



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap

Tackans kalciumomsättning under högräktighet och tidig laktation



Klara Karlsson

Examensarbete för kandidatexamen, 15 hp

Agronomprogrammet – Husdjur

Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Examensarbete 2017:1

Umeå 2017

Tackans kalciumomsättning under högdräktighet och tidig laktation

Calcium metabolism in the ewe during late pregnancy and early lactation

Klara Karlsson

Handledare: Gun Bernes, SLU, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap

Examinator: Elisabeth Jonas, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap

Kurskod: EX0553

Program: Agronomprogrammet - Husdjur

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2017

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, 2017:1

Omslagsbild: Klara Karlsson

Nyckelord: Kalciumbrist, hypokalcemi, mineralomsättning, fårproduktion

Key words: Hypocalcemia, parturient paresis, mineral metabolism, milk fever, sheep production

Sammanfattning

Under sen dräktighet och tidig laktation kan tackor drabbas av kalciumbrist (hypokalcemi). Tackan tappar aptiten, blir vinglig, förlorar förmågan att resa sig och faller till sist i koma. Behandling med en intravenös injektion av kalcium ger en snabb återhämtning. Sjukdomsförloppet går dock fort och utan behandling i tid riskerar man att förlora både tackan och ofödda lamm. Därför är det av stort intresse att undvika hypokalcemi. Hos högvastande mjölkkor är problemet relativt vanligt (kalvningsförlamning) och mycket forskning har bedrivits på kalciumbrist hos kor. Betydligt mindre forskning har gjorts på får och därför är syftet med denna litteraturstudie att skapa en överblick över faktorer som påverkar kalciumomsättningen hos tackor under högdräktighet och tidig laktation, samt undersöka hur hypokalcemi kan undvikas. Några av de metoder som används som förebyggande åtgärd för mjölkkor undersöks med avseende på användbarhet för får.

För att upprätthålla vitala biologiska funktioner i kroppen måste koncentrationen av kalciumjoner i blodet hållas på en stabil nivå. Detta sker genom upptag av kalcium från födan via mag-tarmkanalen, genom utsöndring av kalcium via njurarna, samt genom utbyte av kalcium mellan plasman och skelettet. Regleringen styrs hormonellt och de viktigaste hormonerna för att undvika hypokalcemi är Parathormon (PTH) och kalcitriol. Under sen dräktighet och tidig laktation ökar tackans kalciumbehov kraftigt. Absorptionen från digestionskanalen hinner inte öka i samma takt, och en ansevärd mängd kalcium tas från skelettet. Omsättningen av kalcium kan påverkas av andra mineralämnen, så som fosfor och magnesium.

Att ge en mycket låg kalciumgiva tiden före förlossning eller att reglera balansen mellan katjoner och anjoner är förebyggande strategier som tillämpas på mjölkkor. Dessa tycks fungera fysiologiskt motsvarande för får, men vissa svårigheter kan finnas med den praktiska tillämpningen inom svensk fårproduktion. Det vore intressant med mer forskning om hypokalcemi under svenska betingelser.

Nyckelord: kalciumbrist, hypokalcemi, mineralomsättning, fårproduktion

Abstract

Hypocalcemia (lack of calcium) can occur during late pregnancy and early lactation in ewes. The disorder is characterised by loss of appetite, stiff gait, muscle tremors, recumbency and coma. Intravenous injection of calcium results in an immediate response, but due to the fast development of the disease, the risk of losing both the ewe and her unborn lambs is high, if no treatment is undertaken. Hence, it is of great importance to avoid hypocalcemia. The disorder is rather common for high yielding dairy cows (milk fever) and substantial research has been performed on the subject. Less research has been conducted on hypocalcemia in sheep. The aim of this literature study is to create an overview of factors influencing the calcium metabolism in the ewe during late pregnancy and early lactation and to investigate how to avoid hypocalcemia. Some of the methods commonly used to prevent milk fever in dairy cows are investigated according to application on sheep.

To sustain biologically vital functions in the body, the concentration of ionic calcium in plasma must be kept on a constant level. This is achieved by absorption of calcium from the intestine, by renal secretion and by continuous exchange of calcium between plasma and bone tissue. The metabolism of calcium is hormonally regulated and the major hormones involved in avoiding hypocalcemia are parathyroid hormone (PTH) and calcitriol. The ewe's requirement of calcium increases drastically during late pregnancy and early lactation. The absorption from the intestine fails to increase to the same extent and a large amount of calcium is obtained through bone resorption. Other minerals such as phosphorus and magnesium can affect the metabolism of calcium.

Two preventative methods used in dairy cows are to give a very low amount of calcium during late pregnancy or to regulate the balance between cations and anions. These strategies seem to work accordingly on sheep, but there might be some difficulties regarding the practical implication of these methods in Swedish sheep production. More research on hypocalcemia under Swedish conditions would be of interest.

Keywords: Hypocalcemia, parturient paresis, mineral metabolism, sheep production

Innehållsförteckning

1	Introduktion	4
2	Bakgrund	5
2.1	Kalcium – omsättning och biologisk funktion	5
2.2	Hormonell reglering av kalcium	6
2.2.1	Kalcitriol / vitamin D3	6
2.2.2	Parathormon (PTH)	6
2.2.3	Kalcitonin	7
3	Tackans kalciumomsättning	8
3.1	Tackans kalciumbalans under dräktighet och laktation	8
3.2	Klinisk hypokalcemi	8
3.3	Diagnostik och behandling	9
4	Förebyggande utfodringsstrategier	10
4.1	Kalciumbehov och utfodringsrekommendationer	10
4.2	Andra mineralämnens påverkan på mineralomsättningen	11
4.2.1	Fosfor	11
4.2.2	Magnesium	11
4.3	Begränsad kalciumgiva	12
4.4	Katjon- / Anjonbalansen	13
5	Diskussion	15
	Referenslista	18
	Tack	20

1 Introduktion

Kroppen innehåller en mängd olika mineralämnen som djur och människor behöver få i sig via födan, eftersom de uppfyller vitala biologiska funktioner. Dessa ämnen delas in i makromineraler och mikromineraler, även kallat spårämnen, utifrån i vilken mängd de återfinns i djuret och i vilken mängd de behövs i fodret (McDonald *et al.*, 2011). En del mineralämnen samverkar och påverkar upptaget och omsättningen av andra mineralämnen. Det är därför viktigt att inte bara ta hänsyn till utfodringsmängden av mineraler, utan även proportionerna mellan olika ämnen. Om djuret inte får i sig tillräcklig mängd mineralämnen kan det drabbas av bristsjukdomar med nedsatt funktion, tillväxt och reproduktionsförmåga som följd.

Ett av de essentiella mineralämnen som djur behöver få i sig är kalcium. Under tillväxt, dräktighet och laktation är behovet extra stort, eftersom mineraliseringen av skelettet, tillväxten hos fostret samt produktionen av mjölk kräver extra kalcium (Sjaastad *et al.*, 2010). Om koncentrationen av kalcium i plasman sjunker under normala nivåer drabbas djuret av hypokalcemi. En akut form av detta tillstånd kan inträffa hos mjölkkor i samband med kalvning (så kallad kalvningsförlamning) och hos får i slutet på dräktigheten eller tiden efter lamning. Tackor som drabbas av hypokalcemi uppvisar vinglighet och slöhet och blir slutligen liggande, oförmögna att resa sig (Brozos *et al.*, 2011). Utan behandling blir tillståndet snabbt kritiskt, med medvetslöshet och död som följd. Eftersom sjukdomsförloppet är mycket snabbt och ofta leder till döden för både tackan och de ofödda lammen om det lämnas obehandlat är det av stort intresse att undvika akut hypokalcemi. Det finns ingen statistik över hur vanligt det är med hypokalcemi hos dräktiga tackor i Sverige. Hos mjölkkor är dock hypokalcemi ett relativt stort problem och det finns mycket forskning och kunskap om hur man förebygger kalvningsförlamning.

Syftet med denna litteraturstudie är att skapa en överblick över faktorer som påverkar kalciumomsättningen hos tackor under högdräktighet och tidig laktation, samt undersöka hur hypokalcemi kan undvikas. Några av de metoder som används som förebyggande åtgärd för mjölkkor undersöks med avseende på användbarhet för får.

2 Bakgrund

2.1 Kalcium – omsättning och biologisk funktion

Kalcium är det mineralämne det finns allra mest av i kroppen (McDonald *et al.*, 2011). Ungefär 99 % av kalciumet återfinns i benmassa, då det tillsammans med bland annat fosfor bygger upp skelettet (Sjaastad *et al.*, 2010). Merparten av den resterande procenten finns i den extracellulära vätskan. I plasma är medelkoncentrationen av kalcium ungefär 2,5 mmol per liter. Ungefär hälften av detta är i fri jonform. Endast joniserat kalcium är biologiskt aktivt och dessa joner reglerar många viktiga cellfunktioner, bland annat de som är involverade i muskelkontraktioner och överföring av nervsignaler.

För att upprätthålla dessa viktiga funktioner behöver koncentrationen av kalcium i den extracellulära vätskan hållas på en stabil nivå. Detta sker genom upptag av kalcium från födan via mag- tarmkanalen, reglering av exkretion av kalcium från njurarna samt genom ett kontinuerligt utbyte av kalcium mellan den extracellulära vätskan och skelettet (Sjaastad *et al.*, 2010). Skelettet är en levande vävnad som konstant omformas genom både nedbrytning och uppbyggnad. Dessa processer kan ske parallellt. Hos unga djur sker skelettomsättningen snabbare än hos äldre djur och de har därför lättare att mobilisera kalcium. Därför löper äldre djur större risk att drabbas av hypokalcemi.

När kalcium behöver frisättas från benvävnaden kan det ske via en snabb respons, följt av en långsam respons (Sjaastad *et al.*, 2010). Den snabba responsen sker inom några minuter genom att kalcium frisätts från redan existerande benceller. Om kalciumbehovet kvarstår under längre tid svarar kroppen genom att bilda nya celler, så kallade osteoclaster, vars roll är att bryta ned skelettet. Detta kan ta flera dagar eller upp till veckor.

Det kalcium som tas från skelettet under perioder då kalciumbehovet är stort, som vid till exempel dräktighet och laktation, behöver senare ersättas av kalcium

absorberat via digestionskanalen under perioder då kroppen befinner sig i en positiv kalciumbalans (Braithwaite, 1983a).

2.2 Hormonell reglering av kalcium

Mekanismerna i kroppen som verkar för att upprätthålla kalciumbalansen i extracellulär vätska regleras av flera hormoner. Regleringen av kalcium påverkar även fosforbalansen i kroppen (Sjaastad *et al.*, 2010).

2.2.1 Kalcitriol / vitamin D3

Kalcitriol är ett hormon som verkar genom att öka syntesen av kalciumbindande proteiner, och därmed öka transporten av kalcium i olika vävnader (Sjaastad *et al.*, 2010). Den främsta effekten av hormonet är ökat upptag av kalcium och fosfor från digestionskanalen (Braithwaite, 1978a). Förstadiet till kalcitriol utgörs av D-vitamin, som hydroxyleras i två steg för att anta den biologiskt mest aktiva formen, 1,25(OH)₂-vitamin D₃, vilket är det kemiska namnet för kalcitriol (Sjaastad *et al.*, 2010). D-vitamin bildas i huden vid exponering av UV-ljus från solen, men kan även intas via födan. Vitaminet är fettlösligt och kan lagras i fettvävnad. Djur som lever på breddgrader med få timmar dagsljus under vintern, djur med mycket och tjock päls och djur som hålls inomhus under lång tid behöver få tillskott av D-vitamin i fodret.

I en studie av Paulson & Langman (1990) visades det överraskande att, till skillnad från hos människa och råtta, så ökade inte plasmanivåerna av kalcitriol hos dräktiga får för att kompensera för fostrets ökade kalciumbehov (Paulson & Langman, 1990). Senare studier visar dock att, liksom hos andra däggdjursarter, stiger nivåerna av kalcitriol under dräktigheten även hos får (Goyal *et al.*, 2016; Liesegang *et al.*, 2007).

2.2.2 Parathormon (PTH)

Parathormon (PTH) utsöndras från bisköldkörtlarna när kalciumnivån i den extracellulära vätskan sjunker (Sjaastad *et al.*, 2010). Hormonet verkar för att höja koncentrationen av kalcium genom att öka frisättningen av kalcium från benvävnad, öka resorptionen av kalcium i njurarna samt genom att öka syntesen av kalcitriol och därmed öka upptaget från tarmen. På så sätt spelar PTH en viktig roll för att förhindra uppkomsten av hypokalcemi.

2.2.3 Kalcitonin

Kalcitonin har rakt motsatt effekt jämfört med PTH. Således frisätts kalcitonin när plasmanivån av kalcium överstiger den normala (hyperkalcemi) och verkar främst genom att minska nedbrytningen av skelettet (Copp, 1969).

3 Tackans kalciumomsättning

3.1 Tackans kalciumbalans under dräktighet och laktation

Under dräktighet och laktation kräver fostrens tillväxt och den efterföljande mjölkproduktionen mycket kalcium. Fram till dräktighetsdag 65 förblir överföringen av kalcium till fostret låg, men ökar därefter stadigt och kalciumbehovet är som störst vid tiden runt förlossningen och i början av laktationen (Braithwaite *et al.*, 1970). Även om tackan under denna tid erbjuds en foderstat rik på kalcium, klarar hon inte av att absorbera kalcium i en tillräckligt hög takt för att ersätta dessa förluster (Braithwaite, 1983a; Braithwaite *et al.*, 1970). Absorptionen ökar förvisso gradvis under dräktigheten, men inte alltid i samma utsträckning som behovet ökar (Braithwaite, 1983a). Således hamnar tackan i en negativ kalciumbalans. För att kompensera för den otillräckliga absorptionen resorberas kalcium från skelettet. I studien utförd av Braithwaite (1983a) förlorade tackorna cirka 20% av den totala mängden kalcium i skelettet. Inte förrän i senare delen av laktationen hade behovet minskat och absorptionen ökat tillräckligt för att åter försätta tackan i en positiv kalciumbalans. Då kunde de förluster av benmassa som uppstod under dräktigheten och i början av laktationen ersättas genom nybildande av skelett, förutsatt att foderstaten innehöll tillräckligt mycket kalcium.

3.2 Klinisk hypokalcemi

Om resorptionen av kalcium från skelettet inte hinner ske i tillräckligt hög takt för att ersätta förlusterna till mjölk eller foster sjunker nivån av kalcium i plasman och djuret drabbas av hypokalcemi (Sjaastad *et al.*, 2010). Om förändringar i kalciumbalansen sker snabbt kan tillståndet bli akut. Hos kor är detta ett relativt stort problem och kallas för kalvningsförflamning. Hos kor uppstår kalciumbristen nästan

alltid i direkt samband med förlossningen, främst på grund av den plötsliga kalciumförlusten till bildandet av råmjölk och mjölk (Horst *et al.*, 1997). Hos får är riskperioden längre. De kan drabbas av hypokalcemi från flera veckor före lamning till två veckor efter förlossningen (Brozos *et al.*, 2011). Tackor som hålls för mjölkproduktion löper större risk att drabbas, främst under topplaktation. Även äldre tackor och tackor som bär på flera foster löper större risk att drabbas. Stress, till exempel vid transport, kan utlösa kalciumbrist.

Symptom vid akut hypokalcemi hos får är försämrad aptit, muskeldarrningar och vinglighet, följt av att djuret blir liggande med förlamning. Våmkontraktionerna upphör och öronen kan kännas kalla. Om ingen behandling ges faller djuret i koma, följt av död (Brozos *et al.*, 2011; Mavrogianni & Brozos, 2008).

Symptomen för hypokalcemi kan förväxlas med bland annat dräktighetstoxikos. Dräktighetstoxikos är ett metaboliskt tillstånd som kan uppstå under sen dräktighet. Det kan orsakas av bland annat felaktig utfodring och drabbar främst tackor som bär på många foster (Mavrogianni & Brozos, 2008). Drabbade tackor uppvisar onormal kolhydrat- och fettmetabolism. De tappar aptiten, uppvisar påverkan på nervsystemet och blir till sist liggande i koma. Prognosen är betydligt sämre än för hypokalcemi och de två tillstånden kan förekomma samtidigt (Brozos *et al.*, 2011).

3.3 Diagnostik och behandling

Diagnostisering av hypokalcemi kan ske genom att mäta kalciumhalten i blodet (Brozos *et al.*, 2011). Ett mycket snabbt gensvar på behandling med intravenös injektion av kalcium bekräftar diagnosen. Kalcium kan även injiceras subkutant, för en långsammare men mer långvarig effekt. Drabbade djur kan behöva upprepad behandling. Om man misstänker förekomst av dräktighetstoxikos bör intravenös kalciumgiva undvikas, eftersom dessa djur kan ha nedsatt leverfunktion (Mavrogianni & Brozos, 2008).

4 Förebyggande utfodringsstrategier

4.1 Kalciumbehov och utfodringsrekommendationer

Det finns flera olika institutioner som publicerar utfodringsrekommendationer för idisslare. Amerikanska utfodringsrekommendationer publiceras av ”National Research Council” (NRC) och i Sverige ges utfodringsrekommendationer ut av bland andra Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Underhållsbehovet av kalcium baseras på djurens kroppsvikt. Utöver underhållsbehovet anges tillägg för olika fysiologiska tillstånd så som dräktighet, laktation och tillväxt.

I tabell 1 anges rekommenderad kalciumgiva enligt NRC (2007) och enligt SLU (Spörndly, 2003) för underhåll och för en dräktig tacka som väger 70 kg.

Tabell 1. *Utfodringsrekommendation gram kalcium per dag för underhåll och sen dräktighet för en vuxen tacka som väger 70kg*

	Underhållsbehov g/dag	Sen dräktighet g/dag
(Spörndly, 2003) - SLU	3,7	5,3*
NRC (2007)	2,4	6,1**

* I besättning med i medeltal mindre än 2 lamm per tacka, 2 veckor före lamning

** Tacka med 1 foster, dräktighetsdag 133

Som tidigare nämnts kan negativ kalciumbalans vid förlossningen och i början av laktationen inte helt undvikas genom att öka kalciumgivan i fodret. Detta beror på att det är absorptionsförmågan, snarare än mängden tillgängligt kalcium, som är den begränsande faktorn (Braithwaite, 1983a; Braithwaite, 1978b; Braithwaite *et al.*, 1969).

4.2 Andra mineralämnens påverkan på mineralomsättningen

Funktionerna och regleringen av olika mineralämnen i kroppen är komplexa och vissa mineraler samverkar med varandra.

4.2.1 Fosfor

Ett exempel på två ämnen som är nära sammanknutna är kalcium och fosfor. Fosfor är det näst vanligaste mineralämnet i kroppen och liksom för kalcium återfinns merparten i skelettet (Sjaastad *et al.*, 2010). Fosfor är även en viktig komponent i många metaboliskt aktiva föreningar och är involverat i bland annat kroppens energisystem (ATP/ADP), metabolismen av näringsämnen, cellmembran, nervvävnad och i koenzymmer, samt regleringen av syra-bas balansen (NRC, 2007).

Omsättningen av fosfor är starkt knuten till omsättningen av kalcium och liksom för kalcium stimuleras upptaget från digestionskanalen av kalcitriol (Sjaastad *et al.*, 2010; Braithwaite, 1978a). Eftersom skelettet består av en sammansättning av både kalcium och fosfor, frisätts även fosfor vid nedbrytningen av skelettet på grund av kalciumbrist (Braithwaite, 1983b).

Hos idisslare finns ett linjärt samband mellan intaget av fosfor och absorptionen från digestionskanalen (Suttle, 2010). Absorptionen påverkas även av proportionen mellan kalcium och fosfor i fodret. Om får lider av fosforbrist kan upptaget försämrans av höga halter av kalcium (Suttle, 2010). Enligt utfodringsrekommendationerna för får utgivna av NRC (2007) bör proportionen mellan kalcium och fosfor inte överstiga 7:1 eller understiga 1:1, förutsatt att fosforgivan täcker behovet. Detta överensstämmer med resultaten i en studie av Wise *et al.* (1963) där effekten av olika förhållanden mellan kalcium och fosfor testades på kalvar. Denna studie visade även att förhöjt intag av fosfor minskade koncentrationen av kalcium i plasman. Spannmål innehåller höga andelar fosfor i förhållande till kalcium, vilket även kan leda till bland annat bildandet av urinsten (NRC 2007).

4.2.2 Magnesium

Brist på magnesium kan öka risken för hypokalcemi. Rude (1998) beskriver hur magnesiumbrist kan leda till ökad förekomst av hypokalcemi hos människor och djur. Detta beror både på minskad utsöndring av PTH, men även på minskad känslighet för hormonet i målvävnaderna.

4.3 Begränsad kalciumgiva

En metod för att förebygga kalvningsförlamning hos mjölkkor är att ge en fodergiva med låg andel kalcium under sinperioden, för att sedan växla till ett kalciumrikt foder i samband med förlossningen. I en reviewartikel skriven av Horst *et al.* (1997) förklaras denna mekanism med att man med en låg kalciumgiva före kalvning försätter djuret i negativ kalciumbalans. Detta leder till ökad utsöndring av PTH och kalcitriol, vilket ger ökad resorption från skelett och njurar och ökad absorption från digestionskanalen. På så vis är de mekanismer som reglerar kalciumbalansen redan aktiva och redo att kompensera för den plötsliga kalciumförlusten i samband med att mjölkproduktionen sätter igång. För att metoden ska fungera menar Goff (2008) i en annan reviewartikel att kalciumgivan måste vara avsevärt lägre än kons behov för att aktivera PTH-utsöndringen.

Denna metod testades på får i en studie utförd av Braithwaite (1978b). Kalciumbalansen under laktationen jämfördes mellan två grupper av tackor (2x4 djur) som fått olika mängd kalcium i fodret under dräktigheten. Tackorna i studien var tre år gamla och vägde 60–70 kg. Alla utom en bar tvillingfoster. Kontrollgruppen gavs ett kalciumtillskott för att täcka den mängd som normalt absorberas under sen dräktighet, enligt Braithwaite *et al.* (1969) (123 mg / dag per kg kroppsvikt), medan gruppen med låg kalciumgiva gavs mindre kalcium (23,5 mg/dag per kg kroppsvikt) än vad som krävs för att täcka underhållsbehovet (55 mg/dag per kg kroppsvikt enligt Braithwaite & Riazuddin (1971)). Efter förlossningen fick båda grupperna en foderstat rik på kalcium som täckte behovet för underhåll och laktation. Tre veckor efter förlossningen undersöktes djurens kalciumbalans.

Resultatet visade att de tackor som givits otillräckligt med kalcium under dräktigheten absorberade kalcium från fodret i högre grad och med högre effektivitet under laktationen än tackorna i kontrollgruppen som givits tillräckligt med kalcium under dräktigheten. Detta gjorde att kontrollgruppen befann sig i negativ kalciumbalans tre veckor in i laktationen med mobilisering från skelettet som följd. Gruppen som fått begränsat med kalcium under dräktigheten var i stället i positiv kalciumbalans och kunde återuppbygga sina skelettreserver. Studien av Braithwaite (1978b) visar att utfodring av en låg kalciumgiva under dräktigheten kan förebygga negativ kalciumbalans under laktationen.

Rajaratne *et al.* (1990) utförde en studie vars upplägg liknade studien utförd av Braithwaite (1978b). Även i denna studie användes 8 tackor, indelade i två grupper. En tacka var tvungen att uteslutas under försökets gång. Alla tackor bar på ett foster, utom en som bar på tvillingar. Den ena gruppen gavs en kalciumgiva som täckte behovet för sen dräktighet (enligt Agricultural and Food Research Council (AFRC, 1991) 4,3 g kalcium/dag), medan den andra gruppen gavs ett överflöd av kalcium (15,5 g/dag).

I denna studie gav de olika kalciumgivorna under dräktigheten inga signifikanta resultat på kalciumbalansen under laktationen. Samtliga tackor befann sig i negativ kalciumbalans i början av laktationen. I Rajaratnes studie (1990) gavs båda grupperna en högre kalciumgiva jämfört med i Braithwaite (1978b) studie. Tabell 2 visar kalciumgivorna i Braithwaite (1978b) respektive Rajaratne *et al.* (1990) studier, angivet i g kalcium / dag.

Tabell 2. – Den höga respektive den låga kalciumgivan i gram kalcium / dag i Braithwaite (1978b) respektive Rajaratne *et al.* (1990) studie

	För underhållsbehov	För sen dräktighet	Överflöd av kalcium
Braithwaite (1978b)	1,5	8,0	-
Rajaratne <i>et al.</i> , (1990)	-	4,3	15,5

4.4 Katjon- / Anjonbalansen

Omfattande forskning har utförts för att studera hur balansen mellan katjoner och anjoner i fodret påverkar kalciumomsättningen hos mjölkkor (Horst *et al.*, 1997). På engelska kallas principen ”Cation-Anion Difference” (CAD) eller ”Dietary Cation-Anion Balance” (DCAB). Fodrets CAD-värde räknas ut i milliekvivalenter (mekv) per kg torrsubstans (ts), oftast enligt formeln $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$. En fodergeriva med lågt CAD-värde (låg mängd katjoner eller hög mängd anjoner) tiden före kalvning resulterar i en metabolisk acidosis, följt av en pH-sänkning i kons blod och urin. Detta har visat sig minska förekomsten av kalvningsförlamning hos mjölkkor, men den bakomliggande mekanismen är inte klarlagd. I reviewartiklarna av Goff (2008) och Horst *et al.* (1997) förklaras den positiva effekten av ett lågt CAD-värde med att PTH-receptorernas känslighet troligtvis ökar vid lågt pH. Detta gör att vävnader med PTH-receptorer får ökad känslighet för hormonet, vilket i sin tur leder till en ökad nedbrytning av skelettet och utsöndring av kalcitriol.

Horst *et al.* (1997) beskriver i sin reviewartikel att katjon/anjon-metoden kan vara svår att tillämpa om CAD-värdet för foderstaten är högt (över 250 mekv/kg), till exempel om fodret innehåller höga halter kalium. Då behövs tillsats av så stora mängder anjonsalter att fodrets smaklighet försämras.

I en studie av Espino *et al.* (2003) undersöktes de långvariga effekterna av foder med olika CAD-värden på dräktiga tackor. 27 tackor som bar på tvillingfoster delades in i tre grupper med 9 tackor i varje grupp. Från 6 veckor före lamning till 12 dagar efter lamning gavs varje grupp antingen ett kontrollfoder (+164,5 mekv/kg ts), ett foder med mycket anjoner (-88,9 mekv/kg ts), eller ett foder med mycket katjoner (+ 272,6 mekv/kg ts). Studien visade att mängden joniserat kalcium (Ca^{2+}), vilket är den biologiskt aktiva formen, ökade i plasman för de tackor som fått foder med mycket anjoner. Den totala mängden kalcium i blodet påverkades inte av fodret. Studien indikerade också att skelettomsättningen var mer omfattande för de tackor som fått mycket anjoner i fodret. pH-värdet i blodet befann sig inom det normala för samtliga grupper, men tenderade att vara lägre för anjon-gruppen vid tiden runt förlossning.

En annan studie där det undersökts hur tillsats av anjoner i fodret (i form av NH_4Cl) påverkar kalciummetabolismen hos får utfördes av Braithwaite (1972). Studien utfördes på kastrerade baggar och djuren som fått NH_4Cl jämfördes med en kontrollgrupp. Hos de djur som givits anjoner i fodret sänktes urinens pH signifikant och utsöndringen av kalcium via urinen ökade två till tre gånger jämfört med kontrollgruppen. Det skedde även en motsvarande ökning av absorption av kalcium från digestionskanalen. Resorptionen från skelettet förblev oförändrad.

5 Diskussion

Regleringen av kalciumomsättningen i kroppen är komplex, med många påverkande faktorer. På grund av omfattningen av denna litteraturstudie har jag inte haft möjlighet att inkludera alla aspekter av kalciumomsättningen. Arbetet får snarare betraktas som ett försök till att ge en översikt i ämnet.

Jag upplever att det finns mer forskning och kunskap om kalciumbrist hos kor än hos får, troligtvis för att kalvningsförlamningar är ett relativt stort problem inom mjölkproduktion. Får används inom forskningen som modelldjur för att applicera kunskap på kor. Flera av de förebyggande åtgärder som används för kor tycks fysiologiskt fungera motsvarande för får.

Genom att utfodra med en mycket låg kalciumgiva under högdräktigheten visade Braithwaite (1978b) att principen fungerade för att motverka negativ kalciumbalans hos får under laktationen, medan motsvarande studie av Rajaratne *et al.* (1990) inte gav några signifikanta resultat. Denna skillnad i resultat torde bero på de olika nivåerna på kalciumgivorna i de två försöken. Den låga kalciumgivan (1,5 g/dag) i Braithwaites (1978b) försök täckte inte ens hälften av underhållsbehovet (3,7 g/dag. (Spörndly, 2003)), trots att tackorna var dräktiga. Detta bör ha utgjort en kraftig utmaning för tackornas kalciumbalans, tillräcklig för att stimulera de kalciumsparende mekanismerna. Den lägre av kalciumgivorna i försöket av Rajaratne *et al.* (1990) var enligt författaren nog för att täcka tackornas behov. Enligt Goff (2008) måste kalciumgivan vara avsevärt lägre än behovet när metoden tillämpas på kor. Troligtvis var den lägre av kalciumgivorna i Rajaratne *et al.* (1990) försök inte låg nog för att öka utsöndringen av PTH och kalcitriol.

Braithwaite (1978b) visar förvisso att metoden med en begränsad kalciumgiva fungerar på får rent fysiologiskt. Frågan är om det är praktiskt applicerbart på svensk fårproduktion. Om fåren utfodras med ensilage är en kalciumgiva motsvarande den i Braithwaite (1978b) försök svår att åstadkomma. I fodermedelstabellen av Spörndly (2003) anges medelmängd kalcium i olika ensilage från 5,8-7,8 g/kg ts, där den högre andelen kalcium gäller för ensilage med högre andel baljväxter. Det

kan alltså vara svårt att åstadkomma en foderstat med tillräckligt låga kalciumhalter om fåren utfodras i huvudsak med ensilage.

En ytterligare aspekt som jag tror gör det svårt att tillämpa metoden med en låg kalciumgiva är att får kan drabbas av hypokalcemi under ett längre tidsspann än kor. Om man inte använder baggsele och noterar betäckningen, eller låter dräktighets-scanna tackorna, är i regel det exakta lamningsdatumet okänt. Har tackorna gått tillsammans med bagge under en längre tid kan födslarna i gruppen bli utspridda. Jag tror därför det är svårt att veta när det är dags att slå om från den låga kalciumgivan till normal kalciummängd.

Även den förebyggande metoden att justera katjon- / anjonbalansen tycks fungera på får liksom på kor. Braithwaite (1972) visar på en ökad absorption från digestionskanalen och Espino *et al.* (2003) påvisar en ökad andel joniserat kalcium i plasman vid tillsatser av anjoner i fodret. Även här kan dock den praktiska tillämpningen i svensk fårproduktion ifrågasättas. För att kunna beräkna ett CAD-värde för sin foderstat krävs mineralanalys av grovfodret, då det utgör merparten av foderstaten. För småskaliga producenter är denna typ av analys troligtvis inte särskilt vanlig. Om CAD-värdet är för högt (till exempel vid höga kaliumvärden som en följd av gödsling) kan det vara svårt att uppnå önskad effekt utan negativ inverkan på fodrets smaklighet.

Det tycks alltså som att några av de förebyggande åtgärder som tillämpas på mjölkkor fungerar motsvarande för får. Fårproduktion utgör dock en liten del av den svenska jordbruksproduktionen och många av producenterna är småskaliga (Karlsson, 2014). Småskaligheten, i kombination med att hypokalcemi troligtvis inte är ett lika utbrett problem hos får som hos mjölkkor, tror jag gör att många svenska fårproducenter väljer att inte satsa på avancerade förebyggande åtgärder. Åkomsten är dessutom relativt lättbehandlad med god återhämtning, förutsatt att behandling ges i tid (Brozos *et al.*, 2011).

Jag tror det är bra att satsa på att skanna dräktiga tackor, så att man har möjlighet att gruppera djuren och utfodra efter antal foster. På så vis blir det lättare att hålla extra uppsikt över äldre individer och individer som bär på många lamm och därmed löper extra risk för att drabbas av bland annat kalciumbrist. I besättningar där hypokalcemi är ett stort problem tror jag det kan vara en god idé att se över produktionen med avseende på bland annat de påverkande faktorer och förebyggande åtgärder som tas upp i denna litteraturstudie.

I litteraturen jag studerat har jag inte hittat någon förklaring till varför tackor kan drabbas av akut hypokalcemi under en längre tidsperiod än kor. En tänkbar förklaring är att tackor ofta bär på fler antal foster än vad kor gör. Därmed skulle mineraliseringen av fostrens skelett kunna utgöra en större andel av kalciumförlusten. Studien av Braithwaite (1970) visade att tackans kalciumförlust når sitt maximum vid tiden för förlossning, eller strax efter. Detta överensstämmer med tidpunkten då kor

i regel drabbas av kalciumbrist. Studien av Braithwaite (1970) inkluderar dock bara tackor som bär på ett eller två lamm. Det vore intressant att se hur kalciumbalansen påverkas hos tackor som bär på mer än två foster.

Jag har under arbetet med denna litteraturstudie inte stött på några studier utförda under svenska förhållanden. I framtiden vore det därför intressant med forskning om hypokalcemi hos får under svenska betingelser. Frågeställningar som vore intressanta är hur djurens kalciumomsättning påverkas av vår långa stallsäsong och mörka vinter, framför allt med avseende på D-vitamin, samt om det finns skillnader i känslighet för hypokalcemi mellan olika raser. Det vore även intressant med statistik över hur vanligt förekommande hypokalcemi är i svenska fårbesättningar.

Sammanfattningsvis är kalciumomsättningen hos dräktiga och lakterande tackor komplex. När kalciumbehovet ökar kraftigt hinner inte upptaget från digestionskanalen öka i samma takt och tackan tar i stället kalcium från skelettet. En hög kalciumgiva i slutet av dräktigheten motverkar inte negativ kalciumbalans. Exempel på faktorer som påverkar kalciumomsättningen är tackans ålder, hur många foster hon bär på, skötsel och hantering i slutet av dräktigheten, låg utfodringsnivå av kalcium i slutet av dräktigheten, balansen mellan katjoner och anjoner i foderstaten och mängden av fosfor och magnesium i fodret. Några av de förebyggande metoder som används på mjölkkor tycks fungera fysiologiskt även på får, men det är tveksamt om de är praktiskt tillämpbara inom svensk fårproduktion. Det vore intressant med mer forskning inom ämnet under svenska betingelser.

Referenslista

- Agricultural and Food Research Council: Technical Committee on Responses to Nutrients. (1991). *A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle*. Utgåva 6. Swindon, Storbritannien. CAB International.
- Braithwaite, G.D. (1972). Effect of ammonium chloride on calcium-metabolism in sheep. *British Journal of Nutrition*, 27(1), ss. 201-209.
- Braithwaite, G.D. (1978a). Effect of 1-alpha-hydroxycholecalciferol on calcium and phosphorus-metabolism in lactating ewe. *British Journal of Nutrition*, 40(2), ss. 387-392.
- Braithwaite, G.D. (1978b). Effect of dietary calcium intake of ewes in pregnancy on their Ca and phosphorus-metabolism in lactation. *British Journal of Nutrition*, 39(1), ss. 213-218.
- Braithwaite, G.D. (1983a). Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation. 1. Calcium. *British Journal of Nutrition*, 50(3), ss. 711-722.
- Braithwaite, G.D. (1983b).). Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation. 2. Phosphorus. *British Journal of Nutrition*, 50(3), ss. 723-736.
- Braithwaite, G.D., Glascock, R.F. & Riazuddin, S. (1970). Calcium metabolism in pregnant ewes. *British Journal of Nutrition*, 24(3), ss. 661-670.
- Braithwaite, G.D., Glascock, R.F. & Riazuddin, S. (1969). Calcium metabolism in lactating ewes. *British Journal of Nutrition*, 23(4), ss. 827-834.
- Braithwaite, G.D. & Riazuddin, S. (1971). Effect of age and level of dietary calcium intake on calcium metabolism in sheep. *British Journal of Nutrition*, 26(2), ss. 215-225.
- Brozos, C., Mavrogianni, V.S. & Fthenakis, G.C. (2011). Treatment and Control of Peri-Parturient Metabolic Diseases: Pregnancy Toxemia, Hypocalcemia, Hypomagnesemia. *Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice*, 27(1), ss. 105-113.
- Copp, D.H. (1969). Calcitonin and parathyroid hormone. *Annual Review of Pharmacology*, 9, ss. 327-344.
- Espino, L., Guerrero, F., Suarez, M.L., Santamarina, G., Goicoa, A. & Fidalgoi, L.E. (2003). Long-term effects of dietary anion-cation balance on acid-base status and bone morphology in reproducing ewes. *Journal of Veterinary Medicine Series a-Physiology Pathology Clinical Medicine*, 50(10), ss. 488-495.
- Goff, J.P. (2008). The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Veterinary Journal*, 176(1), ss. 50-57.
- Goyal, R., Billings, T.L., Mansour, T., Martin, C., Baylink, D.J., Longo, L.D., Pearce, W.J. & Mata-Greenwood, E. (2016). Vitamin D status and metabolism in an ovine pregnancy model: effect of long-term, high-altitude hypoxia. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 310(11), ss. E1062-E1071.
- Horst, R.L., Goff, J.P., Reinhardt, T.A. & Buxton, D.R. (1997). Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 80(7), ss. 1269-1280.
- Karlsson, A.-M. (2014). Fascinerande fakta om större fåröretag. *Jordbruket i siffror* [Blogg]. 9 oktober. Tillgänglig: <https://jordbruketsiffror.wordpress.com/2014/10/09/fascinerande-fakta-om-storre-farforetag/> [2017-05-05].
- Liesegang, A., Risteli, J. & Wanner, M. (2007). Bone metabolism of milk goats and sheep during second pregnancy and lactation in comparison to first lactation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91(5-6), ss. 217-225.

- Mavrogianni, V.S. & Brozos, C. (2008). Reflections on the causes and the diagnosis of peri-parturient losses of ewes. *Small Ruminant Research*, 76(1-2), ss. 77-82.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. & Wilkinson, R.G. (2011). *Animal Nutrition*. 7 uppl. Harlow, England: Pearson Education Limited.
- National Research Council. Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants : Sheep, goats, cervids, and New World camelids* (Animal nutrition series). Washington, D.C.: National Academies Press.
- Paulson, S.K. & Langman, C.B. (1990). Plasma vitamin-D metabolite levels in pregnant and nonpregnant ewes. *Comparative Biochemistry and Physiology a-Physiology*, 96(2), ss. 347-349.
- Rajaratne, A.A.J., Scott, D., Buchan, W. & Duncan, A. (1990). The effect of variation in dietary protein or mineral supply on calcium and phosphorus metabolism in lactating ewes. *British Journal of Nutrition*, 64(1), ss. 147-160.
- Rude, R.K. (1998). Magnesium deficiency: A cause of heterogenous disease in humans. *Journal of Bone and Mineral Research*, 13(4), ss. 749-758.
- Sjaastad, Ö.V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2 uppl. Oslo, Norway: Scandinavian Veterinary Press.
- Spörndly, R. (2003). *Fodertabeller för idisslare*. Uppsala: Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Rapport 257.
- Suttle, N.F. (2010). *Mineral nutrition of livestock*. 4 uppl. Storbritannien: CABI.
- Wise, M.B., Ordoveza, A.L. & Barrick, E.R. (1963). Influence of variations in dietary calcium – phosphorus ratio on performance and blood constituents of calves. *Journal of Nutrition*, 79(1), ss. 79-84.

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Gun Bernes för all hjälp under min skrivprocess. Jag vill även tacka Sara och Marcus Toreld för ständig får-inspiration och för hjälp med idé till mitt ämnesval. Dessutom vill jag tacka min sambo för att han stått ut med min frustration under skrivprocessens gång.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 högskolepoäng) utförda och/eller handledda vid Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet.

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap
901 83 UMEÅ
www.slu.se/njv
