



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin  
och husdjursvetenskap

# **Partikelstorleksfördelning och torrsbstanshalt i faeces från hästar med och utan kolik**

**Particle size distribution and dry matter content in faeces  
from horses with and without colic**

*Eva Johansson*

*Uppsala  
2020*

*Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet*



# Partikelstorleksfördelning och torrsubstanshalt i faeces från hästar med och utan kolik

## Particle size distribution and dry matter content in faeces from horses with and without colic

*Eva Johansson*

**Handledare:** Cecilia Müller, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

**Examinator:** Torsten Eriksson, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

*Examensarbete i veterinärmedicin*

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurskod:** EX0869

**Kursansvarig institution:** Institutionen för kliniska vetenskaper

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2020

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** digestion, faeces, häst, kolik, partikelstorlek, torrsubstans, träck.

**Key words:** colic, digestion, dry matter, equine, faeces, horse, particle size.

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård



## SAMMANFATTNING

Kolik är den vanligaste orsaken till akutvård av häst och leder till fler dödsfall än någon annan sjukdomsgrupp. Det är viktigt med en bättre förståelse för vilka faktorer och mekanismer som bidrar till att orsaka kolik, så att förebyggande åtgärder kan utarbetas.

Den fekala partikelstorleken representerar generellt sett storleken på foderpartiklarna efter tuggning, då det inte sker någon nämnvärd minskning under passagen genom resten av gastro-intestinalkanalerna. Försämrade sönderdelning av fodret vid tuggning anses kunna öka andelen långa fibrer i tarmen och därmed också risken för vissa former av kolik, som inpackning. Partikelmarkörers passagehastighet från magsäcken till proximala kolon har påvisats minska med ökad partikelstorlek, vilket delvis skulle kunna förklara varför digesta innehållande stora partiklar kan vara en riskfaktor för exempelvis inpackningskolik. Resultat gällande samband mellan digestans eller faeces partikelstorlek och kolikförekomst hos häst är dock motstridiga och ämnet är bristfälligt undersökt. En torr digesta anses också vara en möjlig riskfaktor för bildandet av exempelvis inpackningskolik. Det är dock inte fastställt om de underliggande mekanismerna till bildandet av inpackningar är dehydrering av digesta, motilitetsförändringar i tarmen eller en kombination av båda. Det har även föreslagits att digestans viskositet och inte torrsustanshalt kan vara den avgörande faktorn för bildandet av inpackningar. Syftet med denna studie var därför att jämföra partikelstorleksfördelning och torrsustanshalt i faeces från hästar med och utan kolik.

Träckprover insamlades från hästar som besökte hästkliniken på Universitetsdjursjukhuset vid SLU i Uppsala under en ettårsperiod. Fallhästar ( $n = 62$ ) var diagnostiserade med akut kolik, medan kontrollhästar ( $n = 64$ ) inte visade några kliniska tecken på kolik och besökte hästkliniken av annan anledning (ej relaterad till störning i gastrointestinalkanal). Partikelstorleksfördelningen i faeces analyserades genom våtsiktning med stålsäll i fyra maskstorlekar (2,0 mm, 1,0 mm, 0,5 mm och 0,315 mm). Hypotesen var att hästar med kolik skulle uppvisa en större andel stora partiklar i träcken jämfört med kontrollhästar. Ingen skillnad i partikelstorleksfördelning i faeces kunde dock påvisas mellan hästar med och utan kolik i de fraktioner som samlades upp på sållen ( $p > 0,05$ ) eller i den fraktion som förlorades vid våtsiktningen (passerade 0,315 mm) ( $p > 0,05$ ). Ingen påverkan på partikelstorleksfördelningen noterades då fallhästarna kategoriserades i fyra grupper efter kolikdiagnos ( $p > 0,05$ ). Det var inte heller någon skillnad i partikelstorleksfördelning mellan hästar diagnostiserade med inpackningskolik (stora kolon eller *caecum*) och hästar med övriga koliktyper ( $p > 0,05$ ). Detta indikerar att samband mellan partikelstorleksfördelningen i faeces och kolikförekomst inte kunde påvisas i denna studie. Torrsustanshalten i faeces var högre hos kolikhästarna jämfört med hos kontrollhästarna ( $p = 0,01$ ). Detta är i enighet med hypotesen att torr digesta är en möjlig riskfaktor för uppkomst av exempelvis inpackningskolik. Torrsustanshalten i faeces var dock lika hos hästar med olika typer av kolik ( $p > 0,05$ ). Hästar diagnostiserade med inpackningskolik hade samma torrsustanshalt i faeces som hästar med övriga koliktyper ( $p > 0,05$ ).

## SUMMARY

Colic is the most common cause of emergency care in horses and leads to more deaths than any other category of disease. It is important with a better understanding of the factors and mechanisms leading to colic, so that preventive measures can be developed.

The fecal particle size generally represents the size of feed particles after chewing, since no significant reduction takes place during the passage through the rest of the gastrointestinal tract. Insufficient reduction of the feed particles during chewing is considered to increase the proportion of long fibers in the intestine and may increase the risk of certain forms of colic, such as impactions. The passage rate of particle markers from the stomach to the proximal colon has been reported to decrease with increased particle size, which could partly explain why digesta containing large particles may be a risk factor for impaction colic. However, results regarding the relationship between colic and faecal or digesta particle size in horses are contradictory and the subject is poorly investigated. Dry digesta is also considered a possible risk factor for the formation of *e.g.* impaction colic. However, it has not been determined whether the underlying mechanisms behind the formation of impactions are dehydration of digesta, intestinal motility changes or a combination of both. It has also been suggested that the viscosity of the digesta and not the dry matter content may be the determining factor for the formation of impactions. The aim of this study was therefore to compare particle size distribution and dry matter content in faeces from horses with and without colic.

Fecal samples were collected from horses at the equine clinic of Animal University Hospital at SLU in Uppsala during a one-year period. Case horses ( $n = 62$ ) consisted of horses diagnosed with acute colic. Control horses ( $n = 64$ ) had no clinical signs of colic and visited the equine clinic for other health reasons (unrelated to the gastrointestinal tract). The particle size distribution in faeces was analyzed by wet sieving using steel sieves of four mesh sizes (2.0 mm, 1.0 mm, 0.5 mm and 0.315 mm). The hypothesis was that horses with colic would display a larger proportion of large fecal particles compared to control horses. However, no difference in fecal particle size distribution was observed in the fractions collected on the sieves ( $p > 0.05$ ) or in the fraction that was lost during sieving ( $p > 0.05$ ) between horses with and without colic. When case horses were categorized into four groups according to the type of colic diagnosis there were no difference in particle size distribution between the groups ( $p > 0.05$ ). Also, there was no difference in particle size distribution between horses diagnosed with impaction colic (large colon or caecum) and horses with other types of colic ( $p > 0.05$ ). This indicates that there was no association between the particle size distribution in faeces and the incidence of colic in this study. The fecal dry matter content was however higher in colic horses compared to control horses ( $p = 0.01$ ). This is in accordance with the hypothesis that dry digesta is a possible risk factor for the formation of *e.g.* impaction colic. Yet, fecal dry matter content was similar among different colic types ( $p > 0.05$ ). Also, the fecal dry matter content did not differ between horses diagnosed with impaction colic and horses with other types of colic ( $p > 0.05$ ).

# INNEHÅLL

INTRODUKTION.....	1
LITTERATURÖVERSIKT.....	2
Hästens ätbeteende .....	2
Hästens digestionssystem .....	2
Munhåla.....	2
Magsäck.....	3
Tunntarm .....	4
Grovtarm .....	5
Faktorer som påverkar partikelstorleken i faeces.....	9
Tuggningsprocessen .....	9
Tändernas ocklusionsyta .....	9
Tandsjukdom.....	10
Tandåtgärder.....	10
Foder.....	11
Metoder för att mäta partikelstorlek.....	12
Utfodringsrelaterad kolik .....	13
Riskfaktorer.....	13
Koliktyper.....	14
Enkel grovtarmsobstruktion .....	14
Caecuminpackning .....	14
Koloninpackning .....	14
Sandinpackning .....	15
Kolonfellägen .....	15
Grovtarmsomvridning .....	16
Inflammation .....	17
Kolit orsakad av kraftfoderförätning .....	17
Proximal enterit .....	17
Enkel tunntarmsobstruktion.....	17
MATERIAL OCH METODER.....	18
Provinsamling.....	18
Provantal och bortfall .....	18
Enkätdata.....	18
Våtsiktning .....	19
Torrsbstanshalt .....	19
Beräkningar och statistisk analys .....	20

RESULTAT .....	21
Ålder och ras .....	21
Sjukdomshistorik.....	21
Typ av hage sommar och vinter .....	22
Fördelning av partikelstorlek i faeces från fall- och kontrollhästar.....	23
Torrsubstanshalt i faeces .....	26
Övriga fynd .....	28
DISKUSSION .....	29
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING .....	33
Bakgrund .....	33
Provinsamling och analys.....	33
Resultat.....	34
REFERENSER.....	35



## INTRODUKTION

De komplexa funktionerna, den enorma storleken, den fria rörligheten och de uttalade förändringarna i diameter på grovtarmen gör hästens digestionssystem extra utsatt för att drabbas av störningar som kan ge hästen kolik (Argenzio, 1975; Bentz, 2004). Kolik är den vanligaste orsaken till akutvård av häst (Bentz, 2004; Bland, 2016) och leder till fler dödsfall än någon annan sjukdomsgrupp (Tinker *et al.*, 1997a; Traub-Dargatz *et al.*, 2001; Bland, 2016). Svårare kolikfall kräver ofta kirurgisk intervention och omfattande efterföljande postoperativ vård (Ihler *et al.*, 2004), med en överhängande risk för komplikationer (Mair & Smith, 2005). För att minska risken för kolik är det viktigt med en bättre förståelse av vilka faktorer och mekanismer som leder till sjukdomen, så att förebyggande åtgärder kan utarbetas (Shirazi-Beechey, 2008; Bland, 2016).

Mekanisk nedbrytning och sönderdelning av fodret sker främst i munhålan, och tuggningen är den viktigaste faktorn i digestionsprocessen för att minska fodrets partikelstorlek. Partikelstorleksfördelningen i faeces återspeglar den i ingestan då det inte sker någon nämnvärd minskning av fodrets partikelstorlek under passagen genom resten av gastrointestinalkanalen (Carmalt & Allen, 2008; Di Filippo *et al.*, 2018). Ineffektiv tuggning av foder på grund av tänder i dåligt skick eller nedsatt tuggfunktion anses kunna leda till försämrad nedbrytning av fodret, vilket ökar andelen långa fibrer i tarmen och därmed risken för vissa former av kolik, som inpackningar (Carmalt *et al.*, 2004; Vlaminck *et al.*, 2010; Gunnarsdottir *et al.*, 2014; Olusa & Akinrinmade, 2014). Tandsjukdom som diastema, karies och skarpa emaljkanter har visat sig utgöra riskfaktorer för inpackningskolik hos hästar och åsnor (Cox *et al.*, 2007; Du Toit *et al.*, 2008; Cox *et al.*, 2009; Olusa & Akinrinmade, 2014). Hästar med koloninpackning tenderade att ha större andel stora partiklar i träcken och fler tandavvikelser än kontrollhästar i en jämförande studie (Vlaminck *et al.*, 2010). I motsats till dessa fynd har den fekala medelpartikelstorleken befunnits vara större hos kontrollhästar jämfört med hos hästar med koloninpackning i en annan studie (Gunnarsdottir *et al.*, 2014). I den senare studien påvisades inget samband mellan fekal partikelstorlek och graden av tandsjukdom. Detta skulle kunna indikera att partikelstorlek i tarminnehållet inte var en nyckelfaktor i bildandet av koloninpackningarna i den studien (Gunnarsdottir *et al.*, 2014). Resultaten gällande samband mellan partikelstorlek i digestan eller faeces och ökad kolikförekomst hos häst är motstridiga och ämnet är bristfälligt undersökt.

Torr digesta anses också vara en möjlig riskfaktor för bildandet av exempelvis inpackningskolik, som i sin tur kan leda till andra former av kolik som tarmfällagen och omvridningar (Clarke *et al.*, 1990; White, 1998). Det är dock inte fastställt om de underliggande mekanismerna till bildandet av inpackningar är dehydrering av digesta, motilitetsförändringar i tarmen eller en kombination av båda (Williams *et al.*, 2015). Det har även föreslagits att digestans viskositet och inte torrsubstanshalt kan vara den avgörande faktorn för bildandet av inpackningar (Lopes *et al.*, 2004).

Syftet med denna studie var att jämföra partikelstorleksfördelning och torrsubstanshalt i faeces från hästar med och utan kolik. Frågeställningen var om det fanns någon skillnad i fördelning av partiklar i faeces eller i torrsubstanshalt mellan hästar med och utan kolik. Hypotesen var att

hästar med kolik skulle uppvisa en högre torrsbstanshalt och en större andel stora partiklar i träcken jämfört med kontrollhästar. Om så vore fallet, skulle det kunna bidra till bättre förklaringsmodeller till varför kolik orsakad av till exempel inpackning uppstår.

## LITTERATURÖVERSIKT

### Hästens ätbeteende

Hästen är herbivor och skapt för att beta och extrahera näringsämnen från gräs och andra växtmaterial (Bentz, 2004). Ferala hästar ägnar totalt ca 12–16 timmar per dygn till att beta, och de betar i perioder om 3 till 4 timmar (Ellis & Hill, 2006). Studier av domesticerade ponnyer indikerade att frivilliga ättider inte skiljde sig från ferala hästars (Crowell-Davis *et al.*, 1985; Sweeting *et al.*, 1985). En frisk häst är inte frivilligt utan foder längre än 3–5 timmar (Ralston, 1984). Ättiden är beroende av födotyp. En häst kan ägna över en halvtimme åt att tugga ett kg hö, medan samma mängd kraftfoder kan konsumeras på så lite som 10 minuter (Bentz, 2004). Långa perioder utan tillgång till foder kan leda till stereotypa beteenden som krubbitning och luftsnappning (Bentz, 2004; Ellis & Hill, 2006). Ättiden och intagen fodermängd ökade betydligt vid åsynen av andra hästar och vid sociala interaktioner, jämfört med om ingen visuell kontakt tilläts mellan hästarna (Sweeting *et al.*, 1985; Houpt, 1990).

### Hästens digestionssystem

Gastrointestinalkanalen är evolutionärt anpassad till en diet med hög andel växtfibrer och lite stärkelse, långa ättider samt gradvisa förändringar i fodersammansättningen (Ellis & Hill, 2006). Modern hästhållning tillåter ofta inte hästar att beta som de naturligt gör (Bentz, 2004; Bland, 2016). För att göra det mer bekvämt för människan och av utrymmesskäl praktiserar vi utfodringsrutiner, som står i konflikt med hästens digestionssystem (Bentz, 2004). Många hästar utfodras med fodermedel med låg fiberhalt och hög andel stärkelse, något som hästens gastrointestinalkanal inte är anpassad för att digerera (Ellis & Hill, 2006; Durham, 2013; Bland, 2016). Denna utfodringsregim kan orsaka många fodersmältningsrubbingar (Cohen *et al.*, 1999; Bentz, 2004). Drastiska kost- och miljöförändringar samt systemöverbelastning med stärkelse kan rubba den känsliga balansen i tarmens mikrobiota och orsaka sjukdom som kolik (Bland, 2016).

### Munhåla

Hästens läppar är starka, känsliga och rörliga och hjälper till att plocka upp och separera ut små föremål (Ellis & Hill, 2006; Frappe, 2010). Dessa används även för att placera födan mellan tänderna. En ko använder tungan till samma ändamål (Frappé, 2010). Hästar har till skillnad från idisslare incisiver i överkäken, med vilka födan skärs av då den förs in i munnen (Ellis & Hill, 2006; Frappe, 2010). Tungan används till att föra intagen föda mot kindtänderna där den krossas och mals sönder (Frappé, 2010). Tuggningen är ett viktigt första steg i digestionen, där födan görs redo för kommande nedbrytning av fodersmältningsenzymerna (Gray, 1998). Hästens underkäke (*mandibula*) är ungefär en tredjedel smalare än överkäken (*maxilla*) (Ellis & Hill, 2006; Frappe, 2010). Detta möjliggör en cirkulär-lateral rörelse, som effektivt sönderdelar fodret. De permanenta incisiverna och molarerna växer kontinuerligt för att kompensera för slitaget som

uppstår vid tuggningen (Frape, 2010). Hästens livslängd är delvis beroende av dess tuggkapital, som gradvis nöts ner helt (Ellis & Hill, 2006). All föda tuggas med en tughastighet av 60–75 tugg rörelser per minut (Ellis, 2003a: se Ellis & Hill, 2006 s.21). Ett kg kraftfoder kräver avsevärt färre tugg rörelser (800–1200 stycken) än ett kg långsträigt hö (3000–3500 stycken) (Frape, 2010).

Närvaron av foder i munnen stimulerar salivsekretion. Vanligen utsöndras 10–12 liter dagligen (Gray, 1998; Ellis & Hill, 2006; Frape, 2010). Salivproduktionen är kontinuerlig, men ökar vid tuggning och mängden producerad saliv varierar med fodrets torrsubstanshalt och den tuggtid som krävs (Gray, 1998; Ellis & Hill, 2006; Merritt & Julliand, 2013). Torrt foder frisätter stora mängder vattnig saliv. Om födan innehåller mycket fukt produceras slemrik saliv, som verkar smörjande för att underlätta sväljning och ingestans passage genom foderstrupen (Ellis & Hill, 2006). Saliven är rik på bikarbonat, som har en buffrande effekt och påverkar syra-basbalansen i magsäcken (Gray, 1998; Bentz, 2004; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). En fiberrik diet kräver omsorgsfull tuggning, vilket ökar saliveringen och därmed bikarbonatmängden i magsäcken (Bentz, 2004; Ellis & Hill, 2006). Salivproduktionen är nästintill den dubbla vid intag av hö och gräs jämfört med kraftfoder (Bentz, 2004). Bearbetade foderpartiklar förs bakåt med hjälp av tungan till orofarynx. Vidare transport genom esofagus sker med hjälp av peristaltik (Gray, 1998; Ellis & Hill, 2006). Den övre magmunnen öppnas, men stängs snabbt igen när ingestan passerat, för att förhindra reflux från magsäcken (Gray, 1998).

### **Magsäck**

Hästens magsäck har en framträdande kurvatur och kan liknas vid en J-formad säck (Bentz, 2004; Ellis & Hill, 2006). Den är relativt liten och omfattar endast ca 10 % av hela gastrointestinalkanalens volym (Gray, 1998; Bentz, 2004; Ellis & Hill, 2006; Frape, 2010). Den kraftfulla övre magmunnen utgör ingången till magsäcken. Den förhindrar generellt regurgitation av foder eller gas, även vid extremt buktryck (Frape, 2010). Magsäcken består av två regioner, med helt olika typer av mucosa (Bentz, 2004). Den proximala hälften, *saccus caecus*, är beklädd med kutan slemhinna med ett flerskiktat plattepitel liknande det i esofagus. Den innehåller inga körtlar som utsöndrar syra, mukus eller digestionsenzymer (Bentz, 2004; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). Den distala hälften av magsäcken har en körtelförsedd slemhinna och kan delas in i tre regioner: *kardia*, *fundus* och *pylorus* (Merritt & Julliand, 2013). *Margo plicatus* är avgränsningen mellan de två mucosaregionerna och syns som en distinkt linje i mitten av magsäcken (Bentz, 2004; Merritt & Julliand, 2013).

Ingestan har ett pH på 5,4 när den först når magsäcken, tack vare salivens buffrande kapacitet. Ett högre pH i den proximala regionen möjliggör viss mikrobiell fermentation, som genererar laktat och flyktiga fettsyror (VFA) från icke-strukturella kolhydrater, främst stärkelse (Ellis & Hill, 2006; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). Detta sker även i mindre grad i körtelregionen (Frape, 2010). Den kutana slemhinnan kan inte absorbera de flyktiga fettsyrorna, vilket mucosan i *fundus* och *pylorus* har visat sig kunna göra (Ellis & Hill, 2006).

Foderspjälkningen är begränsad i magsäcken, men födan görs flytande och redo för digestionen som accelererar markant i tunntarmen (Bentz, 2004). Utsöndring av magsaft når volymer av

10–30 liter dagligen. Processen stimuleras av foderintaget, men pågår även i mindre utsträckning under fasta (Gray, 1998; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). Saltsyra (HCl) utsöndras av parietalceller belägna i fundusregionen (Ellis & Hill, 2006; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). Pepsin utsöndras också i *fundus* av zymogenceller (Ellis & Hill, 2006; Frape, 2010). Endast en liten del av proteindigestionen sker dock i magsäcken. Saltsyrautsöndringen leder till en kraftig pH-sänkning (pH 2,6) av digestan då den närmar sig *pylorus* i distala änden av magsäcken (Gray, 1998; Frape, 2010). Den sura miljön ökar pepsinets proteolytiska aktivitet med 15–20 gånger, jämfört med i fundusregionen (Frape, 2010). Hormonet gastrin produceras i pylorusslemhinnan vid fysisk närvaro av föda i magsäcken (Gray, 1998; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). Gastrin stimulerar sekretion av saltsyra och pepsin (Frape, 2010), vilka i sin tur påverkar sekretionen av pankreasenzymer samt gallflödet (Gray, 1998).

Magsäcken består av tre muskellager, som via kontraktioner omblandar intaget foder ungefär var 10–30 sekund. Majoriteten av digestan passerar på 2–3 timmar, men magsäcken är sällan helt tom. Så snart foderintaget har upphört minskar kontraktionerna och utportioneringen till tunntarmen (Blikslager *et al.*, 2017).

### **Tunntarm**

Tunntarmen har en längd av ca 21–25 meter hos en medelstor häst och består av tre delar: *duodenum*, *jejunum* och *ileum* (Ellis & Hill, 2006; Frape, 2010). *Duodenum*, som utgör det första segmentet, är ca 1–1,5 meter lång. Galla och pankreassaft utsöndras via en gemensam utförsgång ca 15 cm distalt om nedre magmunnen (Bentz, 2004; Ellis & Hill, 2006). *Jejunum* utgör det längsta tunntarmssegmentet. Distala delen av tunntarmen benämns *ileum*, och är ca 1 meter lång. Mesenteriet är fäst längs hela tunntarmens längd, men tillåter den att röra sig fritt i bukhålan (Bentz, 2004). Tunntarmsväggarna innehåller längsgående och cirkulära muskelfibrer, som genom peristaltik blandar digesta och digestionsenzymer, samt förflyttar blandningen i riktning mot anus (Frape, 2010). Majoriteten av digestan rör sig relativt snabbt genom tunntarmen i en hastighet av 30 cm per minut. En del når *caecum* redan inom 45–60 minuter efter födointaget (Gray, 1998; Bentz, 2004; Ellis & Hill, 2006). Passagehastigheten påverkas av mängd och typ av föda samt hästens aktivitetsnivå (Bentz, 2004). Trots den snabba passagehastigheten sker omfattande digestion och absorption av näringsämnen i tunntarmen (Frape, 2010).

En kraftigt basisk vätska (pH ca 8,0) utsöndras från *pankreas* vid stimulering av vagala nervfibrer samt vid närvaron av saltsyra i duodenum (Gray, 1998; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). Utsöndringen av pankreassaft är kontinuerlig, men ökar 4–5 gånger vid utfodring (Gray, 1998; Frape, 2010). Den innehåller en relativt låg koncentration digestionsenzymer (Bentz, 2004; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). Bikarbonat utsöndras i tunntarmen och skapar en alkalisk miljö som är optimal för digestionsenzymerna att verka i. Sur digesta från magsäcken når därför snabbt ett pH på 7,0 (Gray, 1998). Bikarbonatinnehållet ökar ytterligare i *ileum*, där det utsöndras i utbyte mot klorid och höjer pH till 7,8–8,2 (Frape, 2010). Den neutrala eller svagt alkaliska miljön är essentiell för att upptaget av näringsämnen ska fungera optimalt. För att öka absorptionsytan är tarmväggen beklädd med tätsittande villi (Ellis & Hill, 2006).

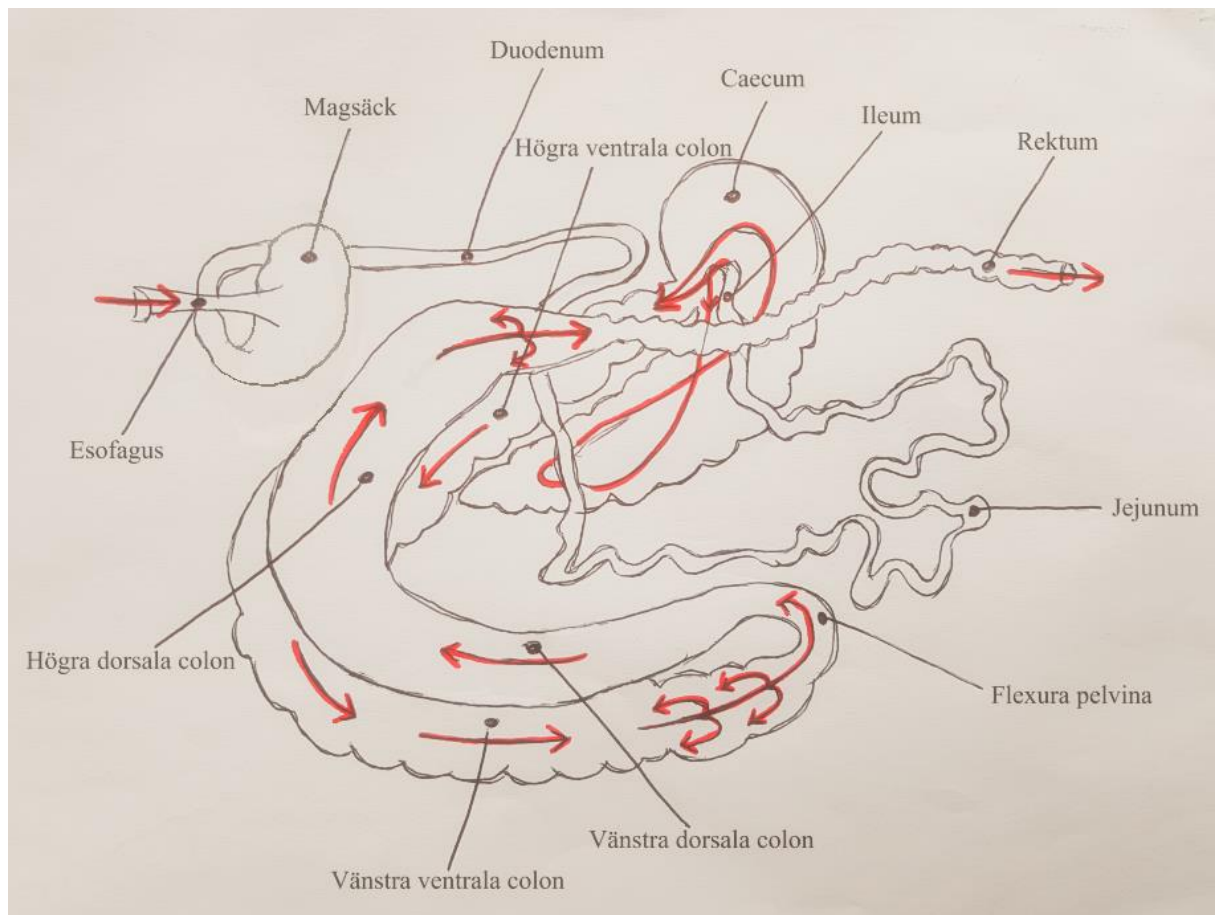
Amylas från *pankreas* och glukosidaser från tarmslemhinnan påbörjar digestionen av kolhydrater som stärkelse. Dock är amylasproduktionen begränsad och hästens digestionskanal kan bli överbelastad av för mycket stärkelse. Vid stora spannmålgivor finns risk att stärkelse passerar tunntarmen och når grovtarmen odigererad, där den kan orsaka en ökad produktion av bland annat laktat, som sänker pH (Bentz, 2004; Frape, 2010). Detta kan resultera i rubbningar i grovtarmens mikroflora, vilket i sin tur kan leda till kolik (Bentz, 2004).

Proteindigestionen är ungefär tre gånger större i tunntarmen än i magsäcken. För att aminosyror ska kunna absorberas av hästen måste de vanligtvis vara fria, även om tarmslemhinnan kan absorbera dipeptider (Frape, 2010). Proteolytiska enzymer i pankreassaften som trypsinogen samt oligopeptidaser från tunntarmsväggen fortsätter proteindigestionen som påbörjats i magsäcken (Merritt & Julliand, 2013). Proteindigestion och absorption av aminosyror sker främst i *ileum* (Ellis & Hill, 2006). Tunntarmen är även huvudplatsen för digestion och absorption av dietärt fett och långkedjiga fettsyror. Hästen saknar gallblåsa, men galla produceras kontinuerligt av hepatocyterna i levern. Gallsalter emulgerar fett och utsöndringen stimuleras av närvaron av saltsyra i duodenum (Frape, 2010). Materialet som lämnar tunntarmen består av fibrösa foderrester, odigererad stärkelse och protein, mikroorganismer, tarmsekretioner och cellrester (Frape, 2010).

### **Grovtarm**

Grovtarmen upptar majoriteten av volymen i hästens gastrointestinalkanal och är den primära platsen för mikrobiell fermentation (Ellis & Hill, 2006). Tack vare den mikrobiella populationen kan hästen tillgodogöra sig energi och näringsämnen bundna i växternas strukturella kolhydrater (Bentz, 2004; Frape, 2010).

I *ileums* distala ände återfinns *caecum*, som har en volymkapacitet på ca 25–30 liter, beroende på hästens storlek (Ellis & Hill, 2006). Majoriteten av digestan når grovtarmen 3 timmar efter utfodring (Gray, 1998; Frape, 2010). Två muskulära klaffar återfinns i *caecum* där digestan kommer från *ileum* samt passerar ut till kolon utan något retrogradigt flöde. Stora kolon har en längd på ca 3–4 meter (beroende på hästens storlek) och dubbelt så stor volymkapacitet som *caecum* (Frape, 2010). Den kan indelas i fyra segment med ordningsföljden: högra ventrala kolon, vänstra ventrala kolon, vänstra dorsala kolon och högra dorsala kolon. Delarna är förbundna med flexurer. Varje del utgör en egen avdelning, där muskelkontraktioner blandar digestan. Något retrogradigt flöde verkar knappt ske mellan sektionerna (Ellis & Hill, 2006; Frape, 2010). Stora kolons diameter varierar mycket mellan delarna. Den är som störst i högra dorsala kolon, med en diameter upp till 50 cm (Frape, 2010).



Figur 1. Schematisk bild över hästens gastrointestinalkanal och digestaflödet (röda pilar) (efter förlaga av Van Weyenberg *et al.*, 2006 och Sjaastad *et al.*, 2010).

Digestan stannar längst tid i grovtarmen, då den mikrobiella fermentationen är en långsam process. Passagehastigheten genom grovtarmen påverkas av digestans form och sammansättning (Gray, 1998; Frappe, 2010). Dess partikelstorlek påverkar fodersmältningseffektiviteten. Mindre partikelstorlek innebär totalt sett en ökad yta tillgänglig för mikroberna att fästa till och därmed en ökad fermentationshastighet (Cherney *et al.*, 1988; Emanuele & Staples, 1988). Förflyttningen aboralt sker med hjälp av peristaltiska sammandragningar, som främjar adekvat blandning och kontakt mellan digestan och tarmslemhinnan. Innehållet förflyttas långsamt för att säkerställa tillräcklig tid för fermentation och absorption (Blikslager *et al.*, 2017). Inom stora kolon ökar digestans flödesmotstånd vid övergången mellan vänstra ventrala och dorsala kolon, som benämns *flexura pelvina*. Den smala passagen utgör en viktig utflödesbarriär (Argenzio *et al.*, 1974). De cirkulära och longitudinella muskelfibrerna i denna region fungerar tillsammans som en pacemaker, vilket resulterar i koordinerade rörelser som främjar fysisk separation av stora partiklar (>1 cm) från små väl digererade partiklar (Sellers *et al.*, 1979; 1982; Sellers & Lowe, 1986; Drogoul *et al.*, 2000). Små partiklar drivs aboralt till dorsala kolon, medan stora partiklar kvarhålls i vänstra ventrala kolon (Sellers *et al.*, 1979; 1982; 1984). Denna mekanism har föreslagits kompensera för en nedsatt tuggförmåga, genom att stora partiklar erhålls längre tid för fermentation och nedbrytning av fibrer (Fritz *et al.*, 2009). Vätska och små partikelmarkörer har även visat sig passera snabbare från magsäcken till proximala kolon jämfört med

större markörer. Partikelmarkörernas transporthastighet minskade med ökad partikelstorlek (Drogoul *et al.*, 2000; 2001). Detta skulle delvis kunna förklara varför digesta innehållande stora partiklar kan vara en riskfaktor för inpackningar (Gunnarsdottir *et al.*, 2014). Inpackning representerar ett extremt och patologiskt fall av partikelretention (Hummel *et al.*, 2018). En annan selektiv retentionsmekanism sker i slutet av högra dorsala kolon, innan övergången till lilla kolon. Denna benämns kolons separationsmekanism (Björnhag, 1987; Drogoul *et al.*, 2000). Digestan i högra dorsala kolon har visat sig innehålla högre koncentrationer av kväve och små partiklar, jämfört med digestan i lilla kolon. Detta indikerar att det sker en selektiv retention av flytande ämnen och små (<2 mm) kväverika partiklar i dorsala kolon, jämfört med stora och kvävefattiga partiklar (Björnhag *et al.*, 1984; Sperber *et al.*, 1992: se Drogoul *et al.*, 2000 s.127). Fraktionen med små partiklar innefattade även mikroorganismer. Bevarandet av mikroorganismpopulationen i *caecum* och stora kolon är värdefullt för fermentationen av växtfibrer (Björnhag *et al.*, 1984). När digestan passerar in i lilla kolon sker kontraktioner som formar bolusen och vätska pressas ut och flyter tillbaka in i stora kolon (Björnhag, 1987). En studie med polyeten-partiklar som markörer i olika storlekar ledde däremot till slutsatsen att stora partiklar selektivt kvarhålls i dorsala kolon, jämfört med små partiklar (Argenzio *et al.*, 1974). Partikelmarkörerna hade dock längder på 10 och 20 mm, vilket inte är representativ storlek för majoriteten av partiklarna i hästens digesta (Hummel *et al.*, 2018). Medelpartikelstorleken i digesta har i flertalet studier befunnit sig i intervallet 0,5–1,9 mm (Carmalt *et al.*, 2005; Fritz *et al.*, 2009; Zwirglmaier *et al.*, 2013; Clauss *et al.*, 2014; Gunnarsdottir *et al.*, 2014). Markörerna som användes av Argenzio *et al.* (1974) kan nästan jämföras med främmande kroppar. Resultatet från en nyligen utförd studie indikerade att i motsats till tidigare fynd, skedde ingen relevant nettoretention av vätska och partiklar av olika storlekar (Hummel *et al.*, 2018). Författaren framhöll att en selektiv partikelretentionsmekanism i grovtarmen troligtvis inte representerar en viktig funktion i hästens digestionsfysiologi.

Flera foderrelaterade faktorer har visat sig påverka digestans medelretentionstid (MRT) i gastrointestinalkanalen (Van Weyenberg *et al.*, 2006). Utfodringsmängden påverkade digestans retentionstid och smältbarhet. Ett högre foderintag var kopplat till kortare retentionstider, vilket vanligtvis är förknippat med lägre smältbarhet (Pearson & Merritt, 1991; Drogoul *et al.*, 2001; Pearson *et al.*, 2001; 2006; Ragnarsson & Lindberg, 2010; Miyaji *et al.*, 2011; Clauss *et al.*, 2014). Den förkortade retentionstiden och lägre smältbarheten vid högre foderintag kan öka mängden osmälta fibrer som passerar genom grovtarmen (Miyaji *et al.*, 2011). Andra faktorer än retentionstid verkar dock spela en viktig roll för digestionen av foder. Vid mycket låga foderintag begränsades digestionen inte av fermentationstiden, utan av näringsbrist hos tarmmikroberna, vilket begränsade den mikrobiella nedbrytningen av fibrer. Oberoende av intagen fodermängd, så ledde ett näringsfattigt hö till längre genomsnittliga retentionstider, jämfört med hö av högre näringsmässig kvalitet (Clauss *et al.*, 2014). Retentionstiden förlängdes även när andelen små partiklar var hög i fodret (Drogoul *et al.*, 2000; Miyaji *et al.*, 2011). Långt hö skapar mer bulk och ökar passagehastigheten genom grovtarmen, jämfört med pelleterat foder av betydligt mindre partikelstorlek (Stevens & Hume, 1996). Utfodring av malt och pelleterat hö förlängde inte bara retentionstiden i en studie, utan ledde också till en liknande passagehastighet för både partiklar och lösta ämnen, jämfört med hackat hö (Drogoul *et al.*, 2000). Ju

mindre partiklarna var, desto mindre andel utgjorde den fria vätskefraktionen och desto mer homogen var digestan (Drogoul *et al.*, 2000). Spannmålskonsumtion fördröjde passagen av vätskor och partiklar jämfört med endast grovfoder (Pagan *et al.*, 1998; Drogoul *et al.*, 2001; Lopes *et al.*, 2004). Även om spannmål gavs före hö, så utsöndrades båda samtidigt i träcken (Drogoul *et al.*, 2001).

Digestionsenzymer utsöndras inte av grovtarmsväggen, som endast innehåller mukusproducerande körtlar (Gray, 1998; Frape, 2010). Inga endogena enzymer kan bryta ner komplexa molekyler av cellulosa, hemicellulosa, pektin och lignin. Den mikrobiella populationen i hästens grovtarm är dock unikt anpassad till att fermentera växtfibrer, med undantag av lignin. Foder innehållande mycket lignin är till stor del osmältbart. Mikrober involverade i fermentationsprocessen inkluderar ett komplext samhälle av protozoer, svampar och bakterier (Bentz, 2004; Frape, 2010; Merritt & Julliand, 2013). Bakterieantalet i hästens gastrointestinalkanal är fler än tio gånger antalet vävnadsceller i hela kroppen (Gray, 1998; Frape, 2010). Den största bakteriepopulationen återfinns i *caecum* och ventrala kolon. Koncentrationen av cellulosanedbrytande bakterier är 6–7 gånger högre där jämfört med i kolons sista del. Fermentationsprocessen genererar stora mängder kortkedjiga flyktiga fettsyror (VFA), främst acetat (ättiksyra), propionat och butyrat (smörsyra) (Frape, 2010). Majoriteten (60 % – 70 %) av energin som hästen tillgodogör sig från fodret genereras av de flyktiga fettsyrorna (Bergman, 1990; Vermorel & Martin-Rosset, 1997). Buffringseffekten av bikarbonat och natrium, som utsöndrats i *ileum*, främjar produktionen och absorptionen av flyktiga fettsyror. Laktat som producerats i magsäcken absorberas dåligt i tunntarmen. Bakterier i grovtarmen metaboliserar dock en stor del laktat till propionat. Ungefär en femtedel av bakterierna i grovtarmen har kapacitet att bryta ner protein. Proteinbrytningen är dock ca 40 gånger större i *ileum* jämfört med i grovtarmen, tack vare enzymatisk aktivitet. Endast ca 1–12 % av aminosyrorna i plasma härrör från mikroberna i grovtarmen (Frape, 2010).

Gasproduktion är en oundviklig konsekvens av mikrobiell fermentation. Den består främst av koldioxid, metangas och små mängder vätgas. Normalt absorberas den via tarmväggen till blodet och lämnar kroppen genom utandningsluften, passerar ut genom anus eller deltar i ytterligare metabolism. Gas som bildas fortare än den kan evakueras kan emellertid bli besvärande, vilket ofta är fallet vid kolik (Frape, 2010). Grovtarmens mikrobiota är känslig för störningar och rubbningar i densamma, vilket möjliggör för opportunistiska och patogena bakterier att tillväxa och orsaka störningar som kan leda till kolik (Bland, 2016). När stora kraftfodermängder inte digererar ordentligt i tunntarmen och en betydande del av stärkelsen når grovtarmen, sker en snabb fermentation och omvandling till huvudsakligen laktat. Förloppet orsakar drastiska förändringar i grovtarmens pH, stör den mikrobiella populationen och predisponerar för tarmdysfunktion och kolik (Goodson *et al.*, 1988; de Fombelle *et al.*, 2001; Julliand *et al.*, 2001; Ellis & Hill, 2006). Plötsliga foderbyten kan orsaka liknande förändringar.

En annan viktig process i grovtarmen är absorptionen av stora mängder vatten och elektrolyter, som natrium, kalium, klorid och fosfat. Inräknat är inte bara intagen vätska, utan även den som utsöndrats i första delen av digestionskanalen (Bentz, 2004; Frape, 2010). I en studie av friska hästar som enbart åt grovfoder var torrsbstanshalten i digestan 8 % i *caecum*, 12 % i stora



kolon och 20 % i lilla kolon (Freeman, 2002: se Blikslager *et al.*, 2017 s.42). *Caecum* absorberar den största andelen vatten och ventrala kolon den näst största. Vätska absorberas även i lilla kolon, som är spiralformad och ca 3,5 meter lång (Frape, 2010). Här formas träckbollarna, som är mindre än tarmens diameter, vilket underlättar passagen av det torrare tarminnehållet. Utsondring av stora mängder slem i detta segment minskar också motståndet under passagen (Blikslager *et al.*, 2017). Lilla kolon övergår till rektum vid ingången till bäckenet och här sker lagring och utdrivning av faeces (Ellis & Hill, 2006).

## **Faktorer som påverkar partikelstorleken i faeces**

### ***Tuggningsprocessen***

Hö- och gräspartiklar sönderdelas till en längd på <1,6 mm av friska tänder (Meyer *et al.*, 1975; Frape, 2010). En studie fastslog att två tredjedelar av höpartiklarna i hästens magsäck till och med har en längd på <1 mm (Meyer *et al.*, 1975). Andra studier indikerade dock att denna grad av reducering av partikelstorlek via tuggningen kunde vara något överskattad (Meyer *et al.*, 1985: se Ellis & Hill, 2006 s.24; Carmalt & Allen, 2008). Tuggad ingesta samlades i en annan studie upp från en esofagusfistel och 30 % av partiklarna hade en partikelstorlek >1,5 mm och längder upp till 12 mm uppmättes (Meyer *et al.*, 1985: se Ellis & Hill, 2006 s.24). I en *post-mortem*-studie av hästar som ätit en hödiet var medelpartikelstorleken i magsäcksinnehållet 1,3 mm, med en minsta storlek på 0,7 och största på 1,8 mm. I samma studie fann man att medelpartikelstorleken i magsäcksinnehållet ( $1,3 \pm 0,26$  mm) inte skiljde sig signifikant från medelpartikelstorleken i faeces ( $1,4 \pm 0,16$  mm) (Carmalt & Allen, 2008). Tuggning resulterade i fysisk nedbrytning av ingestan och var den viktigaste faktorn i digestionsprocessen för att minska partikelstorleken. Ingen storleksreducering inträffade efter magsäcken. Resultatet är i enlighet med andra resultat från studier på hästar (Di Filippo *et al.*, 2018) och idisslare (Pérez-Barbería & Gordon, 1998). Den fekala partikelstorleken representerar generellt storleken på foderpartiklarna efter tuggning, då det inte sker någon nämnvärd minskning under passagen genom resten av gastrointestinalkanalen (Di Filippo *et al.*, 2018). Detta är dock inte applicerbart på stärkelsepartiklar, som digererar i hög grad (Kienzle *et al.*, 1998; Zwirgmaier *et al.*, 2013; Di Filippo *et al.*, 2018). Om växtstrukturen hos spannmålskärnan dock inte förstörts vid tuggning, fungerar den som ett hinder för att amylas ska kunna digerera stärkelsen som finns inne i kärnan. När kärnan förstörts mekaniskt blir stärkelsen mer tillgänglig för amylas. Olika typer av bearbetning av spannmålskärnor, till exempel malning, genererar därför olika grad av smältbarhet (Kienzle *et al.*, 1998; Di Filippo *et al.*, 2018). Vid fermentation av fibrer är det huvudsakligen cellinnehållet som bryts ner och lignin i cellväggsskelettet behåller partikelstrukturen. Partikelstorleken påverkas därför troligtvis inte nämnvärt av fermentationen (Van Soest, 1994).

### ***Tändernas ocklusionsyta***

Vinkeln på kindtändernas ocklusionsyta (6,3–19,3 grader i studiepopulationen) påverkade inte fodrets smältbarhet och medelpartikelstorleken i faeces i en studie (Carmalt *et al.*, 2005). I en annan studie (Ralston *et al.*, 2001) rörande tandåtgärder och smältbarhet, mättes ocklusionsvinkeln på en enda premolar i underkäken. Ocklusionsvinklar över 18 grader eller under 10 grader i förhållande till horisontalplan var förknippade med reducerad smältbarhet av råprotein och fibrer (Ralston *et al.*, 2001). Fekal partikelstorlek undersöktes inte i studien. I ytterligare en

annan studie graderades kindtändernas ocklusionsyta *postmortem* på 17 hästar (Carmalt & Allen, 2008). Prov togs från innehåll i magsäck och rektum för att fastställa medelpartikelstorlek. Trots stora variationer i tuggkapital och mängden emalj med vilka hästarna sönderdelat fodret identifierades inga korrelationer mellan morfologiska förändringar i kindtändernas ocklusionsyta och den fekala medelpartikelstorleken (Carmalt & Allen, 2008). Tuggtiden registrerades inte i denna studie, och det var enligt författarna möjligt att hästar med sämre tandstatus krävde längre tuggtid för att ingestan skulle sönderdelas till samma storlek som hos hästar med god tandstatus, och att det skulle kunna vara en förklaring.

### **Tandsjukdom**

Inget samband mellan medelpartikelstorlek i faeces och graden av tandsjukdom noterades hos hästar med och utan koloninpackning (Gunnarsdottir *et al.*, 2014). I en studie var en häst 30 år gammal och saknade delvis tänder, hade diastema och avancerad parodontal sjukdom (Carmalt & Allen, 2008). Medelpartikelstorleken i maginnehåll och faeces hos denna häst skilde sig inte väsentligt från andra hästar med god tandstatus. Författarna menade dock att det mest troligt finns en kritisk punkt, då det frivilliga födointaget reduceras eftersom smärtan relaterad till tandsjukdom blir för kraftig. Dessutom finns det sannolikt en gräns för vilket tandkapital som krävs för effektiv tuggning (Carmalt & Allen, 2008). Hästar med parodontal sjukdom uppvisar ofta tecken på extrem smärta, som kan leda till allvarliga tuggsvårigheter (Dixon *et al.*, 1999; Carmalt & Wilson, 2004). I en studie sågs ett positivt samband mellan ökad svårighetsgrad av parodontal sjukdom och ökad medelpartikelstorlek i faeces, hos hästar med koloninpackning (Gunnarsdottir *et al.*, 2014).

### **Tandåtgärder**

Effekten av tandåtgärder på den fekala partikelstorleken har i studier visat sig vara något oväntad och motsägelsefull. Carmalt & Allen (2006) hypotetiserade att om patologiska förändringar i munhålan väsentligt påverkar mandibulas rörelseförmåga under tuggning, borde fodersmältningens förmågan öka och således borde den fekala partikelstorleken minska efter tandåtgärder. Mandibulas rostrokaudala rörlighet ökade efter tandraspning, men det skedde dock ingen påverkan på fodrets smältbarhet eller den fekala medelpartikelstorleken. Även i denna studie spekulerade författarna att hästar med sämre tandhälsa och reducerad mandibulär rörlighet möjligtvis krävde längre tid för att bearbeta fodret (Carmalt & Allen, 2006). I en studie av 30 hästar med milda till måttliga tandavvikelser, resulterade dock tandraspning i en minskning av fekal fiberlängd (Di Filippo *et al.*, 2018). Liknande resultat beskrevs i en annan studie, med en ökning av fodrets smältbarhet och en minskning av fekal medelpartikelstorlek efter tandkorrigering (Gatta *et al.*, 1995: se Zwirgmaier *et al.*, 2013 s.72). Tandkorrigering hade dock inte någon effekt på den fekala partikelstorleksfördelningen i en annan studie av nio vuxna varmbloodshästar med milda till måttliga tandfynd (Zwirgmaier *et al.*, 2013). Mängden intaget hö var oförändrat före och efter tandkorrigering. I en studie av 56 friska dräktiga ston, påvisades inte heller några skillnader i fodrets smältbarhet eller den fekala medelpartikelstorleken mellan hästar som genomgick tandraspning och hästar som inte gjorde det (Carmalt *et al.*, 2004). Det resultatet är dock endast applicerbart på friska hästar, där tandraspning utförts som en rutinmässig åtgärd. Det går inte att utifrån det studieresultatet fastställa om raspning vid mycket dålig tandhälsa

skulle ha några andra effekter. Förmodligen är det just graden av tandavvikelse innan åtgärd som kan ha varierat mellan studierna. Gatta *et al.* (1995: se Zwirgmaier *et al.*, 2013 s.72) nämnde uppenbara tuggavvikelse före tandkorrigeringen och ett ökat höintag efteråt, vilket tyder på ett kraftigt obehag vid tuggning före tandåtgärderna. I motsats till denna studie hade hästarna i studien av Zwirgmaier *et al.* (2013) inga uppenbara tuggproblem och uppvisade inget minskat foderintag. Även i studierna av Ralston *et al.* (2001), Carmalt *et al.* (2004) och Gunnarsdottir *et al.* (2014) användes endast hästar med milda till måttliga tandavvikelse.

En foderstat som är rik på kraftfoder har högre smältbarhet av torrsubstans än en bestående av bara hö (Kienzle *et al.*, 1998). Resultatet kan därför bli missvisande om förhållandet mellan hö och kraftfoder inte kontrolleras noggrant före och efter tandåtgärder, särskilt om hästarna börjar äta större andel hö efter behandling (Di Filippo *et al.*, 2018). I en studie var effekterna av tandkorrigerings på fodersmältbarheten mer uttalade hos hästar som åt större andel spannmål, jämfört med dem som åt mindre andel spannmål (Zwirgmaier *et al.*, 2013). Skillnader i den tillåtna adaptionsperioden efter tandåtgärder för att anpassa tuggningen, kan också bidra till motstridiga resultat (Di Filippo *et al.*, 2018). Första veckan efter tandåtgärder sker förändringar i tuggningscykeln, inklusive det laterala rörelsemönstret samt styrkan och belastningen på masseter- och temporalmskulaturen (Johnson *et al.*, 2013; Williams *et al.*, 2014). Denna anpassningsperiod skulle kunna förklara varför många forskare inte påvisat en minskning av fekal partikelstorlek direkt efter tandkorrigerings. Ytterligare en bidragande faktor till de motstridiga resultaten kan vara användandet av olika tekniker för att mäta fekal fiberlängd eller partikelstorleksfördelning (Di Filippo *et al.*, 2018).

### **Foder**

Det är tänkbart att partikelstorleksminskningen vid tuggning skulle kunna påverkas vid mycket liten utfodringsmängd, då hungriga hästar möjligen äter mer hetsigt. Hömängden (fri tillgång, 75, 55 och 30 g torrsubstans/kg<sup>0.75</sup>/dag) hade dock ingen påverkan på den genomsnittliga fekala partikelstorleken (Clauss *et al.*, 2014). Medelpartikelstorleken i faeces hos hästar som utfodrades med hö och havre eller bara hö var signifikant större än medelpartikelstorleken hos hästar som fick hö och sojapellets eller hö och rapspellets (Carmalt *et al.*, 2004). Något större fekal partikelstorlek har påvisats hos hästar som utfodrades med hackat hö jämfört med långstråigt (Ellis, 2003: se Ellis & Hill, 2006 s.28). Däremot kunde ingen skillnad i fördelningen av fekal partikelstorlek ses då hästar utfodrades med snittat eller långstråigt hösilage i en annan studie, där den individuella variationen i fördelningen av partikelstorlek var större än den inverkan fodrets fysiska struktur hade (Müller, 2009). Liknande resultat sågs i två andra studier där hästar utfodrades med hö av olika fiberlängd och medelpartikelstorleken i maginnehåll och faeces var densamma oavsett vilken av hötyperna hästen utfodrades med (Carmalt & Allen, 2008; Di Filippo *et al.*, 2018).

I en studie av Gunnarsdottir *et al.* (2014) valdes hästar ut prospektivt under studieperioden, vilket medförde att den näringsmässiga kvaliteten på hö och halm troligtvis varierade över tid på grund av säsongsskillnader. Ingen säsongseffekt noterades dock på medelpartikelstorleken i faeces (Gunnarsdottir *et al.*, 2014). I en studie resulterade utfodring av hösilage skördat i juni i

en större andel faecespartiklar av storleken  $<0,1$  mm, jämfört med utfodring av hösilage från juli och augusti (Müller, 2012). I motsats till detta resultat var den genomsnittliga partikelstorleken i faeces mindre när sent skördat och näringsmässigt lågkvalitativt hö utfodrades jämfört med tidigare skördat hö med högre näringskvalitet i två andra studier (Miyaji *et al.*, 2011; Clauss *et al.*, 2014). Dessutom observerades generellt längre ättider för det sent skördade höet (Clauss *et al.*, 2014). I enlighet med den observationen fastställde även en annan studie att hösilage skördat i juni genererade den kortaste ättiden och lägst antal tuggningar innan sväljning, jämfört med hösilage skördat i juli och augusti. Antalet tuggningar innan sväljning var högst för fodret som var skördat i augusti, och det innehöll också högst halt av lignin (Müller, 2011). Hästar som utfodras med ligninrikt foder behöver troligtvis tugga mer omsorgsfullt för att göra det möjligt för dem att lätt svälja bolusen (Miyaji *et al.*, 2011). Flera studier har dessutom föreslagit att foder innehållande hög halt odigererbart lignin är mer ömtåliga och spröda och genomgår en större storleksminskning under tuggning, jämfört med foder med lägre lignininnehåll (Lee & Pearce, 1984; Pond *et al.*, 1984; Rinne *et al.*, 2002). Det skulle kunna förklara varför det sent skördade fodret, som innehöll mer lignin och var mindre smältbart, genererade en mindre medelpartikelstorlek i faeces i två studier, jämfört med tidigare skördat foder (Miyaji *et al.*, 2011; Clauss *et al.*, 2014). En generell minskning av partikelstorlek innebär alltså inte nödvändigtvis att smältbarheten skulle vara högre, eftersom även många små partiklar hade ett högt lignininnehåll (Pond *et al.*, 1984).

### **Metoder för att mäta partikelstorlek**

Fördelningen av partikelstorlek i faeces kan analyseras genom att använda våt- eller torrsiktning. Vid torrsiktning torkas provet innan det skakas genom såll av olika maskstorlek. Denna metod har kritiserats för att kunna ge en orealistiskt liten partikelstorlek, då partiklarna tenderar att studsas på sållen och de torra fiberpartiklarna lätt kan fragmenteras (Van Soest, 1994). Vid torrsiktning kan det också skapas en elektrostatisk laddning, som leder till aggregatbildning av mindre partiklar till större (Van Soest, 1994).

I en studie där torrsiktning användes rapporterades en genomsnittlig fekal partikelstorlek på 0,4 mm (Carmalt *et al.*, 2004), medan andra studier som använt våtsiktning uppvisade en genomsnittlig storlek på 1,6–7,1 mm (Uden & Van Soest, 1982; Okamoto, 1997). När båda metoderna jämfördes i samma studie, noterades en konsekvent mindre medelpartikelstorlek hos torrsiktade prover, jämfört med våtsiktade (Uden & Van Soest, 1982).

Partikelstorleken baseras på sållhålens storlek, och den överensstämmer inte nödvändigtvis med den faktiska partikelstorleken (Poppi *et al.*, 1980). Torrsiktning verkar exempelvis främst separera partiklarna baserat på dess diameter, då de tenderar att passera sållet med kortändan först (Uden & Van Soest, 1982; Van Soest, 1994). Längden verkar däremot vara den bestämmande faktorn för hur partiklarna passerar sållen vid våtsiktning (Van Soest, 1994). Våtsiktning är sannolikt en mer lämplig metod då det naturligt är en våt miljö i digestionskanalen (Uden & Van Soest, 1982).

En alternativ metod till enbart siktning är användandet av bildanalys (optical scanning). Faecesprover tvättas då i en nylonpåse, frystorkas, torrsiktas och scannas för att analysera partikelstorleksfördelningen genom bildanalys (Norgaard *et al.*, 2004).

## Utfodringsrelaterad kolik

### **Riskfaktorer**

Epidemiologiska och kliniska studier har identifierat modern utfodringsregim, innefattande stora mängder spannmål och foderbyten, som viktiga riskfaktorer för kolik (Clarke *et al.*, 1990; Tinker *et al.*, 1997b; Hudson *et al.*, 2001). Rubbningar i tarmfloran och grovtarmsacidosis har kontinuerligt setts hos hästar med tillgång till stora mängder spannmål (Garner *et al.*, 1978; Goodson *et al.*, 1988; Moore & Dehority, 1993; de Fombelle *et al.*, 2001; Julliand *et al.*, 2001; Bland, 2016). Konsumtion av 2,5–5 kg kraftfoder dagligen ökade risken för kolik med nästan fem gånger, jämfört med inget kraftfoder (Tinker *et al.*, 1997b). Mer än 5 kg kraftfoder dagligen visade sig öka risken ännu mer, med över sex gånger ökad risk för kolik jämfört med inget kraftfoder. Studier av galoppörer rapporterade ett genomsnittligt dagligt kraftfoderintag på 7–8 kg (upp till 13,2 kg/dag) (Southwood *et al.*, 1993; Richards *et al.*, 2006), vilket innebär ökad risk för uppkomst av kolik.

I en studie av sex hästar med fistlar i högra dorsala kolon påvisades att spannmålskonsumtion (4,55 kg var 12:e timme) hade märkbar påverkan på innehållet i grovtarmen och på träcken, jämfört med ingen spannmålskonsumtion (Lopes *et al.*, 2004). Digestan från fisteln hade låg densitet och ökad mängd gas då hästarna utfodrades med spannmål jämfört med när de inte gjorde det, vilket tyder på att en spannmålsrik diet skulle kunna predisponera för ett grovtarmsfälläge eller volvulus via överproduktion av gas. Ett minskat fiberintag vid hög spannmålskonsumtion bidrog sannolikt till det torrare koloninnehållet som också sågs, eftersom fibrer binder vatten i digestan (Warren *et al.*, 1999). Absorptionen av flyktiga fettsyror har visat sig vara kopplad till natrium- och vattenabsorptionen (Argenzio *et al.*, 1977). Bildandet av stora mängder flyktiga fettsyror kan därför bidra till ökad vattenabsorption och uttorkning av digestan vid spannmålsutfodring (Argenzio *et al.*, 1977; Lopes *et al.*, 2004).

Förändringar i parti eller typ av hö eller kraftfoder, ändrad kvantitet, utfodringsfrekvens samt avvikelser från vanliga utfodringstider ökade kolikrisken jämfört med då inga sådana förändringar gjorts (Cohen *et al.*, 1995; Cohen & Peloso, 1996; Tinker *et al.*, 1997b; Cohen *et al.*, 1999; Archer & Proudman, 2006). I en studie undersöktes sambandet mellan kolikförekomst och utförda foderbyten de senaste två veckorna innan veterinärundersökning av 2060 hästar med och utan kolik (Cohen *et al.*, 1999). Ett nyligen utfört höbyte innebar en nästan tiofaldigt (OR = 9,8) ökad risk för kolik jämfört med om inget byte gjorts, vilket också var den starkaste dietrelaterade riskfaktorn (Cohen *et al.*, 1999). I en liknande studie utgjorde ett byte av parti eller typ av hö större risk för kolik (OR = 4,4), jämfört med ett byte av kraftfodertyp (OR = 3,1) (Hudson *et al.*, 2001). Utfodring med vissa typer av hö samt hö från rundbalar var även associerat med ökad risk för kolik, och de hötyper som var förknippade med ökad risk hade hög fiberhalt och lågt proteininnehåll och kan därför ha varit mindre smältbara och möjligen predisponerat för kolik (Cohen *et al.*, 1999; Hudson *et al.*, 2001). Minskad betesyta eller minskad

betestid (OR = 3,8) samt ingen tillgång till bete jämfört med någon tillgång till bete var förknippat med en ökad risk (OR = 2,3) för kolik (Hudson *et al.*, 2001).

### **Koliktyper**

Det är värt att notera att i många kolikfall är den exakta gastrointestinala orsaken okänd eller så beror koliken på generell gasansamling (Archer & Proudman, 2006). I en svensk studie baserad på information från en försäkringsdatabas var 68 % procent av veterinärbehandlade kolikfall registrerade utan någon specifik kolikdiagnos (Egenvall *et al.*, 2008).

#### *Enkel grovtarmsobstruktion*

En enkel obstruktion påverkar inte den lokala blodtillförseln, men leder till en smärtsam ansamling av digesta, vätska och elektrolyter i grovtarmen (Gray, 1998). Den tenderar att ha ett mer progredierande förlopp i grovtarmen jämfört med i tunntarmen (Sanchez, 2018).

#### Caecuminpackning

Caecuminpackningar kan bestå av ackumulerad torr digesta eller av flytande digesta som inte tömts normalt på grund av dysfunktion i *caecum* (Hackett, 2013). Caecuminpackningar är mer kritiska än koloninpackningar, då detta organ har en större benägenhet att brista innan utveckling av svår buksmärtä eller systemisk försämring kan ses. Diagnos kan vanligtvis fastställas genom rektal palpation (Sanchez, 2018). Kliniska tecken innefattar nedsatt allmäntillstånd, nedsatt aptit, mild buksmärtä, minskad träckproduktion/förändrad konsistens samt minskad tarmmotilitet vid auskultation, särskilt i höger flankregion. Hästar kan också uppvisa tecken på kraftig smärta, speciellt vid rektal palpation i caecumområdet (Hackett, 2013).

#### Koloninpackning

En vanlig orsak till kolik hos häst är koloninpackning (Hackett, 2013). Anatomiska platser med minskad luminal diameter, särskilt *flexura pelvina* och högra dorsala kolon, är särskilt utsatta (Hackett, 2013; Sanchez, 2018). Det bildas en plugg av digesta och gas ansamlas och spänner ut tarmen, vilket orsakar smärta (Shirazi-Beechey, 2008).

Att hästen betar är en starkt skyddande faktor mot bildandet av koloninpackningar (Hillyer *et al.*, 2002; Cox *et al.*, 2009). Hästar med koloninpackningar och tarmfällagen utfodrades med mer kraftfoder jämfört med kontrollhästar (Hillyer *et al.*, 2002). I en studie av åsnor förblev kraftfoderutfodring associerat med en ökad risk för koloninpackningar, även efter att ha kontrollerat för andra faktorer, som tandsjukdom, viktnedgång och minskat betande (Cox *et al.*, 2009). Förvuxet gräs och hö kännetecknas av ett lägre näringsinnehåll och hög halt mindre fermenterbara fibrer (Lewis, 1995). Denna typ av foder kan leda till inpackningar, sannolikt på grund av ett ökat motstånd vid tarmpassagen av grov digesta med stora bitar osmälta fibrer. Ett plötsligt foderbyte till grovfoder av dålig näringsmässig kvalitet hos hästar anpassade till ett högkvalitativt foder, innebär större risk för gastrointestinala inpackningar (Lowe *et al.*, 1980). De främsta riskfaktorerna för koloninpackning är dock inte relaterade till utfodring (Durham, 2013). En plötslig minskning av fysisk aktivitet, ofta efter muskuloskeletal skada, verkar i många fall vara förknippat med uppkomsten av koloninpackning (Dabareiner & White, 1995). Andra riskfaktorer anses vara nyligen genomförd transporter, uppställning dygnet runt,

krubbitning/luftsnappning, otillräckligt vattenintag, eftersatt tandvård, nyligen utförd ortopedisk kirurgi och morfinanvändning (Hillyer *et al.*, 2002; Senior *et al.*, 2004).

Kliniska tecken på koloninpackning omfattar buksmärta, utspänd buk och minskad tarmmotilitet (Hackett, 2013). Träckmängden kan ofta vara reducerad och en fördröjd passagetid kan leda till att faeces är hård, torr och täckt med slem (Sanchez, 2018). Graden av kolikkänning kan variera, med perioder av måttlig buksmärta, följt av timmar med uppenbart minde smärta (Hackett, 2013). Vid rektal palpation kan vanligtvis en fast massa detekteras i stora kolon. Dess omfattning kan dock underskattas, eftersom stor del av kolon är utom räckhåll vid palpation *per rectum* (Sanchez, 2018). Inpackning i *flexura pelvina* nås lätt, medan inpackning i högra dorsala kolon kan vara svårare att nå om den inte förskjutits kaudalt (Hackett, 2013).

#### Sandinpackning

Hästar som vistas på sandiga marker tenderar att vara predisponerade för sandkolik. Sandintaget ökar särskilt när betet är sparsamt, vid väderlek när gräsrotterna lätt kan dras upp samt om foder placeras på marken. En del hästar, särskilt föl, kan även frivilligt inta stora mängder sand (Durham, 2013; Sanchez, 2018). Stora sandmängder kan resultera i en icke-strangulerande obstruktion (Hackett, 2013). Tarmväggen spänns ut av själva inpackningen och/eller av gasansamling proximalt om denna, vilket orsakar smärta (Sanchez, 2018). Irritation av mucosan kan leda till diarré. Auskultation av ventrala delen av buken kan avslöja ljud av ”vågskvalp” när vätska rör sig över sanden i stora kolon (Hackett, 2013; Sanchez, 2018). Sand kan ibland upptäckas spontant i träcken eller vid sandsedimentering, genom att faeces blandas med vatten i en rektalhandske eller annan behållare och eventuell sand sjunker till botten. Röntgenprojektioner är ett säkrare sätt att avslöja sand i ventrala kolon i form av mineraltätheter (Sanchez, 2018).

#### Kolonfällagen

Partiell grovtarmsobstruktion orsakas ofta av att kolon migrerat från sin anatomiska ursprungsplats (Sanchez, 2018). Gas och digesta ansamlas och tarmväggen blir utspänd. Tillståndet kan förvärras ytterligare av ett vätskeutträde till lumen. Smärtan förknippad med kolonförskjutning härrör från sträckning och anspänning av viscera och mesenteriefästningarna. Ischemi är sällan förekommande (Sanchez, 2018).

Utfodring med stora mängder kraftfoder kan spela en viktig roll i uppkomsten av fällagen. I en studie återfanns att hästar med kolonförskjutning oftare utfodrades med pelleterad spannmål jämfört med hästar med andra koliktyper (Morris *et al.*, 1989). Onormalt stor gasansamling gör att tarmsegment kan förflytta sig till en annan plats inom bukhålan. Vänstra ventrala och dorsala kolon är mer löst bundna till mesenteriet och inte fästade till andra organ via ligament. Dessa delar är därför mer benägna att flytta på sig, vilket kan ske både till vänster och då skapa mjält-njurligamentsupphängning eller till höger (Shirazi-Beechey, 2008). Vid förskjutning till höger befinner sig vänstra kolonlägena kranialt om sin ursprungsplats, antingen medialt eller lateralt om *caecum*. I båda fallen hamnar *flexura pelvina* intill diafragma (Sanchez, 2018). Mjält-njurligamentsupphängning, som är vanligare, innebär att stora kolon fastnat dorsalt om njurligamentet, mellan mjälten och vänster njure (Hackett, 2013). Tarmen kan ofta vridas om ett halvt varv utan att stranguleras, så att vänstra ventrala kolon hamnar dorsalt om vänstra dorsala kolon.

Det infångade segmentet kan involvera allt ifrån endast *flexura pelvina* till en väsentlig del av stora kolon (Sanchez, 2018). En välfylld magsäck tros kunna predisponera, då den förskjuter mjälten medialt och tillåter kolon att migrera längs bukväggen. Diagnos erhålls ofta genom att grovtarmen identifieras i mjältnjurområdet vid rektalisering. En eventuell medial förskjutning av mjälten kan också palperas ibland (Hackett, 2013; Sanchez, 2018). För att kontrollera effekten av korrigeringsförsök och vid osäker diagnos, kan ultraljud vara behjälpligt. Koliksmärtan är vanligtvis mild till måttlig (Hackett, 2013). Minskad träckproduktion och utspänd buk kan ses (Sanchez, 2018).

### *Grovtarmsomvridning*

Kolik som orsakas av grovtarmsomvridning är en av de mest smärtsamma och livshotande gastrointestinala tillstånden hos häst, och drabbade individer svarar dåligt på analgesi (Gray, 1998; Blikslager *et al.*, 2017). En omvridning av tarmen runt den mesenteriska axeln benämns volvulus, medan omvridning runt tarmens egen längdaxel kallas torsion (Hackett, 2013; Sanchez, 2018). Båda orsakar en strangulerande obstruktion (omvridning >270 grader), som kan vara hemorragisk eller ischemisk. Vanligast är att venerna blir stasade före artärerna på grund av att den arteriella väggen är mer rigid. Blod pumpas då in i det drabbade tarmsegmentet, som får ett mörkare utseende och ökad tjocklek. Detta benämns hemorragisk strangulation. Om tarmen vrids om tillräckligt hårt stasas både artärer och vener. Då rör det sig om en ischemisk strangulation (Sanchez, 2018). Mängden digesta i tarmlumen kan troligtvis till stor del avgöra hur hårt tarmen vrids om, och således vilken typ av strangulation det blir (Hughes & Slone, 1997).

I en studie av 69 hästar med grovtarmsomvridning och 204 kontroller identifierades riskfaktorer associerade med grovtarmsomvridning genom frågeformulär och multivariat analys av data. Utfodringsrelaterade riskfaktorer innefattade utfodring med hö istället för hösilage eller gräs (OR = 4,6), utfodring med betfor (OR = 7,2), byte av beteshage (OR = 4,5) och en förändring i grovfodermängden (OR = 7,4). Högst risk utgjorde dock faktorer som inte var relaterade till utfodring, som att ston fått ett eller fler föl (OR = 12,9) och att tre eller fler människor var ansvariga för hästarnas omvårdnad (OR = 11,9) (Suthers *et al.*, 2013).

Hästar med grovtarmsomvridning uppvisar vanligtvis tecken på intensiv buksmärta, som ofta är så grav att även den mest potenta analgetikan inte ger lindring (Hackett, 2013; Sanchez, 2018). Buken är ofta påtagligt utspänd och vid rektalisering kan en stor tympanisk kolon palperas (Hackett, 2013). Den utspända tarmen kan dock begränsa tillgången till buken vid rektalisering. Kraftig gasansamling kan resultera i tryck mot diafragma och komprimerad andning. Drabbade hästar ses ofta i ryggläge, förmodligen för att minska belastningen på den strangulerade tarmen. En paradoxalt låg hjärtfrekvens kan ses, eventuellt orsakat av en ökad vagustonus (Sanchez, 2018). Omedelbar kirurgisk intervention är av högsta vikt (Hackett, 2013). Utan behandling leder hypovolemi, elektrolytförluster och toxisk chock till döden (Gray, 1998). Omvridningens allvarlighetsgrad och behandlingen styr prognosen. Ca 15 % av hästarna drabbas av återfall (Hackett, 2013).



## *Inflammation*

### *Kolit orsakad av kraftfoderföretning*

Överdriven kraftfoderkonsumtion av stärkelsesrika foder som spannmål överbelastar tunntarmens stärkelsenedbrytande förmåga, och en hög andel osmält stärkelse kan då nå grovtarmen (Sanchez, 2018). En plötslig ökning av laktatkoncentrationen sker, vilken åtföljs av en pH-sänkning som har omfattande effekt på den mikrobiella populationen (Medina *et al.*, 2002; Sanchez, 2018). De ogynnsamma förhållandena för den mikrobiella floran bidrar till utvecklandet av kolit (Garner *et al.*, 1978). I allvarliga fall kan svår kolit, systemisk inflammation, endotoxemi, metabolisk acidosis och fång ses (Sanchez, 2018). Laktatproducerande bakterier tillväxer, medan gramnegativa bakterier avdödas. De döende bakterierna genererar stora mängder endotoxin (Moore *et al.*, 1979). Laktat som bildats absorberas dåligt och bidrar till diarréutveckling via osmos. Stora mängder laktat och endotoxin kan dock tas upp av en ulcererad slemhinna. I svårare fall kan mucosan gå i nekros (Sprouse *et al.*, 1987; Sanchez, 2018). Hästar som vanligtvis utfodras med mycket kraftfoder har ett adapterat mikrobiom och är mer resistent mot de skadliga effekterna, jämfört med hästar som inte är adapterade till en hög kraftfoderandel (Sanchez, 2018).

### *Proximal enterit*

Proximal enterit involverar vanligtvis *duodenum* och den proximala delen av *jejunum*. En rödbrun illaluktande vätska återfinns ofta i tunntarmslumen. Den specifika etiologin för proximal enterit är okänd. Flera infektionsagens som *Salmonella* spp., *Clostridium* spp., *Fusarium* spp., och *C. difficile* har föreslagits, men det har inte gått att fastställa ett specifikt agens som en konsekvent orsak (Schumacher *et al.*, 1995; Hackett, 2013; Sanchez, 2018). Som tidigare nämnts har rubbningar i det gastrointestinala mikrobiomets balans på grund av foderbyten och överdriven kraftfoderkonsumtion påvisats predisponera för kolik, men associationen verkar vara särskilt stark till just proximal enterit (Sanchez, 2018). I en studie utfodrades hästar med proximal enterit med betydligt mer kraftfoder (4,1 kg/dag) i jämförelse med hur hästar med andra koliktyper och kontrollhästar utfodrades (2,7 kg/dag) (Cohen *et al.*, 2006). Betestillgång innebar också en stark riskfaktor, i motsats till andra former av kolik där detta var en skyddande faktor.

Hästar som får lämplig vård har god chans att tillfriskna och återfall är sällsynta. Upprepade episoder av voluminös reflux och systemiska tecken på endotoxemi och sepsis försämrar prognosen (Sanchez, 2018).

### *Enkel tunntarmsobstruktion*

Vid enkel tunntarmsobstruktion är lumen blockerad, men det vaskulära flödet är ej affekterat. En enorm mängd vätska passerar dagligen genom tunntarmslumen. Detta innebär att den obstruerade tarmen tenderar att bli väldigt utspänd, vilket kan orsaka reducerat vaskulärt flöde till tarmväggen (Sanchez, 2018). Kliniska tecken inkluderar måttlig till svår koliksmärta och takykardi (Hackett, 2013). Det finns få orsaker till tunntarmsobstruktion och tillståndet är relativt ovanligt (Sanchez, 2018). En orsak till inpackning är spolmask, *Parascaris equorum*, men denna drabbar främst föl yngre än 6 månader (Cribb *et al.*, 2006). Vuxna hästar drabbas främst

av ileuminpackning bestående av grov digesta och fenomenet är mer frekvent förekommande i sydöstra USA (Sanchez, 2018). Utfodring med bermudagräshö var den starkaste riskfaktorn för ileuminpackningar i en studie (Little & Blikslager, 2002). Hästar som utsattes för plötsligt foderbyte från en annan hösort till bermudagräshö var speciellt i riskzonen för ileuminpackning. Denna typ av hö har ofta ett högt fiberinnehåll och tunna fibertrådar (Little & Blikslager, 2002). Även bandmaskinfektioner, *Anoplocephala perfoliata*, har identifierats som en riskfaktor för ileuminpackning (Proudman *et al.*, 1998).

## **MATERIAL OCH METODER**

### **Provinsamling**

Träckprover insamlades från hästar som besökte hästkliniken på Universitetsdjursjukhuset i Uppsala under perioden 16 februari 2017–31 januari 2018. Åldersspannet sträckte sig från 1–26 år (median 9 år). Fallproverna kom från hästar med akut kolik med någon av följande diagnoser: koloninpackning, caecuminpackning, grovtarmsfelläge, peritonit, idiopatisk fokal eosinofil enterit/kolit (IFEE/IFEC), gaskolik, akut eller kronisk kolit, ileocecal invagination eller annan typ av kolik. Hästarna befann sig i olika stadier av kolikbehandlingen vid provinsamlingen, exempelvis under pågående fasta, medicinsk behandling eller under upplösandet av en inpackning. Ungefär lika många träckprover insamlades från kontrollhästar utan kliniska tecken på kolik, som besökte hästkliniken av annan anledning (ej relaterad till störning i gastrointestinalkanal) under samma tidsperiod. Flertalet av fall- och kontrollhästarna stod på infusionsdropp. Alla prover märktes med journal- eller labnummer och förvarades kyllda direkt efter insamling, varpå de frystes.

### **Provantal och bortfall**

Uppskattningsvis 15 prover sorterades bort på grund av någon av följande anledningar: det framgick ej av provmärkning eller journal om det rörde sig om fall eller kontroll, för liten mängd träck för att analysera, mögelbildning i provet eller dubbla prov från samma häst. Det slutgiltiga provantalet bestod av 62 fall och 64 kontroller. Under analys av träckproverna framgick det inte om aktuellt prov tillhörde fall eller kontroll, för att minska risken för eventuell bias.

### **Enkätdata**

Hästarna i denna studie hade även deltagit i ett tidigare projekt rörande avmaskningsrutiner, parasitförekomst och kolik. Nedanstående frågor besvarades då av hästägarna och informationen användes även i denna studie.

1. Har hästen någon gång haft kolik enligt din vetskap? Ja/Nej.
2. Har hästen blivit behandlad för kolik av veterinär de senaste 24 månaderna? Ja/Nej.
3. Har hästen haft diarré de senaste 2 månaderna? Ja/Nej.
4. Har hästen tappat i vikt de senaste 2 månaderna? Ja/Nej.

5. Typ av hage sommartid? Skogsbete/Ängsmark eller beteshage/Sandpaddock/Olika kombinationer av tidigare nämnda hagtyper.

6. Typ av hage vintertid? Skogsbete/Ängsmark eller beteshage/Sandpaddock/Olika kombinationer av tidigare nämnda hagtyper.

Information om ras eller typ, ålder och kolikdiagnos fanns också tillgängligt.

### **Våtsiktning**

Frysta träckprover tinades i kylskåp i 16–20 timmar före analys av partikelstorleksfördelning via våtsiktning samt för torrsubstanshalt. En del av träckproverna hade tagits från boxgolvet och i de fåtal fall som proverna var lindrigt kontaminerade med strömaterial avlägsnades alla rester av detta manuellt innan analys genomfördes. Detta ansågs inte kunna påverka resultatet. Till våtsiktningen användes fyra stålsåll med olika maskstorlek: 2,0 mm, 1,0 mm, 0,5 mm och 0,315 mm. Alla såll vägdes enskilt då de var fullständigt rena och torra, och vikten noterades. Sållen placerades i storleksordning med minsta maskstorleken underst och största överst i en rostfri bunke på en ställning, så att nedersta sållet inte kom att vidröra ytan på den vätska som samlades upp under sållen vid siktningen. Från varje träckprov överfördes 25 g prov till en 2-literskanna. Ljummet (ca 37°C) kranvatten tillsattes upp till 1,5-litersmarkeringen. Materialet slammades upp i vattnet med hjälp av en sked. En del prover krävde mer omsorgsfull uppslamning då de var mycket svårlösta, men aktsamhet vidtogs för att inte påverka partikelstorleken. Uppslammat material fick stå ca 10–15 minuter innan siktning, för att lösa upp sig helt. Därefter hälldes blandningen genom traven med såll. För att säkerställa att allt material genomsköljts och distribuerats till rätt maskstorlek upprepades proceduren fyra gånger, genom att den vätska som samlades upp i bunken under sållet med minsta maskstorleken åter hälldes genom sålltraven. Efter sista genomsköljningen stod sålltraven och droppade i 10 minuter så att all vätska rann igenom. Innan vägning vinklades varje såll något (ca 30°) och fick droppa ytterligare 10 sekunder, för att avlägsna det sista överskottsvattnet. Varje såll vägdes med det material som samlats på det och dess våtvikt noterades. Respektive sålls torrsvikt subtraherades sedan från denna vikt. Innan nästa prov analyserades rengjordes och torkades varje såll så att inget restmaterial kvarstod.

### **Torrsubstanshalt**

Torrsubstanshalten i träckproverna analyserades på kvarvarande mängd prov (10,2–134,1 g), efter att 25 g använts till våtsiktning. En del prover (12 fall och 15 kontroller) hade inget eller ytterst lite provmaterial kvar och torrsubstanshalten kunde därför inte bestämmas för dessa.

Träckproverna vägdes in i aluminiumformor för torkning i varmluftsskåp. Träckbollar sönderdelades manuellt i mindre delar när det ansågs nödvändigt för att de skulle kunna torka ordentligt och inte endast på ytan. Proverna torkades i 55°C i 20–24 timmar. Därefter öppnades torkskåpets dörrar helt och proverna lämnades för att ekvibrera med omgivande luftfuktighet i 3–4 timmar. Träck och form vägdes därefter tillsammans och formens vikt subtraherades för att få fram träckprovets vikt. Torrsubstanshalten beräknades med formeln:  $(\text{torkad träcksvikt} / \text{våt träcksvikt}) * 100$  och angavs i procent.

## Beräkningar och statistisk analys

Fördelningen av partikelstorlek beräknades i två steg. I första steget beräknades andelen material som samlats upp på sållen samt andelen som förlorats vid våtsiktningen. Den förlorade fraktionen, som bestod av partiklar < 0,315 mm och vatten, beräknades som andel av den totala vikten av invägd träck plus vatten. Totalvikten uppskattades till 1522 g (1,5 liter vatten väger 1497 g vid 20 C° + 25 g träck) och från denna subtraherades den totala vikten av uppsamlat material, för att få vikten på den förlorade fraktionen. I det andra steget beräknades den procentuella fördelning av provmaterialet som fastnat på respektive såll, oberoende av den förlorade fraktionen.

Medianvärde för alla variabler, undantaget enkätfråga 1–6, och chi2-test för kategoriska variabler beräknades i Microsoft Excel. De kategoriska variablerna bestod av rastyp samt djurägarsvar gällande sjukdomshistorik och typ av hagvistelse. Chi2-testet användes för att jämföra fall- och kontrollgrupp avseende dessa variabler. Hästar med okända variabler inkluderades inte i beräkningarna. Nollhypotesen var att ingen skillnad fanns mellan grupperna.

Medelpartikelstorleken uppskattades genom att partikelfractionen på varje såll multiplicerades med dess sållstorlek. Uträknade värden från alla såll adderades och summan dividerades slutligen med antalet såll som använts (4).

Statistisk bearbetning av data för partikelstorlek och torrsbstanshalt genomfördes i SAS version 9.4 för Windows (SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA). Variansanalys (ANOVA) utfördes i SAS beträffande skillnader mellan fall- och kontrollhästar i partikelstorleksfördelning och torrsbstanshalt i faeces. Om chi2-test indikerade skillnader mellan fall- och kontroller för någon av de kategoriska variablerna, utfördes variansanalys för att utvärdera eventuell påverkan på träckens partikelstorleksfördelning och torrsbstanshalt.

Kolikdiagnoserna delades in i nedanstående fyra grupper och variansanalys användes för att analysera skillnader i partikelstorleksfördelning och torrsbstanshalt mellan grupperna.

1. Koloninpackning (n = 19) och caecuminpackning (n = 4)
2. Peritonit (n = 5), enterit (n = 2) och akut (n = 6) eller kronisk (n = 2) kolit
3. Gaskolik (n = 3), grovtarmsfelläge (n = 5) och ileocecal invagination (n = 1)
4. Annan kolikdiagnos (n = 3) och ej diagnostiserad (n = 12)

Ytterligare en jämförelse gjordes mellan hästar diagnostiserade med inpackningskolik (stora kolon eller *caecum*) och hästar med alla övriga koliktyper.

Under analys av träckproverna detekterades olja visuellt i 9 av totalt 62 fallprover. Ingen synlig olja fanns i faeces från kontrollhästarna. Fallproverna delades därför upp i två kategorier; en med träck med synlig förekomst av olja och en utan. Skillnader i partikelstorleksfördelning och torrsbstanshalt i träcken analyserades sedan med avseende på denna gruppering.

Skillnader mellan grupper ansågs vara statistiskt säkerställda vid p-värde < 0,05.

## RESULTAT

### Ålder och ras

Åldersfördelningen i fall- och kontrollgrupp var likvärdig ( $p > 0,05$ ) (Tabell 1).

Tabell 1. *Minimum, maximum, median- och medelvärde samt standardavvikelse (SD) för åldersfördelningen hos fall- och kontrollhästar*

	Åldersfördelning		P
	Fall	Kontroll	
Minimum	1	1	
Maximum	21	26	
Median	8,5	9,0	
Medel	9,6	9,7	0,88
SD	0,74	0,72	

Fördelningen av rasgrupper var likvärdig mellan fall- och kontrollgrupp ( $p > 0,05$ ) (Tabell 2). Nollhypotesen att fall- och kontrollgrupp inte skiljde sig åt i det avseendet konfirmerades.

Tabell 2. *Fördelning av rasgrupper mellan fall- och kontrollgrupp i studien. Uträknat chi2-värde jämfördes med tabellvärde på signifikansnivån 0,05 för aktuellt antal frihetsgrader (df). Om uträknat värde översteg tabellvärdet, indikerade det en skillnad mellan fall- och kontrollgrupp och nollhypotesen förkastades*

	Fall	Kontroll	Chi2-värde	Kritiskt Chi2-värde för	P
			(Fall-Kontroll) <sup>2</sup> /Kontroll	P 0,05	
Hästras					
Varmblod	35	41	0,88		
Kallblod	10	8	0,50		
Fullblod	2	4	1,00		
Ponny	8	9	0,11		
Summa	55	62	2,49	9,49 (df 4)	>0,500

### Sjukdomshistorik

Större andel av kolikhästarna hade tidigare haft kolik ( $p < 0,001$ ), behandlats av veterinär för kolik under de senaste 24 månaderna ( $p < 0,001$ ), haft diarré senaste 2 månaderna ( $p < 0,001$ ) samt uppvisat viktförlust under de senaste 2 månaderna ( $p < 0,025$ ), jämfört med kontrollhästarna (Tabell 3). Nollhypotesen att fall- och kontrollgrupp inte skiljde sig åt i dessa avseenden fick förkastas.

Tabell 3. Fyra frågor rörande sjukdomshistorik hos hästarna i studien. Uträknat chi2-värde jämfördes med tabellvärde på signifikansnivån 0,05 för aktuellt antal frihetsgrader (df). Om uträknat värde översteg tabellvärdet, indikerade det en skillnad mellan fall- och kontrollgrupp och nollhypotesen förkastades

	Fall	Kontroll	Chi2-värde (Fall-Kontroll) <sup>2</sup> /Kontroll	Kritiskt Chi2- värde för P 0,05	P
Har hästen någon gång haft kolik enligt din vetskap?					
Ja	27	13	15,08		
Nej	29	50	8,82		
Summa	56	63	23,90	5,99 (df 2)	<0,001
Har hästen blivit behandlad för kolik av veterinär de senaste 24 månaderna?					
Ja	18	4	49,00		
Nej	37	59	8,20		
Summa	55	63	57,20	5,99 (df 2)	<0,001
Har hästen haft diarré de senaste 2 månaderna?					
Ja	9	3	12,00		
Nej	45	60	3,75		
Summa	54	63	15,75	5,99 (df 2)	<0,001
Har hästen tappat i vikt de senaste 2 månaderna?					
Ja	9	4	6,25		
Nej	47	59	2,44		
Summa	56	63	8,69	5,99 (df 2)	0,010<P<0,025

### Typ av hage sommar och vinter

Fördelningen av fall- och kontrollhästar som vistades i olika hagtyper skiljde sig åt sommartid ( $p < 0,001$ ), men inte vintertid ( $p > 0,05$ ) (Tabell 4).

Tabell 4. Typ av hage sommar- och vintertid för hästarna i studien. Uträknat chi2-värde jämfördes med tabellvärde på signifikansnivån 0,05 för aktuellt antal frihetsgrader (df). Om uträknat värde översteg tabellvärdet, indikerade det en skillnad mellan fall- och kontrollgrupp och nollhypotesen förkastades

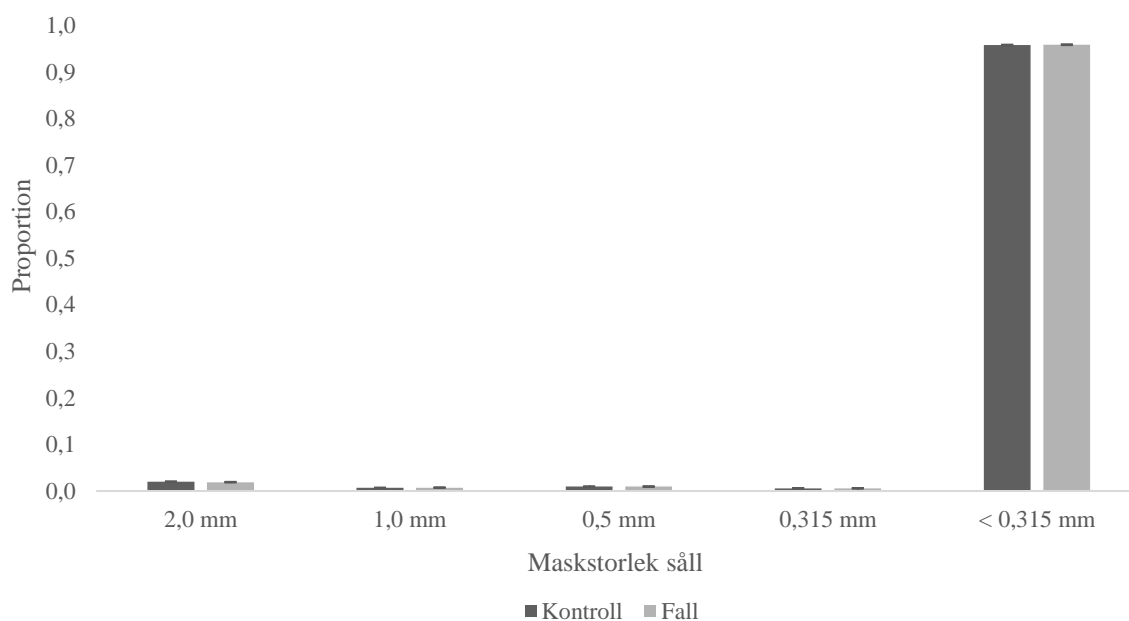
	Fall	Kontroll	Chi2-värde (Fall-Kontroll) <sup>2</sup> /Kontroll	Kritiskt Chi2- värde för P 0,05	P
Typ av hage sommartid					
Skogsbete	1	5	3,20		
Ängsmark eller beteshage	26	28	0,14		
Sandpaddock	5	1	16,00		
Olika kombinationer	24	28	0,57		
Summa	56	62	19,91	9,49 (df 4)	<0,001
Typ av hage vintertid					
Skogsbete	8	5	1,80		
Ängsmark eller beteshage	18	25	1,96		
Sandpaddock	8	5	1,80		
Olika kombinationer	20	27	1,81		
Summa	54	62	7,37	9,49 (df 4)	0,100<P<0,250

## Fördelning av partikelstorlek i faeces från fall- och kontrollhästar

Andelen av den fraktion som förlorades vid våtsiktningen (fekala partiklar <0,315 mm och vätska), skilde sig inte mellan hästar med och utan kolik ( $p > 0,05$ ) (Tabell 5). Den utgjorde den totalt sett största fraktionen (Figur 2).

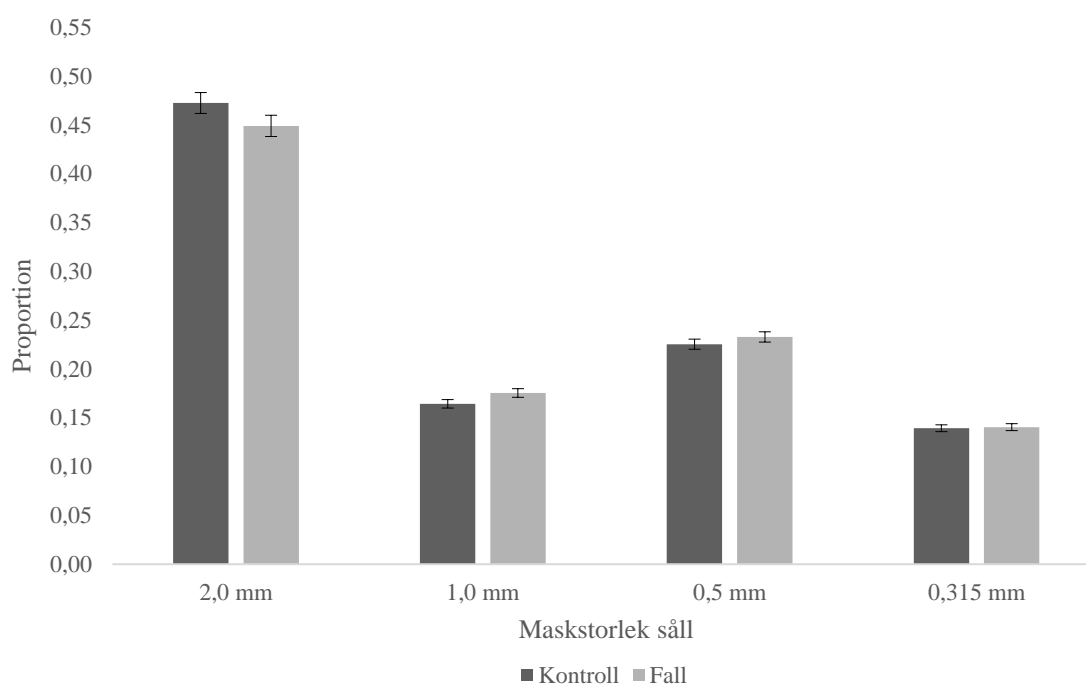
Tabell 5. Minimum, maximum, median- och medelvärde samt standardavvikelse (SD) för fraktionen som passerade 0,315 mm vid våtsiktning (inkl. vätska) av faeces från fall- och kontrollhästar

	Fraktion <0,315 mm		P
	Fall	Kontroll	
Minimum	0,94	0,94	
Maximum	0,97	0,97	
Median	0,96	0,96	
Medel	0,96	0,96	0,55
SD	0,001	0,001	



Figur 2. Fördelning av partikelstorlek (mm) i faeces från fall- och kontrollhästar. Partiklar <0,315 mm representerar den fraktion som förlorades vid våtsiktningen. Staplarna representerar medelvärde och felstaplarna standardavvikelsen. Ingen skillnad mellan fall- och kontrollhästar påvisades ( $p > 0,05$ ).

Ingen skillnad i partikelstorleksfördelning i faeces observerades i de fraktioner som samlades upp på sållerna mellan hästar med och utan kolik ( $p > 0,05$ ) (Figur 3). Av dessa fraktioner stannade största andelen partiklar på sållet med den största maskstorleken 2,0 mm, följt av maskstorlek 0,5 mm. För fraktionen 2,0 mm var intervallet mellan minimum- och maximumandel större än för övriga fraktioner i både fall- och kontrollgrupp (Tabell 6). Medelpartikelstorleken skiljde sig inte heller mellan fall- och kontrollhästar i den uppsamlade fraktionen ( $p > 0,05$ ) (Tabell 7).



Figur 3. Fördelning av partikelstorlek (mm) i faeces från fall- och kontrollhästar i den fraktion som samlades upp på sållen ( $\geq 0,315$  mm) vid våtsiktningen. Staplarna representerar medelvärde och felstaplarna standardavvikelsen. Ingen skillnad mellan fall- och kontrollhästar påvisades ( $p > 0,05$ ).

Tabell 6. Minimum, maximum och medianvärde för de fraktioner som samlades upp på sållen vid våtsiktningen av faeces från fall- och kontrollhästar

		Partikelstorleksfördelning uppsamlad fraktion			
		2,0 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,315 mm
Fall (n = 62)	Minimum	0,22	0,10	0,16	0,06
	Median	0,45	0,18	0,23	0,14
	Maximum	0,62	0,28	0,36	0,20
Kontroll (n = 64)	Minimum	0,30	0,08	0,13	0,08
	Median	0,46	0,16	0,23	0,14
	Maximum	0,68	0,27	0,30	0,20

Tabell 7. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för uppskattad medelpartikelstorlek i faeces för de fraktioner som samlades upp på sållen vid våtsiktningen av faeces från fall- och kontrollhästar

	Partikelstorlek (mm)
Fall (n = 62)	0,316 (0,0037)
Kontroll (n = 64)	0,310 (0,0038)
P	0,26



## Fördelning av partikelstorlek i faeces från hästar med olika kolikdiagnoser

Indelning av fallhästarna i de fyra olika kolikgrupperna resulterade i likvärdig partikelstorleksfördelning ( $p > 0,05$ ) (Tabell 8) och medelpartikelstorlek ( $p > 0,05$ ) i faeces (Tabell 9). Det var inte heller någon skillnad i partikelstorleksfördelning (Tabell 10) och medelpartikelstorlek (Tabell 11) mellan hästar diagnostiserade med inpackningskolik (stora kolon eller *caecum*) och hästar med övriga koliktyper ( $p > 0,05$ ).

Tabell 8. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för partikelstorleksfördelningen i faeces från hästar grupperade efter kolikdiagnos

Grupp	Partikelstorleksfördelning			
	2,0 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,315 mm
1. Koloninpackn., caecuminpackn. (n = 23)	0,44 (0,016)	0,18 (0,007)	0,24 (0,008)	0,15 (0,006)
2. Peritonit, enterit, akut/kronisk kolit (n = 15)	0,44 (0,020)	0,19 (0,008)	0,24 (0,010)	0,14 (0,007)
3. Gaskolik, grovtarmsfelläge, ileocecal invag. (n = 9)	0,46 (0,025)	0,18 (0,010)	0,22 (0,013)	0,14 (0,009)
4. Annan kolikdiagn., ej diagn. (n = 15)	0,48 (0,020)	0,16 (0,008)	0,22 (0,010)	0,14 (0,007)
P	0,28	0,19	0,38	0,47

Tabell 9. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för uppskattad medelpartikelstorlek i faeces från hästar grupperade efter kolikdiagnos

Grupp	Partikelstorlek (mm)
1. Koloninpackn., caecuminpackn. (n = 23)	0,304 (0,0056)
2. Peritonit, enterit, akut/kronisk kolit (n = 15)	0,307 (0,0069)
3. Gaskolik, grovtarmsfelläge, ileocecal invag. (n = 9)	0,314 (0,0089)
4. Annan kolikdiagn., ej diagn. (n = 15)	0,320 (0,0069)
P	0,32

Tabell 10. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för partikelstorleksfördelningen i faeces från hästar med inpackningskolik samt från hästar med övriga kolikdiagnoser

	Partikelstorleksfördelning			
	2,0 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,315 mm
Inpackningskolik (n = 23)	0,44 (0,016)	0,18 (0,007)	0,24 (0,008)	0,15 (0,006)
Övriga kolikdiagnoser (n = 39)	0,46 (0,012)	0,18 (0,005)	0,23 (0,006)	0,14 (0,004)
P	0,23	0,96	0,27	0,11

Tabell 11. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för uppskattad medelpartikelstorlek i faeces från hästar med inpackningskolik samt från hästar med övriga kolikdiagnoser

	Partikelstorlek (mm)
Inpackningskolik (n = 23)	0,304 (0,0056)
Övriga kolikdiagnoser (n = 39)	0,313 (0,0043)
P	0,19

Huruvida hästarna (fall och kontroller) haft kolik någon gång tidigare eller inte, påverkade inte partikelstorleksfördelningen ( $p > 0,05$ ) (Tabell 12). Den påverkades inte heller av om hästarna tappat i vikt senaste 2 månaderna eller inte ( $p > 0,05$ ) (Tabell 13).

Tabell 12. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för partikelstorleksfördelningen i faeces från hästar med eller utan tidigare historik av kolikanfall (oberoende av om de var fall- eller kontrollhästar)

Historik av tidigare kolikanfall	Partikelstorleksfördelning			
	2,0 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,315 mm
Ja (n = 40)	0,46 (0,015)	0,17 (0,006)	0,23 (0,007)	0,14 (0,005)
Nej (n = 79)	0,46 (0,010)	0,17 (0,004)	0,23 (0,005)	0,14 (0,003)
P	0,78	0,49	0,94	0,94

Tabell 13. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för partikelstorleksfördelningen i faeces från hästar med eller utan förekomst av viktförlust de senaste 2 månaderna före provtagning (oberoende av om de var fall- eller kontrollhästar)

Förekomst av viktförlust de senaste 2 månaderna före provtagning	Partikelstorleksfördelning			
	2,0 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,315 mm
Ja (n = 13)	0,46 (0,026)	0,16 (0,011)	0,24 (0,013)	0,14 (0,008)
Nej (n = 106)	0,46 (0,009)	0,17 (0,003)	0,23 (0,004)	0,14 (0,003)
P	0,89	0,65	0,59	0,94

Däremot observerades en skillnad i tre av de fyra uppsamlade partikelstorleksfraktionerna, mellan hästar som haft diarré under senaste två månaderna och de som inte haft det oberoende av om det var fall- eller kontrollhästar (Tabell 14). Hästar som haft diarré under senaste 2 månaderna hade lägre andel partiklar på sållet med den största maskstorleken (2,0 mm) ( $p = 0,002$ ), och större andel partiklar på sållen med maskstorlek 1,0 mm ( $p = 0,004$ ) och 0,5 mm ( $p = 0,007$ ), jämfört med hästar utan diarréhistorik. Det fanns inga samspelseffekter mellan fall/kontroll och diarré/ej diarré senaste två månaderna, som påverkade fördelningen av partikelstorlek.

Tabell 14. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för partikelstorleksfördelningen i faeces från hästar som haft eller inte haft diarré under senaste två månaderna (oberoende av om de var fall- eller kontrollhästar)

Förekomst av diarré de senaste 2 månaderna före provtagning	Partikelstorleksfördelning			
	2,0 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,315 mm
Ja (n = 12)	0,38 (0,028)	0,20 (0,011)	0,27 (0,014)	0,16 (0,009)
Nej (n = 105)	0,47 (0,008)	0,17 (0,003)	0,23 (0,004)	0,14 (0,003)
P	0,002	0,004	0,007	0,072

### Torrsubstanshalt i faeces

Torrsubstanshalten i träcken var högre hos kolikhästarna jämfört med hos kontrollhästarna ( $p = 0,01$ ) (Tabell 15).

Tabell 15. *Minimum, maximum, median- och medelvärde samt standardavvikelse (SD) för torrsustanshalten (TS) i faeces hos fall- och kontrollhästar*

		TS %
Fall (n = 51)	Minimum	14,4
	Maximum	39,2
	Median	23,3
	Medel	24,6
	SD	0,65
Kontroll (n = 49)	Minimum	16,9
	Maximum	29,1
	Median	21,8
	Medel	22,2
	SD	0,66
P		0,01

När fallhästarna kategoriserades i de fyra grupperna efter deras kolikdiagnos var torrsustanshalten i faeces likvärdig mellan grupperna ( $p > 0,05$ ) (Tabell 16).

Tabell 16. *Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för torrsustanshalten (TS) i faeces från hästar grupperade efter kolikdiagnos*

Grupp	TS %
1. Koloninpackn., caecuminpackn. (n = 23)	24,7 (1,41)
2. Peritonit, enterit, akut/kronisk kolit (n = 15)	24,3 (1,72)
3. Gaskolik, grovtarmsfälläge, ileocecal invag. (n = 9)	25,5 (2,11)
4. Annan kolikdiagn., ej diagn. (n = 15)	24,1 (1,66)
P	0,96

Det var inte heller någon skillnad i torrsustanshalt i faeces mellan hästar diagnostiserade med inpackningskolik (stora kolon eller *caecum*) och hästar med övriga koliktyper ( $p > 0,05$ ) (Tabell 17).

Tabell 17. *Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för torrsustanshalten (TS) i faeces från hästar med inpackningskolik samt från hästar med övriga kolikdiagnoser*

	TS %
Inpackningskolik (n = 23)	24,7 (1,38)
Övriga kolikdiagnoser (n = 39)	24,5 (1,02)
P	0,94

Huruvida hästarna (fall och kontroller) haft kolik någon gång tidigare eller inte, påverkade inte torrsustanshalten i faeces ( $p > 0,05$ ) (Tabell 18). Den påverkades inte heller av om hästarna tappat i vikt senaste 2 månaderna eller inte ( $p > 0,05$ ) (Tabell 19).

Tabell 18. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för torrsubstanshalten (TS) i faeces från hästar med eller utan tidigare historik av kolikanfall (oberoende av om de var fall- eller kontrollhästar)

Historik av tidigare kolikanfall	TS %
Ja (n = 40)	23,0 (0,83)
Nej (n = 79)	23,2 (0,64)
P	0,89

Tabell 19. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för torrsubstanshalten (TS) i faeces från hästar med eller utan förekomst av viktförlust de senaste 2 månaderna före provtagning (oberoende av om de var fall- eller kontrollhästar)

Förekomst av viktförlust de senaste 2 månaderna före provtagning	TS %
Ja (n = 13)	23,4 (1,48)
Nej (n = 106)	23,2 (0,52)
P	0,93

Däremot observerades en skillnad i torrsubstanshalt mellan hästar som haft diarré under senaste två månaderna och dem som inte haft det ( $p = 0,03$ ) (Tabell 20). Hästar som haft diarré under senaste två månaderna, oberoende av om de var fall- eller kontrollhästar, hade lägre torrsubstanshalt i faeces jämfört med de som inte haft diarré. Det fanns inga samspelseffekter mellan fall/kontroll och diarré/ej diarré senaste två månaderna, som påverkade torrsubstanshalten i faeces.

Tabell 20. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för torrsubstanshalten (TS) i faeces från hästar som har eller inte har haft diarré under de senaste 2 månaderna (oberoende av om de var fall- eller kontrollhästar)

Förekomst av diarré de senaste 2 månaderna före provtagning	TS %
Ja (n = 11)	19,8 (1,79)
Nej (n = 81)	23,8 (0,51)
P	0,03

## Övriga fynd

I faeces från hästar med kolik observerades olja i 9 av totalt 62 prover. Ingen synlig olja kunde detekteras i faeces från kontrollhästarna. Andelen partiklar i fraktionen 1,0 mm var högre hos hästar med olja i träcken jämfört med hos hästar utan förekomst av olja i träcken ( $p = 0,02$ ) (Tabell 21). Det noterades under analys av träckproverna att oljan ibland tenderade att bidra till att små partiklar klumpades ihop. Hästar med oljig träck var diagnostiserade med sju olika typer av kolik (koloninpackning, caecuminpackning, grovtarmsfelläge, peritonit, IFEE/IFEC, gaskolik och akut kolit).

Tabell 21. Medelvärde och standardavvikelse (inom parentes) för torrsubstanshalten (TS) samt för andelen partiklar i de fraktioner som samlats upp på såll vid våtsiktning av träck från hästar med och utan synlig förekomst av olja i träcken

	Partikelstorleksfördelning och torrsubstanshalt				TS %
	2,0 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,315 mm	
Olja i träck (n = 9)	0,43 (0,025)	0,20 (0,010)	0,23 (0,013)	0,14 (0,009)	30,3 (2,23)
Ej olja i träck (n = 53)	0,45 (0,011)	0,17 (0,004)	0,23 (0,005)	0,14 (0,004)	23,8 (0,82)
P	0,42	0,02	0,81	0,75	0,01

Hos hästar med synlig förekomst av olja i träcken var torrsubstanshalten i träcken högre jämfört med i träck utan synlig förekomst av olja ( $p = 0,01$ ) (Tabell 21).

## DISKUSSION

Syftet med studien var att jämföra partikelstorleksfördelning och torrsubstanshalt i faeces från hästar med och utan kolik. Träckprover insamlades från 62 fallhästar med akut kolik och 64 kontroller utan kliniska tecken på kolik, som besökte samma hästklinik. Åldersspannet hos hästarna sträckte sig från 1–26 år. Fall- och kontrollgrupp var likvärdiga med avseende på åldersfördelningen. Det är sannolikt att tandstatusen och förmågan att sönderdela fodret via tuggning varierade hos hästarna i studien, vilket kan påverka partikelstorleken i faeces. I en tidigare studie noterades dock inget samband mellan medelpartikelstorleken i faeces och graden av tandsjukdom hos hästar med och utan koloninpackning (Gunnarsdottir *et al.*, 2014).

Den fraktion som förlorades vid våtsiktningen (fekala partiklar <0,315 mm och vätska) av faecesproverna utgjorde den största andelen av provet. Fraktionen med den minsta partikelstorleken har även i andra studier utgjort den största andelen av provet (Müller, 2009). I den aktuella studien var det inte praktiskt genomförbart att använda såll med maskstorlek mindre än 0,315 mm. Vattenflödet genom sållen stoppades upp avsevärt vid siktningen, och endast ett fåtal prover skulle ha kunnat analyseras dagligen om även mindre maskstorlekar inkluderats. Av de fraktioner som samlades upp på sållen stannade största andelen partiklar på sållet med den största maskstorleken 2,0 mm. Fördelningen av partiklar större än 2,0 mm i faeces är dock okänd i den här studien. I en annan studie där även maskstorlek 4,0 mm användes, ansamlades avsevärt fler faecespartiklar på den sållstorleken jämfört med på såll 2,0 mm (Müller, 2009). Användandet av flera såll med större maskstorlek skulle ha givit mer information om partikelstorleksfördelningen i den största fraktionen i den aktuella studien.

Den fekala partikelstorleken representerar generellt storleken på foderpartiklarna efter tuggning, då det inte sker någon nämnvärd minskning under passagen genom resten av gastrointestinalkanalen (Di Filippo *et al.*, 2018). Otillräcklig sönderdelning av fodret vid tuggning anses kunna öka andelen långa fibrer i tarmen och därmed även öka risken för vissa former av kolik, som inpackningar (Carmalt *et al.*, 2004; Vlaminck *et al.*, 2010; Gunnarsdottir *et al.*, 2014; Olusa & Akinrinmade, 2014). Partikelmarkörers passagehastighet från magsäcken till proximala kolon har påvisats minska med ökad partikelstorlek (Drogoul *et al.*, 2000; 2001). Detta skulle delvis kunna förklara varför digesta innehållande stora partiklar skulle kunna vara en riskfaktor

för inpackningar (Gunnarsdottir *et al.*, 2014). Hypotesen i den föreliggande studien var därför att hästar med kolik skulle uppvisa en större andel stora partiklar i träcken jämfört med kontrollhästar. Ingen skillnad i partikelstorleksfördelning i faeces mellan hästar med och utan kolik kunde dock påvisas i de fraktioner som samlades upp på sållen ( $p > 0,05$ ) eller i den fraktion som förlorades vid våtsiktningen (passerade 0,315 mm) ( $p > 0,05$ ). Ingen påverkan på partikelstorleksfördelningen sågs heller då fallhästarna kategoriserades i fyra grupper efter deras kolikdiagnos ( $p > 0,05$ ). Det var inte heller någon skillnad i partikelstorleksfördelning mellan hästar diagnostiserade med inpackningskolik (stora kolon eller *caecum*) och hästar med övriga koliktyper ( $p > 0,05$ ). Detta indikerar att samband mellan partikelstorleksfördelningen i faeces och kolikförekomst inte kunde påvisas i denna studie. Resultat gällande samband mellan partikelstorleken i digestan och kolikförekomst hos häst har varit motstridiga och ämnet är bristfälligt undersökt. Hästar med koloninpackning tenderade att ha större andel stora partiklar i träcken jämfört med kontrollhästar i en studie (Vlaminck *et al.*, 2010). I motsats till dessa fynd var dock den fekala medelpartikelstorleken större hos kontrollhästar jämfört med hos hästar med koloninpackning i en annan studie (Gunnarsdottir *et al.*, 2014). En bidragande faktor till de motstridiga resultaten kan vara användandet av olika tekniker för att mäta fekal fiberlängd eller partikelstorleksfördelning.

Större andel av kolikhästarna hade tidigare haft kolik ( $p < 0,001$ ) samt behandlats av veterinär för kolik under de senaste 24 månaderna ( $p < 0,001$ ), jämfört med kontrollhästarna. Detta är i enighet med resultat från andra studier, som fastställt att tidigare kolikförekomst är en riskfaktor för kolik (Cohen *et al.*, 1995; Reeves *et al.*, 1996). I en studie rapporterades det att 43,5 % av hästar med kolik även tidigare haft kolik (Traub-Dargatz *et al.*, 2001). I en annan studie fick 29 % av hästar som genomgått kolikoperation återfall av kolik (Proudman *et al.*, 2002). Huruvida fall och kontroller haft kolik någon gång tidigare eller inte, påverkade dock inte partikelstorleksfördelningen i faeces i den aktuella studien ( $p > 0,05$ ). Större andel av kolikhästarna hade haft diarré ( $p < 0,001$ ) och uppvisat viktförlust under de senaste 2 månaderna ( $p < 0,025$ ) jämfört med kontrollhästarna. Detta är symptom som kan tyda på att det förekommer en rubbning i gastrointestinkanalen. Hästar med diarréförekomst under senaste 2 månaderna hade en större andel små partiklar i träcken jämfört med hästar utan diarréhistorik. Det är svårt att fastställa vad detta kan bero på. Mer än hälften av avföringens torrsvikt består dock av bakterier (Frape, 2010), och en större andel små partiklar i träcken skulle sannolikt kunna bero på att fler bakterier sköljts ut med faeces vid diarréförekomst. Detta borde dock ha skett i direkt anslutning till diarréförekomsten, och det är mindre sannolikt att det inträffade vid tidpunkten för träckprovsinsamlingen.

Under analys av träckproverna detekterades olja visuellt i 9 av totalt 62 prover från kolikhästarna. En vanlig behandlingsmetod för att lösa upp exempelvis inpackningskolik är användandet av paraffinolja via sond, ofta tillsammans med rikliga mängder vatten (Bliklager, 2017). Detta hade sannolikt givits av veterinär på hemmaplan innan ankomst till hästkliniken. Andelen partiklar i fraktionen 1,0 mm var högre hos hästar med olja i träcken jämfört med hos hästar utan förekomst av olja i träcken ( $p = 0,02$ ). Det är svårt att spekulera kring vad som orsakat att enbart denna partikelfraktion skiljde sig åt. Hästar med oljig träck var diagnostiserade med sju

olika typer av kolik, så koliktyp var sannolikt inte en bidragande faktor. Vid analys av träckproverna noterades det att olja ibland tenderade att bidra till att små partiklar klumpades ihop. En teori är att små partiklar kan ha klumpats ihop och hamnat på sållet med den näst största maskstorleken vid förekomst av olja, istället för att sköljas igenom sållet.

Torrsubstanshalten i faeces hos både fall- och kontrollhästar befann sig i intervallet 14–39 %. Detta innefattade värden som var något högre än vad som rapporterats i två andra studier med kliniskt friska hästar; 15–25 % (Ellis & Hill, 2006) och 16–26 % (Zeyner *et al.*, 2004). De högre värdena tillhörde kolikhästar och torrsubstanshalten i faeces var generellt högre hos hästar med kolik jämfört med kontrollhästar. Detta är i enighet med hypotesen att torr digesta är en möjlig riskfaktor för bildandet av exempelvis inpackningskolik (White, 1998). Inpackningar leder dessutom till en förlängd retentionstid och ökad vätskeabsorption, vilket kan vara en bidragande orsak till att man i en studie noterade torrare träck hos hästar med obstruerande kolikformer jämfört med icke-obstruerande (Goncalves *et al.*, 2006). Torrsubstanshalten i faeces påverkades dock inte av typ av kolikdiagnos i den aktuella studien ( $p > 0,05$ ). Hästar diagnostiserade med inpackningskolik (stora kolon eller *caecum*) skiljde sig inte från hästar med övriga koliktyper gällande torrsubstanshalt i faeces ( $p > 0,05$ ).

Flertalet faktorer kan påverka torrsubstanshalten i träcken. Intagen vattenmängd kan ha stor påverkan på träckens vätskeinhåll (Muhonen, 2008; Lester *et al.*, 2013). Hur mycket vatten hästen dricker påverkas av till exempel omgivningsfaktorer, fodertyp, aktivitetsnivå etc. (Williams *et al.*, 2015). I den aktuella studien skiljde sig dessa faktorer sannolikt åt mellan individerna i studien. Det är även högst troligt att vätskestatusen skiljde sig åt, då flertalet hästar stod på infusionsdropp. Gastrointestinalkanalen kan dessutom lagra stora volymer vätska och fungera som en reservoar för att upprätthålla den cirkulerande vätskevolymen (Sneddon *et al.*, 1992; Lester *et al.*, 1993; Kasirer-Izraely *et al.*, 1994). Vattenabsorptionen i grovtarmen ökar med ökad retentionstid, vilket bidrar till en torrare digesta vid långsammare tarmpassage (Sanchez, 2018). Om digestan förflyttas för snabbt kan inte optimal vätskeabsorption ske och om den förflyttas för långsamt finns risk för inpackningskolik (Merritt & Julliand, 2013). Fodertypen har också stor inverkan på digestans vätskeinhållande kapacitet och träckens torrsubstanshalt. Fibrer har en hög vätskeinhållande kapacitet och binder vätska i gastrointestinalkanalen (McRorie *et al.*, 2000; Zeyner *et al.*, 2004). Utfodring med fiberrikt foder resulterade dessutom i en högre vätskekonsumtion, jämfört med utfodring med fiberfattigt foder (Fonnesbeck, 1968; Cymbaluk, 1989; Warren *et al.*, 1999; Ellis *et al.*, 2002). En fiberrik diet genererade därför en lägre torrsubstanshalt i faeces, jämfört med en mer fiberfattig diet (Warren *et al.*, 1999). Spannmålsutfodring resulterade i en torrare digesta och träck, jämfört med när inget spannmål gavs (Hintz *et al.*, 1971; Lopes *et al.*, 2004). En studie undersökte effekterna av övergång från hagvistelse med bete dygnet runt till uppstallning dygnet runt och utfodring med hö på den gastrointestinala funktionen (Williams *et al.*, 2015). Trots ett markant ökat vattenintag vid övergången till uppstallning producerade dessa hästar betydligt torrare avföring jämfört med när de gick på bete. Den största förändringen sågs första dagen efter uppstallning (Williams *et al.*, 2015). Hästarna i den aktuella studien hade alla stått olika länge uppstallade och utfodringen skiljde sig åt, vilket kan ha påverkat den fekala torrsubstanshalten.

Ökade plasmanivåer av aldosteron har rapporterats kvälls- och natttid jämfört med dagtid (Jansson & Dahlborn, 1999). Detta skulle indikera att vattenabsorptionen från grovtarmen ökar den tiden på dygnet. Detta överensstämmer med fynden från en studie, som noterade att torrsubstanshalten i faeces var högre i prover insamlade natttid (Muhonen, 2008). Träckprover i den aktuella studien insamlades inte alltid vid samma tidpunkt på dygnet.

Hästar som haft diarré under senaste två månaderna, oberoende av om de var fall- eller kontrollhästar, hade lägre torrsubstanshalt i faeces jämfört med de som inte haft diarré ( $p = 0,03$ ). Definitionen av diarré är just ökat vatteninnehåll i faeces (Oliver & Stämpfli, 2006). Hos hästar med synlig förekomst av olja i träcken var torrsubstanshalten i träcken högre jämfört med i träck utan synlig förekomst av olja ( $p = 0,01$ ). Olja har en mild laxerande effekt och kan bidra till ökad passagehastighet och minskad absorption av vätska från tarmen. Dessutom ges ofta oljan tillsammans med rikliga mängder vatten i behandlingssyfte (Blikslager, 2017). Trots detta var ändå torrsubstanshalten högre vid förekomst av olja i träcken. Olja innehåller inget vatten och skulle således kunna bidra till den högre torrsubstanshalten. Det är generellt hästar med inpackningar av torr digesta som ges denna behandling, vilket även skulle kunna förklara den högre torrsubstanshalten.

Det är värt att nämna några begränsningar med studien. Träckprover insamlades från hästar som befann sig i olika stadier av kolikbehandlingen, exempelvis under pågående fasta, medicinsk behandling eller under upplösandet av en inpackning. Det hade gagnat studien om alla prover insamlats vid samma tidpunkt i behandlingen, till exempel vid första undersökningen efter ankomst. Flera prover från samma individ, men tagna vid olika tillfällen, hade kunnat gagna studien. Det skulle kompensera för eventuella fluktuationer i partikelstorleksfördelning och torrsubstanshalt över tid. Det är viktigt att ha i åtanke att kontrollhästarna också var patienter på hästkliniken och således inte friska, även om de inte var drabbade av kolik eller andra störningar i gastrointestinalkanalen.

Några potentiella felkällor med analysmetoden bör också belysas. Det är möjligt att mer vätska ansamlades på vissa såll jämfört med andra vid våtsiktningen, exempelvis dem med mer material på eller med en viss partikelstorlek. Vid våtsiktningen uppmättes vattenmängden med hjälp av kannans 1,5-litersmarkering, vilket inte genererade särskilt hög precisionen i beräkningen av den förlorade fraktionen (partiklar  $< 0,315$  mm och vätska). Det är även möjligt att träckproverna skiljde sig något i torkningsgrad vid analys av torrsubstanshalten (stort viktspann på proverna), även om aktsamhet vidtogs för att säkerställa att alla prover var fullständigt torkade rakt igenom. En styrka med studien var det relativt stora provantalet, jämfört med många andra studier.

Resultaten är fortsatt motstridiga och ytterligare studier inom ämnet är viktiga för att skapa en ökad förståelse för vilken roll partikelstorleken och torrsubstanshalten i digestan spelar i kolikens komplexa etiologi.



## POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

### Bakgrund

Grovtarmen upptar majoriteten av volymen i hästens magtarmkanal. Dess komplexa funktion, enorma storlek, fria rörlighet och uttalade förändringar i diameter gör den extra benägen att orsaka kolik. Kolik är ett samlingsbegrepp för flertalet tillstånd som orsakar smärta i magtarmkanalen. Det är den vanligaste orsaken till akutvård av häst och leder till fler dödsfall än någon annan sjukdomsgrupp. För att minska risken för kolik är det viktigt med en bättre förståelse av vilka faktorer och mekanismer som leder till sjukdomen, så att förebyggande åtgärder kan utarbetas.

Tuggning resulterar i mekanisk nedbrytning och sönderdelning av fodret och är den viktigaste faktorn i fodersmältningsprocessen för att minska partikelstorleken. Generellt inträffar ingen storleksreducering efter magsäcken. Partikelstorleken i avföringen representerar således storleken på foderpartiklarna efter tuggning. Ineffektiv tuggning på grund av tänder i dåligt skick eller nedsatt tuggfunktion anses kunna leda till försämrade nedbrytning av fodret, vilket ökar andelen stora partiklar i tarmen. Tarminnehållets form och sammansättning påverkar dess passagehastighet genom magtarmkanalen. Passagehastigheten har visat sig minska med ökad partikelstorlek. Stor andel grova partiklar i tarminnehållet kan således vara en riskfaktor för exempelvis förstoppningskolik. Även ett torrt tarminnehåll kan utgöra en riskfaktor. Kunskapen om samband mellan partikelstorleken i tarminnehållet och kolikförekomst hos häst är bristfällig. I en studie tenderade hästar med grovtarmsförstoppning att ha större andel stora partiklar i avföringen jämfört med hästar utan kolik. I motsats till dessa fynd var medelpartikelstorleken i avföringen mindre hos hästar med grovtarmsförstoppning jämfört med hästar utan kolik i en annan studie. Syftet med denna studie var därför att jämföra partikelstorleksfördelning och torrsubstanshalt i avföring från hästar med och utan kolik. Resultaten förväntades kunna bidra till kunskapen om samband mellan kolikförekomst och partikelstorlek i avföringen, och till att kunna skapa bättre förklaringsmodeller till varför kolik orsakad av till exempel grovtarmsförstoppning uppstår.

### Provinsamling och analys

Avföringsprover insamlades från hästar som besökte hästkliniken på Universitetsdjursjukhuset vid SLU i Uppsala under en ettårsperiod. Studiepopulationen bestod av hästar diagnostiserade med akut kolik (62 stycken) och hästar utan kliniska tecken på kolik (64 stycken), som besökte hästkliniken av annan anledning (ej relaterad till störning i magtarmkanal). Partikelstorleksfördelningen i avföringen analyserades genom våtsiktning med stålsäll i fyra maskstorlekar (2,0 mm, 1,0 mm, 0,5 mm och 0,315 mm). Fördelningen av partikelstorlek beräknades i två steg. I första steget beräknades andelen material som samlats upp på sällan samt andelen som förlorats vid våtsiktningen (passerade 0,315 mm). I det andra steget beräknades den procentuella fördelning av provmaterialet som fastnat på respektive säll, oberoende av den förlorade fraktionen. Avföringens torrsubstanshalt bestämdes via torkning i varmluftsskåp.

Hästarna i studien hade även deltagit i ett tidigare projekt där hästägarna besvarat frågor gällande historik av tidigare kolikanfall, diarréförekomst, viktförlust samt typ av hage som hästen

vistats i sommar- och vintertid. Uppgifter om ras, ålder och kolikdiagnos fanns också tillgängligt. Denna information användes även i den aktuella studien.

## Resultat

Den fraktion som förlorades vid våtsiktningen (passerade 0,315 mm) utgjorde totalt sett den största andelen av provet, i likhet med resultat från andra, liknande studier. Av de fraktioner som samlades upp på sållen stannade största andelen partiklar på sållet med den största maskstorleken 2,0 mm. Fördelningen av partiklar större än 2,0 mm i avföringen är dock okänd.

Hypotesen var att hästar med kolik skulle uppvisa en större andel stora partiklar i avföringen jämfört med hästar utan tecken på kolik. Ingen skillnad i partikelstorleksfördelning i avföringen mellan hästar med och utan kolik kunde dock påvisas i de fraktioner som samlades upp på sållen eller i den fraktion som förlorades vid våtsiktningen. När kolikhästarna kategoriserades i fyra grupper efter deras kolikdiagnos kunde inte heller någon skillnad i partikelstorleksfördelning påvisas mellan grupperna, inte heller då hästar diagnostiserade med grovtarmsförstoppning jämfördes med hästar med övriga koliktyper. Detta indikerar att samband mellan partikelstorleksfördelningen i faeces och kolikförekomst inte kunde påvisas i denna studie. Torrsubstanshalten i avföringen var högre hos kolikhästarna jämfört med hästarna utan kolik. Detta är i enighet med hypotesen att torrt tarminnehåll är en möjlig riskfaktor för bildandet av exempelvis förstoppningskolik. Torrsubstanshalten i faeces påverkades dock inte av typ av kolikdiagnos i den aktuella studien. Hästar diagnostiserade med grovtarmsförstoppning hade samma torrsubstanshalt i träcken som hästar med övriga koliktyper.

Det är värt att nämna några begränsningar med den aktuella studien. Avföringsproverna insamlades från hästar som befann sig i olika stadier av kolikbehandlingen, exempelvis under pågående fasta, medicinsk behandling eller under upplösandet av en förstoppning. Det hade gagnat studien om alla prover insamlats vid samma tidpunkt i behandlingen. Flera prover från samma individ, men tagna vid olika tillfällen, hade också kunnat kompensera för eventuella fluktuationer i partikelstorleksfördelning och torrsubstanshalt över tid. En styrka med studien var det relativt stora provantalet, jämfört med många andra studier. Det är viktigt med fortsatta studier inom ämnet för att skapa en ökad förståelse för vilka faktorer och mekanismer som leder till kolik, och om partikelstorleken och torrsubstanshalten i tarminnehållet kan vara bidragande faktorer.

## REFERENSER

- Archer, D. & Proudman, C. (2006). Epidemiological clues to preventing colic. *Veterinary Journal*, 172: 29-39.
- Argenzio, R.A. (1975). Functions of the equine large intestine and their interrelationship in disease. *The Cornell Veterinarian*, 65: 303-330.
- Argenzio, R.A., Lowe, J.E., Pickard, D.W. & Stevens, C.E. (1974). Digesta passage and water exchange in the equine large intestine. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 226: 1035-1042.
- Argenzio, R.A., Southworth, M., Lowe, J.E. & Stevens, C.E. (1977). Interrelationship of Na, HCO<sub>3</sub> and volatile fatty acid transport by equine large intestine. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 233: E469-E478.
- Bentz, B.G. (2004). *Understanding equine colic: your guide to horse health care and management*. 1. ed. Lexington: Blood-Horse Publications.
- Bergman, E. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, 70: 567-590.
- Björnhag, G. (1987). Comparative aspects of digestion in the hindgut of mammals. The colonic separation method (CSM). *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 94: 33-36.
- Björnhag, G., Sperber, I. & Holtenius, K. (1984). A separation mechanism in the large intestine of equines. *Canadian Journal of Animal Science*, 64: 89-90.
- Bland, S.D. (2016). Equine colic: a review of the equine hindgut and colic. *Veterinary Science Development*, [Online] 6.1.
- Blikslager, A.T., White, N.A., Moore, J.N. & Mair, T.S. (eds.) (2017). *The equine acute abdomen*. 3. ed. Hoboken, New Jersey: Wiley Blackwell.
- Carmalt, J.L. & Allen, A.L. (2006). Effect of rostrocaudal mobility of the mandible on feed digestibility and fecal particle size in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 229: 1275-1278.
- Carmalt, J.L. & Allen, A.L. (2008). The relationship between cheek tooth occlusal morphology, apparent digestibility, and ingesta particle size reduction in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 233: 452-455.
- Carmalt, J.L., Cymbaluk, N.F. & Townsend, H.G. (2005). Effect of premolar and molar occlusal angle on feed digestibility, water balance, and fecal particle size in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 227: 110-113.
- Carmalt, J.L., Townsend, H.G., Janzen, E.D. & Cymbaluk, N.F. (2004). Effect of dental floating on weight gain, body condition score, feed digestibility, and fecal particle size in pregnant mares. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 225: 1889-1893.
- Carmalt, J. & Wilson, D. (2004). Treatment of a valve diastema in two horses. *Equine Veterinary Education*, 16: 188-192.
- Cherney, J.H., Cherney, D.J.R. & Mertens, D.R. (1988). Fiber composition and digestion kinetics in grass stem internodes as influenced by particle size. *Journal of Dairy Science*, 71: 2112-2122.
- Clarke, L.L., Roberts, M.C. & Argenzio, R.A. (1990). Feeding and digestive problems in horses: physiologic responses to a concentrated meal. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 6: 433-450.
- Clauss, M., Schiele, K., Ortmann, S., Fritz, J., Codron, D., Hummel, J. & Kienzle, E. (2014). The effect of very low food intake on digestive physiology and forage digestibility in horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98: 107-118.

- Cohen, N.D., Gibbs, P. & Woods, A. (1999). Dietary and other management factors associated with equine colic. *AAEP Proceedings*, 45: 96-98.
- Cohen, N.D., Matejka, P.L., Honnas, C.M. & Hooper, R.N. (1995). Case-control study of the association between various management factors and development of colic in horses. Texas Equine Colic Study Group. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206: 667-673.
- Cohen, N.D. & Peloso, J.G. (1996). Risk factors for history of previous colic and for chronic, intermittent colic in a population of horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 208: 697-703.
- Cohen, N.D., Toby, E., Roussel, A.J., Murphey, E.L. & Wang, N. (2006). Are feeding practices associated with duodenitis-proximal jejunitis? *Equine Veterinary Journal*, 38: 526-531.
- Cox, R., Burden, F., Gosden, L., Proudman, C., Trawford, A. & Pinchbeck, G. (2009). Case control study to investigate risk factors for impaction colic in donkeys in the UK. *Preventive Veterinary Medicine*, 92: 179-187.
- Cox, R., Proudman, C.J., Trawford, A.F., Burden, F. & Pinchbeck, G.L. (2007). Epidemiology of impaction colic in donkeys in the UK. *BMC Veterinary Research*, 3: 1.
- Cribb, N.C., Cote, N.M., Bouré, L.P. & Peregrine, A.S. (2006). Acute small intestinal obstruction associated with *Parascaris equorum* infection in young horses: 25 cases (1985–2004). *New Zealand Veterinary Journal*, 54: 338-343.
- Crowell-Davis, S.L., Houpt, K.A. & Carnevale, J. (1985). Feeding and drinking behavior of mares and foals with free access to pasture and water. *Journal of Animal Science*, 60: 883-889.
- Cymbaluk, N. (1989). Water balance of horses fed various diets. *Equine Practice*, 1: 19–20.
- Dabareiner, R.M. & White, N.A. (1995). Large colon impaction in horses: 147 cases (1985–1991). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206: 679-685.
- de Fombelle, A., Julliand, V., Drogoul, C. & Jacotot, E. (2001). Feeding and microbial disorders in horses: 1-effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. *Journal of Equine Veterinary Science*, 21: 439-445.
- Di Filippo, P.A., Vieira, V., Rondon, D.A. & Quirino, C.R. (2018). Effect of dental correction on fecal fiber length in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 64: 77-80.
- Dixon, P.M., Tremaine, W.H., Pickles, K., Kuhns, L., Hawe, C., Mccann, J., MCGorum, B. C., Railton, D.I. & Brammer, S. (1999). Equine dental disease part 2: a long-term study of 400 cases: disorders of development and eruption and variations in position of the cheek teeth. *Equine Veterinary Journal*, 31: 519-528.
- Drogoul, C., De Fombelle, A. & Julliand, V. (2001). Feeding and microbial disorders in horses: 2: Effect of three hay: grain ratios on digesta passage rate and digestibility in ponies. *Journal of Equine Veterinary Science*, 21: 487-491.
- Drogoul, C., Poncet, C. & Tisserand, J.L. (2000). Feeding ground and pelleted hay rather than chopped hay to ponies: 1. Consequences for in vivo digestibility and rate of passage of digesta. *Animal Feed Science and Technology*, 87: 117-130.
- Du Toit, N., Gallagher, J., Burden, F.A. & Dixon, P.M. (2008). Post mortem survey of dental disorders in 349 donkeys from an aged population (2005-2006). Part 2: Epidemiological studies. *Equine Veterinary Journal*, 40: 209-213.
- Durham, A. (2013). Intestinal disease. I: Geor, R., Coenen, M. & Harris, P (ed). *Equine applied and clinical nutrition health, welfare and performance*. Edinburgh: Elsevier Health Sciences UK, 568-581.
- Egenvall, A., Penell, J., Bonnett, B.N., Blix, J. & Pringle, J. (2008). Demographics and costs of colic in Swedish horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 22: 1029-1037.

- Ellis, A. & Hill, J. (2006). *Nutritional physiology of the horse*. Reprinted. Nottingham: Nottingham University Press.
- Ellis, J.M., Hollands, T. & Allen, D.E. (2002). Effect of forage intake on bodyweight and performance. *Equine Veterinary Journal*, 34: 66-70.
- Emanuele, S.M. & Staples, C.R. (1988). Effect of forage particle size on in situ digestion kinetics. *Journal of Dairy Science*, 71: 1947-1954.
- Fonnesbeck, P.V. (1968). Consumption and excretion of water by horses receiving all hay and hay-grain diets. *Journal of Animal Science*, 27: 1350-1356.
- Frape, D. (2010). *Equine nutrition and feeding*. 4. ed. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Fritz, J., Hummel, J., Kienzle, E., Arnold, C., Nunn, C. & Clauss, M. (2009). Comparative chewing efficiency in mammalian herbivores. *Oikos*, 118: 1623-1632.
- Garner, H.E., Moore, J.N., Johnson, J.H., Clark, L., Amend, J.F., Tritschler, L.G., Coffmann, J.R., Sprouse, R.F., Hutcheson, D.P. & Salem, C.A. (1978). Changes in the caecal flora associated with the onset of laminitis. *Equine Veterinary Journal*, 10: 249-252.
- Goncalves, S., Leblond, A., Drogoul, C. & Julliand, V. (2006). Using feces characteristics as a criterion for the diagnosis of colic in the horse: a clinical review of 207 cases. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 157: 3-10.
- Goodson, J., Tyznik, W., Cline, J. & Dehority, B. (1988). Effects of an abrupt diet change from hay to concentrate on microbial numbers and physical environment in the cecum of the pony. *Applied and Environmental Microbiology*, 54: 1946-1950.
- Gray, P. (1998). *Diseases of the digestive system*. London: J. A. Allen.
- Gunnarsdottir, H., Van der Stede, Y., De Vlamynck, C., Muurling, F., De Clercq, D., van Loon, G. & Vlamynck, L. (2014). Hospital-based study of dental pathology and faecal particle size distribution in horses with large colon impaction. *The Veterinary Journal*, 202: 153-156.
- Hackett, E.S. (2013). Specific causes of colic. I: Southwood, L (ed). *Practical guide to equine colic*. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 204-229. Tillgänglig: ProQuest Ebook Central. [2019-09-08].
- Hillyer, M.H., Taylor, F.G., Proudman, C.J., Edwards, G.B., Smith, J.E. & French, N.P. (2002). Case control study to identify risk factors for simple colonic obstruction and distension colic in horses. *Equine Veterinary Journal*, 34: 455-463.
- Hintz, H.F., Hogue, D.E., Walker, E.F., Lowe, J. & Schryver, H. (1971). Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies fed diets with varying roughage-grain ratios. *Journal of Animal Science*, 32: 245-248.
- Haupt, K.A. (1990). Ingestive behavior. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 6: 319-337.
- Hudson, J.M., Cohen, N.D., Gibbs, P.G. & Thompson, J.A. (2001). Feeding practices associated with colic in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 219: 1419-1425.
- Hughes, F.E. & Slone Jr, D.E. (1997). Large colon resection. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 13: 341-350.
- Hummel, J., Scheurich, F., Ortmann, S., Crompton, L. A., Gerken, M. & Clauss, M. (2018). Comparative selective retention of particle size classes in the gastrointestinal tract of ponies and goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102: 429-439.
- Ihler, C., Venger, J. & Skjerve, E. (2004). Evaluation of clinical and laboratory variables as prognostic indicators in hospitalised gastrointestinal colic horses. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 45: 109-118.

- Jansson, A. & Dahlborn, K. (1999). Effects of feeding frequency and voluntary salt intake on fluid and electrolyte regulation in athletic horses. *Journal of Applied Physiology*, 86: 1610-1616.
- Johnson, C., Williams, J.M. & Nankervis, K. (2013). Kinematic analysis of the equine mastication cycle pre and post prophylactic dental treatment. *The Veterinary Nurse*, 4: 234-241.
- Julliand, V., de Fombelle, A., Drogoul, C. & Jacotot, E. (2001). Feeding and microbial disorders in horses: Part 3—Effects of three hay:grain ratios on microbial profile and activities. *Journal of Equine Veterinary Science*, 21: 543-546.
- Kasirer-Izraely, H., Choshniak, I. & Shkolnik, A. (1994). Dehydration and rehydration in donkeys: the role of the hind gut as a water reservoir. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 5: 89-100.
- Kienzle, E., Pohlenz, J. & Radicke, S. (1998). Microscopy of starch digestion in the horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 80: 213-216.
- Lee, J.A. & Pearce, G.R. (1984). The effectiveness of chewing during eating on particle size reduction of roughages by cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 35: 609-618.
- Lester, G.D., Merritt, A.M., Kuck, H.V. & Burrow, J.A. (2013). Systemic, renal, and colonic effects of intravenous and enteral rehydration in horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27: 554-566.
- Lewis, L.D. (1995). *Equine clinical nutrition: feeding and care*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Little, D. & Blikslager, A.T. (2002). Factors associated with development of ileal impaction in horses with surgical colic: 78 cases (1986-2000). *Equine Veterinary Journal*, 34: 464-468.
- Lopes, M.A., White, N.A., Crisman, M.V. & Ward, D.L. (2004). Effects of feeding large amounts of grain on colonic contents and feces in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 65: 687-694.
- Lowe, J.E., Sellers, A.F. & Brondum, J. (1980). Equine pelvic flexure impaction. A model used to evaluate motor events and compare drug response. *The Cornell Veterinarian*, 70: 401-412.
- Mair, T.S. & Smith, L.J. (2005). Survival and complication rates in 300 horses undergoing surgical treatment of colic. Part 1: Short-term survival following a single laparotomy. *Equine Veterinary Journal*, 37: 296-302.
- McRorie, J., Brown, S., Cooper, R., Givaruangsawat, S., Scruggs, D. & Boring, G. (2000). Effects of dietary fibre and olestra on regional apparent viscosity and water content of digesta residue in porcine large intestine. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 14: 471-477.
- Medina, B., Girard, I., Jacotot, E. & Julliand, V. (2002). Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *Journal of Animal Science*, 80: 2600-2609.
- Merritt, A.M. & Julliand, V. (2013). Gastrointestinal physiology. I: Geor, R., Coenen, M., & Harris, P (ed). *Equine applied and clinical nutrition health, welfare and performance*. Edinburgh: Elsevier Health Sciences UK, 3-32.
- Meyer, H., Ahlswede, L. & Reinhardt, H.J. (1975). Untersuchungen über Fressdauer, Kaufrequenz und Futterzerkleinerung beim Pferd. *DTW Dtsch Tierarztl Wochenschr*, 82: 49-96.
- Miyaji, M., Ueda, K., Hata, H. & Kondo, S. (2011). Effects of quality and physical form of hay on mean retention time of digesta and total tract digestibility in horses. *Animal Feed Science and Technology*, 165: 61-67.
- Moore, B.E. & Dehority, B.A. (1993). Effects of diet and hindgut defaunation on diet digestibility and microbial concentrations in the cecum and colon of the horse. *Journal of Animal Science*, 71: 3350-3358.

- Moore, J.N., Garner, H.E., Berg, J.N. & Sprouse, R.F. (1979). Intracecal endotoxin and lactate during the onset of equine laminitis: a preliminary report. *American Journal of Veterinary Research*, 40: 722-723.
- Morris, D.D., Moore, J.N. & Ward, S. (1989). Comparison of age, sex, breed, history and management in 229 horses with colic. *Equine Veterinary Journal*, 21: 129-132.
- Muhonen, S. (2008). *Metabolism and hindgut ecosystem in forage fed sedentary and athletic horses*. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Müller, C.E. (2009). Long-stemmed vs. cut haylage in bales – Effects on fermentation, aerobic storage stability, equine eating behaviour and characteristics of equine faeces. *Animal Feed Science and Technology*, 152: 307-321.
- Müller, C.E. (2011). Equine ingestion of haylage harvested at different plant maturity stages. *Applied Animal Behaviour Science*, 134: 144-151.
- Müller, C.E. (2012). Equine digestion of diets based on haylage harvested at different plant maturities. *Animal Feed Science and Technology*, 177: 65-74.
- Norgaard, P., Husted, S. & Ranvig, H. (2004). Effect of supplementation with whole wheat or whole oat grains on the dimensions of faeces particles from lambs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13: 175–178.
- Okamoto, M. (1997). Comparison of particle size in the feces of various herbivores. *J Rakuno Gakuen University*, 22: 151-153.
- Oliver, O. & Stämpfli, H. (2006). Acute diarrhea in the adult horse: case example and review. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 22: 73–84.
- Olusa, T.A. & Akinrinmade, J.F. (2014). Do dental abnormalities predispose horses to colic? *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 6: 192-197.
- Pagan, J.D., Harris, P., Brewster-Barnes, T., Duren, S.E. & Jackson, S.G. (1998). Exercise affects digestibility and rate of passage of all-forage and mixed diets in thoroughbred horses. *The Journal of Nutrition*, 128: 2704S-2707S.
- Pearson, R.A., Archibald, R.F. & Muirhead, R.H. (2001). The effect of forage quality and level of feeding on digestibility and gastrointestinal transit time of oat straw and alfalfa given to ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition*, 85: 599-606.
- Pearson, R.A., Archibald, R.F. & Muirhead, R.H. (2006). A comparison of the effect of forage type and level of feeding on the digestibility and gastrointestinal mean retention time of dry forages given to cattle, sheep, ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition*, 95: 88-98.
- Pearson, R.A. & Merritt, J.B. (1991). Intake, digestion and gastrointestinal transit time in resting donkeys and ponies and exercised donkeys given ad libitum hay and straw diets. *Equine Veterinary Journal*, 23: 339-343.
- Pérez-Barbería, F.J. & Gordon, I.J. (1998). Factors affecting food comminution during chewing in ruminants: a review. *Biological Journal of the Linnean Society*, 63: 233-256.
- Pond, K.R., Ellis, W.C. & Akin, D.E. (1984). Ingestive mastication and fragmentation of forages. *Journal of Animal Science*, 58: 1567-1574.
- Poppi, D.P., Norton, B.W., Minson, D.J. & Hendricksen, R.E. (1980). The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, 94: 275-280.
- Proudman, C.J., French, N.P. & Trees, A.J. (1998). Tapeworm infection is a significant risk factor for spasmodic colic and ileal impaction colic in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 30: 194-199.

- Proudman, C.J., Smith, J.E., Edwards, G.B. & French, N.P. (2002). Long-term survival of equine surgical colic cases. Part 1: patterns of mortality and morbidity. *Equine Veterinary Journal*, 34: 432-437.
- Ragnarsson, S. & Lindberg, J.E. (2010). Impact of feeding level on digestibility of a haylage-only diet in Icelandic horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94: 623-627.
- Ralston, S.L. (1984). Controls of feeding in horses. *Journal of Animal Science*, 59: 1354-1361.
- Ralston, S.L., Foster, D.L., Divers, T. & Hintz, H.F. (2001). Effect of dental correction on feed digestibility in horses. *Equine Veterinary Journal*, 33: 390-393.
- Reeves, M.J., Salman, M.D. & Smith, G. (1996). Risk factors for equine acute abdominal disease (colic): Results from a multi-center case-control study. *Preventive Veterinary Medicine*, 26: 285-301.
- Richards, N., Hinch, G. & Rowe, J. (2006). The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian racing Thoroughbred. *Australian Veterinary Journal*, 84: 402-407.
- Rinne, M., Huhtanen, P. & Jaakkola, S. (2002). Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. *Journal of Animal Science*, 80: 1986-1998.
- Sanchez, C.L. (2018). Disorders of the gastrointestinal system. I: Reed, S., Bayly, W., & Sellon, D. (ed). *Equine internal medicine*. 4. ed. St. Louis, Missouri: Elsevier, 709-842.
- Schumacher, J., Mullen, J., Shelby, R., Lenz, S., Ruffin, D.C. & Kempainen, B.W. (1995). An investigation of the role of *Fusarium moniliforme* in duodenitis/proximal jejunitis of horses. *Veterinary and Human Toxicology*, 37: 39-44.
- Sellers, A.F. & Lowe, J.E. (1986). Review of large intestinal motility and mechanisms of impaction in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 18: 261-263.
- Sellers, A.F., Lowe, J.E. & Brondum, J. (1979). Motor events in equine large colon. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 237: E457-E464.
- Sellers, A.F., Lowe, J.E. & Rendano, V.T. (1984). Equine colonic motility: interactions among wall motion, propulsion, and fluid flow. *American Journal of Veterinary Research*, 45: 357-360.
- Sellers, A.F., Lowe, J.E., Drost, C.J., Rendano, V.T., Georgi, J.R. & Roberts, M.C. (1982). Retropulsion-propulsion in equine large colon. *American Journal of Veterinary Research*, 43: 390-396.
- Senior, J.M., Pinchbeck, G.L., Dugdale, A.H. & Clegg, P.D. (2004). Retrospective study of the risk factors and prevalence of colic in horses after orthopaedic surgery. *Veterinary Record*, 155: 321-325.
- Shirazi-Beechey, S.P. (2008). Molecular insights into dietary induced colic in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 40: 414-421.
- Sjaastad, O.V., Hove, K. & Sand, O. (2010). *Physiology of domestic animals*. 2.ed. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Sneddon, J.C., Walt, J. & van der Mitchell, G. (1993). Effect of dehydration on the volumes of body fluid compartments in horses. *Journal of Arid Environments*, 24: 397-408.
- Southwood, L.L., Evans, D.L., Bryden, W.L. & Rose, R.J. (1993). Nutrient intake of horses in Thoroughbred and Standardbred stables. *Australian Veterinary Journal*, 70: 164-168.
- Sprouse, R.F., Garner, H.E. & Green, E.M. (1987). Plasma endotoxin levels in horses subjected to carbohydrate induced laminitis. *Equine Veterinary Journal*, 19: 25-28.
- Stevens, C.E. & Hume, I.D. (1996). *Comparative physiology of the vertebrate digestion system*. Cambridge: Cambridge University Press.



- Suthers, J.M., Pinchbeck, G.L., Proudman, C.J. & Archer, D.C. (2013). Risk factors for large colon volvulus in the UK. *Equine Veterinary Journal*, 45: 558-563.
- Sweeting, M.P., Houpt, C.E. & Houpt, K.A. (1985). Social facilitation of feeding and time budgets in stabled ponies. *Journal of Animal Science*, 60: 369-374.
- Tinker, M., White, N., Lessard, P., Thatcher, C., Pelzer, K., Davis, B. & Carmel, D. (1997a). Prospective study of equine colic incidence and mortality. *Equine Veterinary Journal*, 29: 448-453.
- Tinker, M., White, N., Lessard, P., Thatcher, C., Pelzer, K., Davis, B. & Carmel, D. (1997b). Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Veterinary Journal*, 29: 454-458.
- Traub-Dargatz, J.L., Koprak, C.A., Seitzinger, A.H., Garber, L.P., Forde, K. & White, N.A. (2001). Estimate of the national incidence of and operation-level risk factors for colic among horses in the United States, spring 1998 to spring 1999. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 219: 67-71.
- Uden, P. & Van Soest, P.J. (1982). The determination of digesta particle size in some herbivores. *Animal Feed Science and Technology*, 7: 35-44.
- Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Cornell University Press.
- Van Weyenberg, S., Sales, J. & Janssens, G.P.J. (2006). Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: A review. *Livestock Science*, 99: 3-12.
- Vermorel, M. & Martin-Rosset, W. (1997). Concepts, scientific bases, structure and validation of the French horse net energy system (UFC). *Livestock Production Science*, 47: 261-275.
- Vlaminck, L., De Vlaminck, C., Muurling, F., Van der Stede, Y. & De Boever, J. (2010). Case control study to identify a possible relationship between dental pathology, impaction colic and faecal particle size distribution in horses: preliminary results. In: *19th European Congress of Veterinary Dentistry. European Veterinary Dental Society (EVDS)*: 91-94.
- Warren, L.K., Lawrence, L.M., Brewster-Barnes, T. & Powell, D.M. (1999). The effect of dietary fibre on hydration status after dehydration with frusemide. *Equine Veterinary Journal*, 31: 508-513.
- White, N.A. (1998). Large colon impaction. *Equine Veterinary Education*, 10: 291-293.
- Williams, S., Horner, J., Orton, E., Green, M., McMullen, S., Mobasher, A. & Freeman, S.L. (2015). Water intake, faecal output and intestinal motility in horses moved from pasture to a stabled management regime with controlled exercise. *Equine Veterinary Journal*, 47: 96-100.
- Williams, J.M., Johnson, C., Bales, R., Lloyd, G., Barron, L. & Quest, D. (2014). Analysis of *Temporalis* and *Masseter* adaptation after routine dental treatment in the horse via surface electromyography. *Comparative Exercise Physiology*, 10: 223-232.
- Zeyner, A., Geißler, C. & Dittrich, A. (2004). Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 88: 7-19.
- Zwirgmaier, S., Remler, H.P., Senckenberg, E., Fritz, J., Stelzer, P. & Kienzle, E. (2013). Effect of dental correction on voluntary hay intake, apparent digestibility of feed and faecal particle size in horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97: 72-79.