



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin  
och husdjursvetenskap**  
Institutionen för biomedicin och veterinär  
folkhälsvetenskap

# Karakterisering av fettansättning hos katt samt dess betydelse för postmortal hullbedömning

*Tora Nyberg*

*Uppsala  
2017*

*Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet*

*ISSN 1652-8697  
Examensarbete 2017:57*



# Karakterisering av fettansättning hos katt samt dess betydelse för postmortal hullbedömning

## Characterization of fat deposition in cats and its relevance for post-mortem assessment of body condition

Tora Nyberg

**Handledare:** Cecilia Ley, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

**Biträdande handledare:** Alexandra Leijon, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap. Charles Ley, Institutionen för kliniska vetenskaper

**Examinator:** Stina Ekman, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap.

Examensarbete i veterinärmedicin

**Omfattning:** 30 hp

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

**Kurskod:** EX0751

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2017

**Delnummer i serie:** Examensarbete 2017:57

**ISSN:** 1652-8697

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

**Nyckelord:** katt, felin, fetma, adipocyt, hullbedömning, BCS, fetmaassocierad sjukdom, datortomografi, magnetresonanstomografi

**Keywords:** cat, feline, obesity, adipocyte, assessment of body condition, BCS, obesity associated disease, computed tomography, magnetic resonance imaging

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap



## SAMMANFATTNING

Fetma är den vanligaste nutritionella orsaken till att hund och katt besöker smådjurskliniker i västvärlden och antal individer med fetma ökar stadigt. För att bedöma hull och fettmängd finns det flera metoder att använda på levande katt, medan postmortal hullbedömning vanligen baseras på en subjektiv uppskattning av kattens fettansättning utan tydligt definierbara kriterier. Fetma leder till förändringar i kroppens metabola och hormonella funktioner och feta katter löper en ökad risk att drabbas av sjukdom. På grund av detta finns ett behov av att objektivt kunna fastställa sektionediagnosen adipositas postmortalt.

Syftet med detta arbete var att karaktärisera fettansättning hos katt samt undersöka huruvida vikten av de fettinnehållande strukturerna *ligamentum falciforme hepatis* (*lig. falciforme*) respektive *omentum majus* kan användas för att objektivt ställa sektionfyndet adipositas vid obduktion. I studien undersöktes om vikten av *lig. falciforme* och *omentum majus* korrelerade med den totala kroppsfettvolymen uppmätt genom datortomografi (DT). Vikten av *lig. falciforme*, *omentum majus* samt kroppsfettvolym normaliserades till kattens kroppsstorlek genom division med längden av femur. Av särskilt intresse var att undersöka förekomst av fettvävnad i ländryggsmuskulaturen, då detta fynd för närvarande används som ett makroskopiskt kriterium för adipositas vid obduktion av hund. Förekomst av fettvävnad i muskulaturen undersöktes i del av *musculus (musc.) longissimus dorsi* makro- och mikroskopiskt samt med magnetresonanstomografi (MRT). I studien har statistiska data presenterats, men att ta i beaktning är att resultaten baserats på ett litet material och denna studie får ses som en pilotstudie.

Studien baserades på undersökningar av åtta katter. En statistiskt signifikant korrelation konstaterades mellan vikten av fett i *lig. falciforme* och total kroppsfettsvolym samt mellan normaliserad total kroppsfettvolym och fettprocent uppmätt vid DT-undersökning. Vikten av *lig. falciforme* normaliserad till kroppsstorlek med hjälp av beräkning genom femurs längd, möjliggör fastställandet av fettförekomst och adipositas oberoende av kattens storlek, och kan vara användbart för att objektivt ställa sektionediagnosen adipositas hos katt.

Hos samtliga individer detekterades intramuskulär fettförekomst i ländryggsmuskulaturen med MRT- och ljusmikroskopisk undersökning, där förekomsten av fett ökade vid ökat hull. Däremot kunde intramuskulärt fett ej detekteras vid makroskopisk undersökning av tvär- eller längdskuren muskulatur vilket talar för att avsaknad av makroskopiskt synligt intramuskulärt fett inte bör utesluta sektionfyndet adipositas hos katt.

## SUMMARY

Obesity is the most common nutritional associated reason for pet animals to visit small animal veterinary clinics in the western world and the number of individuals with obesity is increasing. There are several methods to assess body condition and amount of body fat in live cats, however post-mortem assessment is usually based on the subjective estimate of the cat's fat reserves with no clearly definable objective criteria. Fat cats are at a higher risk of developing several diseases through the effect of fat on the body's metabolic and hormonal functions and there is a need for an objective method to determine obesity in post-mortem examinations.

The aim of this work was to characterize fat reserves in cats and examine if the fat-containing structures *ligamentum falciforme hepatis* (*lig. falciforme*) and *omentum majus* can be used to objectively determine the post-mortem diagnosis obesity. The study examined whether the weight of the *lig. falciforme* or *omentum majus* correlated to the total body fat volume as assessed by computed tomography (CT). The weights of the *lig. falciforme*, *omentum majus* and total body fat volumes were normalised to cat body size by dividing by the length of the femur. The study also investigated the presence of fat in the lumbar musculature, as this finding currently is used as a macroscopic criterion for determining postmortem obesity in dogs. Presence of intra-muscular fat was assessed macro- and microscopically and with magnetic resonance imaging (MRI) in samples taken from the *musculus (musc.) longissimus dorsi*. Statistical data are presented, but since results are based on a small number of samples this study should be considered as a pilot study.

Eight cats were included in the study. A statistically significant correlation was found between the weight of *lig. falciforme* and total body fat volume and between normalized total body fat volumes and fat percentages as assessed by CT. The *lig. falciforme* weights normalised to body size, by femur length, offer a measure of obesity that is independent of cat size and may be useful to objectively determine the post-mortem diagnosis adiposity.

In all individuals intramuscular fat was detected in *musc. longissimus dorsi* in MRI- and light microscopic examinations, and the presence of fat increasing with increased body condition. However, intramuscular fat could not be detected with macroscopic examination, suggesting that the absence of macroscopically visible intramuscular fat should not preclude the diagnosis of obesity in cats.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>Litteraturstudie</b> .....	<b>2</b>
<b>Typer av fett i kroppen</b> .....	<b>2</b>
<b>Definition och förekomst av fetma</b> .....	<b>2</b>
<b>Typer av fettväv</b> .....	<b>3</b>
<b>Den vita fettvävnaden</b> .....	<b>3</b>
<b>Den vita fettvävnadens funktion</b> .....	<b>4</b>
Energireserv .....	4
Endokrin funktion .....	5
Leptin .....	5
Adiponektin.....	6
<b>Inflammation vid fetma</b> .....	<b>6</b>
<b>Sjukdomar associerade med fetma</b> .....	<b>7</b>
<b>Hullbedömning av katt</b> .....	<b>8</b>
Body condition score (BCS) .....	8
Vägning .....	8
Body mass index (BMI) .....	9
Bilddiagnostiska metoder .....	9
Metoder för postmortal hullbedömning .....	10
<b>Material och metoder</b> .....	<b>12</b>
Material .....	12
Makroskopisk hull- och fettbedömning .....	12
Vägning av helkropp, <i>lig.falciforme</i> och <i>omentum majus</i> .....	12
DT.....	13

Provtagning av skelettmuskulatur och undersökning av intramuskulär fettförekomst med hjälp av MRT.....	14
Preparering av muskelvävnad för ljusmikroskopisk undersökning .....	15
Statistiska analyser.....	16
<b>Resultat .....</b>	<b>17</b>
Fettförekomst i ländryggmuskulatur .....	20
<b>Diskussion .....</b>	<b>25</b>
<b>Konklusion.....</b>	<b>29</b>
<b>Referenslista .....</b>	<b>31</b>



## INLEDNING

Övervikt och fetma har under de senaste årtiondena ökat dramatiskt hos våra sällskapsdjur. Andelen överviktiga eller feta katter varierar mellan 19-52% och anses vara den vanligaste nutritionell orsaken som föranleder att djur besöker smådjurskliniker i västvärlden (*Butterwick, 2000; German, 2006; German et al., 2010; Lund et al., 2005; Sloth, 2005; Van de Velde et al., 2013; Zoran, 2010*). Anledningen till att en katt utvecklar fetma är liksom hos människa multifaktoriell och grundar sig i en obalans i energiintag och energiförbrukning, där genetik och miljöfaktorer spelar in (*Zoran, 2010*). Dagens katt lever till skillnad mot sina förfäder ofta ett inaktivt liv där mat servers dem och detta ger ett energiintag som överskrider kattens förbrukning. Ägare till feta katter har en tendens att förmänskliga sina djur och kan i många fall erbjuda katten obegränsat med föda och olika typer av godbitar vilket bidrar till fetman (*Butterwick, 2000; Kienzle et al., 1998*).

Vid hullbedömning av djur har det traditionellt ansetts vara ett större problem om ett djur är avmagrat än överviktigt (*de Godoy & Swanson, 2013*). Metoder för att beräkna mängd kroppsfett kan delas in i subjektiva eller objektiva metoder. Subjektiv bedömning grundar sig på undersökarens personliga uppfattning och tolkning medan det vid objektiv bedömning utförs mätningar (*Engelsen Etterlin et al., 2009*).

Det saknas idag vedertagna enkla objektiva metoder för att vid rutinmässig hullbedömning post mortalt kunna avgöra om en katt uppvisar adipositas. Vid Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap (BVF), Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) baseras den post mortala hullbedömningen på en subjektiv sammanvägd bedömning av mängden fett i kroppens synliga fettdepåer, men även på makroskopisk undersökning av fettförekomst i anskuren ländryggsmuskulatur (*musc. longissimus dorsi*). Huruvida förekomst av fett i ryggmuskulatur är ett användbart redskap för att påvisa adipositas hos katt är emellertid oklart, och för att undvika personlig tolkning av fettmängd och kunna standardisera påvisandet av adipositas finns ett behov av tillförlitliga objektiva bedömningsparametrar vid rutinmässig obduktion.

Syftet med detta arbete var att karaktärisera fettansättning samt undersöka möjliga objektiva mätmetoder för bedömning av adipositas hos djurslaget katt vid rutinmässig obduktion. I studien undersöktes huruvida vikt av *ligamentum falciforme hepatis* (*lig. falciforme*) och *omentum majus* korrelerade med total volym kroppsfett bedömt med datortomografi (DT). Av särskilt intresse var att undersöka förekomst av fett i ländryggsmuskulaturen, då detta fynd för närvarande används som ett makroskopiskt kriterium för adipositas vid exempelvis obduktion av hund. Fettförekomst i ländryggsmuskulaturen bedömdes makro- och mikroskopiskt samt med magnetresonanstomografi (MRT) undersökning av provtagen ryggmuskulatur.

## LITTERATURSTUDIE

### Typer av fett i kroppen

Fetter går under det kemiska samlingsnamnet lipider vilka är hydrofoba, heterogena ämnen. Genom sin olöslighet i vatten har de många viktiga funktioner i kroppen såsom membranbildande, transporterade, signalerande och agerande energireserv. En obalans inom lipidmetabolismen leder till fetma vilket kan orsaka kliniska problem hos individen (*Harvey & Ferrier, 2011*).

I kroppen finns det tre typer av lipider; fosfolipider, steroider och triglycerider. Fosfolipiderna bygger tillsammans med steroidinnehållande kolesterol upp cellmembran. Steroider har dessutom en viktig uppgift som signalmolekyler i kroppen (*Harvey & Ferrier, 2011*). Den tredje typen av fett, triglycerider, är de vi i talspråk vanligtvis syftar på då vi talar om fett (*Engelsen Etterlin et al., 2009*). Triglycerider har till främsta uppgift att agera energireserv genom inlagring i vita adipocyter, fettceller, men kan även transporteras direkt till celler som energikälla efter att oxidering har skett (*Harvey & Ferrier, 2011*).

### Definition och förekomst av fetma

Definitionsmässigt är det viktigt att skilja fetma från övervikt. Övervikt syftar på att individen har en kroppscomposition där mängden kroppsfett överstiger djurets optimala mängd (*Sandøe et al., 2014*). Fetma definieras däremot som ett patologiskt tillstånd med övervikt så pass grav att den riskerar att medföra allvarliga risker för individens hälsa (*Butterwick, 2000; Sandøe et al., 2014*). Definitionen av vilken procentmässig kroppsviktsökning som en katt ska ha för att klassas som överviktig eller fet går isär mellan forskargrupper. Några anser att en katt är överviktig när dess optimala kroppsvikt överskrider med 10% och fet när kroppsvikten överskrider 20% av optimal vikt (*Lund et al., 2005; Hyeyeon et al., 2010; Linder & Mueller, 2014*). En annan åsikt är att en katt är överviktig när dess optimala kroppsvikt överskrider med 15% och fet när kroppsvikten överskrider 30% av optimal vikt (*de Godoy & Swanson, 2013*). Bedömning av djurets ideala kroppscomposition kan ske genom body condition score (BCS), vilken kan ske genom användning av en 5- eller 9-gradig skala. I den 5-gradiga skalan anses ideal vara grad 3 medan det i den 9-gradiga skalan anses vara 5 (*Laflamme, 1997; Linder & Mueller, 2014*).

Antalet studier som utförts på katt avseende förekomst av fetma är endast en handfull jämfört med det antal som utförts på humansidan, dock uppskattar utförda studier att andelen katter som är överviktiga varierar mellan 19-29% och feta mellan 6-24% (*Butterwick, 2000; Colliard et al., 2009; German et al., 2010*). Optimal andel fett i kroppen varierar mellan individer beroende av ett flertal faktorer såsom ålder, ras, kön och djurets fysiska status (*Sandøe et al., 2014*). Fettväv finns lokaliserat på flera platser i kroppen och utgör hos en katt av normalvikt mellan 20-30% av kroppsvikten (*Bjorvad et al., 2011; Mescher, 2010*).

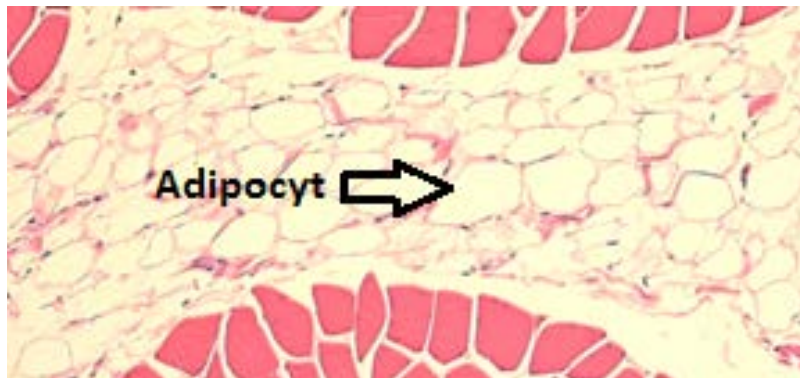
## Typer av fettväv

Fettväv är en specialiserad typ av bindväv som delas in i två huvudtyper, vit eller brun, utifrån om de innehåller vita eller bruna adipocyter. Vita och bruna adipocyter skiljer sig åt till utseende och funktion. Enkelt kan man förklara att fettväv som utgörs av vita adipocyter har en energilagrande uppgift medan brun fettväv finns framför allt hos individen under neonatalperioden och är involverad i generering av värme (Zoran, 2010; Berry et al., 2013). I engelsk litteratur har fenomenet i den bruna fettväven fått benämningen "nonshivering thermogenesis", vilket definieras som värmeproduktion till svar på köld men utan association till muskelskakningar. "Nonshivering thermogenesis" uppkommer genom metabola processer i de bruna fettcellernas mitokondrier och står under kontroll av sympatiska nervsystemet (Himms-Hagen, 1984). Till skillnad från vita adipocyter, vilka uppvisar en enda större fettdroppe (unilokulär inlagring) innehåller bruna adipocyter en mindre mängd fett och uppvisar flera små fett droppar (multilokulär inlagring) (Zoran, 2010; Berry et al., 2013). Hos däggdjur finns det ytterligare en typ av adipocyt, den beigea. Beigea adipocyter finns sporadiskt insprängda i vit fettvävnad (Wang & Seale, 2016). Till skillnad mot bruna adipocyter som bildas under fostertiden kan beigea adipocyter exempelvis bildas då kroppen utsätts för kronisk köld. Likt bruna adipocyter har beigea adipocyter kapacitet att omvandla energi till värme, med deras cellulära ursprung är skiljt (Sidossis & Kajimura, 2015; Wang & Seale, 2016).

## Den vita fettvävnaden

Adipocyter utgör omkring 50 % av cellmassan i den vita fettväven. Övriga celler utgörs av mesenkymala stamceller, pre-adipocyter, nervceller, endotelceller, makrofager och fibroblaster (Mescher, 2010; Kierszenbaum, 2007). Adipocyterna är specialiserade celler som inriktats på långtidslagring av triglycerider som kan utgöra upp till 85% av cellens totala vikt. Den unilokulära fettlagringen trycker adipocyternas kärna perifert och gör den platt och ojämn i sin utformning (Mescher, 2010) (Fig 1). Adipocyter är mycket stora celler med en diameter mellan 50-150  $\mu\text{m}$  hos människa beroende på mängd lagrade triglycerider (Mescher, 2010). I en studie gjord på katt uppmättes adipocyternas diameter till 75-100  $\mu\text{m}$  (Van de Velde et al., 2013). Att storleken varierar på adipocyterna har att göra med kroppens näringsstatus. Triglycerider frisätts om kroppens energibehov ökar och inte kan tillgodoses av mängden intagen föda, varvid adipocyten töms på innehåll och minskar i storlek (Mescher, 2010). Detta gör att feta katter har större adipocyter än smalare katter eftersom deras energiintag är större än deras energiförbrukning och de har en större mängd inlagrade triglycerider (Mescher, 2010; Van de Velde et al., 2013). Adipocyter kan ligga isolerade men bildar vanligen stora aggregat som ligger indelade genom bindvävstråk i ofullständiga lobuli. Mellan dessa lobuli löper nerver och en rik kärlförsörjning till vävnaden. (Mescher, 2010; Kierszenbaum, 2007).

Om energibalansen är positiv kan fettväv expandera genom hypertrofi eller hyperplasi. Den hypertrofa expansionen sker genom att redan existerande adipocyter lagrar in mer triglycerider vilket får dem att öka i storlek. Om de redan existerande adipocyterna har nått maximal inlagringskapacitet kommer hyperplasi att ske genom att pre-adipocyter och mesenkymala stamceller rekryteras för att utöka lagringsmöjligheterna. (Mescher, 2010; Zoran, 2010). Hyperplasi gör att fettvävnaden kan utgöra upp till 60-70% av den totala kroppsvikten om den positiva energibalansen blir för stor (Berry et al., 2013).



Figur 1. Bild av histologiskt preparat av vit fettvävnad i längdskuren muskulatur från katt. Ansamling av adipocyter med cellkärnorna perifer belägna i cellen. Hematoxylin och eosin (HE) färgning.

Den vita fettvävnaden kan genom sin anatomiska lokalisation delas in i två huvudtyper, subkutan och visceral fettvävnad. Hos däggdjur är den vita fettvävnaden främst lokaliserad subkutant runt buken, men finns även visceralt placerad kring inre organ samt i omentum och krös (Berry et al., 2013). I en studie där 20 katter medverkade och tilläts öka i vikt konstaterades det att fettvävnadens omfång ökade proportionellt och distribuerades lika mellan subkutana och visceral depåer (Hoenig et al., 2013).

### **Den vita fettvävnadens funktion**

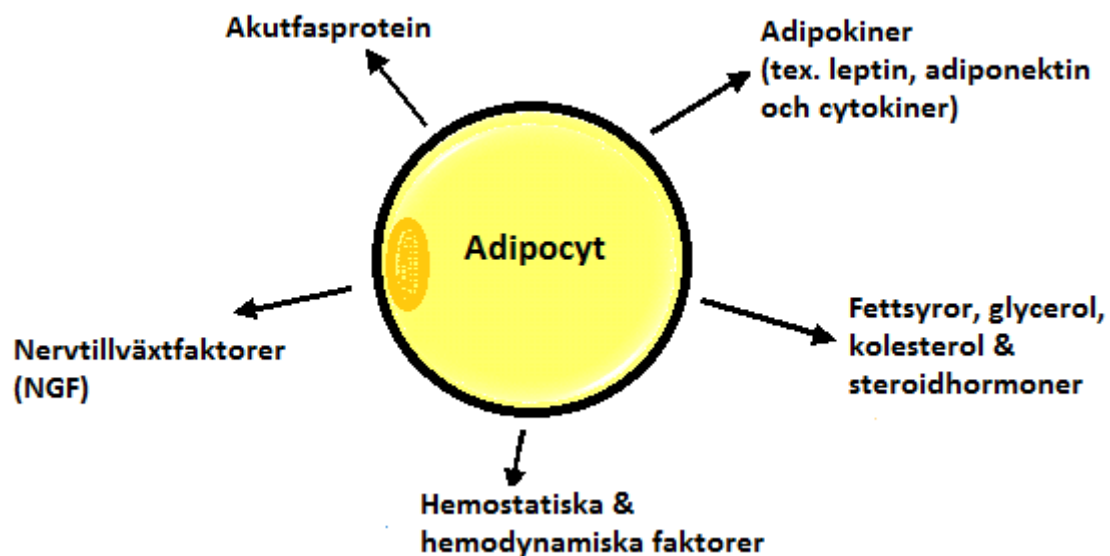
Fettvävnad ansågs under lång tid vara ett organ med enda funktion att lagra energi, isolera och skydda vitala organ i kroppen (Mescher, 2010). Idag har denna bild förändrats då forskning visat att detta essentiella organ har betydligt mer komplexa uppgifter i kroppen än så genom sin endokrina funktion (Zoran, 2010).

### **Energireserv**

Adipocyter i vit fettvävnad utgör med sina inlagrade triglycerider kroppens största lager av energi. Även organ såsom lever och skelettmuskulatur lagrar energi, men inte i samma omfattning som fettväv då de lagrar i form av glykogen. Triglycerider har en lägre densitet än glykogen samt en högre mängd kalorier per gram (9,3 kcal/gram jämfört med 4,1 kcal/gram) vilket gör fettvävnad till en effektiv lagringsstation av energi. Fettet hjälper även kroppen att hålla värmen genom sin isolerande effekt samt skyddar vitala organ mot mekanisk skada (Mescher, 2010).

## Endokrin funktion

Adipocyter och andra celler i den vita fettvävnaden såsom makrofager producerar ämnen som går under samlingsnamnet *adipokiner* (Fig 2). Adipokinerna styr direkt eller indirekt flera av de metabola processerna som sker i kroppen och har en viktig reglerande roll för bibehållandet av normal kroppsfunction. Inom gruppen adipokiner finner man en mängd hormoner och cytokiner med parakrin eller autokrin funktion. Fysiologiska funktioner hos adipokiner och de celler de förknippas med är ännu ej helt klarlagda, men de kan grupperas beroende på funktion såsom involvering i energibalans och metabolism, insulinresistensbefrämjande och pro- eller antiinflammatoriska. Hur adipokiner påverkar individen, skiljer sig mellan lokalisering av fettceller som producerat dem samt vilken art man talar om (Laflamme, 2015). De kan vidare delas in i primära och sekundära adipokiner, där de primära produceras av adipocyter och sekundära av andra typer av celler i fettvävnaden. De mest välstuderade adipokinerna är leptin och adiponektin (Zoran, 2010).



Figur 2. Modifierad illustration efter German et al. (2010). Adipocyters endokrina aktivitet.

## Leptin

Leptin spelar en huvudroll i reglering av metabolism då den signalerar om energitillståndet i kroppen (Zoran, 2010). Hormonet utsöndras pulsativt från vita adipocyter och har målreceptorer i det aptitreglerande centrat i hypotalamus, men receptorer finns även i andra organ. Leptin signalerar om aptit och medverkar i regleringen av mängden fettvävnad (Mescher, 2010). I normala fall kommer höga nivåer av leptin att signalera till hypotalamus att minska aptit och därmed minska födointag, motsvarande kommer låga nivåer av leptin att stimulera aptitcentrat och därmed öka födointag. Feta människor kan utveckla leptinresistens som gör att den normala feedbacken som ska inhibera aptit inte fungerar som den ska och individen kan fortsatt ha ett högt intag av föda. Hurvida leptinresistens ses hos katt är ej studerat (Laflamme, 2015; Sjaastad et al., 2010). Ju mer fettväv en individ har desto högre leptinnivåer ses i plasman, likaså minskar plasmanivån av leptin under perioder med kortvarig svält för att

stimulera aptitcentrat i hjärnan (*Sjaastad et al., 2010*). Det har visat sig att serumkoncentrationer av insulin och leptin är positivt korrelerade med fetma och leptin har förutom sin roll i metabolismen en inverkan som proinflammatoriskt adipokin (*Hoenig et al., 2013*).

### *Adiponektin*

Adiponektin har till främsta uppgift att öka cellers insulinkänslighet med syfte att stimulera energiförbrukningen i kroppen (*Zoran, 2010*). Adiponektin verkar antiinflammatoriskt och påverkar makrofager genom att hämma deras fagocytos samt förmåga att producera vissa cytokiner. Adiponektin inducerar produktion av det antiinflammatoriska cytokinet interleukin (IL)-10. Hos katt avtar serumnivåerna av adiponektin vid fetma och ökar vid viktförlust (*Hoenig et al., 2013*).

Lokalisation för utsöndring av adiponektin har visat sig skilja mellan olika arter, där man hos människa har sett att det främst utsöndras via subkutan fettväv medan det hos katt främst utsöndras från visceral fettväv (*Laflamme, 2015*).

### **Inflammation vid fetma**

Hos en fet människa föreligger det en kronisk mild inflammation som uppstår genom utsöndring av proinflammatoriska cytokiner från fettvävens celler (*Mescher, 2010*). Hur den inflammatoriska bilden vid fetma uttrycker sig verkar skilja mellan arter. Hos gnagare och människa har det observerats en aktivering av reaktiva syreradikaler och cellulär stressrespons vid fetma, vilken leder till en sekretion av de proinflammatoriska cytokinerna tumörnekrosfaktor (TNF)- $\alpha$ , IL-6 och IL-1 (*Hoenig et al., 2013; Zoran, 2010*). De monocyter och makrofager som rekryteras till vävnaden bidrar till ytterligare oxidativ stress genom sitt svar med adipokiner. Adipocyter och inflammatoriska celler triggar således varandra i en ond cirkel som drivs av inflammationsfrämjande ämnen. Vid den inflammation som uppstår sker insöndring av cytokiner och chemokiner till blodbanan och högre plasmanivåer av akutfasprotein ses (*Hoenig et al., 2013; Zoran, 2010*).

I en studie av Van de Velde et al. (2013) uppmättes högre mRNA uttryck för TNF- $\alpha$  och interferon (IFN)- $\gamma$  i fettväv hos överviktiga katter jämfört med normalviktiga katter, men ingen skillnad kunde ses i uttryck av mRNA för IL-6 och IL-1. Skillnad kunde ej detekteras i blodet avseende uttryck av mRNA för TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  eller IL-6 hos överviktiga respektive normalviktiga katter (*Van de Velde et al., 2013*).

Subkutan och visceral fettväv framstår histologiskt som näst intill identiska, men dess anatomiska lokalisation påverkar vilka ämnen de främst utsöndrar. Det beror på att genuttrycket ter sig annorlunda mellan subkutan och visceral fett (*Mescher, 2010*). Hos människa frisätts metabolismreglerande ämnen som exempelvis leptin i högre nivåer från det subkutana fett, medan det visceral fett uttrycker fler insulinreceptorer och högre koncentrationer av IL-6 (*Berry et al., 2013; Jernås et al., 2006*). Hos katt verkar det förhålla sig motsatt jämfört med människa då det subkutana fett är den typ av fettväv som utvecklar ett inflammatoriskt svar (*Van de Velde et al., 2013*).

## Sjukdomar associerade med fetma

Hos människa är fetma associerat med en rad metabola avvikelser, vilka tillsammans går under benämningen *metabolt syndrom*. Syndromet är inte en sjukdom utan en rad faktorer som exempelvis högt blodtryck, insulinresistens och förhöjda nivåer av triglycerider som tillsammans anses öka risken att drabbas av hjärt- och kärlsjukdomar (*Harvey & Ferrier, 2011*).

Likt hos människa riskerar katter att drabbas av fetmaassocierade sjukdomar genom de förändringar som sker i metabola- och hormonella funktioner (*Hoening et al., 2007*). Adipokinorsakade subkliniska symtom, som nedsatt insulinsensitivitet samt förändrad lipid- och lipoproteinmetabolism, anses ligga till grund för kliniska sjukdomar (*Linder & Muller, 2014; Zoran, 2010*). Samband har observerats mellan fetma och förkortad livslängd där en fet medelålders katt (5-10 år) visar en tre gånger så hög risk att dö jämfört med en normalviktig katt i samma ålderskategori (*Zoran, 2010*). Däremot finns det inga studier som visar att katt likt människa skulle drabbas av fetmaassocierad åderförkalkning eller kardiovaskulära sjukdomar (*Hoening et al., 2013*).

Hos feta katter ses en nedsatt sensitivitet för insulin i cellen, en insulinresistens (*Hoening et al., 2013*). Vid överdrivet energiintag kommer plasmanivåerna av insulin att stiga, vilket gör cellerna mindre känsliga för insulinet. Insulinresistensen medför att plasmanivån av glukos stiger och kan leda till utveckling av sjukdomen diabetes mellitus, där typ II är den vanligaste formen hos katt (*German, 2006; Hoening et al., 2013*).

Feta katter har ofta 50% lägre insulinsensitivitet i sina celler än katter av normal vikt och studier har visat att för varje kilo kroppsvikt som en katt går upp minskas sensitiviteten för insulin med 30% (*Hoening et al., 2007; Appleton et al., 2001*). Risken för att en katt ska drabbas av diabetes mellitus är två gånger högre vid övervikt och fyra gånger högre vid fetma. Dock är fetmautlösta fall av diabetes mellitus hos katt ofta reversibla om normal kroppsvikt återfås (*Biourge et al., 1997; Hoening et al., 2007*).

Hos hund och katt har det observerats att fetma förändrar lipid- och lipoproteinmetabolismen, vilket tros påverka utveckling av andra fetmaassocierade sjukdomar utöver diabetes mellitus (*Zoran, 2010*). Samband har påvisats mellan fetma och hudproblem så som felin akne och alopeci samt sjukdomar i munhåla, nedre urinvägar och neoplasi. Det spekuleras i huruvida fetmaassocierade humansjukdomar såsom hypertension och osteoartrit visar liknande samband hos feta katter, men studier kring dessa tillstånd är begränsade (*Lund et al., 2005*).

Vid veterinärbesök försvårar fetma hjärt- och lungauskultation, abdominell palpation och bilddiagnostisk undersökning (*German et al., 2006; Sloth, 1992*). Feta individer löper en högre risk vid anestesi genom exempelvis svårighet att uppskatta rätt dos anestesimedel, akumulation av opioider i fettvävnad samt risk för respiratoriska problem och reflux vid rygggläge på grund av buktyngden som fetma utgör (*De Leon et al., 2010; German et al., 2006; Noble, 2008*). Bukoperationer försvåras av överdriven förekomst av intraabdominellt fett och postoperativa

komplikationer såsom uppspruckna operationssår riskeras i högre grad hos feta än hos normalviktiga katter (*Sloth, 1992*).

### **Hullbedömning av katt**

Hullbedömning kan ske subjektivt eller objektivt. Subjektiva parametrar grundar sig på bedömarens personliga uppfattning och tolkning medan objektiva parametrar kan mätas och är oberoende av personlig bedömning (*Engelsen Etterlin et al., 2009*).

### **Body condition score (BCS)**

En relativt enkel och snabb metod att uppskatta hull är den subjektiva mätningen av så kallad BCS. Det är en metod som genom visuell- och palpatorisk bedömning av subkutant fett, abdominellt fett och yttlig muskulatur ger en bild av kattens hull. BCS bedöms utifrån ett 5- eller 9-skaligt system där den lägsta siffran representerar utmärgling och de högsta adipositas. I det 5-skaliga systemet representeras som tidigare nämnt idealvikt av BCS 3 medan det i det 9-skaliga systemet är BCS 5 (*Laflamme, 1997; Linder & Mueller, 2014*). German et al. (2006) visade att det var god korrelation mellan BCS-bedömning och resultat från den objektiva mätmetoden dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) där fettmängd hos hund och katt uppmätts. En svaghet med BCS-bedömning, liksom alla subjektiva metoder, är att resultatet är beroende av den individ som utför bedömningen. Dock har det visats god överensstämmelse mellan bedömning utförd av erfarna personer respektive mindre erfarna personer (*German, 2006; Linder & Mueller, 2014*). En begränsning med BCS är att bedömningen grundar sig på kattens siluett samt palpation av kroppsfett. Atrofi av skelettmuskulatur bedöms vid undervikt, men utelämnas ur bedömningen vid övervikt och fetma, trots att även dessa individer kan ha en atrofi av muskulaturen. Önskvärt vore att bedömning av BCS utöver bedömning av siluett och fettvävnad även inkluderar separat bedömning av kattens muskelmassa (*Michel et al., 2011*).

### **Vägning**

En enkel metod för att utvärdera hullet är att väga katten. Flera studier har emellertid visat att kroppsvikten inte konsekvent korrelerar med den totala mängden kroppsfett (*Engelsen Etterlin et al., 2009*). Kroppsvikt kan, ihop med andra hullparametrar, användas för hullbedömning men det är viktigt att tänka på att optimal kroppsvikt varierar med ras, kön, ålder och storlek på djuret (*Engelsen Etterlin et al., 2009; Lund et al., 2005*). Andra faktorer som kan påverka den totala vikten är olika sjukdomstillstånd som exempelvis ascites eller neoplasi (*Lund et al., 2009*).



### **Body mass index (BMI)**

Hos människa används så kallad BMI, kroppsmasseindex, för att kategorisera undervikt, normalvikt, övervikt eller fetma. BMI grundar sig på relationen mellan vikt (m) och längd (l) och beräknas utifrån en formel;

$$BMI = m/(l^2) \text{ (Flegal et al., 2002)}$$

Hos katt ger beräkning av BMI en uppskattning av procenten kroppsfett. Denna objektiva metod är relativt enkel att utföra, men har sin svaghet vid mätning av levande katt om denna är ovillig till undersökning (Butterwick, 2000; Hyeyeon et al., 2010). Mätning sker på stående katt och utförs på två områden. Det ena måttet utgörs av omkretsen på bröstkorgen i höjd med det nionde revbenet och det andra måttet representerar längden mellan *patella* och *tuber calcaneus* på vänster bakben, leg index measurement (LIM). Utifrån måtten av underbenets längd och bröstkorgens omkrets beräknas BMI genom en formel;

$$\text{Kroppsfett (\%)} = \left\{ \left( \left( \frac{\text{bröstkorg}}{0,7067} \right) - LIM \right) \cdot 0,9156 \right\} - LIM$$

Vid tolkning av felint BMI anses katten normalviktig vid en fettprocent mellan 10-30% (Butterwick, 2000; German et al., 2006; Hyeyeon et al., 2010).

### **Bilddiagnostiska metoder**

DEXA är en teknik som använder sig av röntgenstrålning med två olika energinivåer (70 och 140 kVp). Mängden energi som passerar kroppen fångas upp av en detektor och är, precis som vanlig röntgen, beroende av tätheten på den vävnad som den passerar. Tekniken gör det möjligt att skilja mellan olika typer av vävnader samt beräkna mängden av en viss typ av vävnad i kroppen (Jeusette et al., 2010). Med hjälp av algoritmer beräknar man vilken typ av vävnad samt i vilket kvantitet den finns i kroppen (Buelund et al., 2011).

DT är en undersökningsmetod som till skillnad mot vanlig röntgenundersökning skapar en tredimensionell bild av organ och vävnader. Röntgenstrålar skickas ut i form av en solfjäder via roterande röntgenrör passerar sedan kroppen i olika vinklar och registreras av en detektor (Brenner et al., 2007). DT har visats sig vara en tillförlitlig metod för att utvärdera mängden fett i kroppen hos katt och kan avgöra om lokalisering av fettvävnaden är subkutan eller visceral (Buelund et al., 2010; Hyeyeon et al., 2010; Manios et al., 2016).

Nackdelar med DEXA och DT är den relativt höga kostnaden för undersökning, att levande individ utsätts för stråldos, samt att vara tidskrävande då undersökningen kräver sedering av levande djur vilket gör dem mindre lämpade för rutinmässig klinisk verksamhet (Buelund et al., 2010; Hyeyeon et al., 2010; Jeusette et al., 2010).

MRT är en metod som med hjälp av magnetfält och radiovågor skapar bilder av organ och vävnader. Ett magnetfält påverkar protoner i det område i kroppen som ska undersökas så att

de orienteras efter magnetfältet. Radiovågor sänds sedan in i det valda området, absorberas av protonerna och får dem att ändra riktning. Protonerna kommer sedan att orienteras igen med magnetfältet, dvs ”relaxeras”, mot sin ursprungliga position samtidigt som de utsöndrar radiovågor. Den tid det tar för dem att hamna i sitt ursprungliga läge kallas relaxationstid och varierar beroende på vävnadstyp. Olika sekvenser genereras genom att variera tiden mellan när radiovågsimpulser skickas in i vävnaden och när radiovågor från relaxerade protoner detekteras. Exempel på sekvenser är T1-viktad (T1W), vilken framför allt används för att visa anatomisk uppbyggnad, T2-viktad (T2W), vilken huvudsakligen används för att undersöka vätska i kroppen samt protondensit-viktad (PDW), som kan användas för att visa både anatomiska strukturer och vätska. Bilden baseras på lokalisering och styrka i de radiovågor som mätts och bearbetas fram i en dator. Då olika vävnader skiljer sig i relaxationstid kommer de att presenteras i ljus eller mörk gråton. Gråtonen i bilderna varierar beroende på vävnad som undersöks och typ av sekvens. I kliniska studier är det viktigt att titta på fler olika sekvenser för att göra en bra bedömning (*Edelman & Warach, 1993*).

Ultraljud är en metod som lämpar sig väl för att mäta den subkutana fettväven (*Wilkinson & McEwan, 1991*). Metoden går ut på att man via en transduktör pulsativt sänder in högfrekventa longitudinella ljudvågor, ett ultraljud, i det organ eller del av kroppen som undersöks för att sedan mäta den reflektion som sker efter att ultraljudet träffat vävnaden (*Hoskins et al., 2010*).

### **Metoder för postmortal hullbedömning**

Den subjektiva bedömningen av kroppens fettreserver baseras hos flera djurslag på en visuell observation och bedömning av mängd subkutant och visceralt fett (fett i och angränsande till omentum, krös, njurar och hjärta) samt fett i benmärg. Mängden fett bedöms vanligen utifrån en 4-gradig skala: inget synligt fett, lindrig mängd synligt fett, måttliga mängder synligt fett och mycket synligt fett. Vid bedömning av fett i benmärgen tas även egenskaper hos fettet såsom konsistens och färg med i bedömningen. I hullbedömning inkluderas vanligen även skelettmuskulaturens utseende. Slutgiltig bedömning av djurets hull utgår då från en 5-gradig skala av kachexi, under medelgott hull, medelgott hull, över medelgott hull och adipositas (*Engelsen Etterlin et al., 2009*).

Objektiva metoder för att beräkna fettmängden i kroppen post mortem finns framtaget för subkutis, kring njurar och i benmärg (*Engelsen Etterlin et al., 2009*). Subkutant fett kan mätas på flera anatomiska lokaliseringar, vanligast är att mäta tjockleken vid den bakre delen av ryggen. Ett snitt dras från djurets svansrot i 45 graders vinkel mot ryggraden. I snittet mäts tjocklek på fettvävnaden med en linjal (*Engelsen Etterlin et al., 2009*). För att objektivt bedöma det retroperitoneala fettet utgår man från Riney's kidney fat index (KFI). KFI beräknas genom en formel där förhållandet mellan det perirenala fettet och vikten på njuren ger ett index ( $KFI = \text{vikt perirenalt fett} \times 100 / \text{vikt njure}$ ). Höga KFI-värden innebär att djuret har ett gott hull medan låga värden innebär att djuret är fattigt på fett (*Riney, 1955; Engelsen Etterlin et al., 2009*).

Fettförekomst kan även bedömas utifrån total fetthalt i benmärg, vilken i engelsk litteratur kallas femur marrow fat (FMF). Med hjälp av eter extraheras benmärg från femur som sedan genom gravimetrisk analys kan ge den totala fetthalten i benmärgen (*Engelsen Etterlin et al., 2009*). Enligt undersökningar utförda vid Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA), Uppsala sågs dock att katt till skillnad mot andra djurslag inte följer det mönster där fetthalten i femurs benmärg stiger vid ökad mängd fett i de synliga fettdepåerna. Detta tyder på att katt lagrar fett på ett annat vis än övriga undersökta djurslag (*Engelsen Etterlin et al., 2009*).

## MATERIAL OCH METODER

### **Material**

Studiepopulationen utgjordes av obduktionsmaterial undersökt vid BVF, SLU under våren samt hösten 2016. Katter som inkluderades i studien var över två års ålder, uppvisade BCS 3-9 post mortalt och var avlivade senast 48 h innan undersökning. Exkluderade faktorer var känd kronisk eller akut generell sjukdom i skelettmuskulatur, fettvävnad, fokala skador i ländryggsmuskulatur samt makroskopiska tecken på peritonit. Sju av katterna var avlivade och en katt var självdöd, samtliga katter hade en patologisk frågeställning.

### **Makroskopisk hull- och fettbedömning**

Samtliga katter hullbedömdes postmortalt avseende BCS med hjälp av en 9-gradig skala (*Laflamme, 1997*). Bedömning av BCS utfördes på sex katter av två personer (veterinär patolog och veterinärstudent åk 6) och på två katter av tre personer (två veterinära patologer och veterinärstudent åk 6). Visuellt bedömning av subkutan, intraabdominell och perikardiell (epikardiellt fett kring koronarkärl) fettmängd utfördes med hjälp av en 4-gradig skala, där fettförekomst graderades enligt avsaknad, sparsam, måttlig eller riklig förekomst. Skelettmuskulaturens status bedömdes som atrofisk, normal eller hypertrofisk och anatomisk utbredning av eventuella avvikelser från normal angavs som lokal eller generell.

Makroskopisk bedömning av intramuskulär fettförekomst utfördes genom att den ena sidans *musc. longissimus dorsi* anskars längsgående i ländryggsregionen och inspekterades *in situ*. Motstående sidas *musc. longissimus dorsi* fridissekerades i området för 1-7:e ländkotan, fripreparerades genom excision i transversalplan i höjd med sista revbensbågen samt i höjd med höftleden och undersöktes makroskopiskt med avseende på förekomst av intramuskulärt fett på de tvärskurna ändarna. Val av höger respektive vänster *musc. longissimus dorsi* för längsgående respektive tvärgående bedömning skedde slumpmässigt med lottdragning för varannan katt och provtagning av motstående sidas muskel valdes vid nästföljande katt.

Slutgiltig bedömning av kroppshull utfördes genom en sammanvägd bedömning av mängd fett subkutant, intraabdominellt, retroperitonealt och perikardiellt av två personer hos sex katter och av tre personer hos två katter. Bedömningen graderades utifrån en 5-gradig skala enligt utmärglad, under medelgott hull, medelgott hull, över medelgott hull eller adipositas.

### **Vägning av helkropp, lig. falciforme och omentum majus**

Katternas kroppsvikt registrerades genom vägning på en digital våg (AND, Ek-12KA, Japan). Fett i *lig. falciforme* fridissekerades trubbigt efter incision genom kutis, subkutis och *linea alba* ventralt på buken. *Omentum majus* avlägsnades från bukhålan genom att nätet försiktigt skars fri utmed magsäckens *curvatura* mjälte, pancreas och mesenterium. Vikt för *lig. falciforme* och *omentum majus* registrerades på digital våg (AND, Ek-12KA, Japan).

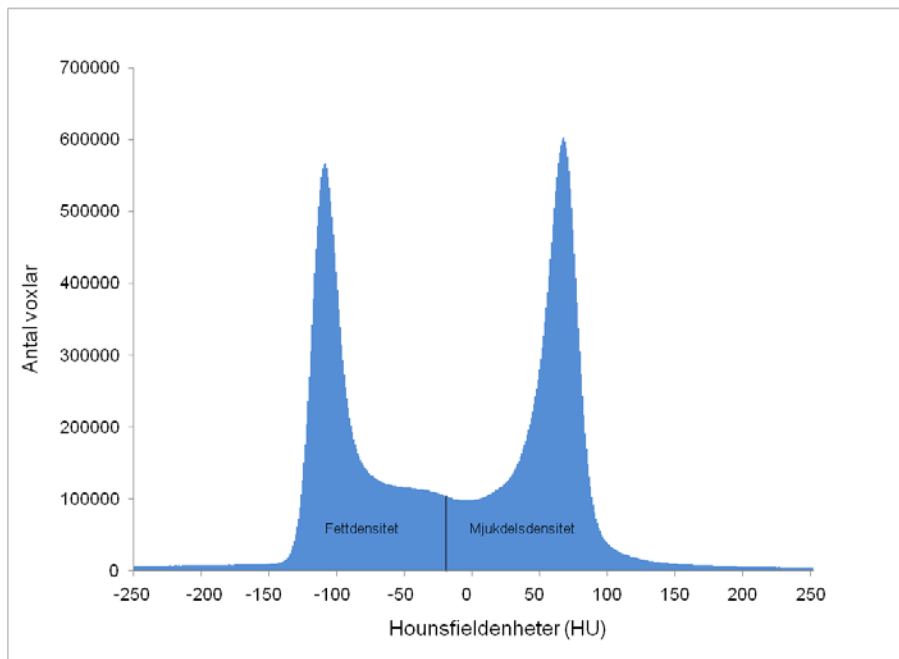
## **DT**

Andel fettvävnad av total mjukdelsvävnad (fettprocent) och kroppsfettvolym beräknades med hjälp av DT på avdelningen för bilddiagnostik, Universitetsdjursjukhuset (UDS), SLU. Analys utfördes som del i ett annat examensarbete av en veterinärstudent i åk 6 under handledning av en veterinär bilddiagnostiker. Vid undersökningen användes en 64-snitts DT (Definition, Siemens Medical System, Erlagen, Tyskland). Inställningen som användes vid undersökningen var 160 mAs, 250 kV. Snittjocklek var 600 µm, snittinkrement 600 µm, fokal punkt 1,2 mm och en mjukvävnadsalgoritm (B30s). Programvaror som användes var OsiriX (OsiriX v.4.1.2.64-bit, Pixmeo, Geneve, Schweiz), ImageJ (1.44 o, 64-bit, National Institutes of Health, USA) och Excel (Microsoft Office Professional Plus 2013).

Utifrån den metod som beskrivs i en studie av Buelund et al. (2011) där mittpunkten mellan fett- och mjukvävnadensitets maximala frekvensvärden används för att definiera fett och icke-fettvävnad estimerades fettprocent vid DT-undersökning. Fettprocenten beräknades genom att antalet voxlar med fettdensitet delades med antalet voxlar med fett- och mjukdelsdensitet. Bilderna var segmenterade för att exkludera eventuellt innehåll i urinblåsan från beräkningarna.

Den totala kroppsfettvolymen för varje katt beräknades genom att multiplicera antalet voxlar med Hounsfieldenheter (HU) inom området för fettdensitet med voxelstorlek. Voxelstorlek beräknades utifrån snittjocklek, bildmatris och "field of view" information för varje DT-undersökning. Antalet voxlar med fettdensitet beräknades med hjälp av data från DT-fettprocentmetoden genom att kategorisera voxlar av fettdensitet som voxlar inom intervallet från -250 HU upp till det HU-värde som beräknades vara mittpunkten mellan fettvävnadensitets och mjukvävnadensitets toppvärden, vilket visas i frekvenshistogrammet av voxel HU-värden (Fig. 3).

För att möjliggöra jämförelse av katter med olika kroppsstorlek normaliserades vikten av *lig.falciforme* och *omentum majus* samt total kroppsfettvolym mot kroppsstorlek genom att strukturernas vikter respektive total kroppsfettvolym dividerades med längden av femur. Längden av femur mättes genom användandet av skelettalgoritm (B70s) och skelettfönster (fönsternivå 700 HU, fönsterbredd 4000 HU). Tredimensionell multiplanar formatering bildades genom mjukvaran OsiriX. Planen justerades så att det transversella planet av bilden var parallellt med det transversella planet av knäleden. Femur delades i sagittalplanet i en lateral och en medial halva och frontalplanet delade in femur i kranial och kaudal halva. Koronal- och sagittalplan justerades därefter så att de gick från den proximala delen av *trochanter major* till den distala delen av den laterala kondylen. Snittjockleken justerades så att bilden inkluderade hela *trochanter major* och hela laterala kondylen i sagittalplan. Längden av femur mättes från den proximala delen av *trochanter major* till den



Figur 3. Frekvenshistogram över antal voxlar av fett- respektive mjukdelsdensitet, genererat från helkroppsdatortomografi (DT). Mittpunkten (gränsen mellan voxlar med fettdensitet och mjukvävnadsdensitet) är markerad med en vertikal linje.

distala delen av laterala kondylen i både sagittal- och koronalplan. Ett medelvärde av dessa två mått beräknades och angavs i cm med en decimal.

### **Provtagning av skelettmuskulatur och undersökning av intramuskulär fettförekomst med hjälp av MRT**

Den fridissekerade muskeln från *musc. longissimus dorsi* mättes i sin fulla längd och utifrån mitten togs sedan en sektion muskelvävnad om 3'3 cm ut från muskeln. Muskelbiten märktes med suturmateriäl i det abaxiala dorsokraniala hörnet för orientering och undersöktes avseende intramuskulär fettförekomst med hjälp av MRT på avdelningen för bilddiagnostik, UDS, SLU.

MRT utfördes med en 1,5 Tesla magnet (Multiva, Philips Medical Systems, Best, Nederländerna) och en 47 mm mikroskopisk spole (Philips Medical System, Best, Nederländerna). Målet med utvecklade sekvenser PDW och turbo spinn eko (TSE) var att framställa två uppsättningar bilder med identiska positioner där ena bilden visade fett med hög signal (vit) den andra bilden saknade signal för fett (svart). Två olika typer av fettundertryckande tekniker användes (Fat Saturation (FS) och Spectral Presaturation med Inversion Recovery (SPIR)). För varje par bilder subtraherades den fettsignalundertryckta bilden (fett visas svart) från den icke-fettundertryckta bilden (fett visas vitt) för att generera en subtraktionsbild. Olika sekvenser provades på katt ID 1, 2 och 3. Efter evaluering av dessa bilder beslutades att använda T1W TSE sekvenser med och utan fettundertryckning för resterande katter. Då bilden av undertryckt fett saknades hos katt ID 1 exkluderas denna från fettutvärdering. Valda sekvenser visas i tabell 1.

Tabell 1. *MRT-sekvenser och inställningar för bedömning fettförekomst i ländryggsmuskulatur*

ID	Sekvens	TR (msek)	TE (msek)	ST/SG (mm)	Förvärvs matris	FOV (cm)	Scanning duration (sek)
2	PDW TSE	1500	35	1,5/0,15	208 x 208	6	315
	PDW TSE FS	1500	35	1,5/0,15	208 x 208	6	315
3	T1W TSE	540,4	22	3/0,3	252 x 200	10	217
	T1W TSE FS	450	22	3/0,3	252 x 200	10	362,7
4	T1W TSE	630,6	22	1,5/0	200 x 158	8	471
	T1W TSE SPIR	646,2	22	1,5/0	200 x 158	8	643,6
5	T1W TSE	630,6	22	1,5/0	200 x 159	8	414,3
	T1W TSE SPIR	581,6	22	1,5/0	200 x 159	8	636,8
7	T1W TSE	540,5	22	1,5/0	200 x 159	8	473
	T1W TSE SPIR	646,2	22	1,5/0	200 x 159	8	636,8
8	T1W TSE	540,4	22	1,5/0	176 x 138	7	452,3
	T1W TSE SPIR	582,2	22	1,5/0	176 x 138	7	649,8
9	T1W TSE	631,9	22	1,5/0	152 x 118	6	358,3
	T1W TSE SPIR	582,2	22	1,5/0	152 x 118	6	551

*FOV = synfält, FS = fettmättnad, ID = identifikationsnummer för katten, PDW = protondensitet-viktad, SG = snittmellanrum, SPIR = spectral presaturation with inversion recovery, ST = snittjocklek, T1W = T1-viktad, T2W = T2-viktad, TE = ekotid, TR = repetitionstid, TSE=turbo spinn eko.*

Subjektiv observation och bedömning av intramuskulär fettförekomst utfördes på identiskt placerade, fett- och icke fettundertryckta bilder samt subtraktionsbilder. För varje MRT-undersökning bedömdes en icke fettundertryckt bild, en fettundertryckt bild samt en subtraktion av dessa i en tredje bild som visade sann fettvävnad i bilden. Observationer av intramuskulär fettförekomst baserades på förekomst av fett i muskelvävnad (ja/nej), förekomst av fett i fascialvävnad (ja/nej) och lokalisation av fett (fokal/generell). Muskelbitarna bedömdes obehandlade, med undantag av en individ som undersöktes efter formalinfixering samt en individ som undersöktes både obehandlad och formalinfixerad.

### **Preparering av muskelvävnad för ljusmikroskopisk undersökning**

Muskelbiten fixerades efter MRT undersökningen i 10% buffrad formalin och efter ca 48 h skars två vävnadsbitar ut i transversalplan med en kranial del och en kaudal del efterföljande varandra. Vävnaden genomgick rutinmässig dehydrering och paraffinbäddning. Preparaten snittades med ca 4 µm tjocklek och färgades med hematoxylin och eosin (HE) samt med Masson´s trichrome.

### **Mikroskopisk bedömning av fettförekomst i *musc. longissimus dorsi***

Lokalisation och mängd intramuskulärt fett bedömdes utifrån en 3-gradig skala. Ett poängsystem upprättades vilket tog hänsyn till både lokalisation av fett och hur många av bedömningsparametrarna som varje katt uppfyllde. Parametrar som bedömdes avseende fettets lokalisation var förekomst av perifert fett i fascia, fett i perimysium och fett i endomysium. Mängd fett bedömdes avseende storlek på fokus av adipocyter. Foci grupperades utifrån antal adipocyter angränsade till varandra och delades in i tre kategorier; 2-20 adipocyter, 21-50 adipocyter eller > 50 adipocyter (Tabell 2).

Tabell 2. Gradering vid mikroskopisk bedömning av intramuskulär fettförekomst

Gradering	Lokalisation av fett			Storlek på foci av adipocyter			Summa
	Fascia	Perimysium	Endomysium	2-20	21-50	> 50	
1	1	1	0	1	0	0	0-3
2	1	1	1/0	1	1	0	4-5
3	1	1	1	1	1	1	6

1= påvisat, 0 =ej påvisat.

### **Statistiska analyser**

Samtliga statistiska analyser utfördes i Minitab17 statistical software program (State College, PA, USA) och P-värden  $\leq 0,05$  bedömdes som statistiskt signifikanta. Metoden som användes var linjär regression. Parametrar som undersöktes var korrelationer mellan kroppsvikt och total kroppsfettvolym (icke normaliserade värden), mellan vikt av *lig. falciforme* repektive vikt av *omentum majus* och total kroppsfettvolym (icke normaliserade värden) samt mellan fettprocent och normaliserad total kroppsfettvolym uppmätt vid DT-undersökning.



## RESULTAT

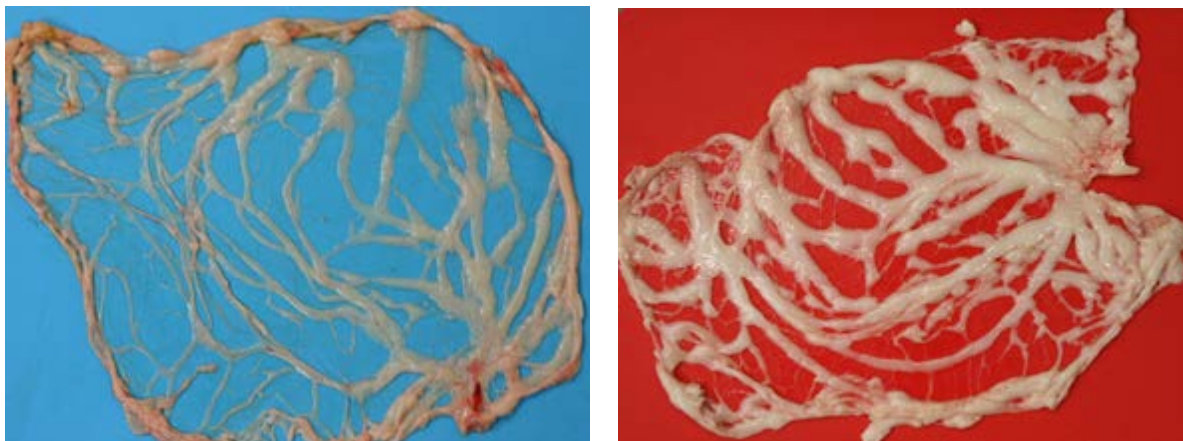
I studien ingick åtta katter av raserna huskatt (ID 1, 2, 7, 8 och 9), Bengal (ID 3 och 5) och Norsk skogkatt (ID 2). Samtliga var kastreerade och könsfördelning bestående av två honor (ID 3 4) och sex hanar (ID 1, 2, 5, 7, 8 och 9). Individernas ålder varierade mellan 6-17 år. En katt (katt ID 6) hade makroskopiska tecken på peritonit och uteslöts från studien. DT-undersökning kunde utföras på sju av studiens åtta katter. En individ (katt ID 1) hade en pleural effusion och lungödem vilket medförde att katten exkluderades från helkroppsbedömning vid DT-undersökning.

Tabell 3. Tabell över studiens ingående katter av body condition score, subjektiv bedömning av fettförekomst och hull, normaliserade värden av fett i ligamentum falciforme samt fettprocent och normaliserad kroppsfettvolym uppmätta vid datortomografisk undersökning.

Body condition score	Katt ID	Sc fett	Ia fett	Rp fett	Pk fett	Skelett-muskulatur	Slutgiltig hullbedömning	lig.falc (g)/femur (cm)	% fett	Fettvolym (cm <sup>3</sup> )/femur (cm)
4	2	++	+++	+++	++	Generellt atrofisk	Över medelgott	2,0	35,0	105,6
5	7	+	+	+	+	Normal	Medelgott	0,4	14,2	44,7
	9	++	++	+++	++	Generellt atrofisk	Över medelgott	1,6	36,5	97,5
6	4	++	++	+++	+	Normal	Över medelgott	2,4	26,8	101,0
	5	++	++	+++	+	Normal	Över medelgott	4,8	32,0	133,2
7	3	+++	+++	+++	++	Normal	Adipositas	8,2	47,0	210,2
	8	+++	+++	+++	+	Normal	Adipositas	4,3	50,9	220,8
8	1	+++	+++	+++	++	Normal	Adipositas	7,0	-	

Sc = subkutant, Ia = intraabdominellt, Rp = retroperitonealt, Pk = perikardiellt, lig.falc = ligamentum falciforme hepatis. += sparsam fettförekomst, ++ = måttlig fettförekomst, +++ = riklig fettförekomst, %fett= fettprocent uppmätt vid datortomografisk undersökning, Fettvolym = kroppsfettvolym uppmätt vid datortomografisk undersökning.

En katt vardera uppvisade BCS 4 respektive 8 och två katter uppvisade vardera BCS 5, 6 och 7. Av studiens katter uppvisade ingen katt BCS 3 eller 9. Subkutant- och intraabdominellt fett påvisades hos en katt i sparsam mängd, hos tre katter i måttlig mängd och hos fyra katter i riklig mängd (Tabell 3, Fig 4-6). Den subkutana- och intraabdominella fettförekomsten följde samma mönster och ökad mängd sågs med stigande BCS (Tabell 3). Individer med BCS 7-8 bedömdes ha en riklig förekomst av subkutant fett, medan katter bedömda med BCS 6 uppvisade måttligt mängd. Avvikande var individ 2 som trots ett BCS 4 uppvisade måttlig förekomst av subkutant fett.



Figur 4 och 5. Bild av omentum majus från två individer. Omenten representerar måttlig fettförekomst (Katt ID 5, BCS 6, blå bakgrund) respektive riklig fettförekomst (Katt ID 8, BCS 7, röd bakgrund).



Figur 6. Bild av fett i ligamentum falciforme hepatis in situ hos katt (ID 1) med body condition score 8, riklig förekomst av intraabdominellt fett och slutgiltig hullbedömning adipositas.

Samtliga individer i studien uppvisade riklig mängd av retroperitonealt fett, undantaget individ med BCS 5 (katt ID 7) som visade sparsam fettförekomst. Perikardiell fettförekomst varierande från sparsam till måttlig mellan olika BCS-grupper och individer (Tabell 3).

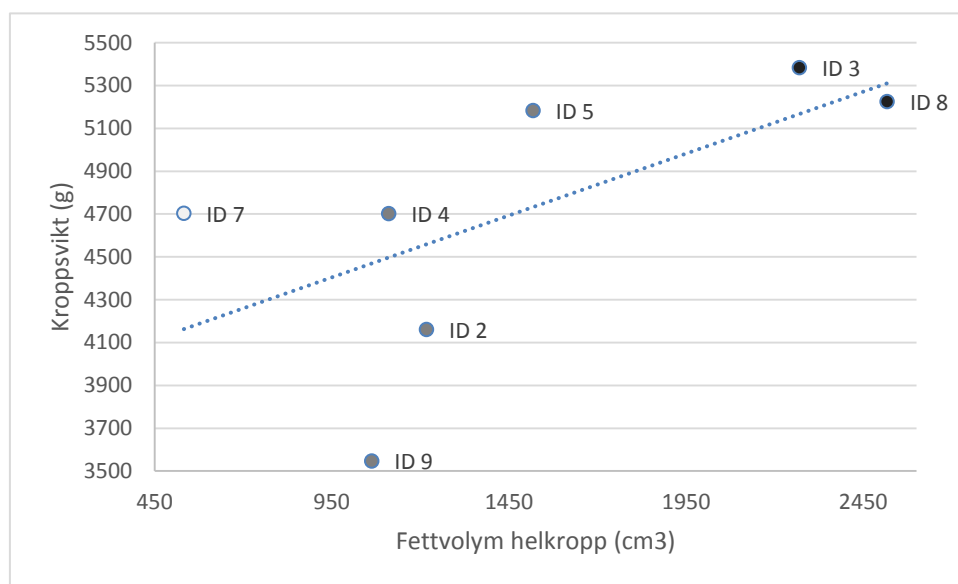
Fettprocent uppmätt vid DT-undersökning varierade mellan 14,2-50,9% (Tabell 3). En trend till ökning av fettprocent med stigande BCS sågs. Normaliserad fettvolym varierade mellan 44,7-220,8 och följde samma mönster som fettprocenten (Tabell 3). Två individer (katt ID 2 och 9) skiljde sig från övriga katter genom att uppvisa en relativt sett hög fettprocent på 35,0% respektive 36,5% trots bedömt BCS 4-5. Dessa individer var generellt atrofiska i skelettmuskulaturen.

Två grupper (BCS 6 och 7) uppvisade en överensstämmande subjektiv bedömning av fettförekomst med den andel fett som uppmäts vid DT-undersökning (Tabell 3). BCS 6 har en

fettprocent mellan 26,8-32,0% medan BCS 7 har en något högre fettprocent vilken ligger mellan 47,0-50,9%. Normaliserad fettvolym följde samma mönster i dessa grupper (Tabell 3).

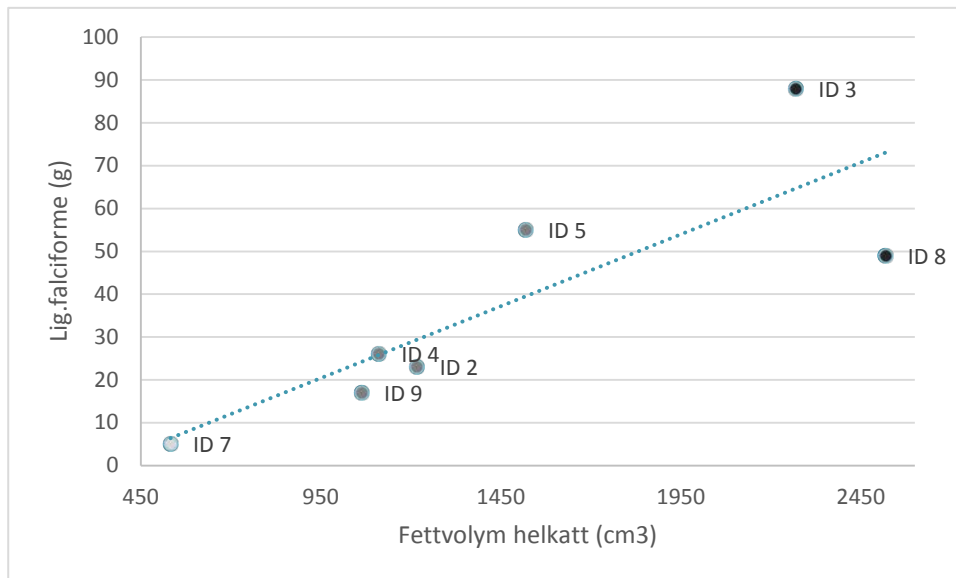
Individer med BCS 7-8 ansågs vara feta vid slutgiltig subjektiv bedömning (Tabell 3). Fettprocenten hos de två individer som kunnat bedömas var 47,0% respektive 51,0%. Individer med BCS 4-6 ansågs vara vid över medelgott hull i den slutgiltiga subjektiva bedömningen. De hade en fettprocent mellan 26,8-36,5%. En individ (katt ID 7) med BCS 5 ansågs vara vid normalgott hull vid subjektiv bedömning och hade total fettprocent (14,2%) uppmätt vid DT-undersökning (Tabell 3).

Ingen statistisk signifikant korrelation ( $p$ -värde = 0,138) kunde påvisas mellan kroppsvikt och kroppsfettvolym. R-värdet (38,4%) indikerade att trenden mellan jämförda parametrar är svag. (Fig. 7).



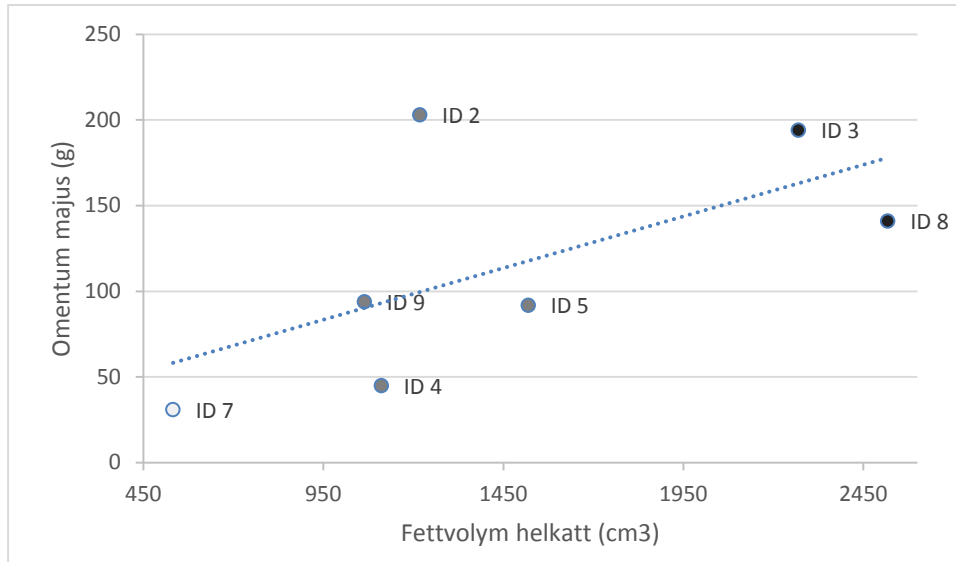
Figur 7. Kroppsvikt jämfört mot total kroppsfettvolym ( $\text{cm}^3$ ) uppmätt vid datortomografi. Vit prick = normalgott hull, grå prick = över normalgott hull och svart prick = adipositas. Vit prick = normalgott hull, grå prick = över normalgott hull, svart prick = adipositas.

Vid ökad fettvolym steg vikten av *lig. falciforme*. En statistisk signifikant korrelation ( $P$ -värde = 0,019) sågs mellan *lig. falciformes* vikt och kroppsfettvolym (Fig. 9). Linjens regressions ekvation gavs av kroppsfettvolym ( $\text{cm}^3$ ) =  $681 + 20,78 * \text{lig.falciformes vikt}$ . En individ (katt ID 7) uppvisade en signifikant lägre vikt av *lig. falciforme* jämfört med övriga katter. Två (katt ID 3 och 8) av de tre katter med högst uppmätt vikt av *lig. falciforme* bedömdes slutgiltigt subjektivt till adipositas.



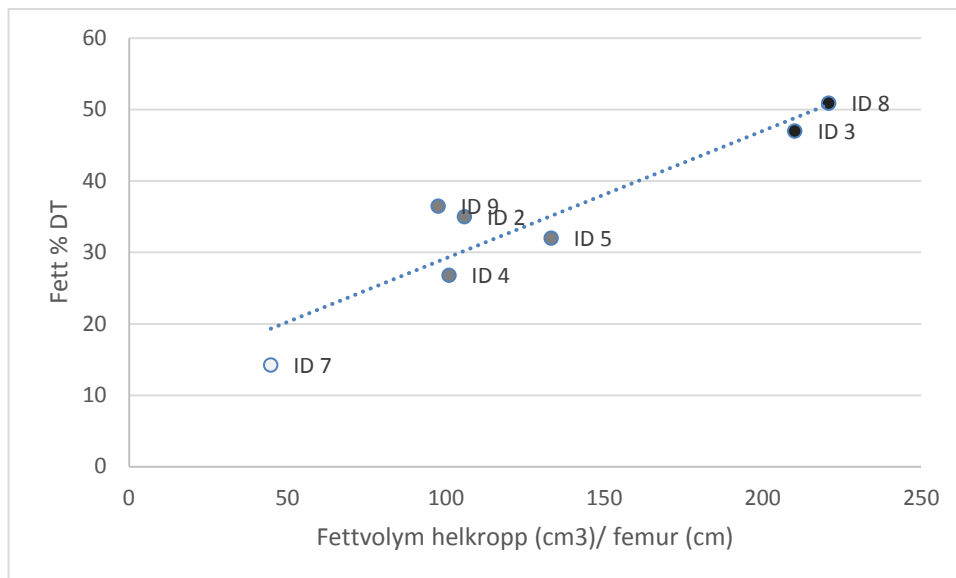
Figur 8. Vikt av ligamentum falciforme jämfört mot kroppsfettvolym (cm<sup>3</sup>). Vit prick = normalgott hull, grå prick = över normalgott hull, svart prick = adipositas.

Ingen statistisk signifikant korrelation (P-värde = 0,132) kunde påvisas mellan vikt av omentum majus och kroppsfettvolym (Fig. 9). R-värdet (39,2%) indikerade att trenden mellan jämförda parametrar var svag. Två (katt ID 3 och 8) av de tre katter med högst uppmätt vikt av *omentum majus* uppvisade även högst uppmätt kroppsfettvolym. Dessa två bedömdes subjektivt att vara adiposa (Tabell 3).



Figur 9. Vikt av omentum majus jämfört mot kroppsfettvolym (cm<sup>3</sup>). Vit prick = normalgott hull, grå prick = över normalgott hull, svart prick = adipositas.

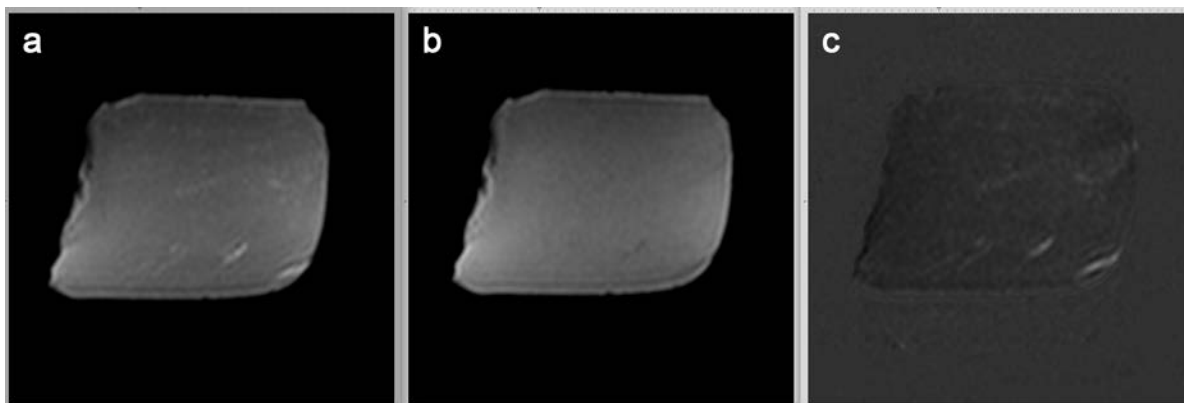
En statistisk signifikant korrelation (P-värde = 0,003) kunde ses mellan fettprocent uppmätt vid DT-undersökning och normaliserad kroppsfettvolym (Fig 10). Detta styrktes av ett R-värde på 85,8%. Linjens regressionsekvation gavs av kroppsfettvolym (cm<sup>3</sup>) / femur (cm) = - 36,0 + 4,808 \* fettprocent. De två individer (ID 2 och 9) med muskelatrofi uppvisade en relativt sett högre fettprocent jämfört mot övriga katter (Fig. 10).



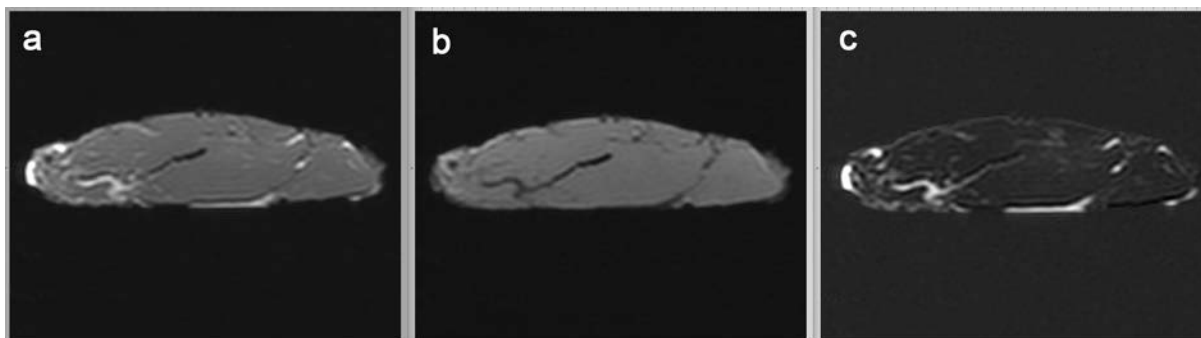
Figur 10. Fettprocent jämfört mot normaliserad kroppsfettvolym. Vit prick = normalgott hull, grå prick = över normalgott hull, svart prick = adipositas.

### Fettförekomst i ländryggmuskulatur

Intramuskulärt fett kunde inte ses hos någon individ vid makroskopisk undersökning av *musc. longissimus dorsi*. Intramuskulärt fett sågs hos alla individer vid MRT-undersökning av *musc. longissimus dorsi*. Vid undersökning av studiens första individ (katt ID 1) var teknik och val av sekvenser under utveckling. På grund av det uppfyllde inte bilderna den kvalitet som krävdes för bedömning varför individen exkluderades från denna del av studien. Utveckling av tekniken fortlöpte vid undersökning av studiens andra individ (katt ID 2) där vald sekvens var protondensitet-vägd. Dock ansågs kvaliteten vara så pass bra att observation av fettförekomst kunde bedömas och individen kunde inkluderas i denna del av studien.



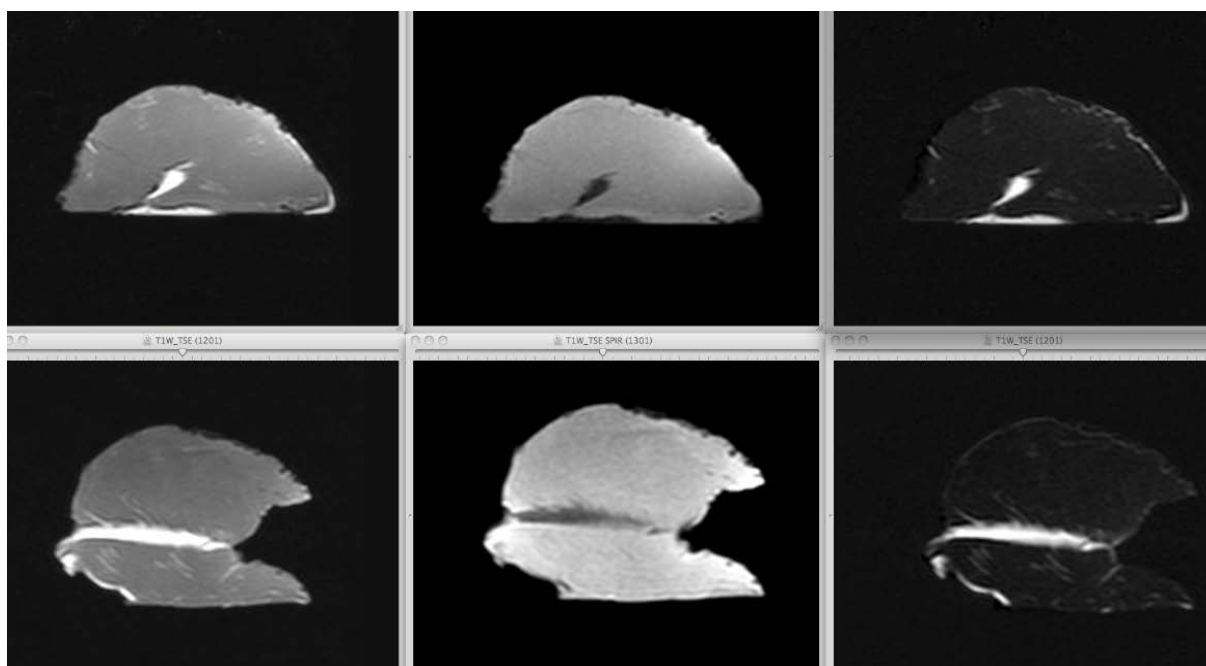
Figur 11. Bilder av magnetresonanstomografiskt undersökt del av musculus longissimus dorsi från individ 7 med BCS 5. T1W-TSE (vänster), SPIR. (mitten) och subtraktion (höger).



Figur 12. Bilder av magnetresonanstomografiskt undersökt del av musculus longissimus dorsi från individ 8, BCS 7. T1W-TSE (vänster), T1W TSE SPIR (mitten) och subtraktion (höger).

Alla individer uppvisade fett lokaliserat i fascialvävnad och intramuskulärt. Individer med BCS 7 utgav starkast och mest omfattande fettsignal. Individ med BCS 5 gav lägst fettsignal. Fyra individer (katt ID 2, 3, 5 och 8) gav en homogen fettsignal med en generell lokalisering.

Muskel från en katt (katt ID 4) MRT-undersöktes efter att den formalinfixerats. För att undersöka om denna katt kunde bedömas avseende fettförekomst och mängd MRT-undersöktes muskel från påföljande individ (katt ID 5) både före och efter formalinfixering. Formalinfixerad muskel skiljde sig från ofixerad muskel med att uppvisa en minskad volym, men fettsignalen förblev lika i styrka (Fig. 13).



Figur 13. Bilder av magnetresonanstomografiskt undersökt del av musculus longissimus dorsi från individ 5, BCS 6, T1W TSE (vänster), T1W TSE SPIR (mitten) och subtraktion (höger). Övre tre bilder är tagna på obehandlad muskel, medan nedre tre bilder är tagna på formalinfixerad muskel.

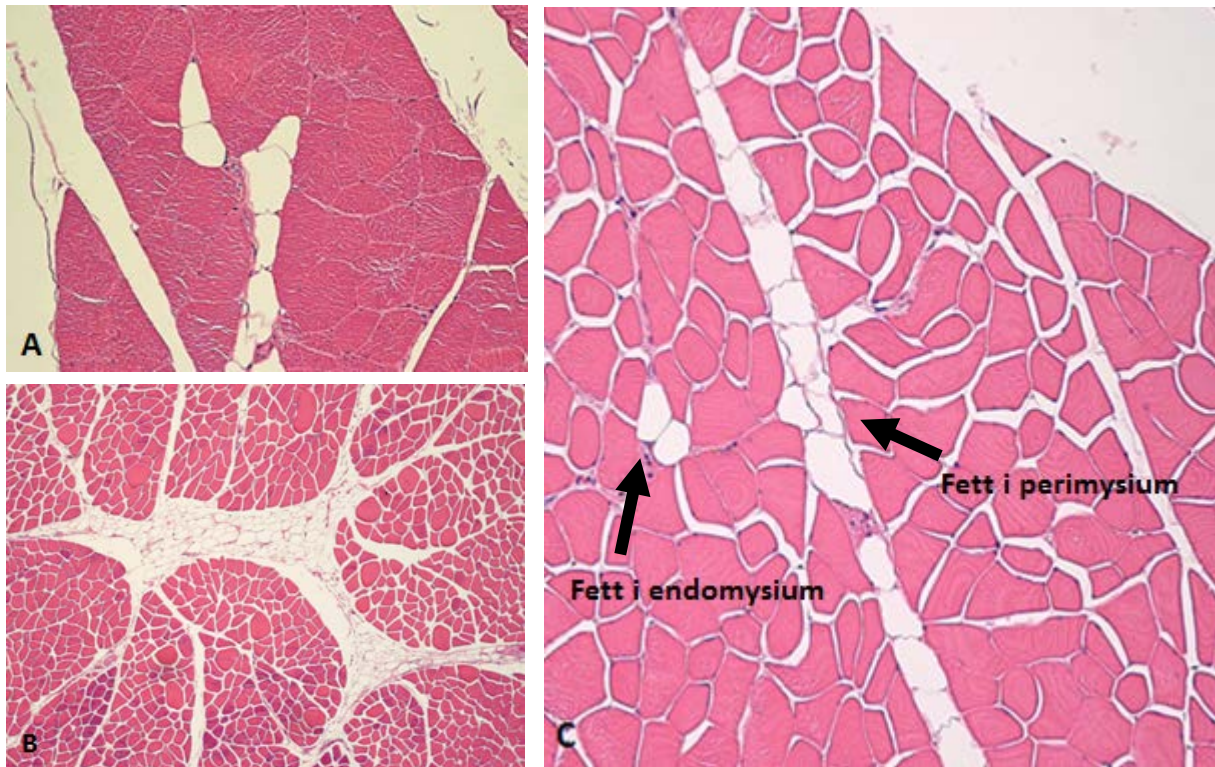
Intramuskulärt fett sågs mikroskopiskt hos samtliga katter men omfattning varierade mellan individerna (Tabell 4). Hos samtliga katter påvisades fett i fascialvävnad och i perimysium, medan fett i endomysium endast påvisades hos sex katter. Små foci med 2-20 ansamlade adipocyter sågs hos samtliga katter medan medelstora foci med 21-50 adipocyter respektive stora foci med ansamlingar på över 50 adipocyter sågs hos sju katter. Sex individer bedömdes vara av grad 3, med rikligast fettförekomst. En individ bedömdes vara av grad 2 där endomysiellt fett inte kunde detekteras. En katt bedömdes vara av grad 1 med avsaknad av adipocyter i endomysie samt avsaknad av medelstora och stora grupper av adipocyter. Individ med mikroskopiskt lägst fettförekomst i ländryggsmuskulaturen uppvisade även lägst fettprocent beräknat vid DT-undersökning.

Generellt var adipocyter ansamlade kring kärl och nerver, men hos tre individer (katt ID 2, 3 och 8) påvisades foci även utan association till kärl eller nerver.

Tabell 4. Lokalisation och gradering av fettförekomst i *musculus longissimus dorsi* enligt mikroskopisk bedömning.

ID	Fett i fascia	Fett i perimysie	Fett i endomysie	Foci 2-20	Foci 21-50	Foci > 50	Summa	Gradering
1	1	1	0	1	1	1	5	2
2	1	1	1	1	1	1	6	3
3	1	1	1	1	1	1	6	3
4	1	1	1	1	1	1	6	3
5	1	1	1	1	1	1	6	3
7	1	1	0	1	0	0	3	1
8	1	1	1	1	1	1	6	3
9	1	1	1	1	1	1	6	3

1 = påvisat, 0 = ej påvisat. Summa 0-3 gradering 1, summa 4-5 ger gradering 2 och summa 6 ger gradering 3.



Figur 14. Histologiska bilder av preparat från musculus longissimus dorsi (hematoxylin och eosinfärgning) tagna vid ljusmikroskopisk undersökning av adipocyters intramuskulära lokalisation. Bilden visar litet fokus av adipocyter i endomysium (A), ett stort fokus av adipocyter i perimysium (B) samt litet fokus av adipocyter i endomysium respektive del av större fokus av adipocyter i perimysium (C).



## DISKUSSION

Syftet med detta arbete var att karaktärisera fettansättning hos katt och undersöka huruvida vikt av de fettinlagrande strukturerna *lig. falciforme* respektive *omentum majus* kan användas för att objektivt påvisa adipositas vid obduktion.

Hos båda strukturerna sågs en trend att deras vikt steg i samband med att total kroppsvikt ökade samt med ökad total fettprocent uppmätt vid DT-undersökning. Tre av de fyra katterna med högst uppmätt vikt av *lig. falciforme* (49-88 gram) bedömdes uppvisa adipositas vid slutlig subjektiv bedömning och hade en total fettprocent på DT över 32%. Dessa fyra katter uppvisade även de procentuellt högsta vikterna av *lig. falciforme* (0,9 -1,6%) medan katter med normalgott till över normalgott hull hade en lägre procentuell vikt av *lig. falciforme* (0,1-0,6%).

Tre av de fyra katterna med högst uppmätt vikt av *omentum majus* bedömdes subjektivt vara adiposa. Den individ som ansågs vara av normalgott hull uppvisade den lägsta vikt (31 gram) vilket var nära sex gånger längre än den individ med den högst uppmätta vikten (242 gram). Resultatet indikerar att fettmängden i såväl *lig.falciforme* som *omentum majus* avspeglar kattens totala mängd kroppsfett, vilket talar för att deras vikt kan utgöra ett objektivt mått av total mängd kroppsfett och förekomst av adipositas.

Vid jämförelse av kroppsvikt och kroppsfettvolym uppmätt vid DT-undersökning sågs ingen signifikant korrelation. Detta visade att kroppsvikten inte gav en bra spegling av individens totala fettmängd (hullstatus) och med detta konstaterades att vidare jämförelser mot kroppsvikt ej var relevant för studien. Genom kvotberäkningen där vikten av *lig.falciforme* respektive *omentum majus* dividerades med individens femurlängd kunde en mer konstant parameter beräknas. Denna kvot blir konstant eftersom femurlängden sannolikt ej nämnvärt påverkas av patologiska tillstånd som exempel muskelatrofi, ascites eller neoplasi i annan del av kroppen jämförst med kroppsvikt och muskelvävnad, vilka till högre grad påverkade av patologiska tillstånd. Genom att använda kvotberäkningen kommer jämförelse att vara möjlig oavsett kattjurets storlek då feta katter kommer att visa ett högre index än vad normalviktiga katter uppvisar.

En statistiskt signifikant korrelation kunde ses mellan vikt av *lig. falciforme* och kroppsfettvolym uppmätt vid DT-undersökning, medan samma jämförelse mot *omentum majus* endast visade en svag förväntad trend. Detta visar på att vikt av *lig. falciforme*, men inte *omentum majus*, är en lämplig struktur att använda för att bedömma fettförekomst hos katt i vidare studier.

En trend kunde ses där kvoten av *lig. falciforme* genom femurlängd ökade ju fetare katterna var vid subjektiv post mortem bedömning. Av de katter som uppvisade högst summa av kvoten återfanns de tre individer som subjektivt bedömdes adipositas, vilket styrker teorin för att kvoten av vikten av *lig. falciforme* och femurs längd kan användas för objektiv bedömning av adipositas vid obduktion.

Det var tekniskt enklare att utföra uttagning av *lig. falciforme* än av *omentum majus*. Detta beroende på att *lig.falciforme* har en välavgränsad, oval form där peritoneum väl kapslar in fettvävnaden och gör strukturen enkel att ta ut intakt. *Omentum majus*, som även den utlinjeras av peritoneum, är svårare att ta ut rent tekniskt då nätet inte har samma välavgränsade form som *lig. falciforme* och försiktigt måste skäras ut från sina infästningar mot omgivande vävnad. Detta gör att *omentum majus* är svårare att ta ut intakt än vad *lig. falciforme* är vilket kan påverka säkerheten i resultatet.

Av särskilt intresse var att undersöka förekomst av fettvävnad i ländryggsmuskulatur (*musc. longissimus dorsi*), då dett fynd för närvarande används som ett makroskopiskt kriterium för adipositas vid obduktion av hund.

Intramuskulärt fett kunde inte ses hos någon individ vid makroskopisk undersökning av längd eller tvärskuren *musc.longissimus dorsi*. Detta visar att makroskopisk avsaknad av fett i ländryggsmuskulatur ej kan utesluta diagnosen adipositas hos katt. Dock bedömdes ingen av studiens katter uppvisa den högsta graden av fetma (BCS 9) på BCS-skalan, och huruvida katter, fetare än de som inkluderas i denna studie, uppvisar makroskopisk fettförekomst i ländryggsmuskulatur lämnas osagt.

Intramuskulärt fett kunde ses hos studiens samtliga individer vid MRT-undersökning av *musc. longissimus dorsi*. Alla individer uppvisade fett lokaliserat i fascialvävnad av varierande mängd. Individer med BCS 7 och subjektiv bedömning adipositas gav starkast och mest omfattande fettsignal. Individ med BCS 5 som bedömts vara vid normalgott hull gav lägst fettsignal. Detta talar för att feta katter ansätter fett i ländryggsmuskulaturen vid ökat hull, dock ej till den samma grad av vad som är detekterbart för det mänskliga ögat vid makroskopisk undersökning. Hos fyra av de sex individer som kunnat bedömas med MRT sågs en generell homogen fettsignal. Hos övriga tre katter sågs fettsignal med fokal lokalisation till del av preparatet hos alla tre katter. De katter med generell lokalisation var de individer med högst uppmätt fettprocent. Det kan tyda på att lokalisation av intramuskulärt fett går från fokal till en mer generell utbredning vid ökad fettmängd i kroppen.

Vid mikroskopisk undersökning sågs intramuskulärt fett hos samtliga katter, dock av varierade omfattning. Hos de individer med rikligast intramuskulär fettförekomst sågs adipocyter lokaliserade perifert i fascia, i perimysium och i endomysium. Detta kan jämföras mot den individ som bedömts vara vid normalgott hull som endast uppvisade en sparsam mängd adipocyter, lokaliserade perifert i fascia och i perimysium. Utbredning av intramuskulärt fett verkar förutom den generella spridning som sågs vid MRI-undersökning även gälla utbredning i olika delar av muskeln. Individer med en högre BCS och fettprocent hade även adipocyter förekommande i endomysium förutom i fascialvävnad och perimysium. Storleken hos foci med ansamlade adipocyter varierade mellan studiens katter. De individer med rikligast mängd intramuskulärt fett och även total fettmängd hade foci av alla bedömda storlekar där medelstora (21-50) till stora foci (> 50) dominerade. Individen med normalgott hull hade små foci (2-20) av adipocyter. Att foci bedömts från två adipocyter och uppåt berodde på den annars svåra

mikroskopiska bedömningen att skilja på förekomst av en enskilt liggande adipocyt och artefaktuell förlust av enstaka tvärskurna myofibrer.

Ett starkt potentiellt samband kunde ses mellan slutgiltig subjektiv hullbedömning och fettprocent uppmätt på DT-undersökning. Med stigande fettprocent sågs ökade hull från normalgott- till över medelgott- och slutligen adipositas. Av de tre katter som bedömdes uppvisa adipositas postmortalt kunde fettprocent mätas hos två. Dessa uppvisade studiens högst uppmätta värden, 47,0% respektive 51,0%. Tyvärr kunde fettprocent hos den tredje individen ej beräknas pga vätskeförekomst i thorax. Denna katt bedömdes subjektivt vara fet och hade även studiens högsta BCS, 8. De fem individer med BCS 4-6 uppvisade över medelgott hull i den slutgiltiga subjektiva bedömningen och hade en fettprocent mellan 26,8-36,5%.

Om man utifrån resultaten i denna studie ser till vad en normal katt skulle ha för fettförekomst är individ 7 ett bra exempel. Den uppvisade BCS 5, ansågs vara normalmusklad, hade en sparsam fettförekomst med ansågs vid slutgiltig subjektiv bedömning att vara vid normalgott hull samt hade en fettprocent på 14,2%. Utgår man från att denna individ kan anses vara normal i sin fettförekomst och förhåller bedömning av övriga katter mot denna har de katter som bedömts vara över medelgott hull 12,6-22,3% högre fettprocent medan de feta katterna hade en 32,8-36,8% högre fettprocent. Bjornvad et al. (2011) visade i en DEXA-studie att BCS 7 motsvaras av en fettprocent på 42,3% (spridning 34,4-49,0%) i medianvärde. Det ligger i och strax under värden från studiens två katter med BCS 7 vilka uppmätte 47 respektive 51% vid DT-undersökning.

Två katter avvek från förväntat mönster genom att uppvisa en fettprocent som var högre än förväntad vid BCS 4-5. Dessa individer hade generell atrofi i skelettmuskulaturen vilket kan ha påverkat bedömningen. Då fettprocent beräknas vid DT-undersökning delas mängden vävnad med fettdensitet med mängden vävnad med summan av vävnad med fettdensitet och mjukdelsdensitet, vilket ger en kvot som avspeglade hur stor andel som fett utgör. Hos en muskelatrofisk individ kommer andelen mjukdelsvävnad att vara lägre än den normalt skulle varit om individen varit frisk vilket medför att en falskt högre fettprocent beräknas. Muskelatrofiska individer kan även vara bedömda med ett lägre BCS än om de varit normalmusklade. Detta kan förklara varför dessa två individer särskiljde sig mot övriga individer i studien. Med tanke på att det material som inkommer för obduktion ofta har en patologisk frågeställning var det viktigt utveckla en objektiv metod som inte påverkas av sjukdomsassocierade förändringar såsom muskelatrofi vid hullbedömning. På grund av detta utarbetades under detta arbetes gång en ny DT metod för att beräkna fettmängden. Detta resulterade i beräkningar baserade på den kroppsfettvolym, vilken inte var beroende av annan mjukvävnad (såsom muskulatur) och som gav en mer sann bild av individens fettmängd i kroppen. Kroppsfettvolym uppmätt vid DT-undersökning blev studiens ”gold standard” för utvärdering av fettförekomsten.

Katterna rekryterades till studien baserat på BCS bedömt post mortalt med syfte att få en spridning av individer med olika grad av fettansättning. Hullbedömning med BCS är en metod

som är lätt att använda och har i studier utförda på katt visat sig ha en god korrelation till uppmätt fettprocent vid DT-undersökning (*Buelund et al., 2010; Hyeyeon et al., 2010; Manios et al., 2016*). Metoden är utvecklad för bedömning av hull hos levande katter och vid bedömning av BCS tas både fettansättning och muskulatur i beaktning, baserat på uppskattning av visuell och palpatorisk förekomst av fettdepåer subkutant. Detta gör att den sanna fettansättningen kan vara svår att uppskatta. Post mortala förändringar skulle teoretiskt kunna påverka bedömning av BCS då exempelvis muskeltonus i kroppen försvinner samt att eventuell midja hos katten blir svårbedömd då djuret inte längre står upp vid bedömning vilket medför risk till att djuret bedöms vara av ett annat BCS än *in vivo*.

Den intraabdominella fettförekomsten följde mönstret som sågs för den subkutana fettförekomsten i det att fettförekomsten ökade vid stigande BCS och fettprocent uppmätt med DT undersökning. Detta stämmer överens med tidigare studie som visat att arten katt proportionellt ansätter fett subkutant och visceralt vid viktuppgång (*Hoening et al., 2007*).

Studiens katter uppvisade överlag en riklig förekomst av retroperitonealt fett samt en sparsam till måttlig mängd perikardiellt fett oberoende av bedömd BCS eller uppmätt fettprocent. Eftersom förekomst av fett retroperitonealt och perikardiellt föreföll oberoende av bedömt BCS, slutgiltig subjektiv bedömning eller fettprocent kan detta indikera att katt initialt ansätter fett kring njurarna för att sedan med ökande kroppsvikt sprida ansättningen subkutant och intaabdominellt för att slutligen ansätta fett kring hjärtat. Vidare studier är önskvärt för att påvisa hur lokalisering av fett förhåller sig hos feta katter.

Eftersom studiematerialet utgjordes av katter som avlivats på grund av sjukdom (åtta katter) eller självdött (en katt), kan eventuell viktnedgång ha påverkat fettmängden i fettdepåerna vilket gör att fettförekomstens utberedning detekterat i denna studie inte behöver avspegla proportionerna fettmängd hos en frisk katt.

Materialet representerar resultat från tre olika kattraser, varav de individer som vid slutgiltig subjektiv bedömning ansågs adipositas samt uppvisade högst fettprocent vid DT-undersökning återfanns två av rasen huskatt och en Bengal. Individen med lägst uppmätt fettprocent var av rasen huskatt. Ingen ras särskiljer sig i denna studie avseende fettmängd i kroppen, dock är materialet för litet för att analysera fettförekomst baserat utifrån kattras.

I studien ingick två honor och sex hanar, där alla var kastrerade. Både honor och hanar fanns representerade bland de katter med högst fettprocent uppmätt på DT samt vid slutgiltig bedömning adipositas. Utifrån denna studie går det ej att se någon tendens till att något kön skulle vara överrepresenterat vid fetma, dock är materialet för litet för att analysera fettförekomst baserat på kön. Materialet utgörs endast av kastrerade individer och ingen jämförelse är därmed möjlig mot intakta djur. Dock har studier påvisat att kastrerade djur löper en högre risk att utveckla fetma till följd av de förändringar som uppstår i hormonbalansen vilket påverkar metabolismen (*Zoran, 2010*).

Katterna som ingick i studien var alla medelålders till äldre katter. Av de katter som bedömts vara adiposa är det endast en individ med ålder inom spannet 5-10 år vilket anses vara kattens medelålder och den ålderskategori som löper högst risk att drabbad av fetma enligt andra studier (Zoran, 2010). Det går inte att se någon tendens att ålder påverkar fettansättningen utifrån denna studie, men materialet anses vara för litet för att analys ska kunna utföras.

Målsättning inför denna studie var att materialet skulle utgöras av 16 katter. Som befarat i riskanalysen passade för få katter in under de inklusionskriterier som ställts upp för medverkan i studien och materialet utgjordes därav endast av åtta katter. I studien har statistiska data presenterats, men att ta i beaktning är att resultaten baserats på ett litet material och denna studie får ses som en pilotstudie.

## KONKLUSION

I studien påvisades en statistisk signifikant korrelation mellan vikten av *lig. falciforme* och kroppsfettvolym uppmätt vid helkropp-DT-undersökning. Vikten av *lig. falciforme* normaliserades till kroppsstorlek efter beräkning av femurlängd och resultaten talar för att den kvot som erhålls från parametrarna kan användas som objektiva mått på individens fettmängd oberoende av kattens storlek.

Hos samtliga individer detekterades intramuskulär fettförekomst vid MRT- och ljusmikroskopisk undersökning, men kunde ej påvisas vid makroskopisk undersökning av ländryggsmuskulatur. Detta talar för att sektionfyndet adipositas ej bör uteslutas vid makroskopisk avsaknad av fett i ländryggsmuskulaturen hos djurslaget katt.

Då resultatet baserats på ett litet material av olika ålder, kön och ras är det önskvärt med vidare studier av ett större antal individer för att kunna dra säkrare slutsatser.

## **TACK**

**Cecilia Ley**,Handledare, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap (BVF)

**Alexandra Leijon**, Biträdande handledare, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap (BVF)

**Charles Ley**, Biträdande handledare, Institutionen för kliniska vetenskaper (KV)

**Stina Ekman**, Examinator, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap (BVF)

**Peder Eriksson**, Obduktionstekniker, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap (BVF)

## REFERENSLISTA

- Appleton, DJ., Rand, JS. & Sunvold GD. (2001). Insuline sensitivity decreases with obesity, and lean cats with low insulin sensitivity are at greater risk of glucose intolerance with weight gain. *Journal of Feline Medicine*, 4: 211-28.
- Berry, D.C., Stensen, D., Zeve, D. & Graff, J.M. (2013). The developmental origins of adipose tissue. *Development*, 140(19):3939-3949.
- Bjornvad, C.R., Nielsen, D.H., Armstrong, P.J., McEvoy, F., Hoelmkjaer, K.M., Jensen, K.S., Pedersen, G.F. & Kristensen, A.T. (2011). Evaluation of a nine-point body condition scoring system in physically inactive pet cats. *American Journal of Veterinary Research*, 72:433-437.
- Brenner, D.J. & Hall E.J. (2007). Computed Tomography- An Interesting Source of Radiation Exposure. *The New England Journal of Medicine*, 357:2277-84.
- Buelund, L.E., Nielsen, D.H., McEvoy, F.J., Svalastoga, E.L. & Bjornvad, C.R. (2011). Measurement of body composition in cats using computed tomography and dual energy X-ray absorptiometry. *52*, 2: 179-184.
- Butterwick, R. (2000). How fat is the cat? *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 2:91-94.
- Colliard, L., Paragon, B.M., Lemuet, B., Bénét, J.J. & Blanchard, G. (2009). Prevalence and risk factors of obesity in an urban population of healthy cats. *Journal of Feline Medical Surgery*, 11, 2:135-40.
- de Godoy, M.R. & Swanson, K.S. (2013). Companion Animal Symposium: nutrigenomics: using gene expression and molecular biology to understand pet obesity. *Journal of Animal Science*, 91(6):2949-64.
- de Leon, A., Thörn, S-E., Raoof, M., Ottosson, J., & Wattwil, M. (2012). Effects of Different Respiratory Maneuvers on Esophageal Sphincters in Obese Patients Before and During Anesthesia. *Acta Anaesthesiologica Scandinavia*, 54:1204-1209.
- Edelman, R.R. & Warach, S. (1993). Magnetic Resonance Imaging. *The New England Journal of Medicine*, 1993;328:708-716.
- Engelsen Etterlin, P., Neimanis, A., Gavier-Widén, D., Galgan, V. & Hård af Segerstad, C. (2009). Postmortal hullbedömning av hull hos tamdjur och vilda djur. *Statens Veterinärmedicinska Anstalt*.
- Feldman, E.C., Nelson, R.W., Reusch, C.E., Scott-Moncrieff, J.C.R., Behrend, E.N. (2015). *Canine & Feline endocrinology*, 4<sup>th</sup> edition
- German, A.J. (2006). The growing problem with obesity in dogs and cats. *The Journal of Nutrition*. Vol 136 (7):1940-1946.
- German, A.J., Holden, S.L., Moxham, G., Holmes, K., Hackett, R. & Rawlings, J. (2006). A simple, reliable tool for owners to assess the body condition of their dog or cat, *The Journal of Nutrition*, 136:2031-3.

- German, A.J., Ryan, V.H., German, A.C., Wood, I.S., Trayhurn, P. (2010). Obesity, its associated disorders and the role of inflammatory adipokines in companion animals. *Veterinarian Journal*, 185:4-9.
- Hardy, P., Gash, D., Yokel, R., Andersen, A., Ai, Y. & Zhang, Z. (2005). Correlation of R2 with total iron concentration in the brains of rhesus monkeys. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 21:118-127.
- Harvey, R. & Ferrier, D. (2011). *Lippincott's Illustrated Reviews Biochemistry*, 5<sup>th</sup> edition, 349-356.
- Himms-Hagen, J. (1984). Nonshivering thermogenesis. *Brain Reserch Bulletin*, 12(2):151-160.
- Hoskin, P., Martin, K. & Thrush, A. (2010). *Diagnostic ultrasound, physics and equipment*, andra upplagan. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hoening, M., Pach, N., Thomaseth, K., Le, A., Schaeffer, D. & Ferguson, D.C. (2013). Cats differ from other species in their cytokine and antioxidant enzyme response when developing obesity. *Obesity biology and integrated physiology*. 21:407-414.
- Hoening, M., Thomaseth, K., Waldron, M. & Ferguson, D.C. (2007). Insulin sensitivity, fat distribution, and adipocytokine respons to different diets in lean and obese cats before and after weight loss. *American Journal of Physiology*, 292(01):227-234.
- Laflamme, D. (1997). Development and validation of body condition scoring system for cats. A clinical tool. *Feline Practice*. 25 (5), (13-17).
- Laflamme, D.P. (2015). Obesity in dogs and cats: What is wrong with being fat? *Journal of Animal Science*. 90:1653-1662.
- Lee, H., Mieun, K., Mihyun, C., Namsoon, L., Jinhwa, C., Junghee, Y. & Mincheol, C. (2010). Assessment of feline abdominal adipose tissue using computed tomography. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12:936-941.
- Linder, D.& Mueller, M. (2014). Pet Obesity Management. *Vet Clin Small Amin*, 44:789-806.
- Mescher, A.L. (2010). *Junqueira's Basoc Histology Text & Atlas*, tolfte upplagan. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Manios, G.E., Mazonakis, M., Voulgaris, C., Karantanas, A. & Damilakis, J. (2016). Abdominal fat volume fat estimation by stereology on CT: a comparasion with manual planimetry. *European Radiology*, 26:706.
- Michel, K.E., Anderson, W., Cupp, C. & Laflamme, D.T. (2011). Correlation of feline muscle mass score with body composition determined by dural-energy X-rayabsorptiometry. *British Journal of Nutrition*, 106:57-59.
- Noble, A. (2008). The Obesity Epidemic: The Impact of Obesity on the Perianesthesia Patient. *Journal of Perianesthesia Nursing*, 23(6):418-425
- Sandøe, P., Palmer, P., Corr, S., Astrup, A. & Bjørnvad, C.R. (2014). Canine and feline obesity: a One Health Perspective. *Veterinary Record*. 20/27



- Sidossis, L. & Kajimura, S. (2015). Brown and beige fat in humans: thermogenic adipocytes that control energy and glucose homeostasis. *The Journal of Clinical Investigation*, 125(2):478-486.
- Sloth, C. (1992). Practical management of obesity in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 33:178-182.
- Van de Velde, H., Janssens, G.P.J., de Rooster, H., Polis, I., Peters, I., Ducatelle, R., Nguyen, P., Buyse, J., Rochus, K., Xu, J., Verbrugghe, A. & Hesta, M. (2013). The cat as a model for human obesity: insights into depot-specific inflammation associated with feline obesity. *British Journal of Nutrition* 110:1326-1335.
- Wang, W. & Seale, P. (2016). Control of brown and beige fat development. *Nature reviews; Molecular cell biology*, 17:691-702.
- Wilkinson, M.J. & McEwan, N.A. (1991). Use of ultrasound in the measurement of subcutaneous fat and prediction of total body fat in dogs. *The Journal of Nutrition*, 121:47-50.
- Zoran, D.L. (2010). Obesity in dogs and cats: A metabolic and endocrine disorder, *Vet Clin Small Anim* 40:221-239.