnon lisäksi päivittäin (250 g) DHA:ta sisältävää lisäravinnetta 14 viikon ajan, minkä jälkeen pidettiin 14 viikon tauko lisäravinteen syöttämisestä. Kokeen toisessa vaiheessa ryhmät vaihtoivat osia siten, että testiryhmästä tuli kontrolliryhmä ja kontrolliryhmästä testiryhmä. DHA:ta sisältävää lisäravinnetta syötettiin testiryhmän oriille 14 viikon ajan.

Brinsko ym. (2005) totesivat DHA-rikkaan ravintolisän syöttämisen johtaneen DHA-pitoisuuden nousuun kolminkertaiseksi sekä 50 % kasvuun DHA:n ja DPA:n

pitoisuuksien suhteessa orien siemennesteessä. Tuoreen sperman siittiöiden liikkuvuusominaisuudet eivät muuttuneet kokeen aikana. Vuorokauden jäähdetyttynä säilytetyn siemennesteen kokonaisliikkuvuus ja progressiivinen liikkuvuus eivät vaihdelleet ryhmien välillä, mutta DHA:ta sisältävää ravintolisää syöneiden orien siittiöt liikkuivat suuremmalla nopeudella ja suuremmin eteenpäin, kuin perusravinnolla olleiden orien siittiöt. Kaksi vuorokautta jäähdetyttynä säilytetyssä siemennesteessä huomattiin prosenttiosuuksien nousua kokonaisliikkuvuudessa, suhteellisessa liikkuvuudessa sekä nopeasti liikkuvien siittiöiden osuudessa oriilla, jotka olivat saaneet DHA:ta sisältävää ravintolisää. Neljällä oriilla siittiöiden progressiivinen liikkuvuus oli alle 40 % vuorokauden jäähdetyttynä säilyttämisen jälkeen, kun ne söivät pelkkää perusravintoa. Näiden orien siittiöiden keskimääräinen progressiivinen liikkuvuus nousi vuorokauden ja kahden vuorokauden kohdalla silloin, kun ne söivät DHA:ta sisältävää ravintolisää. Brinsko ym. (2005) mukaan näyttää siltä, että DHA:ta sisältävän ravintolisän syöttäminen saattaa parantaa siittiöiden liikkuvuusominaisuuksia jäähdetyttynä säilyttämisen jälkeen erityisesti yksilöillä, joiden siittiöt eivät kestä jäähdetytystä ja säilytystä.

Kasviöljyt kuten maissi- ja soijaöljyt sisältävät korkeita pitoisuuksia linolihappoa, joka on omega-6-rasvahappo: näin ollen useimmat hevosille patentoidut rehut sisältävät paljon linolihappoa, joka on DPA:n esiaste⁵. Koska korkeat omega-6-rasvahappopitoisuudet suhteessa omega-3-rasvahappoihin on yhdistetty siemennesteen laadun ja hedelmällisyyden alenemiseen, tavanomaisella hevosten ruokavaliolla voi olla kielteistä vaikutusta joidenkin orien siemennesteen laatuun ja sen kykyyn kestää jäähdetytystä ja pakastamista⁵. Oriin ravinnon täydentäminen omega-3-rasvahappojen lähteitä sisältävillä lisäravinteilla, kuten kalanmaksa- tai pellavansiemenöljyllä, voi nostaa omega-3-rasvahappojen kokonaismäärää oriin siemennesteessä, mutta se ei välttämättä johda toivottuun siemennesteen laadun parantumiseen⁵.

Eräässä tutkimuksessa, jossa sikojen ruokavaliota täydennettiin kalanmaksaöljyllä, ei todettu siemennesteen pakastumisominaisuuksien parantumista, mutta toisessa tutkimuksessa, jossa siat saivat DHA:ta ja antioksidanteja eli hapettumisen estoaineita samaan aikaan, tapahtui merkittävä parannus sikojen siemennesteen laadussa ja hedelmällisyydessä verrattuna kontrolliryhmään. DHA:ta ja antioksidanteja saaneiden sikojen siemennesteen DHA:n ja DPA:n välinen suhde, siemennesteen kokonaismäärä,

siittiönesteen siittiöpitoisuus, liikkuvien siittiöiden, rakenteellisesti normaalien sekä elävien siittiöiden osuus kasvoi⁵. Brinsko ym. (2005) eivät omassa tutkimuksessaan havainneet yhtä paljon parannuksia orien siemennesteessä kuin sioilla tehdyssä tutkimuksessa, mutta he kuitenkin totesivat merkittävän parannuksen jäädytettyjen siittiöiden liikkuvuusominaisuuksissa.

Brinskon ym. (2005) mukaan heidän tutkimuksessaan mukana olleet oriit söivät perusravintona tyypillistä hevosille suunnattua rehua, joka sisältää maissi- ja soijaöljyä, jotka sisältävät DPA:n esiasteita. Vaikka heidän tutkimuksessaan DHA-taso siemennesteessä nousi ravintolisän syöttämisen aikana, DPA-taso ei laskenut, vaan DPA-taso pysyi aina korkeampana kuin DHA-taso. Brinskon ym. (2005) mukaan on mahdollista, että pellavansiemenöljyn tai muiden rasvojen, jotka suosivat DHA:n muodostumista, syöttäminen hevosten perusravinnon lisänä voi johtaa huomattavampiin parannuksiin siemennesteen laadussa, kuin mitä he tutkimuksessaan totesivat.

Kiinnostavin havainto, jonka Brinsko ym. (2005) tekivät tutkimustuloksistaan, oli DHA-pitoisen lisäravinteen syöttämisen vaikutus jäädytettyyn siemennesteeseen. Keskimääräinen siittiöiden kokonais- ja progressiivinen liikkuvuus parantui 48 tunnin jäädyttämisen jälkeen oriilla, jotka söivät ravintolisää, mutta muutos ei ollut näkyvä vielä 24 tunnin jälkeen. Kuitenkin niillä neljällä oriilla, joilla alun perin oli siittiöiden progressiivinen liikkuvuus alle 40 % 24 tunnin kylmänä säilyttämisen jälkeen, tapahtui huomattava parannus progressiivisesti etenevien siittiöiden osuudessa sekä 24 että 48 tunnin kylmänä säilyttämisen jälkeen niiden syödessä DHA-pitoista ravintolisää. Toinen merkittävä havainto, jonka Brinsko ym. (2005) tekivät, oli että orien siemennesteen siittiöpitoisuus lähes kaksinkertaistui niiden syödessä DHA-pitoista ravintolisää verrattuna siihen, kun ne söivät pelkkää perusravintoa. Brinskon ym. (2005) mukaan on mahdollista, että heidän havaitsemaansa orien siemennesteen laadun paranemiseen jäädytyksen ja säilytyksen jälkeen on voinut ainakin osittain vaikuttaa siittiöiden vähentynyt altistuminen seminaaliplasmalle käsittelyn aikana.

Brinsko ym. (2005) päätyivät tutkimuksessa saamiensa tuloksien pohjalta siihen, että hyvän hedelmällisyyden ja suhteellisen hyvin kylmää kestävän siemennesteen omaaville oriille DHA-pitoisen ravintolisän syöttäminen ei näyttäisi olevan perusteltua. Sen sijaan välttävän hedelmällisyyden tai huonosti jäädytystä ja pakastamista kestävän

siemennesteen omaavat oriit saattavat hyötyä DHA-pitoisesta ravintolisästä, koska se voi parantaa niiden siemennesteen laatua riittävästi tehdäkseen näiden orien siemennesteen jäähtymisestä ja pakastuksesta kannattavaa ⁵.

Harris ym. (2005) määrittivät tutkimuksessaan rasvahappopitoisen ravintolisän syöttämisen vaikutuksia orien siittiöihin ja siemennesteeseen 90 päivää kestäneen kokeen aikana. Kokeessa oli mukana kuusi oria, jotka jaettiin kahteen kolmen oriin ryhmään, testiryhmään ja kontrolliryhmään. Testiryhmä söi kokeen aikana perusravinnon lisäksi 29,1 g pitkäketjuisia monitydyttymättömiä omega-3-rasvahappoja päivässä kontrolliryhmän syödessä perusravintoa. Oriiden siemennesteen ominaisuudet määritettiin sekä lyhyen että pitkän säilytysajan jälkeen ennen kokeen alkua ja kokeen jälkeen. Rasvahappopitoista ravintolisää syöneiden testiryhmän orien päivittäinen siittiöidentuotanto nousi 46 %, kun taas kontrolliryhmän oriilla ei todettu muutoksia siittiöntuotannossa 90 päivän jälkeen¹⁰. Harris ym. (2005) eivät havainneet ryhmien välillä eroa progressiivisesti etenevien siittiöiden osuuksissa ennen siemennesteen säilyttämistä tai kylmäsäilytyksen jälkeen. Yhdellä ravintolisää syöneellä oriilla oli matalin progressiivisesti liikkuvien siittiöiden osuus (< 40 %) 48 tunnin kylmäsäilytyksen jälkeen. Kyseisen oriin siemennesteessä huomattiin suurin nousu säilytyksen jälkeisessä progressiivisesti liikkuvien siittiöiden osuudessa (65 %). Brinsko ym. (2005) totesivat saman ilmiön vastaavankaltaisessa tutkimuksessa.

Harris ym. (2005) totesivat omassa tutkimuksessaan, että ravintolisää syöneiden oriiden rakenteellisesti normaalien siittiöiden osuus oli korkeampi kuin pelkkää perusravintoa syöneillä oriilla. Testiryhmän oriilla, jolla oli matalin progressiivisesti etenevien siittiöiden osuus, oli myös matalin rakenteellisesti normaalien siittiöiden osuus siemennesteen säilyttämisen jälkeen. Tällä oriilla tapahtui merkittävin parannus (25,5 %) myös rakenteellisesti normaaleiden siittiöiden osuudessa. Vastaavia tuloksia eli nousua progressiivisesti etenevien ja rakenteellisesti normaalien siittiöiden osuuksissa, on saatu sioilla omega-3-rasvahappojen syöttämisen jälkeen¹¹. Harris ym. (2005) päättelivät näiden tietojen valossa, että omega-3-rasvahappoja sisältävän ravintolisän syöttämisen vaikutukset ovat korostuneita oriilla, joilla on keskimääräistä huonompi siemennesteen laatu. Harrisin ym. (2005) tutkimuksessa siittiöiden solukalvojen DHA-pitoisuus oli kokeen alkaessa samalla tasolla testi- ja kontrolliryhmällä. Testiryhmän orien siittiöiden solukalvojen DHA-pitoisuus nousi ja

kontrolliryhmällä se pysyi samalla tasolla kuin kokeen alussa. Suurin DHA-pitoisuuden nousu siittiöiden solukalvoilla tapahtui testiryhmän oriilla, jolla todettiin suurin nousu sekä progressiivisesti liikkuvien että rakenteellisesti normaaleiden siittiöiden osuuksissa. Keskimääräinen DPA-pitoisuus oli samalla tasolla testi- ja kontrolliryhmillä¹⁰.

Harris ym. (2005) tulivat saamiensa tulosten jälkeen sellaisiin loppupäätelmiin, että omega-3-rasvahappojen syöttäminen oriille voi johtaa nousseeseen päivittäiseen siittiötuotantoon sekä nostaa siittiöiden solukalvojen DHA-pitoisuutta. Harris ym. (2005) kuitenkin toteavat, että lisätutkimusta tarvitaan, jotta heidän saamansa tulokset voidaan vahvistaa ja siittiöiden solukalvojen rasvahappopitoisuuden merkityksestä ja sen vaikutuksesta siittiöiden toimintoihin saadaan lisää tietoa.

Elhordoy ym. (2008) tutkivat DHA:n syöttämisen vaikutuksia oriiden tuoreen, jäädytetyn ja pakastetun siemennesteen laatuun. Tutkimuksessa oli mukana kuusi oria, jotka jaettiin sattumanvaraisesti kahteen yhtä suureen ryhmään. Ryhmän A oriille syötettiin annos (30 g) DHA:ta päivässä 80 päivän ajan. Ryhmän B oriit eivät saaneet mitään lisäravinnetta tänä aikana. Tutkimus toistettiin tauon jälkeen siten, että ryhmän B oriille syötettiin vastaava määrä DHA:ta päivässä ja ryhmän A oriit eivät saaneet lisäravinnetta. Elhordoy ym. (2008) alustavat tulokset kokeesta osoittivat, että DHA:ta sisältävää ravintolisää saaneilla oriilla tapahtui kasvua siittiömäärässä siemensyöksyä kohden ja liikkuvien siittiöiden osuudessa sekä laskua kuolleiden ja epänormaalien siittiöiden osuuksissa. Erityisesti siittiöiden akrosomin ja keskikappaleen epänormaalisuudet vähenivät kontrolliruokavaliota saaneisiin oreihin verrattuna. Osalla oriista tapahtui keskimääräisen progressiivisesti liikkuvien siittiöiden osuuden kasvua 48 tunnin jäädytettynä säilyttämisen jälkeen sekä pakastuksen jälkeen. Huomattavin kasvu progressiivisesti liikkuvien siittiöiden osuuksissa tapahtui oriilla, joilla oli alun perin heikko siemennesteen laatu. Myös progressiivisesti etenevien siittiöiden osuus säilytyksen jälkeen kasvoi eniten niillä oriilla, joilla osuus alun perin oli matalin¹².

Elhordoy ym. (2008) mukaan tulosten pohjalta näyttää siltä, että oriille annettu DHA-pitoinen ravintolisä voi nostaa päivittäistä siittiötuotantoa sekä jäädytetyn ja kylmänä säilytetyn siemennesteen laatua mahdollisesti siittiöiden solukalvojen kasvaneen DHA-

pitoisuuden ansiosta. Elhordoy ym. (2008) toteavat kuitenkin, että lisää tutkimuksia tarvitaan, jotta tuloksia voidaan yleistää koskemaan suurempaa joukkoa oriita.

2.3 Antioksidantit ja vitamiinit

2.3.1 Vapaat happiradikaalit

Eläinlajien välillä on eroa niiden siittiöiden kyvyssä käyttää aerobista eli hapellista soluhengitystä. Sonnin ja pääsin siittiöillä on kyky käyttää anaerobista eli hapetonta soluhengitystä paljon paremmin kuin oriin siittiöillä, jotka tukeutuvat vahvasti hapelliseen aineenvaihduntaan¹³. Kuten muutkin solut, jotka elävät aerobisissa eli hapellisissa olosuhteissa, siittiöt tuottavat vapaita happiradikaaleja niiden normaalissa aineenvaihdunnassa¹⁴. Vapaat happiradikaalit ovat hyvin reaktiivisia molekyyliä¹⁵. Solujen mitokondrioissa tapahtuva soluhengitys on vapaiden happiradikaalien (ROS) pääasiallinen lähde¹⁶. Vapaat happiradikaalit aiheuttavat siittiösoluihin vaurioita lisäämällä solukalvojen läpäisevyyttä ja vähentämällä niiden aineenvaihdunnan aktiivisuutta¹⁶. Lisäksi happiradikaalien aiheuttama rasvamolekyylien hapettuminen aiheuttaa tiettyjen aineenvaihdunnallisten entsyymien virheellistä toimintaa ja haittaa siittiöiden rakenteen säilymistä eheänä sekä niiden liikkuvuutta ja elinkykyisyyttä¹³.

Vapaita happiradikaaleja ovat muun muassa superoksidianioni, vetyperoksidi ja typpioksidi¹⁵. Nisäkkäiden siittiösolujen solukalvot sisältävät suuria pitoisuuksia pitkäketjuisia monityydyttymättömiä rasvahappoja ja tämän vuoksi ne ovat erityisen alttiita vapaiden happiradikaalien aiheuttamalle rasvojen peroksidaatiolle eli hapettumiselle¹⁷. Pienillä pitoisuuksilla vapaita happiradikaaleja on kuitenkin fysiologisia tehtäviä niiden säädellessä siittiöiden toimintoja, kuten kapasitaatiota, akrosomireaktiota sekä siittiön ja munasolun yhtymistapahtumaa¹⁸. Oksidatiiviseksi stressiksi kutustaan tilannetta, jossa vallitsee epätasapaino vapaiden happiradikaalien muodostumisen ja tuhoutumisen välillä¹⁹. Ihmisillä siemennesteen korkeiden happiradikaalipitoisuuksien on todettu olevan yhteydessä laskeneeseen siittiöiden liikkuvuuteen²⁰ ja hedelmällisyyden laskuun sekä keinohedelmöityksessä että luonnollisessa hedelmöityksessä¹⁹.

Torjuakseen happiradikaalien ylituotannosta johtuvia haitallisia vaikutuksia siemenneste sisältää antioksidantteja (eli hapettumisenestoaineita)¹⁶. Pääasialliset

entsymaatit antioksidantit ovat glutationiperoksidaasi ja -reduktaasi, superoksididismutaasi sekä katalaasi: kyseiset entsyymijärjestelmät on löydetty myös hevosen siemennesteestä¹⁹. Muita siemennesteeseen kuuluvia antioksidantteina toimivia yhdisteitä ovat muun muassa E-vitamiini eli α - tokoferoli, C-vitamiini eli askorbiinihappo ja uraatti¹⁹. Siemennesteessä on myös albumiinia, tauriinia ja hypotauriinia, jotka voivat toimia antioksidantteina²¹. Seleenin on todettu toimivan ihmisellä entsymaattisen antioksidanttijärjestelmän osana selenokysteiinin muodossa neljän glutationiperoksidaasin, peroksideja hajottavan entsyymin aktiivisessa osassa²². Seleenin puutteen on todettu johtavan lisääntymisongelmiin eri lajeilla¹⁹. Seleenin vaikutuksista siittiöiden liikkuvuusominaisuuksiin on saatu päinvastaisia tutkimustuloksia¹⁹. E-vitamiinin uskotaan olevan ensisijainen tekijä siittiöiden happettumisenestojärjestelmässä²³. E-vitamiini on rasvaliukoinen yhdiste, jota kuluu jatkuvasti sen suojatessa solukalvon rasvoja happiradikaalien aiheuttamalta hapettumiselta²⁴. E-vitamiinin puutteen on todettu johtavan kivesten surkastumiseen monilla lajeilla¹⁹. Nisäkkäiden solut eivät kykene valmistamaan E-vitamiinia, vaan sitä on saatava ravinnosta²⁴. Sinkin vaikutuksesta siemennesteeseen on saatu kiistanalaisia tuloksia, joista osassa tutkimuksia sen on todettu vaikuttavan edullisesti siemennesteen siittiöpitoisuuteen ja siittiöiden liikkuvuusominaisuuksiin, kun taas toisissa tutkimuksissa riippuvuussuhdetta ei ole havaittu¹⁹.

Ravinnon täydentämisen E- ja C-vitamiinilla, seleenillä sekä muilla antioksidanteilla väitetään olevan yhteydessä solujen parantuneeseen puolustautumiseen hapettumista vastaan ja vapaiden radikaalien aiheuttamiin soluvaurioiden vähentymiseen kiveksissä ja lisäkiveksissä¹⁸. Useilla lajeilla on raportoitu siemennesteen laadun parantumista antioksidanttien tai antioksidanttien ja monitydyttymättömien rasvahappojen yhdistelmän ravintoon lisäämisen seurauksena¹⁸.

2.3.2 Siemennesteen laatu

Gee ym. (2008) tutkivat orien ravinnon E-vitamiinilisän vaikutuksia siittiöiden laatuun sellaisilla oriilla, joilla oli heikko siittiöiden sulatuksen jälkeinen progressiivinen liikkuvuus ($\leq 35\%$). Tutkimuksessa oli mukana 15 oriä, jotka jaettiin sattumanvaraisesti kontrolliryhmään (n=7) ja E-vitamiinia (3000 KY) päivittäin saavaan ryhmään (n=8) 14 viikon ajaksi. Tutkimuksessa ei todettu merkittäviä eroja tuoreen, 24 tuntia jäädytettynä olleen, tai pakastetun ja sulatetun siemennesteen

kokonaisliikkuvuudessa tai progressiivisesti liikkuvien siittiöiden osuuksissa²⁵. Merkittävä parannus siittiöiden kokonaisliikkuvuudessa ja progressiivisessa liikkuvuudessa tapahtui 48 tunnin jälkeen jäähdytettynä olleessa siemennesteessä E-vitamiinia saaneilla oriilla verrattuna kontrolliryhmään. Sen sijaan Gee ym. (2008) eivät havainneet tutkimuksessaan merkittäviä eroja ryhmien välillä siittiöiden liikkumisnopeudessa, niiden liikeradan suorudessa tai nopeasti liikkuvien siittiöiden osuuksissa 48 tunnin jäähdytettynä pitämisen jälkeen. Gee ym. (2008) totesivat, että orien ravintoon lisätyllä E-vitamiinilla voi olla positiivisia vaikutuksia siittiöiden liikkuvuuteen 48 tunnin jäähdytettynä pitämisen jälkeen, mutta lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan.

Deichel ym. (2008) eivät todenneet hevosten ravintoon lisätyn E- ja C-vitamiinin sekä karnitiinin lisäämisen ravintoon parantavan siemennesteen laatua tai nostavan kokonaissiittiömäärää. He käyttivät tutkimuksessaan kuutta shetlanninponioria, jotka oli todettu hedelmällisiksi ja joilta kerättiin siemennestettä vuoden ympäri kaksi tai kolme kertaa viikossa. Perusravintona poneilla oli tutkimuksen aikana heinää, kivennäisliisä ja vettä. He keräsivät tutkimuksessa poneilta siemennestettä kaksi kertaa viikossa 16 viikon ajan. Ensimmäisten neljän viikon aikana ponit saivat perusravintoa (heinää, vettä ja kivennäistä). Viikkoina 5-12 ponit saivat päivittäin perusravinnon lisäksi oriille suunnattua lisärehua annoksen, joka sisälsi E-vitamiinia (300 mg) ja C-vitamiinia (300 mg), l-karnitiinia (4000 mg) sekä foolihappoa (12 mg). Siemennesteestä tutkittiin kokonaissiittiömäärä, motiliteetti (liikkuvien siittiöiden osuus sekä progressiivisesti liikkuvien siittiöiden osuus ja siittiöiden kestävyys 24 tunnin kuluttua 5 °C lämpötilassa säilyttämisen jälkeen) ja siittiöiden elävyys. Deichsel ym. (2008) eivät todenneet totaalimotiliteetissa, progressiivisessa motiliteetissa, siittiöiden elävyydessä tai siittiöiden kestävydessä muutoksia 24 tunnin jälkeen. He löysivät kuitenkin pienen, mutta merkittävän, vähentymisen rakenteellisesti epänormaalien siittiöiden määrässä. Deichel ym. (2008) tulivat siihen lopputulokseen, että oriiden ravinnon täydentäminen antioksidanteilla ei (heidän tutkimuksessaan käyttämällä määrällä ja aikavälillä) selvästi paranna siemennesteen laatua oriilla, eikä siten antioksidanttien syöttämisestä ole hyötyä silloin, kun oriit syövät tasapainoista perusravintoa.

Deichsel ym. (2008) toteavat, että heidän tutkimuksessaan saamansa tulokset ovat ristiriidassa muilla lajeilla saatujen tulosten kanssa, sillä ihmisillä, sioilla, rotilla ja

siipikarjalla tehdyissä tutkimuksissa E- tai C-vitamiinin lisääminen ravintoon paransi siemennesteen laatua ja kokonaissiittiomäärää. Spermatogeneesi eli siittiösolujen syntyyn johtava solujen kehityssarja kestää oriilla 55–57 päivää, minkä jälkeen tapahtuu siittiöiden kypsyminen ja varastointi lisäkiveksessä noin yhdeksässä päivässä¹⁸. Deichsel ym. (2008) huomauttavat, että tutkimuksen viimeisten kolmen viikon aikana kerätty siemenneste sisälsi siittiöitä, jotka olivat kehittyneet kokonaan tutkimuksen aikana ponien syödessä antioksidantteja sisältävää täydennysravintoa ja tämän vuoksi 56 päivää kestänyt tutkimus ja sitä seurannut 28 päivän siemennesteen seuranta on täytynyt olla riittävä lisäravinteiden mahdollisten vaikutusten esiin tulemiseksi. Deichselin ym. (2008) mukaan on mahdollista, että hapettumiseen liittyvät tapahtumat eivät ole hevosen siemennesteessä yhtä tärkeitä kuin muilla lajeilla ja tämän vuoksi E- ja C-vitamiinin lisäämisellä orien ravintoon ei aiheuta selviä muutoksia siemennesteen laatuun. Lisäksi on mahdollista, että E- ja C-vitamiinin sekä karnitiinin syöttäminen ilman samanaikaisesti annettuja tyydyttymättömiä rasvahappoja ei tuo esiin parannusta siemennesteen laadussa, kuten sioilla on todettu¹⁸.

Deichsel ym. (2008) totesivat ponioriilla merkittävän keskimääräisen kokonaissiittiötuotannon laskun tutkimuksen aikana, mutta tutkijat eivät yhdistäneet tätä muutosta ponien ruokavalioon, koska muilla lajeilla tehdyissä tutkimuksissa antioksidantteja sisältävä ravintolisä on aiheuttanut päivittäisen siittiötuotannon kasvua, vaan vuodenaikaan (syyskuu–joulukuu). Oriilla siittiötuotannon aktiivisuus vähenee siitoskauden ulkopuolella, sillä hevoset ovat pitkän päivän kausilisääntyjiä ja monilla poniroduilla kauden aiheuttamat vaihtelut sukurauhasten toimintaan ovat korostuneita¹⁸. Ainoa positiivinen vaikutus, jonka Deichsel ym. (2008) tutkimuksessaan totesivat, oli pieni mutta merkittävä lasku rakenteellisesti epänormaalien siittiöiden osuudessa antioksidantteja syöneillä ponioriilla. Vastaavia tuloksia on saatu ihmisillä²⁶ ja sioilla¹⁸ C-vitamiinipitoisen ravintolisän vaikutuksesta. Deichsel ym. (2008) pohtivat, että rakenteellisesti epänormaalien siittiöiden osuuden lasku ei voinut johtua muutoksista siemennesteen keräystavassa, koska keräys toteutettiin pitkällä aikavälillä aina samalla tavalla, eikä myöskään tutkimuksen ajoittumisesta luonnollisen siitoskauden loppuun. Tutkijoiden mukaan on siis mahdollista, että siittiöiden morfologiassa tapahtunut pieni parannus saattoi johtua antioksidantteja sisältävän ravintolisän syöttämisestä ponioriille. Deichsel ym. (2008) mukaan on kyseenalaista, että tutkimuksen tuloksena saatu pieni parannus siemennesteen laadussa johtaisi parantuneeseen hedelmällisyyteen ravintolisää

saaneilla oriilla ja he toteavat, että siittiöiden solukalvojen laatuun ja hapettumisenestoon vaikuttaminen ravintolisillä pysyy edelleen mielenkiintoisena vaihtoehtona, mutta lisää tutkimuksia tarvitaan, jotta jotakin lisäravinteiden yhdistelmää voidaan suositella oriille.

Contri ym. (2011) tutkivat oriiden ravintoon lisätyn seleenin, E-vitamiinin ja sinkin vaikutuksia siemennesteen ominaisuuksiin. Kymmenen hedelmälliseksi todettua oria jaettiin testiryhmään ja kontrolliryhmään. Testiryhmän oriille perusravintoon alettiin lisätä päivittäin E-vitamiinia (1500 mg), sinkkiä (360 mg) ja seleeniä (2,5 mg). Orien siemennesteet arvioitiin ennen ravintolisän aloitusta ja 30, 60 ja 90 päivän kuluttua kokeen alkamisesta. Testiryhmän oriilla antioksidantteja sisältävän ravintolisän syöttäminen johti merkittävään keskimääräisen siittiöiden nopeuden kasvuun (path velocity), suurempaan liikkeeseen (straightness), ehjempiin solukalvoihin sekä siemennesteen antioksidanttipitoisuuden kasvuun samalla, kun progressiivisesti etenevien siittiöiden osuus nousi ja rakenteellisesti epänormaalien siittiöiden osuus väheni 60 päivän kuluessa kokeen aloittamisesta. Päinvastoin kuin muilla lajeilla on aikaisemmin todettu, testiryhmän orien siemennesteen siittiöitiheys väheni¹⁹. Contri ym. (2011) löysivät positiivisen riippuvuussuhteen progressiivisesti etenevien siittiöiden osuuden ja siemennesteen antioksidanttien kokonaismäärän välillä niin testiryhmän kuin kontrolliryhmänkin oriilla. Contri ym. (2011) päättelivät, että tilanne hapettavien tapahtumien ja antioksidanttien välillä vaikuttaa siittiöiden liikkuvuuteen, ja että ruokinnan täydentäminen antioksidanteilla voisi nostaa siittiöiden kykyä vastustaa vapaiden happiradikaalien tekemää vahinkoa tai siemennesteen kykyä vähentää oksidatiivista stressiä.

Contri ym. (2011) huomauttavat, että heidän tutkimuksensa on ristiriidassa ponioriilla tehdyn samankaltaisen tutkimuksen kanssa (Deichsel ym. (2008)). Ponioriilla ei raportoitu muutoksia siittiöiden liikkuvuusominaisuuksissa tai solukalvojen eheydessä ennen tai jälkeen antioksidanttien lisäämistä ravintoon, mikä todennäköisesti johtuu eri antioksidanttien käytöstä ja määristä¹⁹. Contri ym. (2011) toteavat, että toinen poikkeava tekijä oli tutkimuksen vuodenaika, koska heidän tutkimuksensa toteutettiin siitoskaudella ja ponioriilla tehty tutkimus tehtiin syksyllä. Näin ollen Contri ym. (2011) pohtivat, että vuodenaika voisi mahdollisesti selittää tutkimuksissa todetut erot

ruokintaan lisättyjen antioksidanttien ja siemennesteen ominaisuuksien välillä, mutta lisäselvitystä aiheesta tarvittaisiin.

Contri ym. (2011) eivät osanneet selittää, miksi testiryhmän orien siittiöpitoisuus niiden siemennesteessä laski, mutta heidän mukaansa lasku kuitenkin kompensoitui parantuneilla siittiöiden ominaisuuksilla, joita olivat progressiivisen liikkuvuuden kasvu, siittiöiden elinkykyiseen kasvu sekä vähentyneet rakenteelliset epänormaalisuudet. Nämä parannukset siemennesteen laadussa näyttivät tutkijoiden mukaan olevan seurausta ravintoon lisätyistä antioksidanteista, mutta he eivät tutkimuksensa perusteella pystyneet erottamaan, johtuivatko parannukset siemennesteen ominaisuuksissa seleenistä, E-vitamiinista vai sinkistä. Contri ym. (2011) tulivat sellaisiin loppupäätelmiin, että seleenin, sinkin ja E-vitamiinin lisääminen orien ruokavalioon johtaa niiden siemennesteen ominaisuuksien paranemiseen joko lisäämällä siemennesteen antioksidanttista tehoa ja vaikuttamalla edullisesti siittiönkehityksen eli spermatogeneesin tai lisäkiveksissä tapahtuvan siittiöiden kypsymisen aikana. Lisäksi Contri ym. (2011) toteavat, että edulliset vaikutukset tulivat esiin viimeistään 60 päivän aikana antioksidanttien lisäämisen aloittamisesta, mutta sen jälkeen ei tapahtunut enää enempää parannusta. Näin ollen vaikuttaa siltä, että orien ruokinnassa voitaisiin käyttää hieman enemmän näitä antioksidanteja, jotta niiden lisääntymiskyky olisi paras mahdollinen¹⁹.

Jalostusoriille syötetään usein vitamiineja ylimäärin ja vitamiinien puutetta esiintyy harvoin². Tilanne on sama myös muiden hevosryhmien kohdalla, mutta hevosenomistajilla on taipumus syöttää vitamiineja runsaasti erityisesti oriille. Ylimääräiset vesiliukoiset vitamiinit (C- ja B-vitamiini) eritetään yleisen käsityksen mukaan tehokkaasti elimistöstä ja hevosella on melko suuri toleranssi eli sietokyky rasvaliukoisia A-, D- ja E-vitamiineja kohtaan, ennen kuin toksisia vaikutuksia yliannostuksesta esiintyy².

2.4 Proteiini

Jalostusoriin proteiinin tarve on vain hieman suurempi kuin aikuisen hevosen ylläpitotarve². Proteiinia tai tarkemmin aminohappoja tarvitaan elimistössä kudosten kuten lihasten ylläpitoon ja ne ovat hormonien, entsyymien ja monien kudosten

rakennusosia. Oriin proteiinin tarpeeseen vaikuttaa yksilöllisesti sen aktiivisuus ja hikoilun määrä, mutta vain harvojen orien proteiinin tarve nousee merkittävästi siitoskaudella. Hevosen tiettyjen aminohappojen tarpeesta tiedetään vain vähän. Tiedetään kuitenkin, että lysiini on ensimmäinen rajoittava aminohappo tyypillisessä hevosen ruokavaliossa. On harvinaista, että jalostusoriin ruokavaliossa olisi liian vähän proteiinia. Raakaproteiinin (crude protein, CP) tarve aikuiselle oriille voidaan laskea kaavasta²:

$$\text{CP (g/pvä)} = 1,44 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Lysiinin tarve saadaan laskettua raakaproteiinin tarpeen avulla:

$$\text{Lysiini (g/pvä)} = \text{CP (g)} \times 0,043$$

2.5 Mineraalit ja hivenaineet

Jalostusoriin mineraalien tarve on yleensä paljon pienempi suhteessa niiden ravinnon sisältämään määrään mineraaleja, joten mineraalien puutokset ovat harvinaisia². Oriin mineraalien tarve vastaa aikuisen hevosen ylläpitotarvetta. Oriille syötetään usein lisäravinteita, jotka sisältävät vitamiineja ja mineraaleja, joita on hevosen tyypillisessä ruokavaliossa runsaasti jo valmiiksi, näin ollen mineraalien liikasaantia tulisikin rajoittaa. Kalsium on elimistön runsain mineraali, joka muun muassa ylläpitää luustoa ja toimii tärkeänä tekijänä monissa hermojen ja lihasten toiminnoissa. Kalsium on halpaa, joten sitä lisätään kaupallisiin rehuihin enemmän kuin olisi tarpeen. Jotta kalsiumin tarve elimistössä nousisi, pitäisi oriin tehdä työtä lihaksistollaan ja hikoilla. Tähän perustuu siitosoriin erilainen kalsiumin tarve siitoskaudella verrattuna ylläpitotarpeeseen ja kalsiumin tarpeen nousu on marginaalinen. Oriin kalsiumin tarve siitoskauden ulkopuolella voidaan laskea seuraavasti:

$$\text{Ca (g/pvä)} = 0,04 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Oriin kalsiumin tarve siitoskaudella on hieman suurempi ja voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

$$\text{Ca (g/pvä)} = 0,06 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Oriin fosforin tarve kalsiumin tavoin on hyvin lähellä aikuisen hevosen ylläpitotarvetta. Fosforin osalta on syytä tarkastaa, ettei fosforin saanti ole suurempaa suhteessa kalsiumin saantiin.

Oriin fosforin tarve siitoskauden ulkopuolella voidaan laskea kaavasta²:

$$P \text{ (g/pvä)} = 0,028 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Oriin fosforin tarve siitoskaudella on vain hieman suurempi ja voidaan laskea seuraavasti:

$$P \text{ (g/pvä)} = 0,036 \times \text{oriin paino (kg)}$$

Suolaa eli natriumia ja klooria tulisi tarjota hevoselle vapaasti niin laitumella kuin talliolosuhteissakin². Jos vettä on saatavilla, hevonen ei yleensä voi saada toksisia annoksia suolaa. Kuuma ilma ja hikoilu lisäävät suolan tarvetta. Magnesiumia on yleensä sopivasti karkearehua sisältävissä ruokavaliossa, joskin riippuen maaperästä ja sen myötä laidunrehusta. On harvinaista, että aikuisella hevosella olisi magnesiumin puute, mutta alueilla, joissa magnesiumia on vähän maaperässä, voidaan hevosilla käyttää magnesiumlisänä magnesiumoksidia tai magnesiumsulfaattia. Kaliumia on yleensä hyvin runsaasti karkearehussa, ja on hyvin harvinaista, että hevonen tarvitsisi kaliumlisää².

Hivenaineita ovat kupari, sinkki, mangaani, seleeni, jodi, koboltti ja rauta². Hivenaineiden tarpeesta ei ole tehty nimenomaan oria koskevia tutkimuksia, vaikka hivenaineiden roolia spermatogeneesin ja lisääntymisen kannalta onkin tutkittu. Esimerkiksi seleenin tiedetään toimivan osana hapettumisenestojärjestelmää osana seleeniriippuvaista glutationiperoksidaasi –entsyymiä, jota löytyy merkittäviä määriä sonnien siemennesteestä, mutta ilmeisesti ei lainkaan oriiden siemennesteestä. On mahdollista, että seleenillä on tärkeä rooli siittiöiden toiminnassa, mutta seleenin runsas lisääminen orien ruokavalioon yli suositusten ei ole tarpeellista eikä viisasta². NRC:n (2007) on määrittänyt suositukset oriin mineraalien ja hivenaineiden saannille² ja ne on esitetty taulukossa 1.

2.6 Johtopäätökset

Ruokinnan vaikutuksesta oriin lisääntymiseen näyttää olevan tehty melko vähän tutkimuksia siihen nähden, että jalostusoriit ovat usein hyvin arvokkaita eläimiä. Tässä kirjallisuuskatsauksessa kuvatuissa tutkimuksissa monityydyttymättömien omega-3-rasvahappojen syöttäminen sai aikaan kasvua siittiömäärässä siemensyöksyä kohden, nousua siittiöiden solukalvojen DHA-pitoisuuksissa, laskua epänormaaleiden ja

kuolleiden siittiöiden osuuksissa, ja nousua siittiöiden liikkuvuusominaisuuksissa etenkin 48 tunnin kylmäsäilytyksen jälkeen. Lisäksi tutkimuksissa todettiin merkittävimmät parannukset sellaisilla oriilla, joiden siemennesteen laatu ja kylmän kestävyys oli alun perin heikkolaatuisempi kuin muilla. Nämä oriit todennäköisesti saivat parhaan hyödyn monityydyttymättömien omega-3-rasvahappojen syöttämisestä ravintolisänä. Tällaisia ravintolisiä ovat esimerkiksi kalanmaksaöljy tai pellavansiemenöljy. Kirjallisuudesta löytämäni aihetta koskevat tutkimukset vaikuttavat hyvin tehdyiltä kontrolloiduilta tutkimuksilta, mutta kaikki edellä mainitut tutkimukset tehtiin melko pienellä määrällä oriita, mikä heikentää niiden tuloksien sovellettavuutta käytäntöön. Kuten artikkelien kirjoittajat huomauttavat, tarvitaan lisää tutkimusta ja suuremmalla aineistolla toteutettuja tutkimuksia, jotta tuloksia voitaisiin yleistää koskemaan suurempaa joukkoa oriita.

Kirjallisuudesta löytyneet artikkelit ruokinnan vaikutuksesta oriin lisääntymiseen käsittelevät pääasiassa tutkimuksia monityydyttymättömistä rasvahapoista ja antioksidanteista ja niiden vaikutuksesta siemennesteen laatuun ja sen säilyvyyteen. Todennäköisesti tutkimus on keskittynyt näihin, koska oriin siemenneste kestää yleisesti melko huonosti kylmää, keinosiemennys on yleistynyt ja jalostusoriiden siemennestettä joudutaan siirtämään pitkiäkin matkoja maasta toiseen. Vaikeinta on siirtää sellaisten orien siemennestettä, joiden siemennesteen laatu tai kylmäsäilyvyys on heikkoa. Näiden orien siemennesteessä on tutkimuksissa saatu aikaan parannusta rasvahappojen ja antioksidanttien syöttämisellä ravintolisänä, joten välttävän hedelmällisyyden tai huonosti jäähtytystä ja pakastamista kestävä siemennesteen omaaville oriille on tämän hetkisten tietojen valossa perusteltua kokeilla rasvahappoja ja antioksidantteja sisältäviä ravintolisiä, koska ne voivat parantaa siemennesteen laatua riittävästi tehdäkseen näiden orien siemennesteen jäähtytyksestä ja pakastuksesta kannattavaa. Hyvän siemennesteen laadun ja säilyvyyden omaaville oriille ei edellä mainittujen ravintolisien syöttäminen todennäköisesti ole tarpeellista.

Energian saannin säätely, sopivan kuntoluokan säilyttämisen ja lihomisen estäminen ovat tärkeimmät asiat oriin ruokinnassa sen terveenä pysymisen, jalostuskäytössä kestäminen ja hyvän sukupuolivietin säilymisen kannalta. Energian saannin vaikutuksesta oriin lisääntymiseen on alan tärkeän oppikirjan mukaan paljon tutkimuksia, mutta tätä kirjallisuuskatsausta tehdessä sellaisia tutkimuksia ei tullut

vastaan. Yleinen suuntaus on syöttää oriille runsaasti väkirehuja ja ravintolisiä. Ori ei kuitenkaan tarvitse välttämättä runsaasti erilaisia ravintolisiä suoriutuakseen jalostuskäytössä. Proteiinin, vitamiinien, mineraalien ja hivenaineiden osalta NRC:n suositukset ovat hyvin lähellä hevosen ylläpitotarvetta, ja todennäköisesti riittää, että niiden määrät ovat suunnilleen oikeat, eikä tarkkoihin laskutoimituksiin ole välttämättä syytä ryhtyä. Varmuuden vuoksi oriille syötettävät ravintolisät ovat harvoin haitallisia, mutta turhia (rahanmeno, turha yliannostuksella kuormittaminen) sen vuoksi, että ravintolisinä syötettäviä vitamiineja ja mineraaleja on runsaasti karkearehussa.

3 RUOKINNAN VAIKUTUS TAMMAN LISÄÄNTYMISEEN

Parhaasta tavasta ruokkia siitostammaa ja ruokinnan tärkeydestä on monia mielipiteitä²⁷. Jotkut tammot tuottavat hyvin varsoja, vaikka ravinto olisi keinoa²⁷. Ruokinta on osa siitostamman sairauksia ehkäisevää terveydenhuoltoa tamman ympäristöstä, kavioista, loishäädöistä ja rokotuksista huolehtimisen lisäksi²⁸. Eniten huomiota on kiinnitetty siitostamman ruokavalion energia- ja proteiinipitoisuuteen sekä kalsiumin ja fosforin määrään²⁹. Näistä energia on saanut eniten huomiota tutkijoilta ja erityisen mielenkiinnon kohteina ovat olleet tamman saaman energian määrä ja kuntoluokka, lihominen ja laihtuminen sekä varsan kasvu ja tamman hedelmällisyys varsomisen jälkeen²⁹. NRC (1989) on määrittänyt suositukset tamman eri ravintoaineiden tarpeelle²⁷ ja ne on esitetty taulukossa 2.

3.1 Energian saanti ja kuntoluokka

Energian saanti ja sopivan kuntoluokan säilyttäminen ovat tärkeimmät ravitsemukselliset asiat tammojen ruokinnassa²⁷. Sopivassa tai korkeassa kuntoluokassa olevat tammot tiinehtyvät todennäköisemmin kuin laihat tammot²⁷. Varsomisen aikaan alhaisessa kuntoluokassa olevilla tammoilla on alentunut lisääntymistehokkuus, joka tarkoittaa muun muassa sitä, että uuteen tiinehtymiseen kuluu yli kolmen kiimakierron aika ja aikaväli varsomisen ja toisen ovulaation välillä on pidentynyt²⁹.

Hevonen kantaa sikiötä 11 kuukautta³⁰. Alkion kehitys ja sikiön kasvu eivät vaadi lisäravintoaineita tiineyden ensimmäisten kahdeksan kuukauden aikana eli tamman ravitsemukselliset tarpeet ovat samanlaiset kuin hevosen, joka ei ole tiineenä tai imetä⁴. Hevosen sikiön kasvu kiihtyy viimeisen kolmen kuukauden aikana, mikä lisää kantavan tamman ravinnontarvetta. Ravintoaineiden tarve kasvaa edelleen, kun tamma tuottaa maitoa ja imettää varsaa. Tamman energian tarve kasvaa noin 10–20 % tiineyden viimeisen kolmanneksen aikana ja 80 % imetyksen aikana. Tästä johtuen tammot syövät enemmän kuin aikaisemmin, jos ravintoa on saatavilla. Jos tamma ei saa tarvitsemaansa lisäenergiaa, sen maidon tuotanto ja lisääntymistehokkuus voivat laskea⁴.

3.1.1 Kiimakierto

Tammalla on yleensä säännöllinen kiimakierto kevään ja kesän aikana ja kiimakierron loppuvat myöhään syksyllä talven ajaksi (anestrus)⁴. Monilla tallissa asuvilla tammoilla

kiimat jatkuvat vuoden ympäri, mutta useimmilla tammoilla ovulaatioita tapahtuu vain keväällä ja kesällä. Lisäksi tammoilla voi olla niin sanottuja hiljaisia kiimoja, joissa ovulaatio tapahtuu ilman kiimaoireita, etenkin kiimakiertojen alkaessa keväällä, niiden päättyessä syksyllä sekä talven aikana. Lisääntymiskauden aikana tamman kiimakierto kestää keskimäärin 19–23 päivää ja kiima keskimäärin 6–7 päivää⁴.

Kilparadoilta siitoskäyttöön siirtyvät tammat, esimerkiksi lämminveriset tammat, ovat usein stressaantuneita ja laihan puoleisia³¹. Vecchi ym. (2010) tutkivat elimistön rasvapitoisuuden ja kuntoluokan vaikutusta lämminveristen varsomattomien tammojen kiimakiertoihin³¹. Vecchin ym. (2010) saamien tulosten mukaan näyttää siltä, että ruokinnan energiatason nostaminen eli niin sanottu kiihotusruokinta kolmen viikon ajan ennen lisääntymiskauden alkua stimuloi munasarjojen toimintaa stressaantuneilla tammoilla, jotka yritetään saada tiineiksi ensimmäistä kertaa.

Gentryn ym. (2002) tekemässä tutkimuksessa selvitettiin tammojen kuntoluokan vaikutusta eräiden hormonien eritykseen ja kausittaiseen anestrukseen (talvianestrus)³². Tutkimuksessa 24 tammaa jaettiin kahteen ryhmään ja toisen ryhmän tammoja ruokittiin siten, että tammat saavuttivat korkean kuntoluokan (7,5–8,5) ja toisen ryhmän tammat matalan kuntoluokan (3–3,5). Korkeassa kuntoluokassa olevilla tammoilla ovulaatiot ja munasarjatoiminta jatkuivat talven ajan lukuun ottamatta yhtä tammaa. Kaikkien matalassa kuntoluokassa olevien tammojen munasarjatoiminta loppui talven ajaksi. Lisäksi matalassa kuntoluokassa olevien tammojen leptiini- ja prolaktiinipitoisuudet veressä olivat alhaisemmat kuin korkeassa kuntoluokassa olevilla tammoilla. Leptiini on rasvasolujen erittämä hormoni, jonka ajatellaan olevan aineenvaihdunnan viestinvälittäjä elimistön ravitsemuksellisen tilan ja aivojen hypotalamuksen säätelemien lisääntymistoimintojen välillä³³; prolaktiini on aivolisäkkeessä tuotettu hormoni, joka on pääasiallinen tekijä maidon erityksen käynnistymisessä synnytyksen jälkeen³⁴. Gentryn ym. (2002) mukaan on mahdollista, että leptiini toimii hevosella tärkeänä yhdyssiteenä ruokinnan ja lisääntymistoimintojen välillä, kuten on esitetty muillakin lajeilla. Yhteenvetona tutkimuksestaan Gentry ym. (2002) toteavat, että alhaisessa kuntoluokassa olevien tammojen kausittainen anestrus on pidempi ja syvempi kuin korkeammassa kuntoluokassa olevilla tammoilla.

Kiimakiertojen epäsäännöllisyys ja kiimakiertojen puuttuminen varhain astutuskauden alussa ovat van Niekerkin ym. (1972) mukaan yksi suurimmista ongelmista hevosten kasvatuksessa³⁵. Van Niekerk ym. (1972) vertasivat tutkimuksessaan kuivalla laitumella pidettyjen tammojen (ryhmä A) kiimakierron pituutta, munasarjojen kokoa ja aktiivisuutta sekä ovulaation tapahtumisen ajankohtaa astutuskauden alussa sellaisiin tammoihin, jotka saivat kuivan laitumen ruohon lisäksi rehutiivistettä ja alfalfa-heinää (ryhmä B). Ryhmän A tammojen paino pysyi jokseenkin muuttumattomana, mutta ryhmän B tammojen paino nousi selvästi. Kiimakerrot alkoivat kaikilla ryhmän B tammoilla ja niillä tapahtui ovulaatio 43 päivän sisällä tutkimuksen alkamisesta. Sen sijaan ryhmän A tammoista vain neljänneksellä tapahtui ovulaatio, toisella neljänneksellä talven aikainen anestrus jatkui ja jäljellä olevat puolet ryhmästä tulivat kiimaan, mutta niillä ei tapahtunut ovulaatiota 53 päivää kestäneen tutkimuksen aikana. Van Niekerk ym. (1972) toteavat, että munasarjatoiminta kahden ruokintaryhmän välillä oli ilmeinen: runsaasti proteiinia ja hiilihydraatteja sisältänyt ruokavalio sai tammojen painon nousemaan, millä oli myönteinen vaikutus niiden hedelmällisyyteen astutuskauden alussa.

Saastamoinen ym. (2009) vertailivat niukalla ja runsaalla laitumella olleiden tammojen munasarjatoimintaa ja selvittivät lihomisen vaikutusta lisääntymistoimintoihin³⁶. Tammojen munasarjatoimintaa seurattiin toukokuusta syyskuulle verinäytteistä määritetyn progesteronin ja peräsuolitutkimuksen avulla. Peräsuolitutkimukset tehtiin ultraäänilaitteella ja kirjattiin suurimpien munarakkuloiden eli follikkelien koko, keltarauhasten esiintyminen, kohdun limakalvon turvotus ja kohdussa oleva vapaa neste. Runsaan laitumen ryhmässä 7/10 tammasta ja niukan laitumen ryhmässä 3/11 tammasta lihoi kokeen aikana kesä-elokuussa yli 51 kg. Runsaalla laitumella olevien tammojen kiimoista yhden ovulaation kiimoja oli 70 %, kahden ovulaation kiimoja 28 % ja kolmen ovulaation kiimoja 2 % kun taas vastaavat luvut niukalla laitumella olleilla tammoilla olivat 82 %, 16 % ja 2 %. Follikkelin keskimääräinen koko ennen ovulaatiota oli runsaan laitumen ryhmässä 45,8 mm ja niukan laitumen ryhmässä. Ovuloituvan follikkelin koko pieneni hieman syksyä kohden molemmissa ryhmissä. Muualla tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että laihat tammot ovuloivat pienempiä follikkeleita³⁶.

Saastamoisen ym. (2009) tutkimuksessa kiimakierron keskimääräinen pituus runsaan laitumen ryhmässä oli $22,5 \pm 2,4$ vuorokautta ja niukan laitumen ryhmässä $22,0 \pm 2,1$ vuorokautta. Normaalit kiimakerrot omaavilla tammoilla keltarauhasvaihe oli keskimäärin 0,6 vuorokautta pidempi runsaan laitumen ryhmässä kuin niukan laitumen ryhmässä. Keltarauhasen erittämässä progesteronin määrässä ja huippupitoisuuksissa ei ollut merkittävää eroa ryhmien välillä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on esitetty, että kokeellisesti aikaansaatu lihavuus ja insuliiniresistenssi pidentävät merkitsevästi kiimakierron pituutta ja mahdollisesti myös keltarauhasvaihetta sekä lisäävät progesteronipitoisuuksia³⁶. Saastamoisen ym. (2009) tekemässä tutkimuksessa säännöllinen kiimakierto keskeytyi neljällä niukan laitumen tammalla persistoivan keltarauhasen vuoksi, joka on yleisin syy tamman kiimattomuuteen siitoskaudella. Tapausten suuri määrä yllätti tutkijat, mutta niiden syyt jäivät tutkimuksessa selvittämättä.

3.1.2 Tiineys

NRC:n (1989) suosituksen mukaan sulavan energian määrän tarve on tiineelle tammalle tiineyden ensimmäisten kahdeksan kuukauden ajan samanlainen kuin aikuisen hevosen ylläpitotarve²⁷. Ylläpitotarve voidaan laskea seuraavan kaavan avulla:

$$DE \text{ (mcal/pvä)} = 1,4 + 0,03 \times \text{paino (kg)}$$

NRC (1989) on arvioinut, että sulavan energian tarve tiineyskuukausina 9,10 ja 11 ovat järjestyksessä 1,11, 1,13 ja 1,20 kertaa ylläpitotarve. NRC:n (1989) mukaan tammojen heinänsyönti todennäköisesti vähenee viimeisen tiineyskuukauden aikana varsan kasvun aiheuttaman vatsaontelon tilanpuutteen vuoksi, jolloin riittävän energiansaannin varmistamiseksi saatetaan joutua lisäämään viljaa tamman ruokavalioon. NRC:n (1989) mukaan tamma voi syödä esimerkiksi ylläpitotarpeeseensa 1,5–2 kg heinää 100 painokiloa kohden päivässä ja tiineyden loppuvaiheessa oleva tamma voi syödä 1–1,5 kg heinää ja 0,5–1 kg viljaa 100 painokiloa kohden päivässä²⁷.

Tamman painonnousua voidaan käyttää hyväksi, jos siittolassa on käytössä vaaka²⁷. Tamman painon pitäisi nousta tiineyden aikana varsan syntymäpainon, istukan ja sikiönesteiden painon verran⁴. Painonnousu voidaan laskea kertomalla tamman paino 8–11 %:lla (varsan syntymäpaino) ja lisäämällä siihen tamman paino kerrottuna 1 %:lla (istukan ja sikiönesteiden paino) ja näin ollen 500 kg painavan tamman painon tulisi

nousta tiineyden aikana 45–60 kg⁴. Toisen oletuksen mukaan varsa painaa 9–10 % tamman painosta ja istukka ja sikiönesteet saattavat painaa jopa 20 kg, joten 500 kg painava tamman painon tulisi nousta vähintään 65 kg tiineyden aikana, ellei tamman elimistön ravintovarastoja käytetä hyväksi²⁷. Tamman painonnoususta kaksi kolmasosaa tapahtuu tiineyden viimeisellä kolmanneksella⁴. Vuoden 1989 NRC:n julkaisu ei antanut suositusta tamman painonnoususta tiineyden aikana, mutta vuoden 1978 NRC:n julkaisu arvioi, että painonnousun tulisi olla noin 10 % tiineyden viimeisten 90 vuorokauden aikana⁴.

Jos tamman saatavilla on riittävästi ravintoa, se syö tarpeeksi saavuttaakseen sopivan kuntoluokan ja kerää rasvaa elimistön varastoihin tiineyden aikana käytettäväksi lopputiineydessä ja imetyksen aikana⁴. Lawrence ym. (1992) tarkkailivat 12 vapaalla karkearehuruokinnalla olevien tammojen painoa, kuntoluokkaa ja rasvakerroksen paksuutta koko tiineyden ajan. Tammojen keskimääräiset painot nousivat 16 % tiineyden aikana: pääosa painonnoususta tapahtui tiineyden toisen kolmanneksen aikana ja myös kehon varastot kasvoivat tänä aikana arvioituna kuntoluokan ja rasvakerroksen paksuuden lisääntymisenä³⁷. Vain alle 30 % tiineyden aikaisesta painonnoususta tapahtui tiineyden viimeisellä kolmanneksella. Lawrencen ym. (1993) mukaan heidän havaintonsa viittaavat siihen, että tiineyden vaikutus ravinnontarpeeseen ei rajoitu ainoastaan tiineyden viimeiseen kolmannekseen ja he toteavat, että heidän tekemänsä havainnot eivät ole linjassa aiheesta tehtyjen aiempien oletusten kanssa. Lawrence ym. (1992) pohtivat myös, että ei ole mahdollista tietää, nousiko tammojen paino vastauksena elimistön signaaliin vai sen vuoksi, että ylimääräistä ruokaa oli tarjolla. Vuoden 1989 NRC:n julkaisu suosittelee tammoille ylläpitoruokintaa ennen 90 viimeistä tiineysvuorokautta, minkä Lawrence ym. (1992) mukaan voi tulkita siten, että tammojen ei pitäisi kahdella tiineyden ensimmäisellä kolmanneksella lisätä painoaan, vaan sikiön ja sikiökalvojen pitäisi kehittyä tamman elimistön varastojen kustannuksella. Lawrencen ym. (1992) mukaan heidän tutkimuksensa tulokset viittaavat siihen, että tammot lisäävät syömistään kasvattaakseen elimistön varastoja tiineyden toisella kolmanneksella, jos niillä on siihen mahdollisuus.

3.1.3 Lihavuus ja laihuus

Siitostamman paino ja kuntoluokka ovat parhaat mittarit sen ruuan määrän tarpeelle⁴. Tamman on hyvä olla hieman ylipainoinen, mutta ei lihava varsomisen aikaan ja sen

kuntoluokan tulisi säilyä vieroitukseen asti samana. Tamman tarvitseman energian määrää lisää kylmä ilmasto, liikunta ja tamman tuottaman maidon määrä⁴.

Jos väkirehua, esimerkiksi viljaa syötetään tiineelle tammalle, on varmistuttava siitä, että tamma ei pääse lihomaan liian lihavaksi (kuntoluokkaan 8 asteikolla 1–9)⁴. Vaikka edes vakava ylipainoisuus ei näytä vaikuttavan tamman tiineysaikaan, istukan kokoon ja irtoamiseen tai varsomisen onnistumiseen, liikalihavuus voi laskea tamman tuottaman maidon määrää ja näin ollen myös varsan kasvunopeutta. Lihavuus johtaa synnytysvaikeuksiin ja komplikaatioihin naisilla ja hiehoilla, mutta ei tammalla eikä aikuisella lehmällä. Eräässä tutkimuksessa on raportoitu, että yhdelläkään 900 synnytyshetkellä lihavasta tammasta ei ollut synnytysvaikeuksia tai laskua lisääntymistehokkuudessa liikalihavuuden seurauksena. Tästä huolimatta siitostammaa ei tule pitää yli kohtalaisessa tai kohtalaisesti ylipainoisessa kuntoluokassa vuoden ympäri⁴.

Tamman lihominen tai laihtuminen tiineyden aikana, tamman paino varsomisen aikaan tai tamman lihavuus tai laihuus vaikuttaa vain vähän varsan syntymäpainoon⁴. Kubiak ym. (1988) tutkivat useaan kertaan varsojen lihaviin tammojen lihavuuden vaikutusta varsomiseen. Tutkimuksessa 20 tammaa jaettiin tutkimusryhmään, johon kuuluvat tammot ruokittiin liikalihaviksi (kuntoluokka 9) tiineyden aikana ja kontrolliryhmään, johon kuuluvat tammot pidettiin normaalipainoisina (kuntoluokka 5,5–7). Tiineysajassa ei ollut eroja ryhmien välillä. Synnytyksen kestossa, ajassa varsan syntymän ja pystyyn nousemisen, imemisen aloittamisen tai synnytysteihin synnytyksen aikana tulleiden ruhjeiden välillä ei ollut eroa ryhmien kesken. Myöskään varsojen syntymäpainoissa ja istukan painoissa ei ollut eroa lihaviin ja normaalipainoisten tammojen välillä. Kubiak ym. (1988) totesivat, että heidän tutkimuksessaan liiallinen rasvan kertyminen tammojen elimistöön tiineyden aikana ei ollut haitallista synnytyksen onnistumisen kannalta³⁸.

Kubiak ym. (1989) tutkivat myös synnytyksen jälkeistä lisääntymiskykyä kahdella keskimääräiseltä kuntoluokaltaan poikkeavalla tammaryhmällä, jotka olivat samanlaiset kuin edellä mainitussa Kubiakin ym. (1988) tutkimuksessa. Kubiak ym. (1989) arvioivat tammojen kiimaoireiden voimakkuutta asteikolla 1 (oriin torjuminen) – 4 (oriin täydellinen hyväksyminen)³⁹. Tammot siemennettiin toiseen synnytyksen jälkeiseen kiimaan. Kiiman kesto, voimakkaimmat nähdyt kiimaoireet ja näkyvässä

kiimassa olleiden tammojen lukumäärä eivät poikenneet toisistaan ryhmien välillä ensimmäisen kahden kiimakierron aikana. Sekä aikaväli varsomisen ja ensimmäisen ja toisen kiimakierron ja ovulaation välillä että aikaväli kahden ensimmäisen kiimakierron välillä olivat samankaltaiset molemmilla ryhmillä. Kaikki tutkimuksessa mukana olleet tammat kuntoluokasta riippumatta tiinehtyivät ja säilyttivät tiineyden, eikä kiimakiertojen lukumäärässä ennen tiinehtymistä ollut eroa normaalipainoisten ja lihavien tammojen välillä³⁹. Näin ollen Kubiakin ym. (1989) mukaan näyttää siltä, että tamman elimistöön tiineyden aikana kertynyt ylimääräinen rasva ei vaikuta vahingollisesti tamman lisääntymiskykyyn varsomisen jälkeen.

Jos tamma on liikalihava eli sen kuntoluokka on suurempi kuin 6 tai 7 asteikolla 1–9, laihdutus on tarpeen⁴. Laihdutus on hyvä ajoittaa aikavälille kaksi viikkoa ennen varsan vieroitusta ja ennen seuraavan tiineyden viimeisen kolmanneksen alkua. Laihdutusta ei tulisi kuitenkaan toteuttaa juuri ennen tiineyttämistä, tiineyden ensimmäisen kolmanneksen aikana tai imetyksen alkuvaiheessa, koska tamman lisääntymistehokkuus ja maidon tuotanto voivat laskea⁴.

Huolimatta tamman kuntoluokasta, painonlaskun on todettu laskevan lisääntymistehokkuutta⁴. Painon menetyksen tammoilla tiineyden alkuvaiheessa on osoitettu vähentävän alkiorakkulan kokoa ja lisäävän tiineyden menetyksiä. Vaikka painonlaskua ei tapahtuisikaan, laihoilla tammoilla on todettu olevan pidempi aikaväli varsomisen ja seuraavan ovulaation välillä, ne tarvitsevat useampia kiimakiertoja ennen hedelmöitymisen tapahtumista, hedelmöittyminen on heikompaa, kohonnut riski alkiokuolemiin ja matalampi taso luteinisoivaa hormonia plasmassa diestruksen aikana kuin tammoilla, jotka ovat kohtalaisessa tai ylemmässä kuntoluokassa. Laihan tamman kyky tulla kiimaan, ovuloida, hedelmöityä ja pysyä tiineenä laskee. Laihat tammat (kuntoluokka alle 4 asteikolla 1–9) synnyttävät yleensä normaalipainoisen varsan. Laihan tamman ternimaidon ja maidon tuotanto voivat heikentyä, minkä seurauksena varsan vastustuskyky ja kasvu voivat kärsiä. Kilpauran tai kilpailukiertueen päättävät tammat joutuvat sopeutumaan uuteen ympäristöön ja ne menettävät usein painoaan, minkä syinä voivat olla ympäristön muutos tallista laitumelle ja laumaan uutena sopeutuminen. Tämän vuoksi tällainen tamma tulisi pitää aluksi tallissa ja ruokkia yksilöllisesti, jotta tamman kuntoluokka säilyy kunnes tamma on tiinehtynyt. Ruokinnan energiamäärän lisäys ennen tamman astuttamista (kiihotusruokinta) on

hyödyllistä laihoille tammoille, mutta ei yli kohtalaisessa kuntoluokassa oleville tammoille⁴.

3.1.4 Maidon määrä ja koostumus

Maito on varsan pääasiallinen ravintoaineiden lähde sen ensimmäisten elinkuukausien ajan⁴⁰. Tamman syödessä sopivan määrän ravitsemuksellisesti oikeanlaista ravintoa se tuottaa päivittäin 3–4 % painoaan vastaavan määrän maitoa ensimmäisten kahden kuukauden imetyksen aikana. Maidon tuotanto vähenee hitaasti 2 % tamman painoa vastaavaan määrään viiteen kuukauteen mennessä⁴¹. Tamman tuottaman maidon määrä vaihtelee hieman imetyksen aikana, mutta maidon ravinteiden määrä vähenee tasaisesti koko imetyksen ajan⁴¹. Gibbsin ym. (1982) tutkimuksessa tammojen tuottaman maidon määrän todettiin olevan suurempi sellaisilla tammoilla, joilla oli vähintään kolmas maidontuotantokausi meneillään verrattuna tammoihin, maidontuotantokausi oli vasta ensimmäinen tai toinen⁴¹.

Tamman tuottaman maidon määrä voi laskea liikalihavilla, laihtuvilla ja hyvin laihoilla tammoilla⁴. Jos kuitenkin varsomisen aikaan laihalle tammalle järjestetään riittävä ruokinta, tamma kykenee nostamaan tuottamansa maidon määrän samalle tasolle kuntoluokaltaan suurempien tammojen kanssa yhden kuukauden kuluessa maidontuotannon alusta. Tamman maidontuotannon ylläpitäminen vaatii kuitenkin lähes kaksinkertaisen energiamäärän ylläpitoon kuluvaan energiamäärään verrattuna. NRC (1989) on arvioinut, että tamma tarvitsee sulavaa energiaa 792 kcal yhtä tuotettua maitokiloa kohden. Tamman maidontuotannosta johtuva energiantarpeen kasvu lisättyä painon lisäykseen tarvittavaan energiamäärään kuntoluokan korjaamiseksi lisää suuresti rehumäärää, joka tamman pitäisi kuluttaa⁴.

Tammat, joilla on sopivat varastot elimistössään, käyttävät niitä hyväkseen, eivätkä vähennä maidon tuotantoa, vaikka ne saisivat syödäkseen vain 70–80 % tarvitsemastaan ravintomäärästä⁴. Eräissä tutkimuksissa lihaville poneille syötettiin vain 65–85 % niiden tarvitsemasta energiasta ja 60–70 % proteiinista, mutta tämä ei vaikuttanut niiden varsojen kasvuun eikä näin ollen oletettavasti tammojen maidon tuotantoon. Varsojen kasvussa ei todettu eroja myöskään sellaisessa tutkimuksessa, jossa osalle tammoista syötettiin 70 % ja osalle 130 % niiden tarvitsemasta energiamäärästä imetyksen aikana. Kun tamman elimistön varastot ovat riittävän vähissä, maidon tuotanto vähenee, mutta maidon koostumus ei muutu⁴. Monissa tutkimuksissa on huomattu, että riittämätön

energian tai proteiinin saanti tarpeeksi pitkän ajan kuluttua tammoilla, joilla ei ole riittäviä varastoja elimistössään (kuntoluokka vähemmän kuin 4 asteikolla 1–9), vähentää niiden maidon tuotantoa, mistä seuraa niiden varsojen kasvun heikkeneminen⁴¹. Liiallisella energiansaannilla tammoilla, joiden kuntoluokka on kohtalainen tai suurempi, näyttää olevan vain vähäinen vaikutus maidontuotannon määrään; maidontuotannon määrään vaikuttaa eniten tamman kuntoluokka. Kuitenkin riittävän suuri liiallinen ravinnon energiamäärä, kuten liian vähäinenkin, lopulta vaikuttaa maidon tuotantoon laskevasti. Liikalihavilla tammoilla, joiden kuntoluokka on lähes tai jopa 9, on arveltu olevan alentunut maidon tuotanto⁴.

Kubiak ym. (1991) tutkivat useaan kertaan varsoineita tammoja kahdessa ryhmässä, joista toisessa tammat olivat normaalipainoisia (kontrolliryhmä, n=11) ja toisessa liikalihavia (kuntoluokka keskimäärin 8,8, n=7) synnytyksen aikaan⁴². Näiden tammojen varsojen kasvua tutkittiin mittaamalla niiden painon kehitystä ja rinnan ympärysmittaa sydämen kohdalta mitattuna sekä kolmannen metakarpaaliluun ympärysmittaa. Maidontuotannon määrää tutkittiin myös punnitsemalla varsoja ennen ja jälkeen imemisen. Maidon koostumusta tutkittiin tekemällä maidosta analyysi laboratoriossa kahdesti tutkimuksen aikana. Maidon koostumuksessa ei huomattu epäedullisia muutoksia lihavilla tammoilla verrattuna normaalipainoisiin tammoihin. Vastaavanlaisia tuloksia on saatu liha- ja maitorotuisilla lehmillä⁴². Lihavat tammat tuottivat vähemmän maitoa (1,4 kg/pvä), kuin normaalipainoiset tammat. Lihavien tammojen varsat kasvoivat hitaammin kuin normaalipainoisten tammojen varsat. Kubiak ym. (1991) olettivat lihavien tammojen varsojen hitaamman kasvun johtuvan alhaisemmasta maidontuotannon määrästä, eikä maidon koostumuksesta, koska siinä ei todettu ryhmien välillä eroa. Kubiakin ym. (1991) mukaan heidän tutkimuksessaan saamiensa tulosten valossa näyttää mahdolliselta, että maidontuotannon määrä voi olla vähentynyt lihavilla tammoilla.

Tamman liiallinen energiansaanti ei nosta maidon rasva- tai proteiinipitoisuutta vaan, päinvastoin kuin on oletettu, vähentää niitä⁴. Tamman ravintoaineiden saanti, joko liiallinen tai liian vähäinen, näyttää vaikuttavan hyvin vähän maidon koostumukseen⁴¹. Tamman ruokavalion 5 % rasvalisäyksen on osoitettu nostavan tamman maidon energiamäärää, mutta monissa tutkimuksissa tamman ravinnosta saaman proteiinin määrän ja laadun ei ole todettu vaikuttavan maidon koostumukseen⁴¹.

Doreau ym. (1993) tutkivat tamman kuntoluokan vaikutusta maidontuotannon määrään ja maidon koostumukseen⁴⁰. Normaali-painoisten ja laihojen tammojen tuottaman maidon määrän välillä ei ollut merkittävää eroa. Sen sijaan Doreau ym. (1993) havaitsivat eron maidon rasva- ja proteiinipitoisuudessa. Normaali-painoisten tammojen maidossa oli suhteessa enemmän rasvaa ja vähemmän proteiinia kuin laihojen tammojen maidossa. Myös Thorson ym. (2010) tutkivat ruokinnan tason vaikutusta maidon koostumukseen, mutta he eivät havainneet eroa kuntoluokaltaan erilaisten tammojen maidon rasva- tai proteiinipitoisuudessa⁴³. Thorson ym. (2010) pohtivat, että ero näiden kahden tutkimustuloksen välillä saattaa johtua siitä, että Doreau ym. (1993) tutkimuksessa tammojen maidon koostumus analysoitiin vasta kaksi päivää synnytyksestä, jolloin laihat tammot saivat jo syödä rehua vapaasti ja näin ollen todennäköisesti kuluttivat sitä enemmän kuin normaali-painoiset tammot, minkä vuoksi laihoilla tammoilla saattoi olla suurempi maidon proteiinipitoisuus suhteessa normaali-painoisiin tammoihin.

Thorson ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa lihavampien tammojen maidossa oli vähemmän varsojen vastustuskyvyllä tärkeää immunoglobuliini G:tä (IgG), kuin niitä laihempien tammojen maidossa. Myös varsojen verinäytteissä havaittiin vastaavankaltainen ero, eli varsoilla, joiden emä oli kuntoluokaltaan suurempien tammojen ryhmässä, oli alhaisempi IgG-taso veren seerumissa. Kaikilla varsoilla oli kuitenkin normaalin rajan (> 8 g/l) ylittävä seerumin IgG-taso. Thorson ym. (2010) pohtivat, että erot IgG:n pitoisuudessa varsojen verinäytteissä saattoi johtua myös erilaisesta varsojen juomasta maidon määrästä ja IgG:n imeytymisestä. Ero IgG:n määrässä tamman maidossa taas saattoi johtua IgG:n laimenemisestä suurempaan määrään maitoa, koska tammojen tuottaman maidon määrää ei tutkimuksessa mitattu. Thorson ym. (2010) toteavat, että lisää tutkimusta tarvitaan tamman tiineyden aikaisen ruokinnan sekä tamman maidon ja varsan seerumin IgG-tasojen välisen yhteyden selvittämiseksi.

Tamman ravinnosta saaman kalsiumin ja fosforin määrän ei ole todettu vaikuttavan niiden pitoisuuteen tamman maidossa⁴. Myöskään tamman saaman kaliumin, sinkin, kuparin, magnesiumin tai raudan määrien ja maidon näiden eri aineiden pitoisuuksien välillä ei ole löydetty yhteyttä. Sen sijaan tamman maidon jodin ja mahdollisesti myös seleenin pitoisuudet ovat riippuvuussuhteessa näiden aineiden saantiin ravinnosta.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että tamman kuluttamien useimpien ravintoaineiden määrät eivät vaikuta niiden pitoisuuksiin tamman maidossa. Tärkein päämäärä imettävän tamman ruokinnassa on sopivan kuntoluokan ylläpito, eikä pyrkimys vaikuttaa maidon määrään tai sen koostumukseen⁴.

3.1.5 Ruokinnan toteutuksesta

Ruokinnan suunnittelun epäonnistuminen aiheuttaa enemmän ongelmia kuin sopimaton ravinnon koostumus²⁸. Hyvälaatuinen laidunruoho on erinomainen pohja ruokinnalle. Laiduntaminen voi vähentää ähkyjen, mahahaavojen ja hengitystiesairauksien sekä epänormaalin käyttäytymisen esiintymistä hevosella, vaikka toisaalta hevosen ylimäärin nauttima rehevä laidunruoho voi aiheuttaa ähkyjä ja kaviokuumetta²⁸. Tammoja voidaan ruokkia yksilöittäin tai lisääntymiskierron vaiheen mukaisissa ryhmissä²⁷. Siitostammat voidaan luokitella ei-varsonesiin, tyhjiin (ei-tiineisiin), tiineisiin sekä imettäviin tammoihin ja jakaa edellä mainitut ryhmät ruokintaryhmiin⁴. Tammojen, jotka eivät ole koskaan varsonneet, ja tyhjien tammojen ruokinta on samanlaista kuin muidenkin sellaisten hevosten ruokinta, jotka eivät ole tiineitä tai imetä. Astuttamisesta varsan vieroittamiseen kuluvana aikana tamma käy läpi erilaisia vaiheita, joissa sen ravitsemukselliset tarpeet poikkeavat toisistaan. Näitä vaiheita ovat varhainen tiineys, lopputiineys, varhainen imetys ja loppuvaiheen imetys⁴.

Yksi vaihtoehto toteuttaa ruokinta ihanteellisesti ja taloudellisesti on muodostaa tammoista neljä ruokintaryhmää⁴. Ensimmäiseen kuuluvat ei-imettävät tammot, esimerkiksi tammot, jotka eivät ole koskaan varsonneet; toiseen ryhmään kuuluvat ei-imettävät tiineet tammot ensimmäisen kahdeksan tiineyskuukauden aikana ja tyhjät tammot; kolmanteen ryhmään kuuluvat tiineyden viimeisellä kolmanneksella olevat tiineet tammot ja neljänteen ryhmään imettävät tammot. Imettävien tammojen ruokintaryhmään kuuluvat lisäksi kohtalaisessa (kuntoluokka 5 asteikolla 1–9) tai alemmassa kuntoluokassa olevat missä tahansa lisääntymiskierron vaiheessa olevat tammot, jotta ne saisivat lisää painoa. Esimerkiksi juuri kilpailukaudelta palaavat voivat olla tässä tilanteessa. Edellisestä poikkeavia ruokintaryhmiä voidaan muodostaa tarvittaessa, esimerkiksi pienemmissä hevoslaumoissa pienempi määrä ruokintaryhmiä tai yksilöllinen ruokinta voivat olla käytännöllisempiä kuin edellä mainitut neljä ruokintaryhmää⁴.

Tamman ruokinta tiineyden viimeisellä kolmanneksella ja imetyksen aikana poikkeaa ei-imettävien, tyhjien ja tiineyden kahdella ensimmäisellä kolmanneksella olevien tammojen ruokinnasta⁴. Nuorena leikattu heinä tai laidunnettu ruoho tarjoaa yleensä tamman tarpeita vastaavan määrän energiaa, proteiinia ja muita ravintoaineita sekä tiineyden viimeisen kolmanneksen aikana että koko imetyksen ajan. Karkearehun laadusta riippuen lisää proteiinia ja energiaa voidaan kuitenkin tarvita tamman ruokavalioon. Jotta voidaan määrittää, vastaako käytössä oleva karkearehu tamman tarpeita, voidaan tehdä rehuanalyysi. Siinä tapauksessa, että karkearehu sisältää riittävästi energiaa, mutta ei proteiinia, yleensä 1 kg 25–30 % proteiinia sisältävä väkirehulisä vastaa tarvittavaa proteiinimäärää. Jos sekä proteiinia että energiaa on karkearehussa liian vähän tamman tarpeisiin nähden, esimerkiksi viljasekoitus on sopiva väkirehu, jota syötetään 0,5–1 kg tamman sataa painokiloa kohden päivässä annosteltuna siten, että tamman kuntoluokka pysyy sopivana. Rasvaa tai öljyä voidaan lisätä tamman ruokavalioon, jos tamman toivotaan lihovan⁴.

Jos tammalle on tarjolla hyvälaatuista karkearehua, se ei tarvitse lisää proteiinia ruokavalionsa väkirehun muodossa⁴. Tämä osoitettiin kahdessa tutkimuksessa, joista ensimmäisessä syötettiin päivittäin 2 kg pellettejä, jotka sisälsivät 25 % proteiinia, tiineyden viimeisen kolmanneksen ja imetyksen ajan kohtalaisessa kuntoluokassa oleville tammoille riittävästi ruohoa omaavalla ruoholaitumella. Väkirehulisällä ei ollut vaikutusta tammojen tiinehtymiseen, maidon koostumukseen tai sen määrään eikä varsojen kokoon tai kasvuun niiden kolmen ensimmäisen elinkuukauden aikana. Väkirehulisää saaneet tammat lihoivat tutkimuksen aikana 43 kg, mikä oli 10 kg enemmän verrokkeina toimineisiin tammoihin verrattuna kolmen ensimmäisen maidontuotantokuukauden aikana. Toisessa tutkimuksessa ei löydetty eroa varsojen kasvussa, kun niiden emille syötettiin vapaasti 95 % hyvälaatuista heinää ja 5 % viljasekoitusta tai 85 % samaa heinää ja 15 % viljasekoitusta⁴.

Tamman syödessä viljaa tulisi sen määrää vähentää puoleen tamman imettyä kolmen kuukauden ajan ja lopettaa viljan syöttäminen kokonaan 1–2 viikkoa ennen varsan vieroitusta⁴. Vähintään kahteen viikkoon vieroituksen jälkeen ei tulisi syöttää viljaa ja karkearehuakin tulisi mahdollisuuksien mukaan vähentää 1,5–2 kg tamman sataa painokiloa kohden päivässä. Nämä toimenpiteet helpottavat tamman maidontuotannon

vähenevät, varsa oppii syömään enemmän kiinteää ravintoa ja tamman utareen turpoaminen vähenee, mikä helpottaa tamman oloa vieroituksen aikana⁴.

3.2 Proteiini

NRC:n julkaisun (1989) mukaan tamma tarvitsee ylläpitoon 40 g ja tiineyden loppuvaiheessa 44 g raakaproteiinia jokaista megakaloria (mcal) sulavaa energiaa kohden²⁷. Imettäville tammoille NRC on laskenut proteiinin tarpeen olettaen, että maito sisältää proteiinia 2,1 % ja raakaproteiinin muuttaminen maidon proteiiniksi tapahtuu 36 %:n tehokkuudella. Näin ollen tavanomaisia rehuja käytettäessä aikuinen hevonen tarvitsee ylläpitoon 7–8 %, tiineet tammot tiineyden loppuvaiheessa 9–10 % sekä imettävät tammot 12 % maidontuotannon alkuvaiheessa ja 10 % loppuvaiheessa proteiinia ravintoannokseensa. Proteiinin puute voi aiheuttaa karvan kiillottomuutta, varsojen syntymäpainon laskua ja hidastunutta kasvua tamman alentuneen maidontuotannon vuoksi²⁷.

Epäsopiva energian tai proteiinin saanti saattaa tammalla estää ovulaation eli munasolun irtoamisen tai johtaa alkion varhaiskuolemaan, jos ovulaatio ja hedelmöitys ovat tapahtuneet⁴. Eräässä tutkimuksessa nuoret varsomattomat tammot olivat laitumella, jonka energiapitoisuus riitti hevosten painon ylläpitoon, mutta proteiinia oli liian vähän: 3,7 % hevosten tarvitsemasta 8 % osuudesta⁴. Kuusi näistä kahdeksasta tammasta tuli kiimaan, mutta vain kahdella tapahtui ovulaatio. Toisaalta kaikki seitsemän samalla laitumella ollutta tammaa, jotka saivat laidunruohon lisäksi alfalfa-heinää (15 % proteiinia) ja viljaa (11,9 % proteiinia), tulivat kiimaan ja niillä tapahtui ovulaatio. Kaikki tammot, joilla tapahtui ovulaatio tutkimuksen aikana, tiinehtyivät. Tämän tutkimuksen mukaan näyttää siltä, että proteiinin puutteen pääasiallinen vaikutus tammoilla on ovulaation epäonnistuminen⁴.

Van Niekerk & Van Niekerk (1998) tutkivat ravinnosta saatavan proteiinin vaikutusta tamman lisääntymiseen⁴⁴. Huonolaatuista proteiinia sisältävää ruokavaliota saaneista tammoista 35,7 % ja hyvälaatuista proteiinia sisältävää ruokavaliota saaneista tammoista 7,3 % menettivät tiineyden ensimmäisten 90 tiineysvuorokauden aikana. Alkiorakkuloiden koossa ei havaittu ryhmien välillä eroa. Veren progesteronipitoisuuksista van Niekerk & van Niekerk (1998) päättelivät, että

huonolaatuista proteiinia saaneiden tiineyden menettäneiden tammojen keltarauhaset eivät toimineet normaalisti.

Van Niekerk & Van Niekerk (1997) tutkivat myös proteiinin laadun vaikutusta tiettyjen lisääntymishormonien tasoihin tammoilla⁴⁵. Korkealaatuista proteiinia sisältävä ruokavalio näytti stimuloivan FSH:n ja LH:n tuottoa kausittaisen anestruksen jälkeen kiimakiertojaan aloittavilla tammoilla; proteiinia saaneiden tammojen syklinen FSH:n vapautuminen alkoi 4–6 viikkoa ja ensimmäiset ovulaatiot 3–4 viikkoa aikaisemmin kuin huonolaatuista proteiinia saaneilla tammoilla. Tammojen progesteronitasoihin proteiinin laadulla ei ollut Van Niekerkin & Van Niekerkin (1997) tekemässä tutkimuksessa vaikutusta ensimmäisen kausittaisen anestruksen jälkeisen kiimakierron aikana.

3.3 Mineraalit

Karkearehuissa on yleensä liian vähän kalsiumia ja fosforia tamman tarpeisiin nähden tiineyden viimeisellä kolmanneksella ja maidon tuotannon aikana⁴. Näiden mineraalien puute ei kuitenkaan ole haitallista, mikäli tammalla on runsaat varastot niitä elimistössään. Tästä huolimatta tiineyden viimeisen kolmanneksen ja maidontuotannon aikana kohonneen tarpeen vuoksi tamman saatavilla hyvä olla vapaasti kivennäis-suolavalmistetta, jossa on kalsiumia ja fosforia ja joka toimii ainoana suolan lähteenä tai sopiva määrä voidaan lisätä tamman saamiin väkirehuihin. Jos kivennäissekoitus sisältää 10 % tai enemmän kalsiumia ja fosforia, 90–120 g tammaa kohden on yleensä sopiva määrä⁴. NRC:n (1989) mukaan tamman ruokavalio tulisi sisältää ylläpidossa 0,2 %, tiineyden aikana 0,4 % ja imetyksen aikana 0,5 % kalsiumia²⁷. NRC:n (1989) määrittämät kalsiumin tarpeet tammalle lisääntymiskierron eri vaiheissa voidaan laskea myös seuraavasti kaavojen avulla²⁷.

Tamman kalsiumin ylläpitotarve:

$$\text{Ca (g/pvä)} = 0,04 \times \text{tamman paino (kg)}$$

Tamman kalsiumin tarve tiineyden aikana:

$$\text{Ca (g/pvä)} = 1,90 \times \text{Mcal sulavaa energiaa (DE)}$$

Imetyksen aikana tamman tarvitseman kalsiumin määrä voidaan laskea, kun tiedetään tamman kalsiumin ylläpitotarve. Tamman kalsiumin tarve on erilainen imetyksen alku- ja loppuvaiheissa²⁷.

Tamman kalsiumin tarve imetyksen alkuvaiheessa:

$$\text{Ca (g/pvä)} = \text{Ca:n ylläpitotarve} + (0,03 \times \text{tamman paino (kg)} \times 1,2 / 0,5)$$

Tamman kalsiumin tarve imetyksen loppuvaiheessa:

$$\text{Ca (g/pvä)} = \text{Ca:n ylläpitotarve} + (0,02 \times \text{tamman paino (kg)} \times 1,2 / 0,5)$$

Kalsiumia sisältäviä mineraalisuoloja voidaan tarjota tammoille vapaasti, mutta niillä ei ole vaistoa säännöstellä kalsiumin saantia, vaan ne syövät suolasekoitusta saadakseen suolaa⁴. Karkearehun kalsiumpitoisuudesta riippuu, tarvitseeko kalsiumia lisätä tamman ruokavalioon. Useimmat kaupalliset väkirehut sisältävät kalsiumia. Fosforin määrä ruokavaliossa ei saisi koskaan suuresti ylittää kalsiumin määrää, koska fosfori haittaa kalsiumin imeytymistä⁴. NRC:n (1989) mukaan tiineen ja imettävän tamman ruokavalion (oletuksena 90 % kuiva-ainepitoisuus) tulisi sisältää vähintään 0,3 % ja muulloin vähintään 0,15 % fosforia²⁷. Pitkittyneen ja vakavan fosforin puutteen on ajateltu laskevan lisääntymistehokkuutta joillakin kasvinsyöjillä, mutta ei hevosilla²⁷.

3.4 Hivenaineet

Yleisesti ajatellaan, että hivenaineiden puutokset voivat aiheuttaa lisääntymiseen liittyviä ongelmia, mutta ei ole olemassa todistusaineistoa siitä, että suuret määrät näitä aineita laskisivat hedelmällisyyttä²⁷. Kupari ja sinkki ovat saaneet paljon huomiota tutkijoilta. NRC:n (1989) mukaan tammojen ruokavaliossa tulisi olla vähintään 10 mg kuparia ja 40 mg sinkkiä jokaista kuiva-ainekiloa kohden. On ehdotettu, että korkeat tasot kuparia ja sinkkiä tammojen ruokavaliossa voisivat vähentää varsojen synnynäisiä jalkojen kehityshäiriöitä (developmental orthopedic disease), erityisesti osteokondroosia. NRC:n (1989) mukaan todistusaineisto ei kuitenkaan ole riittänyt kuparin ja sinkin määrien suositusten nostamiseksi. Siittoloissa, joissa varsoilla esiintyy runsaasti edellä mainittuja häiriöitä varsoilla, voisi olla tarpeen kuitenkin arvioida tammojen kuparin ja sinkin saanti²⁷.

Stowe ym. (1967) selvittivät mahdollista yhteyttä tammojen veren kuparipitoisuuden ja kohtuvaltimon repeämisen esiintyvyyden välillä tutkimuksessa, jossa oli mukana 475 rodultaan täysveristä tammaa⁴⁶. Tutkijat huomasivat, että tammojen veren kuparipitoisuudessa oli merkittävä nousu tiineyden 30 viimeisen päivän aikana. Tutkimuksen aikana sattui neljä tamman kuolemaan johtanutta ja kolme vähemmän

vakavaa kohtuvaltimon repeämää synnytyksen yhteydessä. Kaikki tammat, joille kohtuvaltimon repeämä tapahtui, olivat iältään 15–25-vuotiaita, mikä on tavallinen ikähaarukka kohtuvaltimon repeämiselle tammoilla⁴⁶. Kuparin pitoisuus veressä oli vakavasta verenvuodosta kärsineillä tammoilla merkittävästi alhaisempi, kuin vastaavanikäisillä tammoilla, joille kohtuvaltimon repeämää ei tapahtunut. Stowe ym. (1967) pohtivat, että veren kuparipitoisuuden nousu ennen synnytystä on todennäköisesti fysiologinen ilmiö, joka ylläpitää valtimoiden joustavuutta synnytyksen aikana. Vanhemmat tammat, joilla on nuoria tammoja alhaisempi taso kuparia veressään, ovat näin ollen alttiimpia kohtuvaltimon repeämiselle kuin nuoret tammat.

Kavazis ym. (2002) tutkivat tammojen ruokavalioon korkeina tasoina lisättävien hivenaineiden vaikutusta varsojen kasvuun ja hivenainetasojen kehittymiseen tammojen ja varsojen elimistöissä⁴⁷. Tutkimuksen tulokset eivät antaneet viitteitä siitä, että korkeampia tasoja hivenaineita olisi syytä lisätä tammojen ruokavalioon loppuaineiden ja imetyksen aikana, kuin mitä NRC:n (1989) suosittelee. NRC:n suositusten ylittävillä määrillä ei ole Kavazis ym. (2002) saamien tulosten mukaan vaikutusta varsojen kasvuun tai kehitykseen eikä kuparin, sinkin tai raudan pitoisuuksiin tamman maidossa.

Jodin on jo pitkään tiedetty olevan välttämätön hivenaine kilpirauhasen normaalille toiminnalle, mutta myös jodin ylimäärä voi estää kilpirauhasen toimintaa estämällä jodin ottoa kilpirauhasoluihin ja kilpirauhasen tuottamien hormonien vapautumista⁴⁸. Jodin puutetta ja yleisimmin jodin yliannostuksesta johtuvaa myrkytystä tavataan useimmiten vastasyntyneillä varsoilla johtuen niiden emän jodin puutteesta tai liiallisesta saannista⁴. Tamman jodin puute voi johtaa heikkojen, karvattomien tai kuolleiden varsojen syntymiseen⁴. Jodin puutteesta kärsineillä varsoilla on suurentunut kilpirauhanen eli struuma²⁷. Lisäksi varsoilla voidaan tavata raajojen virheellisiä asentoja⁴. Jodia sisältävien hivenainesuolojen käyttö on vähentänyt tehokkaasti jodin puutteesta aiheutuvia ongelmia²⁷. NRC (1989) on arvioinut tamman jodin tarpeen olevan 0,1 mg rehukiloa kohden. NRC:n (1989) mukaan tiineet tammat, jotka saavat ylimäärin jodia, yli 50 mg päivässä, saavat todennäköisesti heikon puutteellisesti luustostaan ja lihaksistostaan kehittyneen varsan, jolla on struuma. Tammaan jodin ylimäärä näyttää vaikuttavan vähän, mutta erittäin suuret annokset, esimerkiksi 350 mg jodia päivittäin, voivat aiheuttaa tammallekin struuman ja abortin²⁷.

Durham ym. (1995) tutkivat tammoille tiineyden aikana syötetyn ylimääräisen jodin vaikutusta varsoihin⁴⁸. Tammot saivat päivittäin noin 26 mg jodia tiineyden viimeisen kolmanneksen aikana. Kahdella kuudesta syntyneestä varsasta oli suurentunut kilpirauhanen, ja nämä varsat olivat ensimmäisten elintuntiansa aikana normaalia heikompia, mutta ne piristyivät ja voimistuivat melko nopeasti. Varsojen kilpirauhaset tuottivat normaalin määrän kilpirauhashormoni tyroksiinia (T4), mikä viittaa siihen, että varsojen kilpirauhaset toimivat normaalisti. Tämä voi Durhamin ym. (1995) mukaan selittyä sillä, että ylimääräisen jodin kilpirauhasta estävä vaikutus poistui nopeasti varsojen syntymän aikaan. Näiden kahden struumasta kärsivän varsan kasvu oli normaalia, mutta niiden kilpirauhaset pysyivät suurentuneina, ja ne olivat tunnettavissa, mutta ei näkyvissä vielä 17 kuukauden iässä. Tammoilla ei havaittu merkkejä suurentuneesta kilpirauhasesta tai kilpirauhasen vajaatoiminnasta. Durham ym. (1995) huomauttavat, että aikaisemmin on raportoitu varsoilla struumaa, kun niiden emät ovat saaneet päivittäin 30–432 mg jodia, kun taas annoksella 14 mg jodia päivässä ei ole todettu olevan yhteyttä varsojen struumaan.

Seleenin puutteesta ja toksisuudesta on kirjoitettu paljon ja molempia tilanteita tavataan edelleen⁴. Tamman seleenin puute voi johtaa varsan ruokinnalliseen myopatiaan, joka aiheuttaa heikkoutta, heikentyntä liikkumiskykyä, imemis- ja nielemisvaikeuksia, hengenahdistusta sekä sydämen toiminnan vajausta⁴. NRC:n (1989) arvion mukaan 0,1 mg seleeniä rehukiloa kohden on sopiva määrä tammoille. Seleenin ylimäärä aiheuttaa jouhien lähtöä hännästä ja harjasta sekä kavioiden irtoamista⁴. Seleenin liikasaantia on hevosilla raportoitu maailmalla alueilla, joilla on runsaasti seleeniä maaperässä sekä liiallisen ravintoon lisäämisen seurauksena²⁷. Alueilla, joissa on maaperässä vähän seleeniä, tammoille tulisi olla vapaasti tarjolla suolaa, johon on lisätty seleeniä ainoana tarjolla olevana suolana tai vaihtoehtoisesti lisätä sitä väkirehuun niin että seleeniä sisältävää suolaa on 0,5 % osuus ruokavaliosta⁴.

Karrenin ym. (2010) tekemässä tutkimuksessa seleenin lisääminen tammojen ruokavaliioon tiineyden aikana nosti seleenin pitoisuutta tammojen ternimaidossa ja varsojen veren plasmassa, mutta ei vaikuttanut IgG:n pitoisuuteen ternimaidossa tai varsan seerumissa⁴⁹. Thorson ym. (2011) tutkivat tamman ruokinnan energiatason ja seleenin vaikutusta varsomiseen ja maidon koostumukseen, mutta seleenillä ei näyttänyt olevan vaikutusta IgG-tasoihin tamman maidossa tai varsan seerumissa.

Naudoilla ja lampailla on raportoitu ristiriitaisia tuloksia seurauksena seleenin lisäämisestä eläinten ruokavalioon, osassa tuloksista seleenin lisääminen nosti IgG-tasoa⁵⁰ ja toisissa seleenillä ei näyttänyt olevan vaikutusta IgG-tasoihin⁵¹ tai tasot laskivat⁵². Thorson ym. (2011) toteavat, että lisää tutkimusta tarvitaan ruokavalion seleenin ja IgG-tasojen välisestä yhteydestä.

3.5 Vitamiinit

Vitamiinien vaikutus tamman lisääntymiseen on saanut vähän huomiota tutkijoilta²⁷. A-vitamiini ja sen esiaste karoteeni ovat saaneet vitamiineista eniten huomiota tutkijoilta. A-vitamiinilla on monia tehtäviä elimistössä ja sen puute voi aiheuttaa muun muassa alentunutta hedelmällisyyttä, lisääntynyttä kyyneleritystä, karkeaa karvapeitettä, hämäräsokeutta ja lisääntynyttä alttiutta hengitystieinfektioille. NRC (1989) on suositellut, että tammojen ruokavalion tulisi sisältää 3 000–16 000 kansainvälistä yksikköä (KY) A-vitamiinia jokaista rehukiloa kohden. Erittäin suuria annoksia A-vitamiinia saaneilla hevosilla esiintyy alttiutta luiden murtumille, karkeaa karvapeitettä, karvanlähtöä, huonoa lihastonusta ja alakuloisuutta. Karoteeni ei vaikuta olevan yhtä myrkyllistä suurinakaan annoksina kuin A-vitamiini, koska hevonen voi saada laidunruhosta huomattavan suuria määriä karoteenia, ilman että A-vitamiinimyrkytyksen oireita havaitaan²⁷.

Hevonen saa A-vitamiinin luonnollisesta ravinnostaan karoteenin kautta²⁷. NRC (1989) on arvioinut, että 1 mg β -karoteenia tuottaa elimistössä enintään 400 KY A-vitamiinia. On ehdotettu, että karoteenilla on elimistössä muitakin tehtäviä kuin toimia A-vitamiinin esiasteena, koska karoteeni voi toimia antioksidanttina. Kiinnostus β -karoteenin mahdollisesta hyödystä lisääntymiskyvyn parantamiseksi tammoilla sai alkunsa lehmillä saaduista tutkimustuloksista, joiden mukaan β -karoteeni paransi lisääntymiskykyä, vaikka plasman A-vitamiinipitoisuus oli normaalilla tasolla. Eräissä tammoilla tehdyissä tutkimuksissa β -karoteenin lisäämisellä tammojen ruokavalioon on raportoitu olleen myönteistä vaikutusta tiinehtyvyyteen ja tiineyden säilymiseen ja tammoilla on todettu voimakkaampia kiiman oireita, mutta toisissa tutkimuksissa vaikutusta ei ole todettu²⁷. Vaikka A-vitamiinin puute ei varsinaisesti vaikuttaisikaan hevosen lisääntymiskykyyn, puute johtaa kuitenkin vähentyneeseen A-vitamiinin eritykseen ternimaitoon⁴. A-vitamiini siirtyy tamman verenkierrosta huonosti istukan läpi, joten varsa syntyy kärsien A-vitamiinin puutteesta, eikä tämä puute korjaannu, jos

tamman ternimaidossa on liian vähän A-vitamiinia. Jos A-vitamiinin puute jatkuu, se altistaa varsan kasvaneelle riskille saada tarttuvia tauteja, erityisesti hengitystie- ja suolistosairauksia⁴.

Vitamiinien lisäämisen tarve tamman ruokavalioon riippuu karkearehun vitamiinipitoisuudesta, koska viljat sisältävät yleensä niukasti vitamiineja²⁷. NRC (1989) on päätenyt suositukseen, jonka mukaan karoteenin lisääminen ruokavalioon tammoille, jotka syövät laidunruohoa tai muuta runsaasti karoteenia sisältävää karkearehua, on todennäköisesti tarpeetonta. Koska rehun vitamiinipitoisuuden tarkkailu on kallista, moniin kaupallisiin väkirehuihin on lisätty runsaasti vitamiineja, ja kaupallista väkirehua syöväälle hevoselle erillisen vitamiinilisän syöttäminen on yleensä turhaa²⁷.

A-vitamiinin puute heikentää lisääntymistehokkuutta monilla lajeilla, mutta tätä ei ole todettu hevosella⁴. Sen sijaan β -karoteenin puute voi heikentää tamman lisääntymiskykyä. Beetakaroteeni-injektioilla on saatu aikaan parannuksia sellaisten tammojen lisääntymistehokkuudessa, jotka eivät saa syödäkseen β -karoteenia sisältävää vihreää laidunruohoa⁴. Peltier ym. (1997) tutkivat β -karoteenin vaikutusta tammojen lisääntymiseen⁵³. Tutkimuksessa kahdeksan tammaa jaettiin kahteen ryhmään, joista toinen ryhmä sai joka toinen päivä pistoksena β -karoteenia (400 mg) ja toinen ryhmä sai vastaavasti suolavettä (10 ml). Ryhmien välillä ei todettu eroa steroidihormonien estradiolin tai progesteronin pitoisuuksissa plasmassa kiimakierron aikana eikä myöskään eroa follikkelien kehityksessä munasarjoissa. Samassa tutkimuksessa tehtiin koe, jossa 157 tammaa jaettiin neljään ryhmään, joista ensimmäinen ryhmä sai suolavettä, toinen ryhmä β -karoteenia (400 mg), kolmas ryhmä A-vitamiinia (16 000 KY) ja neljäs ryhmä sekä β -karoteenia (400 mg) että A-vitamiinia (16 000 KY) aina kiiman ensimmäisenä tai toisena päivänä ja siemennyspäivänä tiinehtymiseen asti. Tiinehtyvyydessä eli tiinehtyneiden tammojen osuudessa ja yhtä tiineyttä kohden tarvittujen kiimakiertojen lukumäärässä ei ollut neljän ryhmän välillä eroa. Peltier ym. (1997) heidän saamiensa tulosten mukaan näyttää siltä, että ylimääräinen β -karoteeni ei vaikuta tamman lisääntymistoimintoihin ainakaan silloin, kun tammat syövät hyvää karkearehua, esimerkiksi laidunruohoa, jossa on valmiiksi riittävästi β -karoteenia. Lisäksi he toteavat, että tarvitaan lisää tutkimusta sen selvittämiseksi, onko lisätystä karoteenista apua tammoille, joiden ruokavaliossa on vähän β -karoteenia. Peltier ym.

(1997) vertaavat omaa tutkimustaan tutkimukseen, jossa lisättyä β -karoteenia (500 mg päivittäin keväällä) saaneiden tammojen tiinehtyvyys nousi, ja he toteavat, että on todennäköistä, että toisen tutkimuksen tammojen tiinehtyvyyden nousu saattoi liittyä enemmän vuodenaikaan kuin β -karoteeniin.

D-vitamiinia tarvitaan elimistössä kalsiumin hyödyntämiseen ja luun muodostamiseen²⁷. Hevosilla, jotka altistuvat auringonvalolle, ei ole koskaan olesitetty olevan D-vitamiinin puutetta. Auringon ultravioletti säteet muuttavat elimistön tuottamat yhdisteet D-vitamiiniksi. Jos tammat eivät altistu auringonvalolle, niiden ruokavalion tulisi sisältää NRC:n (1989) mukaan 600 KY D-vitamiinia jokaista rehun kuiva-ainekiloa kohden²⁷. On hyvä huomioida, että myös loimitus voi estää hevosen altistumisen auringonvalolle.

E-vitamiinilla on useita vaikutuskohteita elimistössä²⁷. E-vitamiini toimii muun muassa yhdessä seleenin kanssa ehkäisten ruokinnallista myopiaa. E-vitamiinin myrkyllistä yliannostusta ei ole raportoitu hevosilla²⁷. E-vitamiinin tai seleenin puutetta nähdään yleisimmin varsoilla syntymähetkestä yhden kuukauden ikään asti johtuen tamman seleenin puutteesta tiineyden aikana tai seleenin tai E-vitamiinin, tai molempien puutteesta imetyksen aikana⁴. E-vitamiinin puutteen on todettu heikentävän lisääntymistä monilla eläinlajeilla, mutta tätä ilmiötä ei ole koskaan raportoitu hevosella, eikä ole todisteita siitä, että E-vitamiinin lisääminen sellaisten hevosten ruokavalioon, jossa on vähän E-vitamiinia, auttaisi ratkaisemaan lisääntymiseen liittyviä ongelmia, lisäksi lisääntymistehokkuutta tai vaikuttaisi sukupuoliviettiin⁴. NRC:n (1989) suosituksen mukaan lisääntyvien ja kasvavien eläinten ruokavalion tulisi sisältää 80 KY E-vitamiinia rehukiloa kohti. Suositusta nostettiin paljon edelliseen suositukseen verrattuna muun muassa sellaisen tutkimustuloksen perusteella, jonka mukaan eläinten vastustuskyvyssä todettiin parannusta ruokavaliolla, jossa oli selvästi edellistä suositusta korkeampi taso E-vitamiinia²⁷.

Mäenpää ym. (1988) tutkivat kahden erilaisen vitamiinisekoituksen syöttämisen vaikutusta tiineiden suomenhevos tammojen ja varsojen seerumin vitamiinitasoihin talviaikana⁵⁴. D-vitamiinin määrä kuivassa heinässä ja kaurassa on talvella vähäinen, ja A- ja E-vitamiinit voivat hapettua pitkän säilytyksen aikana. Toisessa vitamiiniväestössä oli A-, D- ja E-vitamiinia ja toisessa vain D-vitamiinia ja kumpaakin tiivistettä syötettiin yhdelle tammaryhmälle. Tammoilla ei seerumin A- ja E-

vitamiinitasoissa ollut ryhmien välillä eroa, mutta varsoilla seerumin A- ja E-vitamiinitasot nousivat myöhään talvella ja aikaisin keväällä. Mikään arvo ei kuitenkaan ylittänyt kesällä mitattuja arvoja. Hevosten D-vitamiinitasot laskivat hyvin matalalle lokakuussa ja laskivat edelleen talven ja alkukevään aikana. D-vitamiinitason lasku oli erityisen voimakas hevosilla, jotka saivat vähemmän D-vitamiinia sisältävää vitamiiniväestettä. Vitamiinisekoituksen syöttäminen ei ollut tehokasta estämään seerumin vitamiinitasojen laskua talvella. Mäenpää ym. (1988) mukaan heidän saamiensa tulosten valossa näyttää siltä, että Suomessa yleisesti käytetyt määrät A- ja E-vitamiinia eivät ole riittäviä ylläpitämään seerumin vitamiinitasoja talven aikana lähelläkään kesän laidunkauden tasoja.

3.6 Erityistapauksia

Haupt ym. (2000) tutkivat veden rajoittamisen vaikutusta tammojen käyttöön ja fysiologiaan⁵⁵. Kuudelle tiineelle tammalle tarjottiin tutkimuksen aikana vapaasti heinää, mutta vettä oli tarjolla ensimmäisellä viikolla 5 litraa, seuraavalla viikolla 4 litraa ja viimeisellä viikolla 3 litraa tamman sataa painokiloa kohden päivässä. Kun vettä oli vapaasti tarjolla, tammot käyttivät sitä 6,9 litraa sataa painokiloa kohden päivässä, joten veden rajoitus 3 litraan sataa painokiloa kohden oli vain 42 % tammojen tarvitsemasta vesimäärästä. Tammojen heinän kulutus väheni merkittävästi kokeen aikana ja niiden syömän heinän määrä putosi noin 13 kg:sta 8 kg:aan päivässä ja niiden painot putosivat noin 8–49 kg kolmen viikon aikana. Tammojen käyttö ei muuttunut muutoin, kuin että syömiseen käytetty aika väheni veden rajoituksen aikana. Haupt ym. (2000) tulivat sellaisiin loppupäätelmiin tutkimuksestaan, että veden rajoitus 4 litraan tamman sataa painokiloa kohden aiheutti tammoille elimistön kuivumista ja saattoi vähentää niiden hyvinvointia, mutta veden rajoittaminen ei uhannut tammojen henkeä tai niiden tiineyttä.

Ruokaperäisistä myrkytyksistä osa koskee vain siitostammoja⁴. On syytä varmistaa, että siitostamma ei pääse syömään ruokonataa (*Lolium arundianaceum*⁵⁶) tai laidunruohoa, jos ei voida olla varmoja siitä, että ravinto on vapaata endofyyteistä. Ruokonata, jossa on solunsisäinen sieni eli endofyytti (*Neotyphodium coenophialum*⁵⁶) tiineyden viimeisellä kolmanneksella syötynä voi aiheuttaa sikiön abortoitumisen, pitkittyneen tiineyden, paksuuntuneen istukan, joka johtaa synnytyshäiriöihin, maidottomuuteen ja heikon tai kuolleen varsan syntymiseen (fescue toxicosis)⁴. Kuva ruokonata-kasvista on

esitetty kuvassa 1. Tamman ei tulisi myöskään päästä syömään durraa (*sorghum*-suku)⁴. Durrat tuottavat glykosidia, joka voi muuttua syanidiksi. Riittävän suuri syanidin saanti aiheuttaa tasapainohäiriöitä ja virtsarakon halvaantumista kaikilla hevosilla, mutta tiineillä tammoilla lisäksi aborttia ja niveljäykistymistä kärsiviä syntyviä varsoja. Lisäksi on olemassa useita sikiön epämuodostumille altistavia eli teratogeenisia kasveja⁴.

Heikko ravinnon laatu tai syömisen vähentyminen tai näiden yhdistelmä erityisesti hevosen korkean energiatarpeen aikana voi johtaa hyperlipemia-oireyhtymään⁴. Primaarisena sairautena hyperlipemiaa esiintyy tavallisimmin lihavilla ponitammoilla tiineyden loppuvaiheessa, imetyksen ja kuljetuksen aikana. Hyperlipemia voi esiintyä myös hevosilla ja poneilla, jotka eivät ole lihavia, kantavia tai tuota maitoa. Hyperlipemia johtaa vakavuuden mukaan oireisiin, joita ovat ruokahaluttomuus, juomattomuus, nopea kuntoluokan putoaminen, kuume, etenevä alakuloisuus, ähky tai ripuli, koordinaatiokyvyn heikkeneminen, askites ja ventraalinen turvotus, kooma ja kuolema. Hyperlipemia aiheutuu negatiivisesta energiatasapainosta, mistä seuraa rasvojen mobilisointi rasvakudoksesta nopeammin, kuin maksa ehtii käyttää rasvoja energiaksi, jolloin rasvat palaavat verenkiertoon maksasta tai jäävät maksaan, mistä seuraa maksan toiminnan heikkeneminen. Jos hyperlipemia huomataan ajoissa ja ruokinta toteutetaan niin, että energiatarve täytetään vähärasvaisella ravinnolla, paraneminen yleensä tapahtuu. Hyperlipemian ehkäisyssä on tärkeää huolehtia siitä, että ponitammat eivät pääse lihomään liian lihaviksi. Tiineen lihavan tamman, erityisesti lihavan ponitamman, tulee saada sopiva määrä hyvälaatuista ravintoa erityisesti tiineyden loppuvaiheessa ja imetyksen aikana, jotta hyperlipemian riski vähenisi⁴.



Kuva 1. Ruokonata (*Lolium arundinaceum*)⁵⁷

3.7 Johtopäätökset

Sopivan energian saannin ja sopivan kuntoluokan säilyttäminen ovat tärkeimmät asiat siitostamman ruokinnassa, koska nämä vaikuttavat eniten lisääntymisen onnistumiseen ja tehokkuuteen. Eniten tutkimuksia on tehty juuri energiatasapainon vaikutuksesta tamman lisääntymiseen. Sopivassa tai korkeassa kuntoluokassa olevat tammat tiinehtyvät todennäköisemmin kuin laihat tammat. Tamman lihominen tai laihtuminen tiineyden aikana, tamman paino varsomisen aikaan tai tamman lihavuus tai laihuus vaikuttaa vain vähän varsan syntymäpainoon ja synnytyksen onnistumiseen. Tamman pitämistä lihavana ei kuitenkaan tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella voi pitää suositeltavana.

Syntymätön varsa saa tamman elimistöstä tarvitsemansa energian ja ravintoaineet, mutta tamma laihtuu, jos sen ei ruokintaa lisätä. Imetys kuluttaa paljon tamman energiaa ja lisää ravinnon tarvetta. Tamman tuottaman maidon määrä voi laskea liikalihavilla, laihtuvilla ja hyvin laihoilla tammoilla. Tamman ravintoaineiden saanti, joko liiallinen tai liian vähäinen, näyttää vaikuttavan hyvin vähän maidon koostumukseen, vaan maidon laatuun vaikuttaa eniten tamman kuntoluokka. Tamman lihavuus voi laskea maidon IgG-pitoisuutta, mikä on huomionarvoista, koska maito on varsalle ainoa immunoglobuliinien lähde ja näin ollen tärkeä osa vastasyntyneen varsan vastustuskykyä. Lisää tutkimusta tarvitaan tamman tiineyden aikaisen ruokinnan sekä tamman maidon ja varsan seerumin IgG-tasojen välisen yhteyden selvittämiseksi.

Laidunruhosta tamma saa ihanteellisissa olosuhteissa kaiken tarvitsemansa, mutta etenkin pohjoisemmissa maissa laidunruohoa vastaavaa karkearehua ei ole saatavilla vuoden ympäri. Kuivaa heinää syöville tammoille kaupallisia vitamiinilisiä voidaan tarvita. Suomessa tammoille voi olla hyödyllistä syöttää D-vitamiinia talviaikaan, jotta niiden vitamiinitasot eivät laskisi kovin paljon alhaisemmiksi kesäaikaan verrattuna. Myöskään Suomessa yleisesti käytetyt määrät A- ja E-vitamiineja eivät ole riittäviä ylläpitämään seerumin vitamiinitasoa talven aikana.

Ruokinnan toteutuksella ei varsinaisesti ole vaikutusta lisääntymiseen, ellei välillisiä vaikutuksia terveyden säilymisen myötä oteta huomioon. Ruokintaryhmistä voi

kuitenkin olla etua yleisen järjestelmällisen ja ammattimaisen hevoskasvatuksen aikaansaamiseksi. Pääasia on, että kukin tamma otetaan jollain tavalla yksilönä huomioon ja ruokinta toteutetaan sen kuntoluokan korjaamiseksi tai säilyttämiseksi parhaalla mahdollisella tavalla. Myös tammojen vapaasta veden saannista on huolehdittava. Veden saannin rajoittamisen vaikutus tammojen syömiseen tuli esiin yhdessä tutkimuksessa ja se muistutti veden tärkeydestä ruokinnan rinnalla.

4 KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Hintz HF. Feeding the stallion. Teoksessa: McKinnon AO, Voss JL. (toim.) Equine reproduction. Lea & Febiger, Philadelphia 1993: 840-842.
2. Jackson SG. Nutrition and exercise for breeding stallions. Teoksessa: McKinnon AO, Squires EL, Vaala WE, Varner DD (toim.) Equine reproduction. 2. p. Wiley-Blackwell, Oxford 2011: 1228-1239.
3. Fernandes GS, Arena AC, Campos KE. Glutamate-induced obesity leads to decreased sperm reserves and acceleration of transit time in the epididymis of adult male rats. *Reprod Biol Endocrinol* 2012, 10: 105.
4. Lewis LD. Equine clinical nutrition: Feeding and care. Williams & Wilkins, Baltimore 1995.
5. Brinsko SP, Varner DD, Love CC, Blanchard TL, Day BC, Wilson ME. Effect of feeding a DHA-enriched nutraceutical on the quality of fresh, cooled and frozen stallion semen. *Theriogenology*. 2005, 63: 1519-1527.
6. Watson PF. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Anim Reprod Sci* 2000, 60-61: 481-492.
7. Conquer J, Martin J, Tummon I, Watson L, Tekpetey F. Fatty acid analysis of blood serum, seminal plasma, and spermatozoa of normozoospermic vs. asthenozoospermic males. *Lipids* 1999, 34: 793-799.
8. Conquer J, Martin J, Tummon I, Watson L, Tekpetey F. Effect of DHA supplementation on DHA status and sperm motility in asthenozoospermic males. *Lipids* 2000, 35: 149-154.
9. Blesbois E, Lessire M, Grasseau I, Hallouis JM, Hermier D. Effect of dietary fat on the fatty acid composition and fertilizing ability of fowl semen. *Biol Reprod* 1997, 56: 1216-1220.
10. Harris MA, Baumgard LH, Arns MJ, Webel SK. Stallion spermatozoa membrane phospholipid dynamics following dietary n-3 supplementation. *Anim Reprod Sci* 2005, 89: 234-237.
11. Rooke JA, Shao CC, Speake BK. Effects of feeding tuna oil on the lipid composition of pig spermatozoa and in vitro characteristics of semen. *Reproduction* 2001, 121: 315-322.
12. Elhordoy DM, Cazales N, Costa G, Estevez J. Effect of dietary supplementation with DHA on the quality of fresh, cooled and frozen stallion semen. *Abstracts / Anim Reprod Sci* 2008, 107: 319.

13. Pickett BW, Amann RP. Cryopreservation of semen. Teoksessa: McKinnon AO, Voss JL. (toim.) Equine reproduction. Lea & Febiger, Philadelphia 1993: 769-789.
14. De Lamirande E, Jiang H, Zini A, Kodama H, Gagnon C. Reactive oxygen species and sperm physiology. *Rev Reprod* 1997, 2: 48-54.
15. Aitken RJ, Baker MA, De Iuliis GN, Nixon B. New insights into sperm physiology and pathology. *Handb Exp Pharmacol* 2010, 198: 99-115.
16. Pagl R, Aurich J, Aurich C. Reactive oxygen species and their influence on stallion semen fertility - a review. *Pferdeheilkunde* 2006, 22: 212-217.
17. Jones R, Mann T. Lipid peroxidation in spermatozoa. *P Roy Soc Lond B Bio* 1973, 184: 103-107.
18. Deichsel K, Palm F, Koblishke P, Budik S, Aurich C. Effect of a dietary antioxidant supplementation on semen quality in pony stallions. *Theriogenology* 2008, 69: 940-945.
19. Contri A, De Amicis I, Molinari A, et al. Effect of dietary antioxidant supplementation on fresh semen quality in stallion. *Theriogenology* 2011, 75: 1319-1326.
20. Griveau JF, Dumont E, Renard P, Callegari JP, Le Lannou D. Reactive oxygen species, lipid peroxidation and enzymatic defence systems in human spermatozoa. *J Reprod Fertil* 1995, 103: 17-26.
21. Alvarez JG, Storey BT. Taurine, hypotaurine, epinephrine and albumin inhibit lipid peroxidation in rabbit spermatozoa and protect against loss of motility. *Biol Reprod* 1983, 29: 548-555.
22. Chu FF, Rohan de Silva HA, Esworthy RS. Polymorphism and chromosomal localization of the GI-form of human glutathione peroxidase (GPX2) on 14q24.1 by in situ hybridization. *Genomics* 1996, 32: 272-276.
23. Surai P, Kostjuk I, Wishart G, et al. Effect of vitamin E and selenium supplementation of cockerel diets on glutathione peroxidase activity and lipid peroxidation susceptibility in sperm, testes, and liver. *Biol Trace Elem Res* 1998, 64: 119-132.
24. Zhang JG, Nicholls-Grzemeski FA, Tirmenstein MA, Fariss MW. Vitamin E succinate protects hepatocytes against the toxic effect of reactive oxygen species generated at mitochondrial complexes I and III by alkylating agents. *Chem Biol Interact* 2001, 138: 267-284.
25. Gee EK, Bruemmer JE, Siciliano PD, McCue PM, Squires EL. Effects of dietary vitamin E supplementation on spermatozoal quality in stallions with suboptimal post-thaw motility. *Abstracts / Anim Reprod Sci* 2008, 107: 324.

26. Akmal M, Qadri JQ, Al-Waili NS, Thangal S, Haq A, Saloom KY. Improvement in human semen quality after oral supplementation of vitamin C. *J Med Food* 2006, 9: 440-442.
27. Hintz HF. Nutrition of the brood mare. Teoksessa: McKinnon AO, Voss JL. (toim.) *Equine reproduction*. Lea & Febiger, Philadelphia 1993: 631-639.
28. Chopin JB. Preventive medicine for broodmare farms. Teoksessa: McKinnon AO, Squires EL, Vaala WE, Varner DD (toim.) *Equine reproduction*. 2. p. Wiley-Blackwell, Oxford 2011: 2747-2752.
29. Russell M.A, Lawrence L.M. Roughage feeding for broodmares. *Equine Practice* 1987, 9: 8.
30. Senger PL. Pathways to pregnancy and parturition. 2. p. Pullman, WA: Current Conceptions, USA 2003.
31. Vecchi I, Sabbioni A, Bigliardi E, et al. Relationship between body fat and body condition score and their effects on estrous cycles of the standardbred maiden mare. *Vet Res Commun* 2010, 34: 41-45.
32. Gentry LR, Thompson Jr. DL, Gentry Jr. GT, Davis KA, Godke RA, Cartmill JA. The relationship between body condition, leptin, and reproductive and hormonal characteristics of mares during the seasonal anovulatory period. *J Anim Sci* 2002,80: 2695-2703.
33. Houseknecht KL, Baile CA, Matteri RL, Spurlock ME. The biology of leptin: A review. *J Anim Sci* 1998, 76: 1405-1420.
34. Ignacak A, Kasztelnik M, Sliwa T, Korbut RA, Rajda K, Guzik TJ. Prolactin – not only lactotrophin. A "new" view of the "old" hormone. *J Physiol Pharmacol* 2012, 63: 435.
35. Van Niekerk CH, van Heerden JS. Nutrition and ovarian activity of mares early in the breeding season. *J S Afr Vet Med Assoc* 1972, 43: 351-360.
36. Saastamoinen M, Jaakkola S, Särkijärvi S, Reilas T, Elo K, Kokkonen T, Karikoski N, Sormunen-Christian R, Tulamo R. HorseGrass–hevosille terveellinen laidunruokinta. Tutkimuksen loppuraportti 2009.
37. Lawrence L.M, DiPietro J, Ewert K, Parret D, Moser L, Powell D. Changes in body weight and condition of gestating mares. *J Equine Vet Sci* 1992, 12: 355.
38. Kubiak JR, Evans JW, Potter GD, Harms PG, Jenkins WL. Parturition in the multiparous mare fed to obesity. *J Equine Vet Sci* 1988, 8: 135-140.
39. Kubiak JR, Evans JW, Potter GD, Harms PG, Jenkins WL. Postpartum reproductive performance in the multiparous mare fed to obesity. *Theriogenology* 1989, 32: 27-36.

40. Doreau M, Chillard Y. Yield and composition of milk from lactating mares: Effect of body condition at foaling. *J Dairy Res* 1993, 60: 457.
41. Gibbs PG, Potter GD, Blake RW, McMullan WC. Milk production of quarter horse mares during 150 days of lactation. *J Anim Sci* 1982, 54: 496-499.
42. Kubiak JR, Evans JW, Potter GD, Harms PG, Jenkins WL. Milk yield and composition in the multiparous mare fed to obesity. *J Equine Vet Sci* 1991, 11: 158-162.
43. Thorson JF, Karren BJ, Bauer ML, Cavinder CA, Coverdale JA, Hammer CJ. Effect of selenium supplementation and plane of nutrition on mares and their foals: Foaling data. *J Anim Sci* 2010, 88: 982-990.
44. Van Niekerk FE, van Niekerk CH. The effect of dietary protein on reproduction in the mare. VII. embryonic development, early embryonic death, foetal losses and their relationship with serum progestagen. *J S Afr Vet Assoc* 1998, 69: 150-155.
45. Van Niekerk FE, van Niekerk CH. The effect of dietary protein on reproduction in the mare. IV. serum progestagen, FSH, LH and melatonin concentrations during the anovulatory, transitional and ovulatory periods in the non-pregnant mare. *J S Afr Vet Assoc* 1997, 68: 114-120.
46. Stowe HD. Effects of age and impending parturition upon serum copper of thoroughbred mares. *J Nutr* 1968, 95: 179-183.
47. Kavazis AN, Kivipelto J, Ott EA. Supplementation of broodmares with copper, zinc, iron, manganese, cobalt, iodine, and selenium. *J Equine Vet Sci* 2002, 22: 460-464.
48. Durham A.E. Congenital goitre in two colt foals born to mares fed excess iodine during pregnancy. *Equine Vet Educ* 1995, 7: 239.
49. Karren BJ, Thorson JF, Cavinder CA, Hammer CJ, Coverdale JA. Effect of selenium supplementation and plane of nutrition on mares and their foals: Selenium concentrations and glutathione peroxidase. *J Anim Sci* 2010, 88: 991-997.
50. Awadeh FT, Kincaid RL, Johnson KA. Effect of level and source of dietary selenium on concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in beef cows and calves. *J Anim Sci* 1998, 76: 1204-1215.
51. Rock MJ, Kincaid RL, Carstens GE. Effects of prenatal source and level of dietary selenium on passive immunity and thermometabolism of newborn lambs. *Small Rumin Res* 2001, 40: 129-138.
52. Boland TM, Keane N, Nowakowski P, Brophy PO, Crosby TF. High mineral and vitamin E intake by pregnant ewes lowers colostral immunoglobulin G absorption by the lamb. *J Anim Sci* 2005, 83: 871-878.

53. Peltier MM, Peltier MR, Sharp DC, Ott EA. Effect of β -carotene administration on reproductive function of horse and pony mares. *Theriogenology* 1997, 48: 893-906.
54. Mäenpää PH, Pirhonen A, Koskinen E. Vitamin A, E and D nutrition in mares and foals during the winter season: Effect of feeding two different vitamin-mineral concentrates. *J Anim Sci* 1988, 66: 1424-1429.
55. Houpt KA, Eggleston A, Kunkle K, Houpt TR. Effect of water restriction on equine behaviour and physiology. *Equine Vet J* 2000, 32: 341-344.
56. Cross DL. Fescue toxicosis. Teoksessa: McKinnon AO, Squires EL, Vaala WE, Varner DD (toim.) *Equine reproduction*. 2. p. Wiley-Blackwell, Oxford 2011: 2418-2427.
57. [Http://Wisplants.uwsp.edu/scripts/detail.asp?SpCode=FESARU](http://Wisplants.uwsp.edu/scripts/detail.asp?SpCode=FESARU), haettu 3.4.2013.