



Utvärdering av blodsockermätarna Accu-Chek Aviva och gPet PLUS för kattprover

Evaluation of the glucometers Accu-Chek Aviva and gPet PLUS for feline blood samples

Kajsa Witthuhn

Självständigt arbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap, Institutionen för kliniska vetenskaper

Veterinärprogrammet

Uppsala, 2021



Utvärdering av blodsockermätarna Accu-Chek Aviva och gPet PLUS för kattprover

Evaluation of the glucometers Accu-Chek Aviva and gPet PLUS for feline blood samples

Kajsa Witthuhn

Handledare: Emma Strage, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper

Examinator: Inger Lilliehöök, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A2E

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0869

Program/utbildning: Veterinärprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för kliniska vetenskaper

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2021

Nyckelord: diabetes mellitus, portabel blodglukosmätare, metodjämförelse, validering

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjurvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Det är viktigt att koncentrationen av glukos i blodet hålls inom snäva gränser. Vid mätningar av koncentrationen av blodglukos (BG) tros resultatet kunna variera beroende på ett antal faktorer, exempelvis om mätningen utförs på venöst eller kapillärt blod. Diabetes mellitus är idag en av kattens vanligaste endokrina sjukdomar. Obehandlad diabetes mellitus kan leda till kroniska eller akut livshotande komplikationer. Behandling kan bland annat innefatta monitorering av BG, vilket kan utföras med portabla blodglukosmätare (PBGM). De erbjuder ett snabbare och billigare alternativ än standardmetoderna för mätning och monitorering av BG. Andra fördelar är att metoden för provtagning är mindre invasiv, en mindre provvolym krävs, och att mätarna möjliggör provtagning i hemmet av djurägare. Det är viktigt att mätningarna är tillförlitliga nog att basera terapeutiska beslut på. Det finns dock ett flertal felkällor vid jämförelse av PBGM och referensmetoder, vilka bör tas i beaktande.

Syftet med denna studie var att utvärdera riktigheten hos de båda PBGM Accu-Chek (AC) Aviva och gPet PLUS vid mätning av BG-koncentration i prover från katter, samt att undersöka om koncentrationen av BG skiljer sig åt i kapillärt och venöst blod.

Studiepopulationen bestod av 40 katter. Efter insamling av ett venöst blodprov användes AC Aviva och gPet PLUS för att analysera blod ur samma kanyl eller stickställe, och därefter användes de båda PBGM för att analysera BG i kapillärt blod. Resultaten från PBGM jämfördes med BG-koncentrationen i de venösa proven analyserade med referensmetoden Architect c4000. För att utvärdera mätarna användes Bland-Altman diagram och totalt tillåtet fel. Parat t-test användes för att undersöka hur BG-koncentrationen skiljde sig åt i venöst och kapillärt blod. För att undersöka hur BG-koncentrationen påverkades av tiden sedan senaste fodergiva användes regressionsanalys.

Av de 40 medverkande katterna bidrog 13 med enbart venöst blod, resterande 27 bidrog med både venöst och kapillärt. Alla prover som samlades in låg inom respektive mätares mätbara intervall för BG-koncentration. Ingen av proverna var hypoglykemiska. Tiden då katterna senast åt varierade från 1 till 26 timmar. Hematokrit analyserades hos 24 av de 40 katter som deltog i studien med resultat mellan 32–50 %. Generellt underskattade AC Aviva koncentrationen av BG och gPet PLUS överskattade den. Baserat på rekommenderade gränser för totalt tillåtet fel (20 % för normo- och hyperglykemiska prover) var alla prover av mätningarna i venöst och kapillärt prov inom gränserna för AC Aviva. I kapillärt blod hade gPet PLUS lägst andel av prover inom gränserna för totalt tillåtet fel (80,0 %) och i venöst prov låg 97,5 % inom uppsatta gränser. AC Aviva, men inte gPet PLUS, uppmätte en signifikant högre BG-koncentration i kapillärt blod jämfört med venöst.

Vid mätning av BG-koncentration i kattprover visade den veterinära mätaren gPet PLUS inte bättre resultat än den humana mätaren AC Aviva. För att kunna dra mer tillförlitliga slutsatser om AC Avivas och gPet PLUS´ riktighet samt om BG-koncentrationen faktiskt varierar i venöst och kapillärt blod krävs fler studier med en studiepopulation som inkluderar hypoglykemiska prover.

Nyckelord: diabetes mellitus, portabel blodglukosmätare, metodjämförelse, validering

Abstract

It's important that the concentration of glucose is kept at an adequate level in the blood. When measuring the blood glucose (BG) concentration, the result is thought to vary depending on various factors, for example whether it's measured in venous or capillary blood. Diabetes mellitus has over the recent decades come to be one of the most common endocrine diseases affecting cats. If left untreated it may lead to acute or chronic complications. Treatment may include at home monitoring of BG concentration, which can be performed using a portable blood glucose meter (PBGM). These portable meters provide a faster and cheaper alternative to the regular methods used when determining BG concentration. The sampling method is less invasive and requires a lesser volume of blood to perform the test. In addition, a PBGM can be handled at home by most pet owners. However, it is essential that the results are reliable enough to generate accurate therapeutical decisions. It is also important to be aware of the sources of error when using these devices.

The aim of this study was to evaluate the accuracy of Accu-Chek (AC) Aviva and gPet PLUS when assessing BG concentration for feline blood samples. In addition, this study investigates if the concentration of BG for cats differs depending on if the blood is venous or capillary.

The study population consisted of 40 cats. AC Aviva and gPet PLUS were used after collection of venous blood by analyzing a drop of blood from the same cannula or site of injection. This was followed by a measurement of capillary blood. The results obtained from the PBGM was compared to the BG-concentration according to a reference method, the Architect c4000. Bland-Altman plots and allowable (desirable) total error were performed to evaluate AC Aviva and gPet PLUS. Paired t-test was used to assess how BG-concentration in venous and capillary blood differed. Regression analysis was used to evaluate how BG-concentration was affected by the time passed since feeding.

Of the 40 cats who participated in the study, 13 contributed with venous blood and 27 with both venous and capillary blood. All of the samples obtained in the study were within the measurable range of BG concentration for the PBGM: s. None of the samples were hypoglycemic. The estimated time which had passed since the cats last fed varied from 1 to 26 hours. Hematocrit was analyzed in 24 of the 40 individuals included in the study, results varied between 32-50%. In general, AC Aviva underestimated the concentration of BG whereas gPet PLUS overestimated. Based on the recommendations regarding allowable (desirable) total error (20% for normo- and hyperglycemic samples), all measurements by AC Aviva in both venous and capillary samples were within the limits. In capillary blood, gPet PLUS had the smallest proportion of samples within the limits (80,0%). In venous blood, 97,5% of the measurements were within the limits. Furthermore, the capillary results were significantly higher than the venous when using AC Aviva, this was not seen for gPet PLUS.

These results indicate that the veterinary PBGM gPet PLUS did not perform better than the human PBGM AC Aviva, when measuring BG-concentration in feline blood samples. More studies and a greater study population including hypoglycemic samples are required to form reliable conclusions regarding the accuracy of AC Aviva and gPet PLUS. The same applies to the issue regarding whether there is a significant difference in BG concentration between venous and capillary blood or not.

Keywords: diabetes mellitus, portable blood glucose meter, method comparison, validation

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	10
1. Inledning	11
2. Litteraturöversikt	12
2.1. Glukosmetabolism	12
2.1.1. Glukagon och insulin	13
2.1.2. Blodglukos i venöst och kapillärt blod	13
2.2. Diabetes mellitus hos katt	14
2.2.1. Etiologi, patogenes och riskfaktorer	14
2.2.2. Kliniska symptom, diagnos och komplikationer	14
2.2.3. Behandling, remission och prognos	15
2.3. Hypoglykemi	16
2.3.1. Somogyieffekten	16
2.4. Portabla blodglukosmätare	17
2.4.1. Användning av portabla blodglukosmätare och blodglukoskurvor vid diabetes mellitus hos katt	17
2.5. Felkällor vid användning av portabla blodglukosmätare	18
2.5.1. Provrelaterade felkällor	18
2.5.2. Analytiska felkällor	19
2.5.3. Postanalytiska felkällor	20
2.6. Utvärdering av portabla blodglukosmätare för kattprover	20
2.6.1. Tidigare studier	20
2.6.2. Totalt tillåtet fel: kvalitetssäkring av portabla blodglukosmätare	22
3. Material och metod	23
3.1. Patientunderlag	23
3.2. AC Aviva, gPet PLUS och Architect c4000	23
3.3. Provtagning och hantering av prover	25
3.4. Statistisk analys	25
4. Resultat	27
5. Diskussion	31
5.1. Slutsats	34
Referenser	35
Populärvetenskaplig beskrivning	39

Tabellförteckning

Tabell 1: Genomsnittlig kostnad av startpaket och teststickor samt beräknat pris per sticka.....	24
Tabell 2: Medelvärde, SD, CV, eget uträknat kontrollintervall (medelvärde $\pm 2SD$) samt tillverkarens kontrollintervall (uttryckt i mmol/L) för kontrolllösningar tillhörande AC Aviva och gPet PLUS. Tillverkarna har ej angivit hur många SD som använts för uträkning av angivet kontrollintervall.	28
Tabell 3: Medeldifferens, SD och 95 % LoA (uttryckt i mmol/L) för skillnaden mellan AC Aviva _{ven} , AC Aviva _{kapillär} , gPet PLUS _{ven} och gPet PLUS _{kapillär} jämfört med referensmetoden Architect c4000.	28

Figurförteckning

- Figur 1: De båda PBGM AC Aviva och gPet PLUS.24
- Figur 2: Bland-Altman diagram som illustrerar den absoluta skillnaden (uttryckt i mmol/L) mellan referensmetoden Architect c4000 och A) AC Aviva_{ven} och B) AC Aviva_{kapillär}, medelvärde (heldragen blå linje), Limits of Agreement (streckade blå linjer) samt TEa 20 % (streckade grå linjer). ..29
- Figur 3: Bland-Altman diagram som illustrerar den absoluta skillnaden (uttryckt i mmol/L) mellan referensmetoden Architect c4000 och A) gPet PLUS_{ven} och B) gPet PLUS_{kapillär}, medelvärde (heldragen blå linje), Limits of Agreement (streckade blå linjer) samt TEa 20 % (streckade grå linjer). ..30

Förkortningar

AAHA	American Animal Hospital Association
AC	Accu-Chek
ACVCP	American College of Veterinary Clinical Pathology
BG	Blodglukos
BGC	Blood Glucose Curve, Blodglukoskurva
CV	Coefficient of variation, Variationskoefficient
DM	Diabetes mellitus
HCT	Hematokrit
HGB	Hemoglobin
ISFM	International Society for Feline Medicine
LoA	Limits of Agreement, gränser för graden av överensstämmelse
pO ₂	Syrgastension
PBGM	Portabel blodglukosmätare
SD	Standard deviation, Standardavvikelse
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
TEa	Allowable (desirable) total error, Totalt tillåtet fel
UDS	Universitetsdjursjukhuset
VLDL	Very-low-density lipoprotein

1. Inledning

Portabla blodglukosmätare (PBGM) är användbara verktyg vid bland annat veterinär akutvård och behandling av katter med diabetes mellitus (DM) i hemmet. DM är en sjukdom som på relativt kort tid ökat i incidens och blivit en av kattens vanligaste endokrina sjukdomar (Öhlund 2017). Monitorering i hemmet med PBGM uppmuntras (Sparkes *et al.* 2015) och rekommenderas (Behrend *et al.* 2018). Jämfört med standardmetoden som vanligtvis används vid analys av BG-koncentration är provtagning och analys med PBGM både snabbare och billigare. Vanligtvis används endast en droppe blod från öronlappen, vilket innebär att provtagningen är mindre invasiv och mindre stressig för katten. Denna typ av mätning och monitorering av blodglukos (BG) kräver endast en droppe blod och mätarna kan i de flesta fall användas av privatpersoner (Gerber & Freeman 2016; Zhang *et al.* 2019). Det är essentiellt att mätningarna med PBGM är tillförlitliga nog att basera terapeutiska beslut på (Link *et al.* 2015).

Målsättningen med studien var att undersöka om de två PBGM Accu-Chek (AC) Aviva och gPet PLUS gav resultat som var tillförlitliga samt jämförbara med referensmetoden Architect c4000, vilken används på klinisk kemiska laboratoriet vid SLU. Syftet var att utvärdera hur användbara dessa portabla mätare är, både ur ett kliniskt perspektiv och då mätarna används rutinmässigt av kattägare vid monitorering av BG-koncentration i hemmet. Studien undersökte även om resultaten av mätningarna med PBGM påverkades av om blodet som analyserats var venöst eller kapillärt.

Frågeställningarna var:

1. Är AC Aviva och gPet PLUS tillförlitliga när det gäller att fastställa BG-koncentrationen hos katter?
2. Skiljer sig koncentrationen av BG vid analys av kapillärt respektive venöst blod vid provtagning med AC Aviva och gPet PLUS hos katter?

2. Litteraturöversikt

2.1. Glukosmetabolism

Glukos är en monosackarid som ingår i gruppen kolhydrater. I samma grupp av enkla sockerarter ingår även exempelvis fruktos. Dessa kan användas som byggstenar till polysackarider, exempelvis glykogen och stärkelse. Glukos är livsviktigt för kroppen då monosackariden används som energikälla till många olika cell- och vävnadstyper. Det är essentiellt att glukos hålls i en lagom koncentration i blodet för att säkerställa att kroppens energibehov tillfredsställs, och att den därmed kan fungera som den bör. I samband med måltid sker en nedbrytning av de dietära kolhydraterna genom enzymatiska reaktioner. Detta sker för att underlätta upptag via enterocyterna i magtarmkanalen. Efter absorption passerar glukosmolekylen levern via portavenen innan ämnet hamnar i blodcirkulationen (Sjaastad *et al.* 2016). Katter har generellt lägre enzymatisk aktivitet än exempelvis hundar och människor, vilket påverkar deras förmåga att bryta ner stärkelse samt metabolisera glukos. Då katter utvecklats som karnivor är deras tunntarm relativt kort i jämförelse med omni- och herbivorers, ceacum endast rudimentär och grovtarmen liten. Detta skulle kunna begränsa deras förmåga till mikrobiell fermentering och upptag av svårösliga fibrer och stärkelse. Man har dock sett att den proximala tunntarmen hos friska katter innehåller fler bakterier än exempelvis hundars och människors, vilket kan tyda på en väl fungerande förmåga till bakteriell fermentering (Verbrugghe *et al.* 2012).

För att förhindra utveckling av hyperglykemi i samband med en kolhydratrik måltid kan kroppen lagra glukos. Lagringen induceras genom frisättning av insulin och sker framförallt i muskulatur, fettvävnad och lever. För att kunna lagras måste glukos först omvandlas genom olika enzymatiska reaktioner. I muskulaturen lagras energikällan i form av glykogen, och i fettvävnaden lagras den som triglycerider. Glukoslagring i levern sker i första hand i form av glykogen. Om leverns kapacitet att lagra glykogen överstigs lagras resterande glukos i form av triglycerider eller very-low-density lipoprotein (VLDL). Triglyceriderna kan brytas ned till fria fettsyror, vilka kan användas som energi eller lagras i fettvävnaden. När koncentrationen av BG är låg frisätts glukagon, vilket möjliggör användning av lagrat glykogen samt lipider för att frigöra energi, och på så sätt undviks hypoglykemi (Sjaastad *et al.* 2016).

2.1.1. Glukagon och insulin

För att upprätthålla normoglykemi regleras BG-koncentrationen av hormonerna glukagon och insulin. Produktionen sker i Langerhans cellöar, lokaliserade i endokrina pankreas. I cellöarna finns bland annat α - och β -celler vilka producerar glukagon respektive insulin. Efter intag av näring stiger BG-koncentrationen, vilket hämmar utsöndring av glukagon och stimulerar frisättning av insulin. Vid låg koncentration av BG sker det omvända; utsöndring av glukagon stimuleras och frisättning av insulin hämmas. Insulin reglerar cellernas intag av glukos genom att fästa till specifika receptorer på deras cellmembran. Insulin är ett anabolt hormon som utöver det cellulära upptaget av glukos även lagrar in triglycerider i fettvävnad och stimulerar syntesen av glykogen i lever och muskler. Insulin hämmar också glykolys och glukoneogenes samt stimulerar proteinsyntes och leder till ett ökat upptag av aminosyror i de flesta vävnader. Glukagon är ett katabolt hormon. Det binder till receptorer på cellmembran i exempelvis fettvävnad och lever. I fettvävnaden stimuleras lipolys. I levern stimuleras glykogenolys och glukoneogenes, vilket frigör energi i form av adenosintrifosfat som cellerna kan använda som bränsle (Sjaastad *et al.* 2016; Verbrughe & Hesta 2017).

2.1.2. Blodglukos i venöst och kapillärt blod

Koncentrationen av BG är generellt högre i arteriellt och kapillärt blod än i venöst, detta då absorptionen av BG sker på kapillär nivå (Theodorsson 1998; Gerber & Freeman 2016). Av de studier som finns i ämnet beskrivs endast BG-koncentrationen hos människor medan studier utförda på katter saknas. Vallera *et al.* (1991) anger att fastande människor har en koncentration av BG som är ca 0,1–0,2 mmol/L högre i kapillärt än venöst blod, och efter intag av föda kan skillnaden öka upp till 1,1–1,7 mmol/L. Enligt Larsson-Cohn (1976) samt Poirier *et al.* (1998) beräknas koncentrationen av BG i blod från fastande människor vara ca 0,27 mmol/L högre i kapillärt än venöst blod. Farrer *et al.* (1995) anger att den postprandiella koncentrationen av BG kan öka med ca 20–25 % jämfört med den venösa.

Ytterligare en faktor som påverkar BG-koncentrationen är graden av syrgastension (pO_2) och perfusion i vävnaden. I en stasad eller kall extremitet är blod från kapillärnätverket mer likt det venösa, medan det i en varm extremitet med god blodtillförsel bättre liknas vid arteriellt blod. Detta ger följaktligen en högre BG-koncentration (Theodorsson 1998; Gerber & Freeman 2016). Extrema fall av pO_2 av antingen låg eller hög karaktär kan ge signifikanta bias för mätmetoder som inbegriper enzymet glukosoxidas (Arabadjief & Nichols 2006). Hos människor har kapillärt blod en aning högre koncentration av hemoglobin (HGB) än venöst (Schalk *et al.* 2007), vilket beroende på analysmetod skulle kunna ge skillnader i resultat då mätning av BG utförs (Gerber & Freeman 2016).

2.2. Diabetes mellitus hos katt

DM har under de senaste decennierna gått från att vara en ovanlig sjukdom hos katt till en av artens vanligaste endokrina sjukdomar (Öhlund 2017). Under en 30-årsperiod beräknades incidensen av DM hos katt stiga från ca 1 fall per 1250 individer (0,08 %) år 1970 till 1 fall per 81 individer (1,2 %) under år 1999 (Prah *et al.* 2007). Man förväntar sig att incidensen kommer att fortsätta öka, vilket sannolikt är kopplat till bland annat en förändrad livsstil (Öhlund 2017).

2.2.1. Etiologi, patogenes och riskfaktorer

Den vanligaste formen av DM hos katt delar många likheter med människans typ 2 DM. Etiologin är hittills oklar, men patogenesen inbegriper en defekt insulinsekretion, insulinresistens i olika vävnader eller en kombination av båda. DM hos katt kan även klassas som sekundär till olika endokrinopatier som exempelvis hyperkortisolism och hypersomatotropism (Gilor *et al.* 2016). Hos katter karakteriseras sjukdomen vanligtvis av inlagring av amyloid vävnad i Langerhans cellöar, en minskad mängd β -celler i pankreas samt insulinresistens i målorgan. Amyloidinlagringen kan bidra till att en otillräcklig mängd insulin produceras för att kompensera för vävnadens insulinresistens, vilket leder till hyperglykemi som kan resultera i DM. Ett vanligt histologiskt fynd hos katter med DM är kronisk pankreatit (Nelson & Couto 2013). Majoriteten av evidens pekar dock på att kronisk pankreatit är en konsekvens av DM orsakad av otillräcklig glykemisk kontroll, snarare än orsak till sjukdomen (Gilor *et al.* 2016).

Flera studier pekar på att övervikt och fetma är riskfaktorer starkt förknippade med DM hos katt. Äldre innekatter av hanligt kön löper ökad risk att drabbas, och sjukdomen är även sammankopplad med fysisk inaktivitet samt medicinering med glukokortikoider och progestiner (Panciera *et al.* 1990; McCann *et al.* 2007; Prah *et al.* 2007; Slingerland *et al.* 2009; Öhlund 2017). En studie av Scarlett och Donoghue (1998) visade att katter som lider av fetma löper en nästintill fyrfaldigt högre risk att drabbas av DM än normalviktiga. Genetik framstår som ännu en riskfaktor för DM enligt flera olika studier. Resultatet om vilka raser som löper högst risk varierar med valet av studiepopulation. I Europa och Australien verkar burma och norsk skogskatt löpa högre risk att drabbas, i USA gäller detta istället maine coon, russian blue och siames (Öhlund *et al.* 2015; O'Neill *et al.* 2016; Gottlieb & Rand 2018).

2.2.2. Kliniska symptom, diagnos och komplikationer

Polyuri, polydipsi, polyfagi och viktnedgång är klassiska symptom för DM hos katt. Sjukdomen kan även yttra sig i exempelvis letargi och försämrad pälskvalitet. Dessa kliniska tecken utvecklas då hyperglykemin nått en koncentration som inducerar glukosuri, vilket i sin tur leder till osmotisk diures. Detta sker vanligen då glukoskoncentrationen uppmäts till ca 12–17 mmol/L för katter (Nelson & Reusch 2014; Behrend *et al.* 2018).

Diagnosen DM ställs i huvudsak vid innehavande av typiska kliniska symptom kombinerat med persisterande hyperglykemi och glukosuri (Nelson & Reusch

2014; Behrend *et al.* 2018). För att stärka diagnosen och minska risken att hyperglykemin är orsakad av akut stress, läkemedel eller andra sjukdomar kan koncentrationen av fruktosamin undersökas. Fruktosaminer är glykerade protein där glukos har bundit till serumproteiner. Omfattningen av glykeringen är direkt motsvarande koncentrationen av BG under de senaste två till tre veckorna. Koncentrationen av fruktosamin påverkas inte av akuta höjningar av glukos som ett svar på exempelvis stress. Reaktionen är även irreversibel, icke-enzymatisk och ej beroende av insulin. Detta gör den till en användbar och tillförlitlig molekyl vid uppskattning av den genomsnittliga BG-koncentrationen under de senaste veckorna hos katt. Kliniker bör dock vara uppmärksamma på att koncentrationen kan påverkas av exempelvis felaktig förvaring av prover och hypoproteinemi (Nelson & Couto 2013).

Patienter med ej upptäckt eller undermåligt behandlad DM löper risk att drabbas av flertalet negativa hälsoeffekter. En livshotande sådan är diabetisk ketoacidosis. Kroniska komplikationer associerade till DM innefattar bland annat kronisk pankreatit, kronisk neuropati, katarakt, lins-inducerad uveit, diabetisk nefropati och systemisk hypertension (Nelson & Couto 2013).

2.2.3. Behandling, remission och prognos

Behandlingsregimen för katter med DM syftar till att undvika kliniska symptom associerade till DM samt hypoglykemi. Den inbegriper bland annat utsättning av mediciner med insulin-antagonistisk verkan, åtgärd av eventuell övervikt och andra samtida sjukdomar. Man rekommenderar en diet med högt proteininnehåll samt lågt innehåll av kolhydrater för att minska risken för postprandiell hyperglykemi. Åtgärderna ovan kan behöva kompletteras med insulininjektioner, regelbunden monitorering av BG eller en kombination av båda (Behrend *et al.* 2018). Enligt Michiels *et al.* (2008) är insulinterapi den mest effektiva metoden för att stabilisera BG och därmed undvika livshotande konsekvenser för katter som lider av DM.

Målet med behandling för katter med DM är remission. Det är ett tillstånd då en katt som tidigare behandlats för sin DM uppnår ett tillstånd av persistent normoglykemi utan tillförsel av exogent insulin eller orala hypoglykemiska mediciner. För att uppnå remission förespråkas tidig diagnos och en kombination av åtgärder för att stabilisera koncentrationen av BG inom referensintervallet för normoglykemi. Det uppskattas dock att ca 25-30 % av katter i remission får återfall där insulinbehandling åter rekommenderas (Gottlieb & Rand 2018).

Prognosen för katter med DM är varierande beroende på omständigheterna (Nelson & Couto 2013). Enligt en studie utförd inom den veterinärmedicinska primärvården i England dog eller avlivades 48 % av de katter som drabbats av DM inom ramen av studien. Studien pågick under fem år och inkluderade data från 624 incidenser av DM. Majoriteten av dödsfallen inträffade inom ett år från diagnos. Medianåldern vid inträffad död beräknades till 14,1 år (O'Neill *et al.* 2016). Enligt en retrospektiv studie som inkluderade 114 katter med nyligen diagnosticerad DM var mediantiden för överlevnad 516 dagar. 36 % av katterna dog eller avlivades inom sex månader från diagnos, och 46 % levde längre än två år. Man kunde se ett signifikant samband mellan förhöjt serumkreatinin och förkortad livslängd, där risken att dö ökade med ca 5 % för varje ökning av serumkreatinin med 0,9 µmol/L (Callegari *et al.* 2013).

I en enkätstudie besvarad av 1192 veterinärer uppgav de att samtidig sjukdom, kostnader och patientens ålder var de tre viktigaste faktorerna för patienternas ägare vid övervägande om avlivning. Majoriteten av deltagarna i studien arbetade i förorter eller städer i USA, Storbritannien och Irland, deras klientel innefattade framförallt oförsäkrade djur. Författarna till studien påtalar dock risken att de som svarade på enkäten kan minnas fel och därmed svara därefter samt att kliniker eventuellt kan missuppfatta ägarnas motiv, vilket kan ha påverkat studiens resultat (Niessen *et al.* 2017).

2.3. Hypoglykemi

En av riskerna med insulinterapi för katter med DM är iatrogen inducerad hypoglykemi. En överdos av insulin inducerar en kraftig glukotransport till perifer vävnad, vilket kan skapa en livshotande låg koncentration av BG. Kraftig hypoglykemi är ett farligt tillstånd, då bland annat hjärnan behöver konstant tillförsel av glukos för att fungera. Kliniska tecken på hypoglykemi är letargi, depression, ataxi, kramper och slutligen koma. Gränsen för hypoglykemi anses generellt gå vid 3,0 mmol/L, gränsen för kraftig hypoglykemi med potentiellt livshotande komplikationer bedöms vara ca 1,0 mmol/L. För att hantera akut hypoglykemi rekommenderas utfodring av katten, alternativt tillförsel av en vätska rik på glukos. Vid grava symptom på hypoglykemi som ataxi, kramper och koma rekommenderas akut veterinärvård (Gottlieb & Rand 2018).

Det finns ett flertal andra orsaker till hypoglykemi hos katt som ej är associerade med DM. Felaktig hantering eller förvaring av ett blodprov gör att BG-koncentrationen sjunker. Andra orsaker till hypoglykemi är exempelvis leverassocierad sjukdom, insulinom, andra neoplasier eller svält hos neonatala individer (Nelson & Couto 2013).

2.3.1. Somogyieffekten

Fenomenet kallas även hypoglykemiinducerad hyperglykemi eller somogyirepons. Det är en fysiologisk respons som induceras då en hög insulindos ger upphov till en hastig sänkning av BG eller då nivån av BG sjunker under en bestämd koncentration (Behrend *et al.* 2018). Hos katter uppges olika gränser för den bestämda lägsta koncentrationen och olika studier har angett <3,3-3,6 mmol (Nelson & Couto 2013; Behrend *et al.* 2018). För att höja koncentrationen av BG sker en frisättning av motreglerande hormoner inkluderande exempelvis kortisol, adrenalin, och glukagon. Dessa hormoner ger upphov till en snabb höjning av BG vilket kan orsaka hyperglykemi och även följas av en period med insulinresistens. Denna rekyleffekt sker dock inte varje gång kriterierna ovan uppfylls, men som ägare till en katt med DM eller behandlande veterinär bör man vara uppmärksam på att den kan ske (Behrend *et al.* 2018). För att bekräfta tillståndet bör man utföra mätningar med PBGM och skapa en blodglukoskurva (blood glucose curve, BGC). Om fenomenet bekräftas bör insulindosen sänkas (Nelson & Couto 2013).

2.4. Portabla blodglukosmätare

PBGM används i nuläget inom både human- och veterinärmedicin. De erbjuder ett snabbare, mindre invasivt och billigare alternativ än standardmetoderna för mätning och monitorering av BG. Andra fördelar är att en mindre provvolym krävs, och att mätarna möjliggör provtagning i hemmet av privatpersoner (Gerber & Freeman 2016; Zhang *et al.* 2019). Det är essentiellt att mätningarna av BG är tillförlitliga nog att basera terapeutiska beslut på (Link *et al.* 2015).

2.4.1. Användning av portabla blodglukosmätare och blodglukoskurvor vid diabetes mellitus hos katt

Med hjälp från sin djurklinik eller -sjukhus kan de flesta ägare lära sig att hantera PBGM:s. Provtagning utförs genom att använda venöst eller kapillärt blod från öronlapp eller trampdyna, vilket samlas in i mätarens teststicka efter ett stick med en steril kanyl eller lansettpenna. De flesta katter tolererar provtagningen väl (Sparkes *et al.* 2015; Behrend *et al.* 2018).

Provtagning med PBGM ger möjligheten att få en ögonblicksbild av kattens BG-koncentration, vilket kan vara fördelaktigt då man misstänker att det ej ligger inom intervallet för normoglykemi. Risken är dock att man genom endast sporadiska, enstaka provtagningar missar kortvariga tillstånd av hypo- eller hyperglykemi, vilket skulle indikera att dosen insulin bör ändras (Behrend *et al.* 2018). Ett användbart verktyg för att få en bättre helhetsbild och bedöma DM hos katt är BGC. Dessa kan genereras både på klinik och hemma genom användandet av PBGM:s. En BGC framställs genom att först mäta BG innan eventuell daglig tillförsel av insulin, och därefter varje till var tredje timme i efterföljande 12 timmar (Sparkes *et al.* 2015; Behrend *et al.* 2018). Enligt riktlinjer från American Animal Hospital Association (AAHA) bör en BGC erhållas vid följande situationer; efter första dosen av en ny typ av insulin, 7-14 dagar efter ändring av insulin-dos, minst var 3:e månad hos patienter med till synes stabil DM, då kliniska tecken på DM uppstår eller då hypoglykemi misstänks (Behrend *et al.* 2018). En individs BGC kan variera från dag till dag, och skillnaden kan vara ansenlig. Detta gäller särskilt katter med undermålig glykemisk kontroll. Exempel på faktorer som kan påverka BG-koncentrationen är naturliga dagliga variationer, stress, medicinering med insulin samt troligen matintag. Alla BGC som genereras bör därför tolkas med försiktighet, och i samförstånd med den kliniska bilden. En djurägare bör aldrig själv reglera dosen av insulin utan kontakt med sin veterinär (Sparkes *et al.* 2015; Behrend *et al.* 2018).

Enligt riktlinjer från International Society for Feline Medicine (ISFM), uppmuntras djurägare att använda PBGM:s för att monitorera BG hos katter med DM i hemmamiljö (Sparkes *et al.* 2015). Enligt AAHA:s Diabetes Management Guidelines for Dogs and Cats (2018) rekommenderas användningen av PBGM i hemmamiljö starkt, särskilt rörande katter då mätningar i klinisk miljö kan påverkas av stressinducerad hyperglykemi (Behrend *et al.* 2018). Enligt riktlinjerna från AAHA och ISFM ger användning av PBGM och BGC flera goda effekter. Detta inbegriper exempelvis bättre kontroll över och förståelse för sjukdomen DM, ökad chans att upptäcka hypoglykemi och eventuell förbättring av den sammantagna glykemiska

kontrollen, vilket i sin tur ger större chans till remission (Sparkes *et al.* 2015; Behrend *et al.* 2018).

2.5. Felkällor vid användning av portabla blodglukosmätare

2.5.1. Provrelaterade felkällor

Vid bruk av referensmetod för att bestämma BG-koncentration i ett blodprov används oftast venöst blod från ett serum- eller plasmarör. För PBGM används ofta kapillärt helblod, uppsamlat direkt från stickstället (Arabadjief & Nichols 2006; Gerber & Freeman 2016). Det finns ett flertal skillnader mellan kapillärt och venöst blod som kan påverka BG-koncentrationen, vilket beskrivs i 2.1.2 Blodglukos i venöst och kapillärt blod. Idag finns det få veterinära studier som jämför provtagning av venöst respektive kapillärt blod med PBGM hos katt (Gerber & Freeman 2016). I en studie av Wess och Reusch (2000) ingick 80 katter vars venösa samt kapillära blod analyserades med två PBGM. De mätare som användes var Glucotrend (Boehringer Mannheim) och Glucometer Elite 2000 (Bayer Diagnostics), båda utvecklade för humant bruk. Det venösa blodet analyserades även enligt en referensmetod. Båda PBGM underskattade generellt BG-koncentrationen. För Glucotrend var de kapillära resultaten närmare referensmetodens resultat, och alltså högre än i det venösa blodet. För Glucometer Elite 2000 var dock resultatet det omvända, där var resultat från venösa prover närmare referensmetodens resultat. Zini *et al.* (2009) utförde en studie på två PBGM; Ascensia ELITE® (Bayer HealthCare), utvecklad för humant bruk och AlphaTRAK® (Abbott Animal Health), utvecklad för hund och katt. I studien ingick 39 katter och syftet var att utvärdera mätarnas prestation genom att undersöka bland annat riktighet och precision. För att utvärdera precision användes EDTA-blod från fyra katter med låg, normal och hög koncentration av BG. Mätningar utfördes 10 gånger per prov och PBGM inom 15 minuter, därefter beräknades variationskoefficienten (coefficient of variation, CV) till 4,1 % respektive 6,0 %. Resultat från ett kapillärt prov från öronlappen analyserat av de båda mätarna jämfördes med resultat från ett perifert blodprov i serumrör analyserat av referensmetoden. Det perifera blodprovet togs samtidigt som det kapillära. Den veterinär mätaren AlphaTRAK® visade högre precision och riktighet än den humana mätaren Ascensia ELITE®. Båda PBGM uppvisade en ökande medeldifferens i takt med stigande BG-koncentration och underskattade generellt BG-koncentrationen. Undantaget gällde AlphaTRAK® vid höga BG-koncentrationer som då tenderade att överskatta koncentrationen av BG. Författarna skriver att tendensen för de båda PBGM att underskatta BG-koncentrationen kan vara lämplig för ägare till katter med DM. Mätningar som visar lägre BG-koncentration än den egentliga minskar risken för att sann hypoglykemi uppstår. Detta då djurägare avvaktar med att ge insulin eller behandlar en potentiell hypoglykemi i tidigt skede.

En annan felkälla är felaktig hantering av blodprov. BG-koncentrationen i helblod beräknas sjunka med ca 0,4 mmol/L/h. Detta sker ännu snabbare om exempelvis

sepsis, leukocytos eller erythrocytos föreligger då bakterier samt de nämnda blodcellerna metaboliserar BG. Plasma eller serum bör därför avskiljas från blodprovet inom 30 minuter från provtagning och med fördel förvaras i kyl eller frys. Alternativt används natrium-fluoridrör vars tillsats har en anti-glykolytisk effekt. Vid användning av rören föreligger dock risk för hemolys vilket kan resultera i analysrelaterade fel där BG-koncentrationen underskattas (Nelson & Couto 2013). För övrigt tar det uppskattningsvis 60-90 minuter innan tillsatsen har full anti-glykolytisk effekt, varvid BG-koncentrationen underskattas med i genomsnitt 6 % (Chan *et al.* 1989). En fördel med resultat som erhålls från PBGM är således att dessa fås direkt vid provtagning (Arabadjief & Nichols 2006).

Om ett prov tas postprandiellt kan ett tillstånd av hypertriglyceridemi uppstå, vilket kan interferera med mätmetoderna och resultera i pseudohypoglykemi (Tonyushkina & Nichols 2009).

2.5.2. Analytiska felkällor

Metodologin som används vid analys av BG-koncentration skiljer sig mellan PBGM och referensmetoder. PBGM är biosensorer som detekterar närvaro av glukos via en teststicka genom en enzymatisk reaktion mellan enzym och glukos. Detta resulterar i generering av en produkt var närvaro kan mätas med elektrokemisk eller spektrofotometrisk metodik, vilket ger upphov till ett resultat. De vanligaste enzymen som används är hexokinas, glukosoxidas eller glukosdehydrogenas (Arabadjief & Nichols 2006; Gerber & Freeman 2016). En referensmetod bör ha genomgått en noggrann kvalitetssäkring. Kvalitetssäkringen säkerställer att metoden uppvisar tillräcklig precision och riktighet för att betraktas som en giltig referensmetod. Det är önskvärt att referensmetoden och de PBGM som undersöks använder sig av samma enzymatiska metod (Mahoney & Ellison 2007).

Humana PBGM används i vissa fall till djur. Det finns dock vissa artspecifika egenskaper som särskiljer blod från människor respektive katter. Ett exempel på detta är distributionen av BG mellan erythrocyter och plasma. Hos människor är fördelningen jämn mellan de båda medierna. Hos katter beräknas endast ca 7 % av BG befinna sig i erythrocyterna, och resterande 93 % i plasman (Coldman & Good 1967). Utvecklare av djurslagsspecifika PBGM anger generellt att dessa ger mer tillförlitliga resultat än de utvecklade för humant bruk, men det saknas studier för att bekräfta tesen (Gerber & Freeman 2016).

En annan faktor som kan påverka den uppmätta BG-koncentrationen är blodets hematokrit (HCT). BG analyseras i den vattenhaltiga fraktionen av ett blodprov. Andelen vätska i erythrocyterna är mindre än den i plasma. Detta resulterar i att mängden BG i helblod (plasma + erythrocyter) är mindre än i korresponderande volym av endast plasma eller serum. I en studie utförd på människor beräknas den uppmätta BG-koncentrationen i plasma till ca 10–15 % högre än i helblod. Detta innebär att de olika analysmetoderna kräver olika referensintervall och att resultat som genereras av olika metoder ej är direkt jämförbara (Kotwal & Pandit 2012).

Det är även viktigt att veta om polycytemi eller anemi föreligger och om mätaren har en funktion för att korrigera för HCT vid tolkning av ett blodprov. I teststickor

tillhörande vissa PBGM finns ett semipermeabelt membran eller separationslager vilket hindrar erythrocyterna från att nå platsen för reaktion. Detta resulterar i att analysen i grund och botten utförs på blodplasma, men med en annan enzymmetodik än referensmetoden (Burtis *et al.* 2008). Det finns formler för att korrigera om blodet som analyseras är helblod som analyseras direkt eller från ett serum- eller plasmarör. Man kan exempelvis använda formlerna för att få en plasma-ekvivalent till BG-koncentrationen uppmätt i helblod, vilket vissa PBGM gör automatiskt. Generellt anses formlerna fungera bra, men de bör användas med försiktighet då de kan ge avvikande resultat vid avvikande värden av HCT (Gerber & Freeman 2016). I en studie av Lane och Koenig (2019) undersökte de hur HCT påverkar mätningen av BG-koncentration i blod från katter. Hepariniserade blodprover späddes för att uppnå olika HCT och BG-koncentrationen analyserades enligt ett klinisk-kemiskt analysinstrument samt en PBGM. Vid mätning av BG-koncentration i utspädda (HCT <35 %) och koncentrerade (HCT >55 %) prover sågs en signifikant skillnad mellan resultat genererade av PBGM och referensmetoden. En formel för att korrigera felet beräknades och applicerades, vilket minskade felet.

Närvaron av eventuella kontaminanter eller endogena faktorer kan interferera med vissa enzymatiska metoder. Ovanliga nivåer av pH, specifika substanser som exempelvis salicyl- och askorbinsyra kan störa elektrokemiska analysmetoder. Närvaro av hemolys kan påverka blodets viskositet och i vissa fall störa diffusionen av blodet in i teststickorna, vilket kan påverka resultatet (Arabadjief & Nichols 2006).

Det är även viktigt att hantera PBGM i enlighet med tillverkarens rekommendationer angående exempelvis temperatur och luftfuktighet, samt att försluta burken med teststickor för att förhindra exponering för luft mellan provtagningsstillfällena (Arabadjief & Nichols 2006; Gerber & Freeman 2016).

2.5.3. Postanalytiska felkällor

Denna kategori relaterar till oavsiktliga ändringar av enhet, uppgifter relaterade till PBGM eller till tester utförda av mätarna. Tolkning av resultat utifrån felaktig användning av enheter kan potentiellt resultera i felaktiga beslut rörande behandling. Klinker bör bestämma sig för en typ av enhet (antingen mmol/L eller mg/dL) och hålla sig till denna för att minimera risken för fel. Kliniker bör även föra uppgifter om mätarnas underhåll, exempelvis batteribyten och kalibreringar för att säkerställa att resultaten som genereras av deras PBGM är tillförlitliga (Gerber & Freeman 2016).

2.6. Utvärdering av portabla blodglukosmätare för kattprover

2.6.1. Tidigare studier

Tauk *et al.* (2015) undersökte hur AC Aviva (Roche) presterade vid mätning av BG-koncentrationen i blodprover från hund och katt. 90 venösa blodprover (serum,

plasma och helblod) från 65 katter samlades in. Resultaten jämfördes med BG-koncentrationen i serum analyserat med en referensmetod. Mätningar i serum och plasma med PBGM visade hög korrelation ($r > 0,98$) jämfört med referensmetoden, men sämre korrelation för helblod ($r = 0,86$). BG-koncentrationen vid mätning med AC Aviva i serum och plasma överensstämde ganska bra med referensmetoden, medan vid analys av helblod gav AC Aviva högre resultat än referensmetoden. Resultat av linjär regression visade ingen signifikant association mellan provernas HCT och korrelationen mellan BG-koncentrationen i serum uppmätt av AC Aviva och referensmetodens resultat.

År 2019 utförde Lechner och Hess en liknande studie som Tauk *et al.* (2015). Syftet var att undersöka hur BG-koncentrationen i venöst helblod, serum och plasma från 111 blodprov från 79 katter analyserat med Accu-Chek Performa (Roche) överensstämde med koncentrationen uppmätt i serum med en referensmetod. Accu-Chek Performa är utvecklad för humant bruk. Dess teststickor är något mer glukos-specifika än AC Aviva, vilket hypotetiskt skulle kunna ge resultat med bättre riktighet vid mätningar i helblod. För att redovisa resultaten delade man upp proverna som normoglykemiska ($>3,7$ – $9,3$ mmol/L), hyperglykemiska ($>9,3$ – $13,9$ mmol/L) och uttalat hyperglykemiska ($>13,9$ mmol/L). I alla prover följde resultaten av PBGM referensmetoden med hög korrelation ($r > 0,95$) för mätningar i både serum, plasma och helblod. Glukosresultaten från Accu-Chek Performa var högre än referensmetoden vid mätning av serum och plasma, men lägre vid analys av helblod. Vid analys av helblod var de uppsatta gränserna för graden av överensstämmelse vidare än för analys av serum och plasma. HCT hade signifikant effekt ($p < 0,001$) på korrelationen mellan uppmätt BG-koncentration för PBGM och referensmetoden. Effekten tycktes bli större i samband med högre BG-koncentration. Närvaro av lipolys, hemolys samt ikterus sågs inte som signifikant associerat med BG-koncentration.

Enligt en annan studie utvärderades sex olika PBGM utvecklade för humant bruk (FreeStyle (TheraSense), Ascensia Breeze (Bayer), Supreme Plus (Hypoguard), OneTouch Ultra (LifeScan), Accu-Chek Active (Roche) and Accu-Chek Compact (Roche) samt hur olika parametrar som exempelvis HCT och BG-koncentration påverkade deras riktighet (Dobromylskyj & Sparkes 2010). Prover av venöst helblod från 85 katter insamlat i fluoridrör användes i studien. Den uppmätta BG-koncentrationen enligt respektive PBGM jämfördes sedan med en referensmetod. Accu-Check Compact visade bäst överensstämmelse med referensmetoden ($r = 0,93$, medeldifferens $1,3$ mmol/L). Alla mätarna uppvisade en tendens till större felmarginal då BG-koncentrationen ökade. Utvärderingen gjordes med både Bland-Altman diagram och error-grid analys. Enligt resultaten i denna studie hade HCT ingen effekt på de sex PBGM:s riktighet, HCT i studien varierade mellan 15–60 %.

Kang *et al.* (2016) utvärderade prestationen hos fyra PBGM, en utvecklad för humant bruk (Accu-Chek Performa (Roche)), och resterande tre för veterinärt bruk (AlphaTrak (Abbott Laboratories), CERA-PET (Ceragem Medisys), VetMate (i-SENS)) för hund och katt. Utvärderingen gjordes bland annat med regressionsanalys, Bland-Altman diagram och TEa. För att undersöka mätarnas precision analyserade de sin/sina tillhörande kontrollösningar dagligen under 10 dagar i följd. CV beräknades variera mellan 2,2–4,2 % för de olika PBGM och kontrollösningar. Vid 85 venösa blodprovstagningar analyserades färskt helblod från katter av de fyra

PBGM för att mäta BG-koncentrationen. Resultaten jämfördes med en referensmetod som mätte BG i plasma från samma blodprover. Mätningarna med de fyra PBGM och referensmetoden visade hög korrelation ($r=0,98-0,99$) (Kang *et al.* 2016). TEa ($\pm 0,8$ mmol/L för BG $<4,2$ mmol/L från referensmetoden och 20 % för BG $\geq 4,2$ mmol/L) illustrerades i differentialdiagram enligt ISO 15197:2003 (ISO 15197:2003(en), *In vitro diagnostic test systems — Requirements for blood-glucose monitoring systems for self-testing in managing diabetes mellitus*). Vet-Mate presterade bäst då 96,5 % av prover föll inom TEa, CERA-PET presterade sämst med 34,1 %. Enligt resultaten i studien hade HCT signifikant effekt på mätningen av BG-koncentrationen för två av de fyra PBGM (AlphaTrak ($p = 0,031$) och VetMate ($p = 0,015$)), vilka uppskattade BG-koncentrationen som lägre än referensmetoden vid hög HCT (Kang *et al.* 2016).

2.6.2. Totalt tillåtet fel: kvalitetssäkring av portabla blodglukosmätare

Enligt rekommendationer från American College of Veterinary Clinical Pathology (ACVCP) år 2016, bör PBGM kvalitetssäkras för att användas inom veterinärmedicin (Gerber & Freeman 2016). Mätarnas prestation bör testas för att utvärdera om resultaten som produceras faller inom marginalerna för totalt tillåtet fel (allowable (desirable) total error, TEa) eller inte. TEa är ett verktyg för att jämföra kvalitet. Det inbegriper en kombination av brist på riktighet (systematiska fel eller bias) och brist på precision (slumpmässiga fel) vilka används för att definiera acceptabel analytisk prestation. För prover under referensintervallet för normoglykemi bör TEa innebära en maximalt tillåten skillnad på 10 %. För värden inom eller över referensintervallet bör TEa vara inom 20 %. Dessa TEa-värden rekommenderas då de enligt ACVCP:s riktlinjer representerar det största möjliga TEa som kan tillåtas innan de genererar avvikelser från det sanna värdet som kan ha klinisk betydelse (Harr *et al.* 2013). Det är viktigt att studier som utvärderar PBGM:s prestation inkluderar både hypo-, normo- och hyperglykemiska prover (Chen *et al.* 2003; Klo-noff 2004). Detta anses nödvändigt då mätarens prestation har observerats variera med BG-koncentrationen i ett flertal studier med prover från katt (Wess & Reusch 2000; Zini *et al.* 2009; Dobromylskyj & Sparkes 2010).

3. Material och metod

3.1. Patientunderlag

Studiepopulationen bestod av 40 katter som av annan anledning än denna studie besökt Universitetsdjursjukhuset (UDS) i Uppsala för att ta ett venöst blodprov. Ägaren godkände husdjurets deltagande genom att skriva under ett djurägarmedgivande, varefter provtagning genomfördes. Uppgifter om vad och när katten senast åt angavs av djurägaren i samma formulär. De kliniska provtagningarna utfördes under september till och med november 2020. Urvalet av katter baserades på tillgänglighet. Det var önskvärt att inkludera individer av varierande ålder, ras, kön och hälsa i studien. Det var även önskvärt att inkludera katter med BG-värde utanför referensintervallet för vad som anses normalt. Detta för att undersöka hur tillförlitligheten hos AC Aviva och gPet PLUS varierade med BG-koncentrationen.

Denna studie har godkänts av forskningsetiska rådet (Dnr: 5.8.18-01610/2020). I enlighet med det etiska tillståndet avbröts provtagning av katter som uppvisade mer än lindrigt obehag, dessa individer inkluderades ej i studien.

3.2. AC Aviva, gPet PLUS och Architect c4000

I studien undersöktes tillförlitligheten hos två olika PBGM; AC® Aviva och gPet PLUS. Dessa valdes då den förstnämnda är en human mätare som ofta används av djurägare och den andra en veterinär mätare som vid tidpunkten för skrivandet ej hade inkluderats i någon publicerad valideringsstudie. Användandet av humana mätare för katter är lättillgängligt, men rekommenderas ej av AAHA. De förespråkar användandet av mätare specifikt kalibrerade för det aktuella djurslaget (Behrend *et al.* 2018). För att redovisa prisbilden utfördes en sökning via internet, där ett medelvärde räknades ut baserat på de tre första sökträffarnas ordinarie pris. Eventuella tillfälliga rabatter exkluderades. AC Aviva och gPet PLUS säljs i startpaket där utöver själva mätaren även batterier, 10 testickor, kontrollösning, blodprovstagare med sex tillhörande lansetter, fodral och manual ingår. gPet PLUS startpaket kostade mindre än AC Avivas, dock var teststickorna mer än tre gånger så dyra räknat i styckpris. Prisen är inhämtade från svenska hemsidor under december 2020, och resultaten redovisas i tabell 1.

Tabell 1: Genomsnittlig kostnad av startpaket och teststickor samt beräknat pris per sticka.

	Startpaket (kr)	Teststickor (kr)	Teststickor (kr/sticka)
AC Aviva	919	217 (50 st)	4,35
gPet PLUS	534	388 (25 st)	15,5

Accu-Chek Aviva (Roche Diagnostics Scandinavia AB, Solna, Swe) är en PBGM utvecklad för analys av humant blod. gPet PLUS (Woodley Equipment Company Ltd., Bolton, UK) är en PBGM utvecklad specifikt för djur med möjlighet att kalibreras för användning till katt, häst eller hund med hjälp av ett chip. Båda mätare analyserar BG-koncentration genom elektrokemisk teknologi och enzymet glukosdehydrogenas. Båda PBGM är kalibrerade att visa plasmaekvivalenten till det uppmätta BG-värdet i helblod (Freckmann *et al.* 2012; personlig kommunikation 2020). Kravet för minsta blodvolym för AC Aviva är 0,6 μ l och intervallet av BG som kan fastställas är 0,6–33,3 mmol/L inom HCT-intervallet 10–65 %. gPet PLUS kräver minst 0,7 μ l helblod och har mätbart intervall av BG mellan 1,1–33,3 mmol/L inom HCT-intervallet 20–60 %. För att minska risken för maskinella mätfel förväntades, kalibrerades och hanterades de båda PBGM i enighet med tillverkarens rekommendationer enligt manual (Roche Diagnostics Scandinavia AB u.å.; Woodley Equipment Company Ltd. u.å.).

Referensmetoden som användes var Architect c4000 (Abbott Laboratories, Illinois, USA), vilken användes vid klinisk kemiska laboratoriet vid SLU. Architect c4000 analyserar BG från serum med fotometrisk metod och enzymet hexokinas/G-6-PDH. Det venösa blodprovet hanterades av ordinarie laboratoriepersonal och resultatet inhämtades via patientens journal. Enligt klinisk kemiska laboratoriet är referensintervallet för normalt BG i serum för katt 3,3–6,0 mmol/L. Architect c4000 har en CV på 1,1 % för låga (<5,6 mmol/L) glukosvärden och 0,7 % för höga glukosvärden (>15,8 mmol/L), enligt laboratoriet. Resultat av HCT inhämtades också från patienternas journal, i de fall som denna parameter analyserades vid samma besök. Referensintervallet för HCT anges till 29–50 % enligt kliniskt kemiska laboratoriet vid SLU.



Figur 1: De båda PBGM AC Aviva och gPet PLUS.

3.3. Provtagning och hantering av prover

Båda PBGM användes i enlighet med tillverkarnas rekommendationer samt hantades av samma person för att minimera risken för mätfel och göra mätprocessen så homogen som möjligt. Varje morgon innan provtagning analyserades ett prov med kontrollösning för respektive PBGM. För att kunna påbörja provtagning skulle resultatet av kontrollmätningen ligga inom det av tillverkaren bestämda intervall för respektive kontrollösning.

Innan provtagning undersöktes kattens öronlappar för att identifiera om något öra var mer fördelaktigt att provta från. Det aktuella örat värmdes genom att gnuggas lätt för att öka blodgenomströmning och följaktligen underlätta provtagningen. Insidan av den utvalda öronlappen förbereddes för provtagning genom att rengöras och spritas. Teststickorna monterades i de båda PBGM då sköterskan avslutade den venösa blodprovstagningen, detta för att minimera tiden mellan momenten. Direkt i anslutning till att sköterskan tagit det blod hen behövde användes båda PBGM för att samla blod från den kvarvarande kanylen alternativt från stickstället efter avlägsnande av kanyl. Värdena antecknades och nya teststickor sattes i mätarna. Därefter användes en steril kanyl för att punktera en öronkapillär i den förberedda öronlappen. Båda mätare analyserade blod från samma stickställe, och deras angivna värden antecknades. Ordningen mätarna användes i bestämdes genom att singla slant för att säkerställa att detta ej påverkade resultatet. Från det venösa provet analyserades BG-koncentrationen med referensmetoden Architect c4000 enligt gängse rutiner för kliniskt kemiska laboratoriet vid SLU.

3.4. Statistisk analys

För att få ett tillräckligt underlag för statistisk signifikans i metodjämförelsestudier rekommenderas minst 40 prover (Jensen & Kjølgaard-Hansen 2006).

För att utvärdera precisionen hos de båda mätarna analyserades deras kontrollösningar en gång dagligen under 15 efterföljande dagar. Precisionen angavs som CV i procent och räknades ut genom att dividera SD med medelvärdet och därefter multiplicera med 100. Detta illustrerar mellandagsvariationen. gPet PLUS´ kontrollintervall för lösningen angavs som 6,0–8,8mmol/L av tillverkaren. AC Avivas lösning hade godkänt kontrollintervall 1,7–3,3 mmol/L. Det framgår inte från kontrollösningarnas eller blodsockermätarnas manual hur kontrollgränserna tagits fram. För att beräkna egna kontrollgränser för varje mätare användes medelvärdet varpå 2 SD adderades.

För att beräkna riktigheten för AC Aviva och gPet PLUS jämfört med referensmetoden användes Bland-Altman diagram, vilka kan brukas för att jämföra olika diagnostiska metoder. I denna studie har metoden använts för att visa den absoluta, kvantitativa skillnaden i resultatet mellan referensmetoden och AC Aviva respektive gPet PLUS. Genom att beräkna differensen mellan de två metodernas resultat kan man räkna ut medelvärdet samt SD för skillnaden mellan metoderna, och därmed fastställa gränser för samstämmighet (Limits of Agreement, LoA) (Bland &

Altman 2010). LoA innefattar 95 % av skillnaderna mellan de båda metoderna. Enligt Bland och Altman (1995) ska man undvika att använda referensmetoden som x-axel i graferna då detta kan ge ett falskt intryck av en korrelation mellan metodernas beräknade differens och deras magnitud (Bland & Altman 1995). I denna studie används dock referensmetoden som x-axel i graferna, detta eftersom den anses som gold standard. En perfekt samstämmighet mellan AC Aviva respektive gPet PLUS och referensmetoden skulle generera en graf där samtliga punkter låg samlade utmed 0-linjen på x-axeln.

LoA säger dock inget om huruvida skillnaden mellan de båda metoderna är acceptabel eller ej. För att undersöka detta användes TEa enligt rekommendationer från ACVCP (2016). Skillnaden mellan referensmetoden respektive de båda PBGM beräknades, och jämfördes med TEa för att se om värdena placerade sig inom eller utanför gränserna. Enligt ACVCP bör TEa innebära en maximalt tillåten skillnad på 10 % för hypoglykemiska prover och 20 % för normo- samt hyperglykemiska prover (Harr *et al.* 2013).

T-test är en statistisk metod som används för att beräkna skillnaden mellan provpopulationer. I denna studie användes parat t-test för att undersöka om det fanns en skillnad mellan BG-koncentrationen i venöst respektive kapillärt blod. T-test kan ge indikation på skillnader som är större än vad man kan förvänta sig ske enbart på grund av chans. Parade t-test utförs då mätningar av ett subjekt ger upphov till två olika resultat (*t-Test, Paired Samples* 2017). I studien användes även regressionsanalys. Detta för att undersöka om det finns en signifikant association mellan skillnaden av BG-koncentrationen i venöst och kapillärt blod, och timmar sedan senaste matgiva (Schroeder *et al.* 2017).

4. Resultat

Totalt deltog 40 katter i studien. Av de 42 djurägare som tillfrågades nekade en till sin katts medverkande i studien, och ytterligare en katt exkluderades på grund av stress vid provtagning. En av de tillfrågade djurägarna gav endast medgivande till den venösa provtagningen. Av de 40 medverkande katterna bidrog samtliga med venöst blod till referensmetoden och de båda PBGM. Det var 27 respektive 25 katter vars kapillära blod testades med gPet PLUS och AC Aviva. Att det var färre som bidrog med kapillärt blod än venöst berodde framförallt på brist av teststickor. I två fall var den kapillära provtagningen endast lyckosam vid användning av gPet PLUS, och i några få fall var blodsvaret från kapillärnätverket i öronlappen otillräckligt. Det venösa blodet analyserades med AC Aviva, gPet PLUS och referensmetoden Architect c4000. Efter den venösa provtagningen analyserades det kapillära blodet av de båda PBGM snarast. De resterande 13 individerna bidrog endast med venöst blod, vilket analyserades av referensmetoden och de båda PBGM.

Studiepopulationen inkluderade 32 blandraser/huskatter och 8 raskatter (3 cornish rex, 2 maine coon, 2 ragdoll, 1 savannahkatt). Det var 21 hankatter (varav 2 intakta) och 19 honor (varav 1 intakt). Medelåldern var 10,4 år (SD = ± 4,10). Alla prover som samlades in var inom respektive PBGM:s mätbara intervall för BG-koncentration. Tiden då katterna senast åt varierade från 1 till 26 timmar, endast en djurägare angav att katten ätit för 1 timme sedan. De 40 venösa prover som analyserades av referensmetoden gav en BG-koncentration mellan 4,30–26,2 mmol/L, 42,5 % (17) av proverna var normoglykemiska och 57,5 % (23) hyperglykemiska. Ingen av proverna var hypoglykemiska. Resultat från AC Aviva respektive gPet PLUS för mätning av samma prover gav en BG-koncentration på 3,60–23,8 mmol/L samt 4,70–25,8 mmol/L.

HCT analyserades hos 24 av de 40 katter som deltog i studien, och resultaten varierade mellan 32–50 %. AC Aviva och gPet PLUS kan enligt sina respektive tillverkare bestämma BG-koncentrationen tillförlitligt i prover med 10–65 % respektive 20–60 % HCT.

Mätarnas precision, redovisat som mellandagsvariation beräknat från resultaten från mätningarna av AC Avivas samt gPet PLUS´ kontrollösningar redovisas i tabell 2. Vid mätning av kontrollösningen tillhörande AC Aviva varierade resultaten mellan 2,6–2,7 mmol/L och för gPet PLUS mellan 6,1–6,5 mmol/L. Samtliga resultat från de båda PBGM föll inom respektive tillverkarens fastställda kontrollintervall, gränserna i de egna uträknade kontrollintervallen var uttalat snävare än tillverkarens kontrollintervall. Viktigt att notera är att de egna uträknade kontrollinterval-

len är baserade på medelvärde $\pm 2SD$, det framgick inte från manual eller kontrollösning hur många SD från medelvärdet som tillverkarna baserat sina gränser på. De båda PBGM:s CV kan jämföras med CV för referensmetoden Architect c4000, angivet av kliniskt kemiskt laboratorium vid SLU som på 1,1 % för låga (<5,6 mmol/L) glukosvärden och 0,7 % för höga glukosvärden (>15.8 mmol/L).

Tabell 2: Medelvärde, SD, CV, eget uträknat kontrollintervall (medelvärde $\pm 2SD$) samt tillverkarens kontrollintervall (uttryckt i mmol/L) för kontrollösningar tillhörande AC Aviva och gPet PLUS. Tillverkarna har ej angivit hur många SD som använts för uträkning av angivet kontrollintervall.

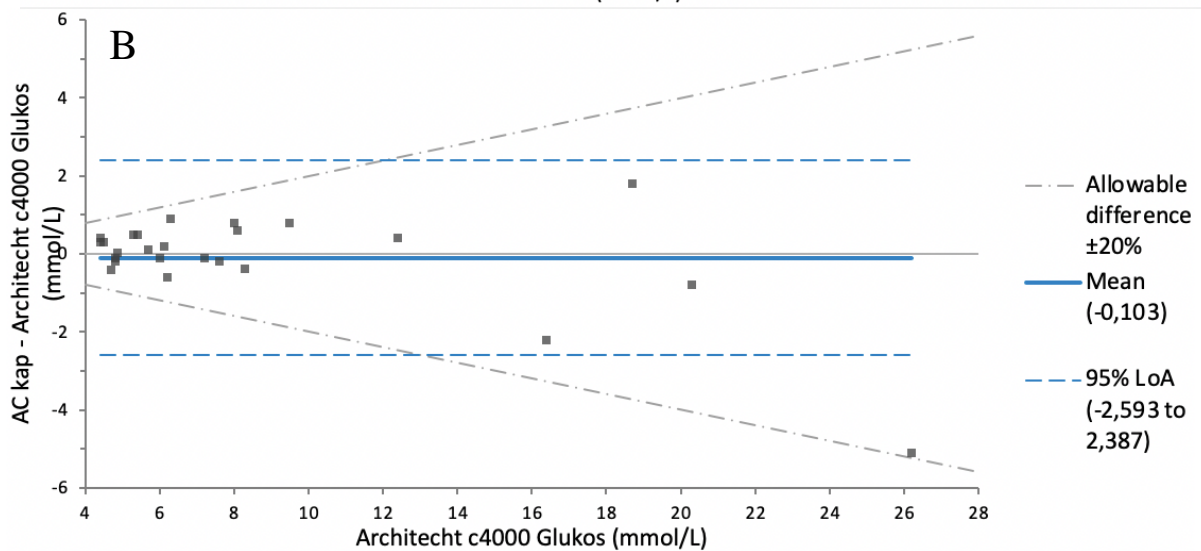
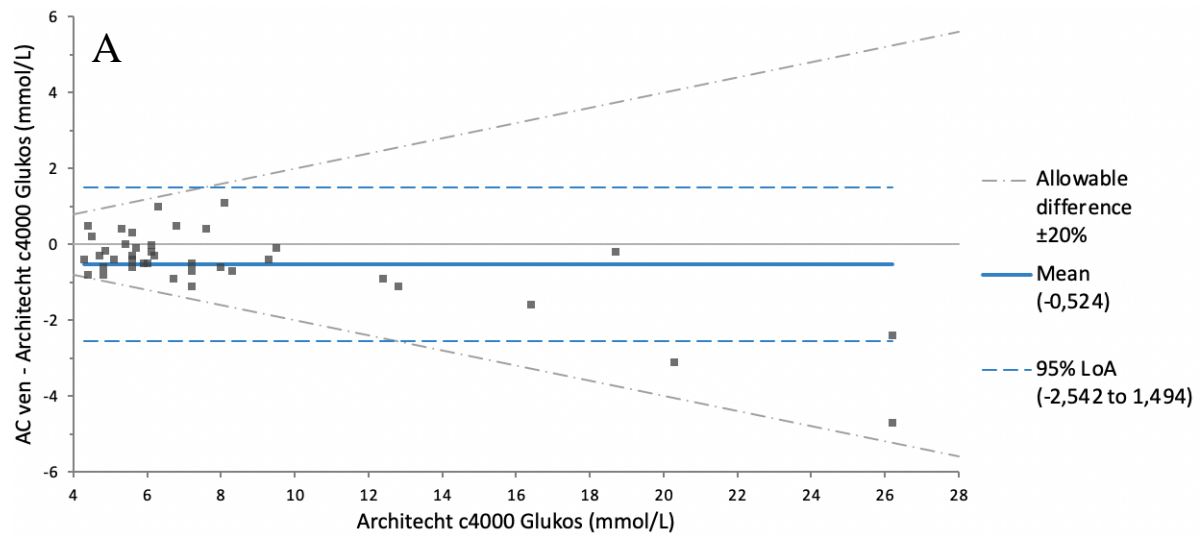
	Me- del- värde	SD	CV	Eget kontrollinter- vall	Tillverkarens kon- trollintervall
AC Aviva	2,69	$\pm 0,03$	0,96 %	2,64 – 2,74	1,7–3,3
gPet PLUS	6,29	$\pm 0,10$	1,64 %	6,08 – 6,50	6,0–8,8

Mätarnas riktighet, redovisat som medeldifferens, SD samt 95 % LoA för skillnaden mellan de båda mätarna AC Aviva och gPet PLUS i venöst och kapillärt blod jämfört med referensmetoden Architect c4000 redovisas i tabell 3 samt illustreras i form av Bland-Altman's diagram (figur 2 och 3). Generellt underskattade AC Aviva BG-koncentrationen och gPet PLUS överskattade den, oberoende av om mätningarna utförts på venöst eller kapillärt blod. gPet PLUS_{ven} hade minst SD och gPet PLUS_{kapillär} störst. Mätningar i venöst blod gav upphov till smalast LoA, detta gällde för båda PBGM.

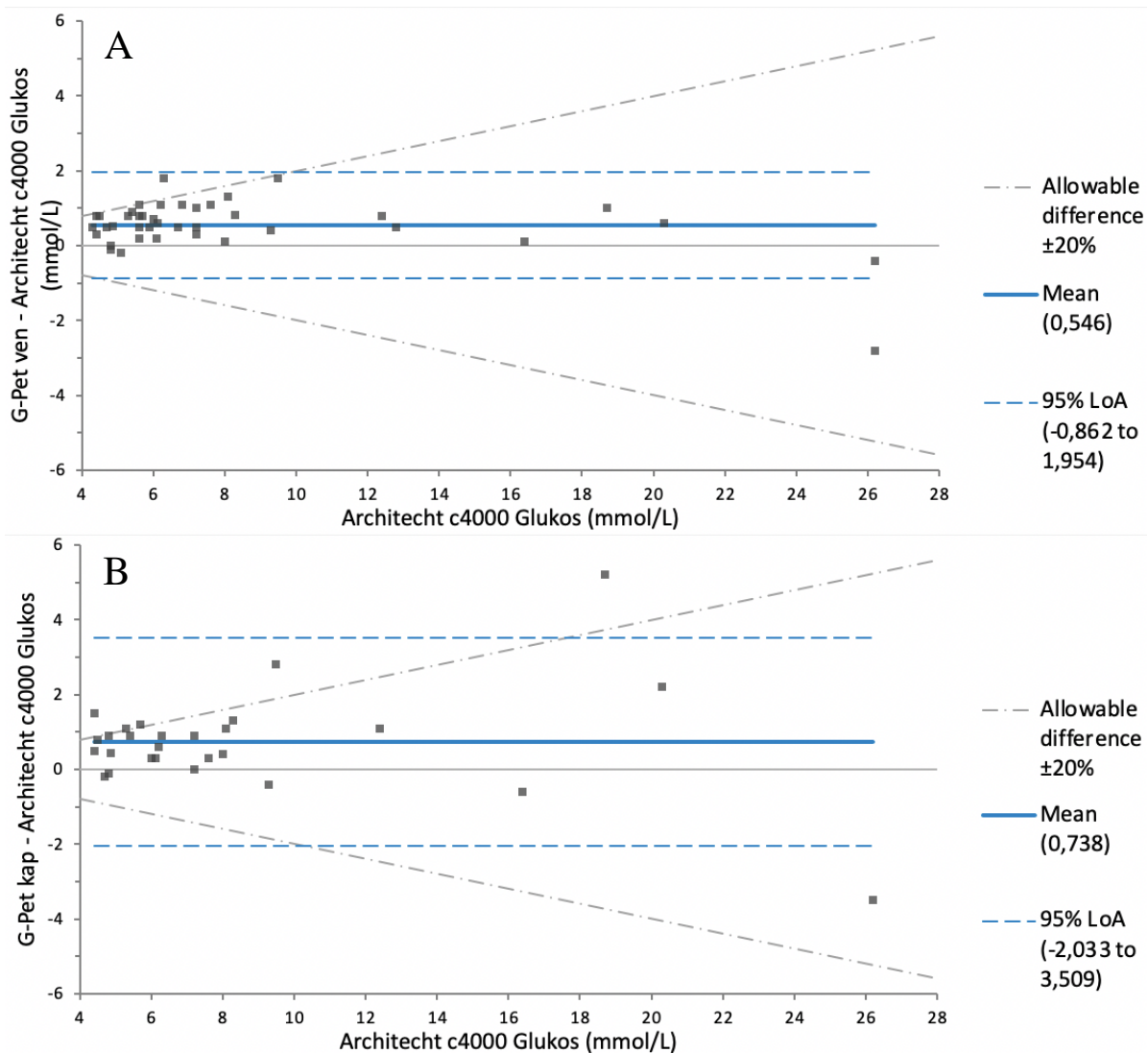
Tabell 3: Medeldifferens, SD och 95 % LoA (uttryckt i mmol/L) för skillnaden mellan AC Aviva_{ven}, AC Aviva_{kapillär}, gPet PLUS_{ven} och gPet PLUS_{kapillär} jämfört med referensmetoden Architect c4000.

	Medeldifferens	SD	95 % LoA
AC Aviva_{ven}	-0,54	$\pm 1,03$	-2,54 – 1,49
AC Aviva_{kapillär}	-0,10	$\pm 1,27$	-2,59 – 2,39
gPet PLUS_{ven}	0,55	$\pm 0,72$	-0,86 – 1,95
gPet PLUS_{kapillär}	0,74	$\pm 1,41$	-2,03 – 3,51

I figur 2 och 3 illustreras TEa som 20 % (streckade linjer) enligt rekommendationer från ACVCP samt resultatet av provsvaren från de respektive mätarna jämfört med referensmetoden. Ingen av de uppmätta BG-koncentrationerna i blodproverna understeg referensmetodens intervall för normoglykemi, vilket skulle ha genererat en streckad linje för att illustrera 10 % TEa. För AC Aviva_{ven} (n=40) och AC Aviva_{kapillär} (n=27) var samtliga värden inom gränserna för TEa. För gPet PLUS_{ven} (n=40) och gPet PLUS_{kapillär} (n=25) och var ett respektive fem värden utanför 20 % TEa, vilket innebär att 97,5 %, respektive 80 % placerade sig inom gränsen för totalt tillåtet fel. Både normo- (n=3) och hyperglykemiska (n=3) prover placerade sig utanför TEa.



Figur 2: Bland-Altman diagram som illustrerar den absoluta skillnaden (uttryckt i mmol/L) mellan referensmetoden Architect c4000 och A) AC Aviva_{ven} och B) AC Aviva_{kapillär}, medelvärde (heldragen blå linje), Limits of Agreement (streckade blå linjer) samt TEa 20 % (streckade grå linjer).



Figur 3: Bland-Altman diagram som illustrerar den absoluta skillnaden (uttryckt i mmol/L) mellan referensmetoden Architect c4000 och A) gPet PLUS_{ven} och B) gPet PLUS_{kapillär}, medelvärde (heldragen blå linje), Limits of Agreement (streckade blå linjer) samt TEa 20 % (streckade grå linjer).

Vid användning av parat t-test för att undersöka om BG-koncentrationen skiljde sig åt i venöst respektive kapillärt blod sågs ett signifikant ($p=0,003$) samband för AC Aviva ($n=40$) där BG var högre i kapillära prover (medelvärde 7,8 mmol/L) än i venösa (medelvärde 7,4 mmol/L). Detta gällde inte för gPet PLUS ($p=0,35$). För att undersöka om tiden för senaste matgiva påverkade BG-koncentrationen användes regressionsanalys. Ingen signifikant association mellan skillnaden i BG-koncentration i venöst respektive kapillärt blod och timmar sedan senaste matgiva ($p=0,6$) kunde ses.

5. Diskussion

Generellt överskattade gPet PLUS BG-koncentrationen i både venöst och kapillärt blod medan AC Aviva underskattade den, vilket visar på analytisk bias. Tendensen för AC Aviva att underskatta BG-koncentrationen i venöst helblod har även setts i en tidigare studie (Tauk *et al.* 2015). Enligt en något senare studie (Lechner & Hess 2019) testades AC Performa, en produkt med samma tillverkare som Aviva, båda utvecklade för humant bruk. Även här sågs en generell underskattning av BG-koncentration vid mätning av venöst helblod. Enligt Lechner och Hess studie (2019) var medeldifferensen för AC Performa generellt något större än för de PBGM som användes i den aktuella studien. Dock hade AC Performa resultat som visade på mindre SD och därmed mindre intervall för LoA. Ytterligare två studier (Wess & Reusch 2000; Zini *et al.* 2009) inkluderade två PBGM vardera som generellt underskattade BG-koncentrationen. Enligt studien av Zini *et al.* (2009) utvärderades en mätare utvecklad för humant bruk och en för hundar samt katter. De båda PBGM (Glucotrend och Glucometer Elite 2000) användes endast till att analysera kapillärt blod vilket jämfördes med referensmetodens analys av serum. Här uppvisade mätaren som var kalibrerad för djur bättre precision och riktighet än den humana. Enligt en studie av Dobromylskyj och Sparkes (2010) utvärderades sex PBGM utvecklade för humant bruk, dessa visade ingen konsekvent tendens till vare sig över- eller underskattning vilket kan göra att mätningarna blir mer osäkra då man inte kan anta att BG-koncentrationen kan vara högre eller lägre än vad mätaren visar. Generellt sågs sämre korrelation mellan referensmetoden och de båda PBGM:s resultat med stigande BG-koncentration. Detta har även observerats i tidigare studier (Zini *et al.* 2009; Dobromylskyj & Sparkes 2010). Ett exakt resultat av hyperglykemiska BG-värdena är dock ofta inte kliniskt avgörande, varför en större felmarginal kan tillåtas.

Vid val av PBGM finns det ett antal olika argument att beakta. Närvaron av analytisk bias som ger lägre resultat än referensmetoden kan vara fördelaktigt då mätaren kan ge hypoglykemiska värden redan innan ett tillstånd av sann hypoglykemi inträffat. Detta kan ge djurägaren tid att agera innan djurets BG-koncentration sjunkit ytterligare och börjat orsaka symptom. Detta medför dock en risk att ge upphov till onödig stress och oro för djurägare som kan tro att katten är hypoglykemisk då den i själva verket egentligen ligger inom normoglykemiskt intervall. Om mätaren istället har analytisk bias där BG-koncentration ofta uppmäts som högre än den egentligen är undviks ofta onödig oro. Dock riskerar man att missa hypoglykemiska perioder, och i grava fall kan felaktiga resultat som pekar på för höga BG-koncentrationer resultera i en förhöjd dos insulin. Båda dessa situationer är ogynnsamma för kattens hälsa och kan i värsta fall innebära livsfara.

Endast gPet PLUS hade värden utanför TEa, vilket enligt ACVCP:s riktlinjer (Harr *et al.* 2013) innebär att mätaren genererar avvikelser från referensmetodens värde till en grad som kan ha klinisk betydelse. Detta gällde särskilt vid mätningar i kapillärt blod, vilket är det medium som PBGM ofta används till. 80 % av mätningarna i kapillärt blod samt 97,5 % av mätningar i venöst blod genererade resultat inom gränserna för TEa. Resultat från denna studie visar följaktligen att användning av gPet PLUS innebär en risk för generering av fel som kan ha kliniska implikationer, exempelvis felbehandling med eventuella hälsorelaterade konsekvenser som följd. Enligt studien samt ACVCP:s riktlinjer förefaller det att AC Aviva är tillförlitlig vid användning inom klinisk verksamhet för normo- och hyperglykemiska prover, vilket gäller vid mätning av venöst såväl som kapillärt blod (100 % inom TEa 20 %). Detta kan jämföras med resultaten från en studie av Kang *et al.* (2016) där värden inom TEa hade betydligt större variation (34,1–96,5 % för fyra olika PBGM) än inom den aktuella studien. Värt att notera är att TEa i denna studie innebär något annorlunda riktlinjer än den utförd av Kang *et al.* (2016). För att kunna dra mer tillförlitliga slutsatser om AC Avivas samt gPet PLUS' riktighet krävs en större studiepopulation. Ingen individ inom ramen av denna studie fick ett BG-resultat under referensmetodens intervall. Hypoglykemiska värden bör enligt ACVCP:s riktlinjer innebära en TEa på maximalt 10 % från referensmetodens mätningsresultat. Detta gäller särskilt då hypoglykemi kan resultera i akuta och allvarliga konsekvenser, samt att marginalerna är små. Därför behövs fler studier som undersöker mätarnas prestation gällande hypoglykemi.

Vid användning av AC Aviva var BG-koncentrationen i kapillärt blod signifikant högre än i venöst. Detta skulle kunna bekräfta hypotesen att koncentrationen av BG generellt är högre i kapillärt än venöst blod. För gPet PLUS sågs dock ingen signifikant skillnad. En felkälla är att kapillär provtagning av öronlappen i samtliga fall utfördes efter den venösa provtagningen. Tiden mellan momenten minimerades i största möjliga mån, i majoriteten av fallen förflöt <2 minuter mellan provtagningar. I enstaka fall tog det dock längre tid, maximalt förflöt 5 minuter mellan venös och kapillär provtagning. Tiden mellan momenten innebär risk för en stressinducerad höjning av BG-koncentrationen associerat till den venösa provtagningen, och därmed en risk att tolka resultaten från PBGM som ej förenliga med referensmetoden och följaktligen ej tillförlitliga. Det skulle även kunna förklara den signifikanta skillnaden i BG-koncentration mellan kapillärt och venöst blod för AC Aviva. Tiden som förflöt mellan provtagningarna var dock relativt kort, men man kan ifrågasätta hur snabbt BG-koncentrationen har kapacitet att förändras per tidsenhet. För att säkerställa att signifikansen gäller skulle det vara föredömligt att variera mellan att inleda provtagningen venöst eller kapillärt. Om skillnaden i BG är stressinducerad borde även gPet PLUS uppvisa ett signifikant samband. Det är möjligt att de båda PBGM inte är tillräckligt precisa för att kunna upptäcka relativt små skillnader. Enligt en tidigare studie (Zini *et al.* 2009) undersöktes prestationen av två PBGM. De båda mätarna provtog endast kapillärt blod vilket jämfördes med resultat från referensmetodens analys av serum. Båda PBGM underskattade generellt BG-koncentrationen, men undantag för mätaren utvecklad för hund och katt som tenderade att överskatta koncentrationen vid mätning av hyperglykemiska prover.

Upprepade tester av respektive PBGMS:s kontrollösning i studien visade att intervallet av mätresultaten var smalare än tillverkarnas bestämda intervall för godtagbara gränser. Detta gällde särskilt AC Aviva vars beräknade kontrollintervall låg mellan 2,64–2,74 mmol/L och tillverkarens godkända gränser var 1,7–3,3 mmol/L. AC Avivas samt gPet PLUS´ CV för mätning av sina respektive kontrollösningar (0,96 respektive 1,64 %), uppvisade en bra mellandagsvariation i klass med referensmetoden Architect c4000 (0,7 % för höga glukosvärden (>15.8 mmol/L)). Detta kan jämföras med en studie (Kang *et al.* 2016) där fyra PBGM analyserade sin/sina kontrollösningar dagligen i 10 efterföljande dagar. Här beräknades CV till mellan 2,2–4,2 %. Zini *et al.* (2009) utförde en liknande studie där CV för två mätare beräknades till 4,1 respektive 6,0 %. Metoden skiljde sig dock från den aktuella studien då den istället för mellandagsvariation beräknade inomkörningsvariationen, vilket gjorde genom att utföra 10 mätningarna för respektive prov och mätare inom 15 minuter. Metoden skiljde sig ytterligare då EDTA-blod från katt användes, vilket kan ha bidragit till skillnaderna i CV. Resultatet säger något om mätarnas precision. En PBGM med bra precision skulle gett snarlika resultat vid samtliga mättillfällen. Det skulle vara önskvärt att fler mätningar över en längre tid utfördes för att med bättre säkerhet kunna uttala sig om mätarnas precision. Om det stämmer att gPet PLUS har sämre precision skulle detta möjligen kunna påverka dess resultat och möjligtvis förklara varför mätaren inte uppmätte signifikant skillnad i BG-koncentration mellan venöst och kapillärt blod. Det kan vara viktigt för djurägare att testa kontrollösningen regelbundet. Inte bara då deras mätare visar felaktiga resultat, utan för att undersöka deras precision och upprätta egna gränser för sina kontrollmätningar. Tillverkarens breda gränser möjliggör framförallt upptäckt för större fel, medan mindre kan förbises. Upprättningen av eget kontrollintervall skulle kunna göra djurägaren mer uppmärksam på mindre avvikelser, och därmed göra övervakningen av sin katts BG-koncentration mer tillförlitlig.

Då ingen av individerna i studien uppvisade en HCT utanför AC Avivas respektive gPet PLUS´ mätbara intervall, bestämda till 10–65 % respektive 20–60 %, går det inte att dra några slutsatser om HCT:s påverkan på PBGM. Det är ej helt klart om HCT påverkar PBGM:s riktighet eller ej då en del tidigare studier har uppmätt en signifikant association (Lane & Koenig 2019; Lechner & Hess 2019) och andra inte (Dobromylskyj & Sparkes 2010; Tauk *et al.* 2015). I en studie sågs signifikant korrelation mellan hög HCT och underskattning av BG-koncentration hos två av de fyra PBGM som undersöktes (Kang *et al.* 2016). Många av de katter som söker till en behandlande veterinär gör sannolikt detta för att de uppvisar symptom som kan tyda på hälsoproblem, och det finns en risk, om än liten, att deras HCT ej ligger inom det intervall där BG är mätbart. Detta gäller framförallt för gPet PLUS vars intervall där HCT ska vara tillförlitligt mätbart uppgavs till 20–60 %, vilket är mindre än AC Avivas mätbara intervall. Det skulle vara önskvärt med PBGM som fungerar inom ett bredare intervall samt att kliniker har mätarnas intervall i åtanke vid extrema fall av HCT i samband med användning av PBGM.

Studien visade inget signifikant samband för att skillnad i BG-koncentration mellan venöst och kapillärt blod påverkades av tiden för senaste matgiva. I en studie utförd på människor sågs BG-koncentrationen postprandiellt vara upp till 20-25 % högre i kapillärt blod än i venöst (Farrer *et al.* 1995). Om liknande skillnader även kan

appliceras för katter innebär det att kliniker och privatpersoner bör vara uppmärksamma på postprandiell status vid metodjämförelse. För att studera detta eventuella samband ytterligare krävs fler prover tagna närmare matgiva. Bland studiepopulationen hade den katt som ätit senast gjort det cirka 1 timme innan provtagning, och för många hade betydligt fler timmar förflutit.

Det upplevdes svårare att få blodet att räcka till vid kapillär provtagning med AC Aviva, dock ska det enligt handbok krävas marginellt mindre blod än gPet PLUS (0,6 µl respektive 0,7 µl). Orsaken till bortfall av provresultat var i majoriteten av fallen orsakad av oförmågan att framkalla en droppe blod stor nog från kapillärnätverket i öronlappen. Misstänkta skäl till detta var otillräcklig uppvärmning av kalla öron. I övrigt upplevdes de båda PBGM som likvärdigt användarvänliga.

Införskaffning av AC Avivas startpaket innebär en större engångsinvestering än gPet. Med bestående användning kan dock AC Aviva bli billigare i längden då styckpriset för teststickorna tillhörande gPet PLUS är cirka 3,6 gånger högre; 15,5 respektive 4,35 kr/styck. Vid generering av flera BGC eller vid daglig testning av BG-koncentrationen kan utgifterna komma att bli betydande. Speciellt när övrig behandling som mediciner, specialfoder och besök på djursjukhus räknas in. Enligt en enkätstudie utförd i USA (Niessen *et al.* 2017) anger kliniker att kostnader är en av de viktigaste faktorerna för djurägare som överväger avlivning relaterat till DM. Det viktigaste vid valet av PBGM bör dock naturligtvis vara dess precision och riktighet. Enligt resultat i denna studie visade inte gPet PLUS varken bättre precision eller riktighet än AC Aviva vid mätning av BG-koncentration i blodprover från katt, detta till trots att den är speciellt utvecklad för att analysera blod från bland annat katt.

5.1. Slutsats

gPet PLUS, som är utvecklad för veterinärt bruk, visade inte bättre precision eller riktighet än AC Aviva, vilken är utvecklad för humant bruk, vid mätning av BG-koncentration i prover från katt. Båda mätarna visade analytisk bias där AC Aviva generellt underskattade BG-koncentrationen och gPet PLUS överskattade den. AC Aviva, men inte gPet PLUS, uppmätte en signifikant högre BG-koncentration i kapillärt blod jämfört med venöst. Resultat i denna studie indikerar att användning av AC Aviva kan innebära mindre risk för fel som kan ha kliniska implikationer än gPet PLUS vid mätning av BG-koncentration i kattprover. Det behövs fler studier som studerar om BG-koncentrationen skiljer sig åt i venöst respektive kapillärt blod. Det behövs även fler studier som undersöker prestandan hos AC Aviva och gPet PLUS vid mätning av hypoglykemiska prover för att försäkra sig om att de är tillförlitliga nog att använda på katter.

Referenser

- Arabadjief, D. & Nichols, J.H. (2006). Assessing glucose meter accuracy. *Current Medical Research and Opinion*, 22 (11), 2167–2174. <https://doi.org/10.1185/030079906X148274>
- Behrend, E., Holford, A., Lathan, P., Rucinsky, R. & Schulman, R. (2018). 2018 AAHA Diabetes Management Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 54 (1), 1–21. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-6822>
- Bland, J.M. & Altman, D.G. (1995). Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *The Lancet (British edition)*, 346 (8982), 1085–1087. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(95\)91748-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(95)91748-9)
- Bland, J.M. & Altman, D.G. (2010). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *International Journal of Nursing Studies*, 47 (8), 931–936. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2009.10.001>
- Burtis, C.A., Ashwood, E.R., Bruns, D.E. & Tietz, N.W. (2008). *Tietz fundamentals of clinical chemistry*. St. Louis, Mo.: Saunders Elsevier.
- Callegari, C., Mercuriali, E., Hafner, M., Coppola, L.M., Guazzetti, S., Lutz, T.A., Reusch, C.E. & Zini, E. (2013). Survival time and prognostic factors in cats with newly diagnosed diabetes mellitus: 114 cases (2000–2009). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 243 (1), 91–95. <https://doi.org/10.2460/javma.243.1.91>
- Chan, A.Y., Swaminathan, R. & Cockram, C.S. (1989). Effectiveness of sodium fluoride as a preservative of glucose in blood. *Clinical Chemistry*, 35 (2), 315–317. <https://doi.org/10.1093/clinchem/35.2.315>
- Chen, E.T., Nichols, J.H., Duh, S.-H. & Hortin, G. (2003). Performance evaluation of blood glucose monitoring devices. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 5 (5), 749–768. <https://doi.org/10.1089/152091503322526969>
- Coldman, M.F. & Good, W. (1967). The distribution of sodium, potassium and glucose in the blood of some mammals. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 21 (1), 201–206. [https://doi.org/10.1016/0010-406x\(67\)90129-6](https://doi.org/10.1016/0010-406x(67)90129-6)
- Dobromylskyj, M.J. & Sparkes, A.H. (2010). Assessing portable blood glucose meters for clinical use in cats in the United Kingdom. *The Veterinary Record*, 167 (12), 438–442. <https://doi.org/10.1136/vr.c4260>
- Farrer, M., Albers, C.J., Neil, H. a. W., Adams, P.C., Laker, M.F. & Alberti, K.G.M.M. (1995). Assessing the impact of blood sample type on the estimated prevalence of impaired glucose tolerance and diabetes mellitus in epidemiological surveys. *Diabetic Medicine*, 12 (4), 325–329. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.1995.tb00486.x>
- Freckmann, G., Schmid, C., Baumstark, A., Pleus, S., Link, M. & Haug, C. (2012). System accuracy evaluation of 43 blood glucose monitoring systems for self-monitoring

of blood glucose according to DIN EN ISO 15197. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 6 (5), 1060–1075

- Gerber, K.L. & Freeman, K.P. (2016). ASVCP guidelines: quality assurance for portable blood glucose meter (glucometer) use in veterinary medicine. *Veterinary Clinical Pathology*, 45 (1), 10–27. <https://doi.org/10.1111/vcp.12310>
- Gilor, C., Niessen, S.J.M., Furrow, E. & DiBartola, S.P. (2016). What's in a Name? Classification of diabetes mellitus in veterinary medicine and why it matters. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30 (4), 927–940. <https://doi.org/10.1111/jvim.14357>
- Gottlieb, S. & Rand, J. (2018). Managing feline diabetes: current perspectives. *Veterinary medicine (Auckland)*, 9, 33–42. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S125619>
- Harr, K.E., Flatland, B., Nabity, M., Freeman, K.P. & ASVCP (2013). ASVCP guidelines: allowable total error guidelines for biochemistry. *Veterinary Clinical Pathology*, 42 (4), 424–436. <https://doi.org/10.1111/vcp.12101>
- ISO 15197:2003(en), *In vitro diagnostic test systems — Requirements for blood-glucose monitoring systems for self-testing in managing diabetes mellitus*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15197:ed-1:v1:en> [2021-01-11]
- Jensen, A.L. & Kjelgaard-Hansen, M. (2006). Method comparison in the clinical laboratory. *Veterinary Clinical Pathology*, 35 (3), 276–286. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165x.2006.tb00131.x>
- Kang, M.-H., Kim, D.-H., Jeong, I.-S., Choi, G.-C. & Park, H.-M. (2016). Evaluation of four portable blood glucose meters in diabetic and non-diabetic dogs and cats. *Veterinary Quarterly*, 36 (1), 2–9. <https://doi.org/10.1080/01652176.2015.1092617>
- Klonoff, D.C. (2004). The need for separate performance goals for glucose sensors in the hypoglycemic, normoglycemic, and hyperglycemic ranges. *Diabetes Care*, 27 (3), 834–836. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.3.834>
- Kotwal, N. & Pandit, A. (2012). Variability of capillary blood glucose monitoring measured on home glucose monitoring devices. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 16 (Suppl 2), S248–S251. <https://doi.org/10.4103/2230-8210.104052>
- Lane, S.L. & Koenig, A. (2019). Development and evaluation of a formula to correct blood glucose concentration measurements in hemodiluted and hemoconcentrated feline blood samples tested by use of a veterinary point-of-care glucometer. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 254 (10), 1180–1185. <https://doi.org/10.2460/javma.254.10.1180>
- Larsson-Cohn, U. (1976). Differences between capillary and venous blood glucose during oral glucose tolerance tests. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 36 (8), 805–808. <https://doi.org/10.3109/00365517609081941>
- Lechner, M.J. & Hess, R.S. (2019). Comparison of glucose concentrations in serum, plasma, and blood measured by a point-of-care glucometer with serum glucose concentration measured by an automated biochemical analyzer for canine and feline blood samples. *American Journal of Veterinary Research*, 80 (12), 1074–1081. <https://doi.org/10.2460/ajvr.80.12.1074>
- Link, M., Schmid, C., Pleus, S., Baumstark, A., Rittmeyer, D., Haug, C. & Freckmann, G. (2015). System accuracy evaluation of four systems for self-monitoring of blood glucose following ISO 15197 using a glucose oxidase and a hexokinase-based comparison method. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 9 (5), 1041–1050. <https://doi.org/10.1177/1932296815580161>

- Mahoney, J.J. & Ellison, J.M. (2007). Assessing glucose monitor performance - a standardized approach. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 9 (6), 545–552. <https://doi.org/10.1089/dia.2007.0245>
- McCann, T.M., Simpson, K.E., Shaw, D.J., Butt, J.A. & Gunn-Moore, D.A. (2007). Feline diabetes mellitus in the UK: the prevalence within an insured cat population and a questionnaire-based putative risk factor analysis. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 9 (4), 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.02.001>
- Nelson, R.W. & Couto, C.G. (2013). *Small Animal Internal Medicine*. 5th. ed. St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Nelson, R.W. & Reusch, C.E. (2014). Animal models of disease: classification and etiology of diabetes in dogs and cats. *Journal of Endocrinology*, 222 (3), T1–T9. <https://doi.org/10.1530/JOE-14-0202>
- Niessen, S.J.M., Hazuchova, K., Powney, S.L., Guitian, J., Niessen, A.P.M., Pion, P.D., Shaw, J.A. & Church, D.B. (2017). The big pet diabetes survey: perceived frequency and triggers for euthanasia. *Veterinary Sciences*, 4 (2), 27. <https://doi.org/10.3390/vetsci4020027>
- O'Neill, D.G., Gostelow, R., Orme, C., Church, D.B., Niessen, S.J.M., Verheyen, K. & Brodbelt, D.C. (2016). Epidemiology of diabetes mellitus among 193,435 cats attending primary-care veterinary practices in England. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30 (4), 964–972. <https://doi.org/10.1111/jvim.14365>
- Pancierera, D.L., Thomas, C.B., Eicker, S.W. & Atkins, C.E. (1990). Epizootiologic patterns of diabetes mellitus in cats: 333 cases (1980-1986). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 197 (11), 1504–1508
- Poirier, J., Prieur, N., Campion, L., Guilhem, I., Allannic, H. & Maugeudre, D. (1998). Clinical and statistical evaluation of self-monitoring blood glucose meters. *Diabetes Care*, 21, 1919–24. <https://doi.org/10.2337/diacare.21.11.1919>
- Prahl, A., Guptill, L., Glickman, N.W., Tetrick, M. & Glickman, L.T. (2007). Time trends and risk factors for diabetes mellitus in cats presented to veterinary teaching hospitals. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 9 (5), 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.02.004>
- Scarlett, J.M. & Donoghue, S. (1998) Associations between body condition and disease in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 212 (11), 1725-31. PMID: 9621878.
- Schalk, E., Heim, M.U., Koenigsmann, M. & Jentsch-Ullrich, K. (2007). Use of capillary blood count parameters in adults. *Vox Sanguinis*, 93 (4), 348–353. <https://doi.org/10.1111/j.1423-0410.2007.00978.x>
- Schroeder, L.D., Sjoquist, D.L. & Stephan, P.E. (2017). *Understanding Regression Analysis: An Introductory Guide*. 2nd ed. Los Angeles, CA: SAGE Publications, Inc.
- Sjaastad, Ø.V. Sand, O. & Hove, K. (2016). *Physiology of Domestic Animals*. 3rd ed. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Slingerland, L.I., Fazilova, V.V., Plantinga, E.A., Kooistra, H.S. & Beynen, A.C. (2009). Indoor confinement and physical inactivity rather than the proportion of dry food are risk factors in the development of feline type 2 diabetes mellitus. *The Veterinary Journal*, 179 (2), 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.08.035>
- Sparkes, A.H., Cannon, M., Church, D., Fleeman, L., Harvey, A., Hoenig, M., Peterson, M.E., Reusch, C.E., Taylor, S. & Rosenberg, D. (2015). ISFM consensus guidelines

- on the practical management of diabetes mellitus in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 17 (3), 235–250. <https://doi.org/10.1177/1098612X15571880>
- Tauk, B.S., Drobotz, K.J., Wallace, K.A. & Hess, R.S. (2015). Correlation between glucose concentrations in serum, plasma, and whole blood measured by a point-of-care glucometer and serum glucose concentration measured by an automated biochemical analyzer for canine and feline blood samples. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 246 (12), 1327–1333. <https://doi.org/10.2460/javma.246.12.1327>
- Theodorsson, E. (1998). [Many pitfalls in “simple” measuring of glucose in blood and plasma]. *Läkartidningen*, 95, 5157–8, 5161
- Tonyushkina, K. & Nichols, J.H. (2009). Glucose meters: a review of technical challenges to obtaining accurate results. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 3 (4), 971–980. <https://doi.org/10.1177/193229680900300446>
- t-Test, Paired Samples (2017).
- Vallera, D.A., Bissell, M.G. & Barron, W. (1991). Accuracy of portable blood glucose monitoring. Effect of glucose level and prandial state. *American Journal of Clinical Pathology*, 95 (2), 247–252. <https://doi.org/10.1093/ajcp/95.2.247>
- Verbrugghe, A. & Hesta, M. (2017). Cats and carbohydrates: the carnivore fantasy? *Veterinary Sciences*, 4 (4), 55-. <https://doi.org/10.3390/vetsci4040055>
- Verbrugghe, A., Hesta, M., Daminet, S. & Janssens, G.P.J. (2012). Nutritional modulation of insulin resistance in the true carnivorous cat: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52 (2), 172–182. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.499763>
- Wess, G. & Reusch, C. (2000). Capillary blood sampling from the ear of dogs and cats and use of portable meters to measure glucose concentration. *Journal of Small Animal Practice*, 41 (2), 60–66. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2000.tb03164.x>
- Zhang, L., Gu, C., Ma, H., Zhu, L., Wen, J., Xu, H., Liu, H. & Li, L. (2019). Portable glucose meter: trends in techniques and its potential application in analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 411 (1), 21–36. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1361-7>
- Zini, E., Moretti, S., Tschuor, F. & Reusch, C.E. (2009). Evaluation of a new portable glucose meter designed for the use in cats. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde*, 151 (9), 448–451. <https://doi.org/10.1024/0036-7281.151.9.448>
- Öhlund, M. (2017). *Feline diabetes mellitus aspects on epidemiology and pathogenesis = Diabetes mellitus hos katt: aspekter på epidemiologi och patogener*. Diss. Uppsala: Department of Clinical Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences. (2017:88). <https://pub.epsilon.slu.se/14746/>
- Öhlund, M., Fall, T., Ström Holst, B., Hansson-Hamlin, H., Bonnett, B. & Egenvall, A. (2015). Incidence of diabetes mellitus in insured Swedish cats in relation to age, breed and sex. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29 (5), 1342–1347. <https://doi.org/10.1111/jvim.13584>

Populärvetenskaplig beskrivning

Glukos är en typ av kolhydrat som används som energikälla i kroppen. Det är essentiellt att koncentrationen hålls i en lämplig nivå i blodet, vilket vanligtvis regleras av hormonerna insulin och glukagon. Insulin sänker koncentrationen av blodsocker (glukos) och glukagon höjer den (Sjaastad *et al.* 2016). Koncentrationen av blodsocker tros kunna variera beroende av ett antal olika faktorer, till exempel om det mäts i venöst eller kapillärt blod (Theodorsson 1998; Gerber & Freeman 2016). Diabetes mellitus är idag en av kattens vanligaste hormonrelaterade sjukdomar (Öhlund 2017). Det är oklart varför sjukdomen uppstår, men sjukdomsförloppet inbegriper en defekt insulinsekretion, att vissa av kroppens vävnader inte reagerar som de ska på hormonet, eller en kombination av båda (Gilor *et al.* 2016). Detta resulterar i en för hög koncentration av blodsocker, vilket kan göra att katten dricker mycket, kissar mycket och äter mycket men ändå går ner i vikt (Nelson & Reusch 2014; Behrend *et al.* 2018). Om man ej behandlar katten finns det risk att den utvecklar akuta eller permanenta komplikationer (Nelson & Couto 2013). Behandling av diabetes mellitus brukar innefatta utsättning av vissa mediciner, åtgärd av eventuell övervikt och andra samtida sjukdomar. Det finns särskilt foder för att hålla blodsockret så jämnt som möjligt och ibland ger man insulin till katten för att sänka nivån av blodsocker och därmed hålla den på en mer normal koncentration. Det kan även vara bra att övervaka koncentrationen av blodsocker i hemmet, vilket kan göras med portabla blodsockermätare (Behrend *et al.* 2018).

Portabla blodsockermätare är små, bärbara mätare som används för att analysera blodsocker hos många arter, exempelvis människor och katter. För att provta sin katt monterar man en engångsteststicka i mätaren, sticker katten i öronlappen, munslemhinnan eller trampdynan med en kanyl eller lansettpena. Då bildas en droppe blod som man kan fånga upp med stickan. Blodsockermätaren analyserar blodet och ger vanligtvis resultat efter cirka 5 sekunder. Användningen av de portabla mätarna är snabbare och billigare än den vanliga metoden som används på djursjukhus och klinik. De allra flesta djurägare kan använda mätaren själva i hemmet, och ofta tycker katten att provtagningen är mindre stressande och mindre obehagligt än att ta ett venöst blodprov från benet (Gerber & Freeman 2016; Behrend *et al.* 2018). Det är väldigt viktigt att mätningarna ger korrekta resultat, annars kan det leda till att man ger för mycket eller för lite insulin vilket kan vara skadligt för kattens hälsa (Link *et al.* 2015). Användningen av portabla blodsockermätare kan bidra till bättre kontroll och ökad förståelse för sjukdomen, och därmed minska risken för negativa biverkningar samt öka chansen till att katten förbättras i sitt sjukdomstillstånd till den grad att den inte längre behöver medicineras (Sparkes *et al.* 2015; Behrend *et al.* 2018). Det finns dock ett flertal felkällor vid jämförelse av

blodsockermätarna och den metod som vanligtvis används på djursjukhus och laboratorier vid analys av blodsockerkoncentration hos katt. Dessa felkällor kan vara relaterade till själva provet, analysmetoden eller faktorer som påverkar resultatet efter analys.

I den här studien ingick blodprover från 40 katter som besökt Universitetsdjursjukhuset. De portabla blodsockermätare som testades var Accu-Chek (AC) Aviva (utvecklad för humant bruk) och gPet PLUS (utvecklad för att analysera blod från hund, katt och häst). Efter insamling av blodprovet taget från en ven på frambenet användes mätarna direkt för att analysera blod ur samma kanyl eller från samma stickställe. Därefter stacks vissa (27) av katterna i öronlappen, prov togs från bloddroppen och analyserades med blodsockermätarna. Det venösa blodprovet analyserades enligt gängse rutiner på djursjukhuset med den metod som man vanligtvis brukar använda. Resultaten jämfördes med de från de båda blodsockermätarna, och genom olika uträkningar och diagram kunde man se hur bra de portabla blodsockermätarna stämde överens med metoden.

Generellt underskattade AC Aviva koncentrationen av blodsocker och gPet PLUS överskattade den, oberoende av om mätningarna gjorts på venöst eller kapillärt blod. Att ha en mätare som underskattar kan göra att man blir orolig och kanske åker in till djursjukhuset i onödan när katten egentligen har en normal nivå av blodsocker. Men det kan vara bra då man kan anta att den egentliga koncentrationen av blodsocker förmodligen inte är lägre än den som anges av mätaren. Enligt experter bör mätarnas resultat som har normalt och högt blodsocker avvika med högst 20 % från referensmetodens resultat (Harr *et al.* 2013). gPet PLUS hade fem värden som avvek med mer än 20 % i kapillärt blod och AC Aviva inget. För mätningar i venöst blod hade gPet PLUS ett avvikande värde och AC Aviva inget. När värden avviker så mycket kan man luras att tro att katten har ganska mycket högre eller lägre blodsocker än vad den egentligen har, och därmed riskerar man att behandla den felaktigt.

Inga av katterna i studien hade för lågt blodsocker, så det går inte att säga hur bra mätarna är på att mäta sådana värden, här skulle det behövas fler studier. För AC Aviva kunde man se ett statistiskt säkerställt samband där koncentrationen av blodsocker var högre i kapillärt än venöst blod. Den skillnaden kunde man inte påvisa med gPet PLUS. Fler studier skulle behövas för att klargöra om det finns en skillnad mellan blodsockerkoncentrationen i venöst jämfört med kapillärt blod och om det är stort nog att bry sig om. När katter blir stressade stiger deras blodsocker (Nelson & Couto 2013), och det är möjligt att den venösa blodprovstagningen som alltid utfördes innan den kapillära stressade upp katterna. Men i så fall borde båda blodsockermätare visa en signifikant skillnad. Det är möjligt att mätarna inte är exakta nog för att kunna upptäcka skillnaderna, om dessa var relativt små. Det behövs sammanfattningsvis fler studier för att undersöka om blodsockerkoncentrationen skiljer sig åt i venöst och kapillärt blod.

I denna studie gav den veterinära mätaren gPet PLUS inte mer riktigt resultat än den humana mätaren AC Aviva. Detta gäller dock endast dessa mätare och kan inte antas för alla mätare som är utvecklade för humant eller veterinärt bruk. Djurägare bör avslutningsvis vara medvetna om att alla mätningar av blodsocker med portabla

blodsockermätare bör tolkas med försiktighet och i enighet med hur katten faktiskt verkar må. Djurägare bör aldrig själv reglera dosen av insulin utan kontakt med sin veterinär.