

Testning av ett kvalitetskontrollsystem för blodcellsräknaren Horiba ABX Micros CRP 200

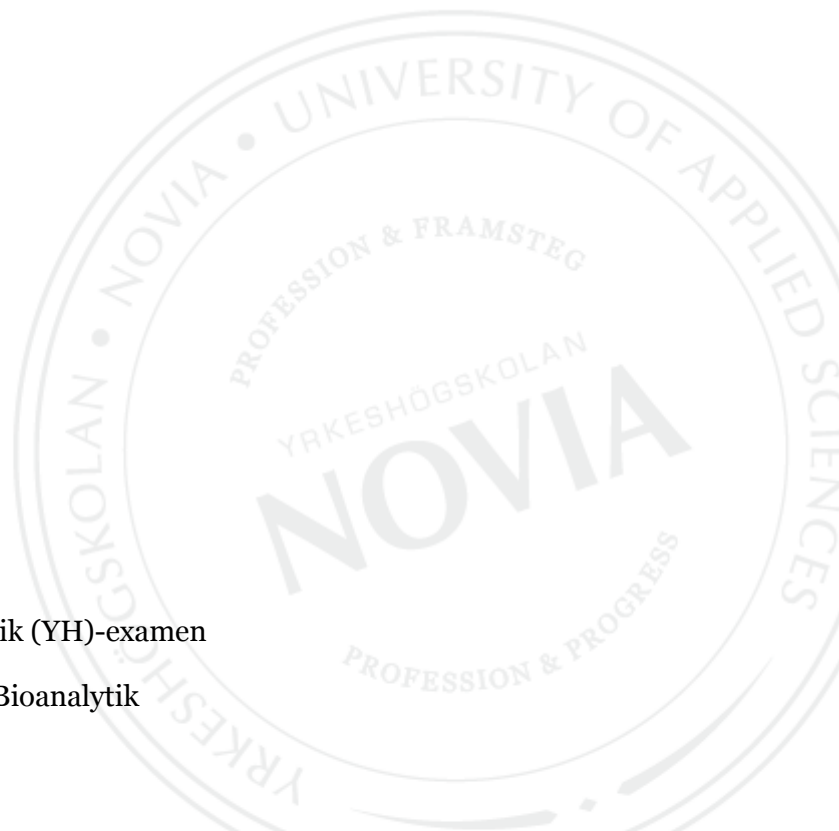
Sophia Härus

Jessica Lindström

Examensarbete för Bioanalytik (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Bioanalytik

Vasa 2013



EXAMENSARBETE

Författare: Sophia Härus & Jessica Lindström

Utbildningsprogram och ort: Bioanalytik, Vasa

Handledare: Margareta Antus & Jukka Salminen

**Titel: Testning av ett kvalitetskontrollsystem för blodcellsräknaren Horiba ABX
Micros CRP 200**

Datum: 22.10.2013

Sidantal: 54

Bilagor: 4

Sammanfattning

Syftet med detta examensarbete var att planera och testa en kvalitetskontrollrutin för blodcellsräknaren Horiba ABX Micros CRP 200 (ABX) som används på tre hälsovårdscentrallaboratorier inom Vasa sjukvårdsdistrikt. Kvalitetskontrollrutinen gick ut på att jämföra ABX-apparaternas mätvärden med mätvärden från referensanalysatorn Sysmex XE-5000. Patientprov användes som kontrollösning.

Målet med examensarbetet var att genom kalibrering reducera ABX-apparaternas bias till 1 % för parametrarna: RBC, HGB, HCT, MCV, MCH och MCHC. Efter kalibrering av ABX-apparaterna kontrollerades deras kvalitet utgående från totalfel och Sigma.

Tre prov analyserades på Sysmex XE-5000 och ABX. Mätvärdena jämfördes och ABX-apparaterna kalibrerades enligt hur mycket värdena skiljde sig från Sysmex XE-5000. Efter kalibreringen jämfördes apparaterna igen för att kontrollera om bias reducerats. Slutligen gjordes parallellmätningar på två av ABX-apparaterna. Parallellmätningarna behövdes för kontrollen av kvaliteten.

Respondenterna lyckades inte reducera bias till 1 % för alla parametrar. Resultatet från kvalitetskontrollen visar att de flesta parametrar uppfyller kvalitetskraven utgående från totalfelet, men inte utgående från Sigma. ABX-apparaternas kvalitet är acceptabel.

Språk: Svenska

Nyckelord: Bias, Intern kvalitetskontroll,
Liten blodbild, Horiba ABX Micros CRP 200

OPINNÄYTETYÖ

Tekijät: Sophia Härus & Jessica Lindström

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Bioanalytiikka, Vaasa

Ohjaajat: Margareta Antus & Jukka Salminen

**Nimike: Horiba ABX Micros CRP 200 – verisolulaskijan
laaduntarkkailujärjestelmän testaus**

Päivämäärä: 22.10.2013

Sivumäärä: 54

Liitteet: 4

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja testata Horiba ABX Micros CRP 200 (ABX) -verisolulaskijan laaduntarkkailurutiinit. Laitetta käytetään kolmessa terveyskeskuslaboratoriossa Vaasan sairaanhoitopiirin alueella. Työssä vertaillaan ABX-laitteiden mittaustuloksia Sysmex XE-5000 -referenssilaitteen tuloksiin. Potilasnäytteitä käytettiin tarkistusliuksena.

Opinnäytteen päämääränä oli kalibroinnin kautta vähentää ABX-laitteiden systemaattinen virhe 1 %:iin seuraaville parametreille: RBC, HGB, HCT, MCV, MCH ja MCHC. ABX-laitteiden kalibroinnin jälkeen tarkistettiin niiden laatu kokonaisvirheen ja Sigman perusteella.

Kolme näytettä analysoitiin sekä Sysmex XE-5000 - että ABX-laitteella. Mittaustuloksia vertailtiin ja ABX-laitteet kalibroitiin sen mukaan kuinka paljon arvot erosivat Sysmex XE-5000 -laitteen arvoista. Kalibroinnin jälkeen laitteita vertailtiin uudelleen, jotta voitiin nähdä oliko systemaattinen virhe vähentynyt. Lopuksi tehtiin rinnakkaismittauksia kahdella ABX-laitteella. Rinnakkaismittauksia tarvittiin laadun tarkistamiseksi.

Opinnäytetyön arvioijat eivät onnistuneet vähentämään kaikkien parametrien systemaattista virhettä 1 %:iin. Laaduntarkkailun tulos osoittaa, että useimpien parametrien laatu kriteerit täyttyivät kokonaisvirheen osalta, mutta eivät Sigman suhteen. ABX-laitteiden laatu voidaan todeta hyväksyttäväksi.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: Systemaattinen virhe, Sisäinen laaduntarkkailu,
Perusverenkuva, Horiba ABX Micros CRP 200

BACHELOR'S THESIS

Authors: Sophia Härus & Jessica Lindström

Degree Programme in Biomedical Laboratory Science, Vaasa

Supervisors: Margareta Antus & Jukka Salminen

**Title: Testing of a Quality Control System for Hematology Analyzer Horiba ABX
Micros CRP 200**

Date: 22.10.2013

Number of pages: 54

Appendices: 4

Summary

The purpose of this thesis was to plan and test a quality control routine for the hematology analyzer Horiba ABX Micros CRP 200 (ABX). The analyzer is used on three health clinic laboratories in the Vaasa Hospital District. The purpose of the quality control routine was to compare the ABX analyzers' values with reference analyzer Sysmex XE-5000's values. Patient samples were used as control material.

The aim of the thesis was to, by calibration, reduce the ABX analyzers' bias to 1% for the parameters: RBC, HGB, HCT, MCV, MCH and MCHC. After calibration, the ABX analyzers' quality was checked based on total error and Sigma.

Three samples were analyzed on the Sysmex XE-5000 and ABX. The measured values were compared and the ABX-analyzers were calibrated based on how much the values varied from the Sysmex XE-5000. After calibration, the analyzers were compared again to check if the bias was reduced. Finally parallel measurements were made on two of the ABX analyzers. Parallel measurements were needed for verification of the quality.

The respondents failed to reduce bias to 1% for all parameters. The result from the verification of the quality shows that most parameters meet quality standards from the total error, but not from Sigma. The quality of the ABX analyzers is acceptable.

Language: Swedish

Key words: Bias, Internal quality control,
Blood count, Horiba ABX Micros CRP 200

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
2 Syfte och frågeställningar	2
3 Teoretisk bakgrund	3
3.1 Blodet och laboratorieundersökningen <i>liten blodbild</i>	3
3.1.1 Erythrocyter	4
3.1.2 Hemoglobin	7
3.1.3 Hematokrit	8
3.1.4 Erythrocytindex	8
3.1.5 Leukocyter	10
3.1.6 Trombocyter	11
3.2 Blodprovstagning	11
3.2.1 Preamanalytik	12
3.2.2 Provtagning	13
3.3 Automatisk blodcellsräkning	16
3.3.1 Horiba ABX Micros CRP 200	16
3.3.2 Sysmex XE-5000	19
3.4 Kvalitetsaspekter	21
3.4.1 Intern kvalitetskontroll på ett laboratorium	21
3.4.2 Kvalitetsfaktorer och statistiska metoder	23
3.5 Tidigare forskning	25
4 Undersökningens genomförande	26
4.1 Jämförelse av ABX och Sysmex	26
4.2 Kalibrering av ABX	30
4.3 Jämförelse av ABX och Sysmex efter kalibrering	33
4.4 Parallellmätningar på ABX	36

5 Resultat och tolkning	37
5.1 Jämförelse av ABX och Sysmex före och efter kalibrering	37
5.1.1 Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium.....	37
5.1.2 Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium	38
5.1.3 Laihela hälsovårdscentral laboratorium	38
5.2 Kontroll av kvaliteten	38
5.2.1 Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium.....	39
5.2.2 Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium	42
5.2.3 Laihela hälsovårdscentral laboratorium	46
5.3 Slutsats.....	47
6 Diskussion och kritisk granskning	48
Källförteckning.....	51

Bilagor

1 Inledning

Den medicinska utvecklingen går hela tiden framåt, befolkningen ökar och människan lever längre. Samtidigt ökar behovet av tillförlitliga laboratorieundersökningar. Detta ställer höga ekonomiska krav på sjukhusen. För att uppfylla de ekonomiska kraven har det blivit vanligt att laboratorier har ett stort centrallaboratorium, där största delen av analyserna görs, och flera mindre provtagningslaboratorier som endast utför vissa rutinundersökningar. Det här kan dock leda till att kvaliteten på laboratorieundersökningarna försämras. Vid flera laboratorier har det blivit vanligt med periodiska kvalitetskontroller, med patientprov som kontrollösning, mellan centrallaboratoriet och de mindre provtagningslaboratorierna. Det här kan man göra på olika sätt. Ett sätt är att centrallaboratoriet skickar patientprov till alla provtagningslaboratorier för analys. Efter analysen görs en jämförelse mellan resultaten som fås på provtagningslaboratoriet och resultaten som fås på centrallaboratoriet. Ett annat sätt är att de mindre provtagningslaboratorierna skickar patientprov till centrallaboratoriet för jämförelse. (Calleja 2008, s. 71-73; Langlois & Wallemacq 2009, s.1195-1201).

Undersökningen *liten blodbild* är en mycket vanlig undersökning som görs på nästan alla patienter (Vanharanta 2010, s. 230). Undersökningen är lättillgänglig, förmånlig och till stor hjälp vid diagnostisering av många olika sjukdomar t.ex. anemier. Även vid uppföljning efter olika behandlingar, som t.ex. cancerbehandlingar, är blodbilden viktig (Eskelinen, 2012). Man har dessutom i ett flertal studier kommit fram till att analys av blodbilden kan ge information om huruvida patienten löper risk för att drabbas av hjärtsjukdom i framtiden. Hos patienter med en diagnostiserad hjärtsjukdom är blodbilden en viktig undersökning vid uppföljning av hjärtsjukdomen. Ett högt leukocytvärde hos patienter med hjärtsjukdom är associerat med hög dödlighet. Erytrocytvärdet, trombocytvärdet, hemoglobinhalten och hematokritvärdet är också associerade med hjärtsjukdom och kan tillsammans med leukocytvärdet förutspå hjärtsjukdom. (Madjid & Fatemi 2013, s. 17-24).

Denna undersökning kan analyseras med en automatisk blodcellsräknare eller manuellt med mikroskop. Idag används huvudsakligen automatiska blodcellsräknare i analysen

framför den klassiska metoden manuell differentialräkning av blodceller i mikroskop. Manuell differentialräkning används numera som referensmetod i de fall då analysinstrumentet inte klarar av att klassificera cellerna i provet. En manuell mikroskopisk bedömning kan också vara nödvändig vid utredning, diagnostisering och uppföljning av hematologiska sjukdomar. (Olofsson & Olsson & Ekström 2012, s. 273).

2 Syfte och frågeställningar

För att garantera patienten bästa möjliga vård behöver man tillförlitliga laboratoriesvar. Laboratoriesvar som fås på en hälsovårdscentral bör vara jämförbara med de som fås på ett större sjukhuslaboratorium.

Syftet med detta examensarbete är att planera och testa en kvalitetskontrollrutin för blodcellsräknaren Horiba ABX Micros CRP 200 (ABX) som finns på Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium, Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium och Laihela hälsovårdscentral laboratorium. Kvalitetskontrollrutinen skall i framtiden göras med jämna mellanrum och den ska påvisa apparaternas systematiska fel (bias). Målet med examensarbetet är att reducera ABX-apparaternas bias till 1 % med hjälp av kalibrering. Utgående från kvalitetskontrollrutinen kommer respondenterna att kontrollera kvaliteten på ABX-apparaterna vid hälsovårdscentralernas laboratorier. Detta görs med uträkning av totalfel och Sigma. Som referensanalysator för undersökningen används blodcellsräknaren Sysmex XE-5000 (Sysmex) som finns på kliniska laboratoriet vid Vasa centralsjukhus.

Frågeställningarna som kommer att besvaras är: Går det att använda patientprov för kvalitetskontroll av ABX-apparaterna? Hur kalibrerar man flera mindre apparater till samma nivå som en referensapparat med hjälp av patientprov? Vilken kvalitet uppfyller ABX-apparaterna vid hälsovårdscentralernas laboratorier efter att respondenterna har kalibrerat dem?

3 Teoretisk bakgrund

I den teoretiska bakgrunden behandlas undersökningen *liten blodbild* och dess parametrar, apparatbeskrivningar och analysprinciper för analyserna samt blodet, blodprovstagning och preanalytik för undersökningen *liten blodbild*. För att bättre förstå examensarbetets syfte och resultat kommer respondenterna även att behandla kvalitetsfaktorer, statistiska metoder och intern kvalitetskontroll på laboratoriet.

3.1 Blodet och laboratorieundersökningen *liten blodbild*

En människa består till ca 8 % av blod, vilket betyder att en normalstor vuxen har en blodmängd på ca 5 liter. Blodet består av två delar, varav 55 % är plasma och den resterande delen är blodceller. Blodets huvuduppgift är att, med hjälp av erythrocyterna, transportera syre från lungorna till kroppens alla vävnader, och koldioxid från vävnaderna tillbaka till lungorna. Leukocyterna fungerar som kroppens försvarsmekanism mot bakterier, virus och parasiter. Trombocyterna är en del av blodets koagulationsprocess - de skyddar blodkärlsväggarna vid skador genom att fästa sig vid det skadade området och bilda en propp. Blodplasma är en proteinrik vätska i vilken cellerna cirkulerar. Plasma innehåller också näringsämnen (socker, aminosyror och fettsyror), metaboliter, antikroppar, hormoner och proteiner som deltar i koagulationsprocessen och komplementsystemet. Blodet reglerar dessutom kroppsvätskornas pH-värde och joninnehåll samt temperatur genom att fördela värmen som bildas i musklerna. (Sonesson 2006, s.264; Sand & Sjaastad & Haug & Bjålie 2007, s. 316; Tuokko & Rautajoki & Lehto 2008, s. 35).

Analysen *liten blodbild* utförs med en automatisk blodcellsräknare. Till undersökningen *liten blodbild* (B-PVK+T) hör: mängden erythrocyter (B-Eryt), mängden leukocyter (B-Leuk), mängden trombocyter (B-Trom), hemoglobinhalt (B-Hb), hematokritvärdet (B-Hkr), erythrocyternas medelvolym (E-MCV), erythrocyternas medelhemoglobinmängd (E-MCH) och erythrocyternas medelhemoglobinkoncentration (E-MCHC). Referensvärden för parametrarna hittas i tabell 1. (Ruhanainen, 2009).

Tabell 1. Referensvärden för undersökningen liten blodbild

Parameter	Grupp	Referensintervall
B-Leuk		3,4 -8,2 x 10 ⁹ /l
B-Eryt	Kvinnor	3,90 -5,20 x 10 ¹² /l
	Män	4,25 -5,70 x 10 ¹² /l
B-Hb	Kvinnor	117-155 g/l
	Män	134-167 g/l
B-Hkr	Kvinnor	0,35 -0,46 andelar
	Män	0,39 - 0,50 andelar
E-MCV		82-98 fl
E-MCH		27-33 pg/cell
E-MCHC		320-355 g/l
B-Trom		150-360 x 10 ⁹ /l

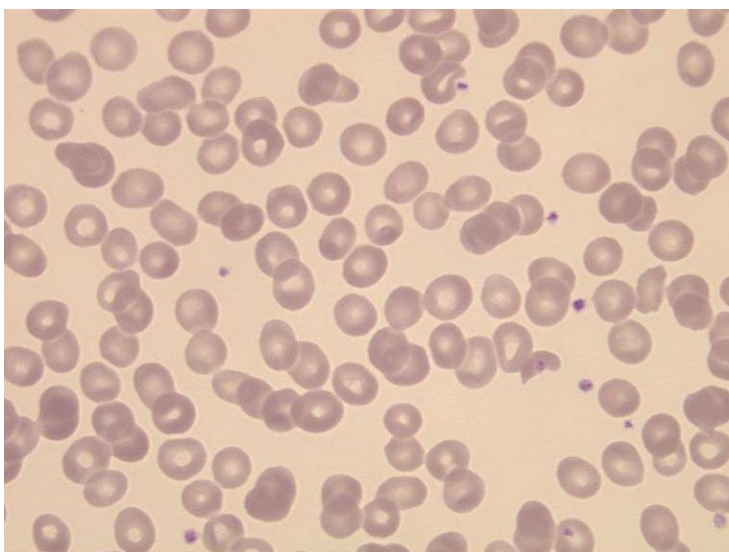
(Ruhanainen, 2009)

För analysen behövs 3 ml venblod med tillsatt antikoagulans, EDTA (Ruhanainen, 2009). EDTA eller etylendiamintetraättiksyra är en antikoagulans som hämmar koagulationsreaktionen genom att binda kalcium och komplexbinda metalljoner. EDTA hjälper till att bevara blodcellernas form och storlek och därför används det vid hematologiska undersökningar. (Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 30; Matikainen & Miettinen & Wasström 2010, s.76).

3.1.1 Erythrocyter

Erythrocyterna är den vanligaste blodcellen och utgör över 90 % av blodcellerna. I människans blodbana cirkulerar omkring 25 000 miljarder erythrocyter. Referensvärdet för erythrocyter är 3,90 – 5,20 x 10¹²/liter för kvinnor och 4,25 – 5,70 x 10¹²/liter för män

(Ruhanainen, 2009). Erythrocyterna är till utseendet platta och cirkelformade, de har ett tunnare mittparti med en tjockare ring runt omkring och en diameter på 8 μm . Till skillnad från övriga celler saknar erythrocyterna cellkärna och övriga cellorganeller. Cellmembranen hos erythrocyterna är väldigt elastisk, därför är det möjligt för erythrocyterna att röra sig i kapillärer med mindre diameter än vad de själva har. I figur 2 ser man erythrocyter i ett perifert blodutstryk. (Sonesson 2006, s.265; Sand m.fl. 2007, s. 317-318)



Figur 2. Erythrocyter i ett perifert blodutstryk. (Cellavision, u.å.)

Erythrocyternas uppgift är att transportera syre från lungorna till alla kroppens celler och koldioxid från kroppens celler tillbaka till lungorna. För syretransporten behövs hemoglobin. En erythrocyt innehåller så mycket som 300 miljoner hemoglobinmolekyler. Varje hemoglobinmolekyl innehåller fyra järnatomer och varje järnatom kan binda till en syremolekyl. Erythrocyternas bikonkava form ger dem en stor yta i förhållande till volymen, vilket möjliggör en snabb passage av syre och koldioxid genom cellmembranen. (Sonesson 2006, s.265; Sand m.fl. 2007, s. 317-318)

Erythrocytmängden regleras av hormonet erythropoietin. Vid hypoxi (syrebrist i vävnader), anemi eller blodförlust till följd av blödning ökar insekretionen av erythropoietin, vilket i sin tur leder till höga erythrocytvärden. Erythropoietinet bildas i njurarna och därför ses ofta låga erythrocytvärden vid kronisk njursvikt. Erythrocytos förekommer vid sjukdomar med

hypoxi t.ex. kroniska lungsjukdomar, rökning och en del medfödda hjärtvitier. Patologiska hemoglobinvarianter och myeloproliferativ sjukdom (polycytemia vera) kan även ge erythrocytos. Köldagglutiner (antikroppar som agglutinerar erythrocyter vid låg temperatur) och lipemi kan störa analysen och orsaka felaktigt låga erythrocytvärden. (Lundströmer, 2013). I examensarbetets utförande används förkortningen RBC för erythrocytmängden.

Erytropoesen

Eftersom en mogen erythrocyt saknar cellkärna kan den inte dela sig. Nya erythrocyter bildas därför från hematopoetiska stamceller i benmärgen i en process som kallas erytropoesen. Stamcellerna ska se till att nybildandet av blodceller sker kontinuerligt och på en jämn nivå. Varje dag bildas det ungefär 3 miljarder erythrocyter per kilogram kroppsvikt. Regleringen av erytropoesen sker med hormonet erythropoietin. (Turgeon 1999, s.60-62; Sand m.fl. 2007, s.318; Gahrton & Juliusson 2012, s.21-26).

Den första prekursorcellen i erytropoesen som morfologiskt går att känna igen är proerytroblasten. Proerytroblasten har en volym på 900 fl och är då relativt stor i jämförelse med en färdig erythrocyt som har en volym på 90 fl. Proerytroblasten har en diameter på 12-19 μm och genomgår en rad celldelningar. Från en proerytroblast kan man få 16 nya erythrocyter, men några celler dör under processen. Följande cell i erytropoesen är den basofila erytroblasten som har ungefär samma diameter som proerythrocyten. Nästa cell är den polykromatiska erytroblasten med en storlek på 11-15 μm . Hemoglobin börjar bildas i det här stadiet och cytoplasman börjar bli rosafärgad till följd av hemoglobinsyntesen. (Turgeon 1999, s.60-62; Sand m.fl. 2007, s.318; Gahrton & Juliusson 2012, s.21-26).

Under utvecklingen från basofila erytroblasten till polykromatiska erytroblasten kondenseras kärnan så att den i följande stadie, det ortokromatiska stadiet, är pyknotisk och kan kastas ut ur cellen. Här övergår cellen till en retikulocyt. Retikulocyterna har en diameter på 7-10 μm och saknar alltså kärna, men den har andra organeller som mitokondrier och ribosomer. Efter ungefär 2 dagar, när alla organeller är borta och hemoglobinsyntesen är fullständig, kommer retikulocyten bli en mogen erythrocyt. Retikulocyter kan finnas i blodet och är den sista omogna cellen i erytropoesen, efter det

har man en mogen erythrocyt med en diameter på 6-8 μm . Samtidigt som cellen mognar genomgår erytroblastens cellmembran en förändring vilket gör att erythrocyten kan ta sig ut ur benmärgen och senare även passera små kapillärer. (Turgeon 1999, s.60-62; Sand m.fl. 2007, s.318; Gahrton & Juliusson 2012, s.21-26).

3.1.2 Hemoglobin

Hemoglobinet har flera livsviktiga funktioner: att transportera syre från lungorna till kroppens vävnader, transportera koldioxid från vävnaderna tillbaka till lungorna och att fungera som blodets buffertsystem för att förhindra förändringar i pH. Undersökningen B-hemoglobin, B-Hb, har referensvärdet 117-155 g/L för kvinnor och 134-167 g/L för män (Ruhanainen, 2009). Om hemoglobinhalten sjunker under referensvärdet säger man att personen har anemi. (Theodorsson & Grankvist & Landin 2012, s. 215-223).

De vanligaste orsakerna till anemi är blödning, benmärgssjukdom, ökad nedbrytning av erythrocyter eller nedsatt hemoglobinproduktion på grund av brist på järn, vitamin B12 eller folat. Förhöjda hemoglobinhalter kan ha flera orsaker t.ex. hjärt- eller lungsjukdom, rökning eller polycytemia vera. En låg plasmavolym eller lipemi kan också ge upphov till förhöjningar av hemoglobinhalten. (Lundströmer, 2013).

Det vanliga hemoglobinet hos vuxna är hemoglobin A. Hemoglobin A består av fyra hem-grupper med en järnatom i mitten, och fyra polypeptidkedjor: två α - och två β -kedjor. Var och en av polypeptidkedjorna är bundna till en hem-grupp. En syremolekyl kan bindas till varje järnatom och hemoglobinet färg bestäms av antalet syreatomer som varje hemoglobinmolekyl har bundit. (Turgeon 1999, s.64-70; Hoffbrand & Moss & Pettit 2006, s.15-18; Theodorsson & Grankvist & Landin 2012, s. 215-223).

Hemoglobinet har förmågan att ändra form beroende på om den interagerar med syre, väte, koldioxid eller 2,3-difosfoglycerat. Hemoglobinet två α -kedjor ligger bredvid varandra och om det inte bundits en syremolekyl till dem kommer det bindas en 2,3-difosfoglycerat istället så att hemoglobinmolekylen behåller sin stabila struktur. När koldioxid och 2,3-difosfoglycerat binds till β -kedjorna kommer vätejoner bilda bryggor mellan alla polypeptidkedjor. Detta ger hemoglobinet låg affinitet för syre. Om syre ska

upptas av hemoglobinet kommer bryggorna att brytas medan koldioxid och 2,3-DPG stöts bort. (Theodorsson & Grankvist & Landin 2012, s. 215). I examensarbetets utförande används förkortningen HGB för hemoglobinhalten.

3.1.3 Hematokrit

Hematokritvärdet anger erythrocyternas andel av blodets totalvolym. I Finland använder man förkortningen Hkr för hematokrit medan man i Sverige talar om Hkr eller EVF, från engelskans Erythrocyte Volume Fraction. Referensvärdet anges i andelar och kvinnor bör ha ett hematokritvärde, B-Hkr, som ligger mellan 0,35 och 0,46 och män ett värde mellan 0,39 och 0,50 (Ruhanainen, 2009). Hematokritvärdet är ett viktigt värde när man utreder sjukdomar med avvikande erythrocytantal. Vid polycytemi är hematokritvärdet i regel högre än normalt medan man vid anemi ofta ser ett lägre värde. Köldagglutininer kan störa analysen och orsaka falska låga hematokritvärden (Lundströmer, 2013). (Sand m.fl. 2007, s. 317). I examensarbetets utförande används förkortningen HCT för hematokritvärdet.

3.1.4 Erythrocytindex

Vid diagnostisering av anemi använder man sig av olika index som beskriver erythrocyternas egenskaper, dessa kallar man för blodkroppskonstanter, erythrocytindices eller erythrocytindex. Värdena fås vid analys av undersökningen *liten blodbild* (B-PVK+T). (Theodorsson & Grankvist & Landin 2012, s. 223).

Erythrocyternas medelvolym

Erythrocyternas medelvolym eller MCV är ett värde som beskriver erythrocyternas storlek i medeltal. Värdet fås genom att dividera hematokritvärdet med erythrocytmängden (Theodorsson & Grankvist & Landin 2012, s.223-224). Referensvärdet för vuxna är 82-98 fl (Ruhanainen, 2009). MCV utgör en viktig del vid anemiutredning, speciellt när patienten har en hemoglobinhalt inom referensintervallet, men störning i erythropoesen ändå inte kan uteslutas (Landstinget Kronoberg, 2007). Med hjälp av MCV kan man klassificera

anemier som mikrocytär-, normocytär- eller makrocytärenemi (Chulilla & Colás & Martín 2009, s.4628). MCV är ett värde som är av stor betydelse vid diagnostisering och behandling av anemier eftersom avvikelser i MCV-värdet ofta är karakteristiskt för olika orsaker till anemin. Vid anemier som beror på järnbrist och/eller kronisk blödning är MCV-värdet sänkt. Om anemin beror på brist på vitamin B12 eller folat är MCV-värdet förhöjt. (Lundströmer, 2013).

Hos alkoholister ses ofta en märkbar förhöjning av MCV. Personer med leversjukdom (utan relation till alkoholism) kan också ha förhöjda MCV-värden. Vid talassemier förekommer ofta mycket låga MCV-värden. Köldagglutininer kan orsaka falska förhöjda resultat och lipemi kan ge felaktiga mätresultat. (Lundströmer, 2013).

Erythrocyternas medelhemoglobinmängd

Medelmängd hemoglobin i erythrocyterna förkortas MCH och fås genom att man tar hemoglobinhaltens delat med erythrocytmängden (Theodorsson & Grankvist & Landin 2012, s.223-224). Referensvärdet för vuxna är 27-33 pg/cell (Ruhanainen, 2009). MCH är en viktig del i anemiutredningar då man misstänker erythropoesstörning även om hemoglobinhaltens ligger inom referensintervallet (Landstinget Kronoberg, 2007).

Erythrocyternas medelhemoglobinkoncentration

Medelkoncentration av hemoglobin i erythrocyterna, MCHC, räknas ut genom att dividera hemoglobinvärdet med hematokritvärdet (Theodorsson, Grankvist & Landin 2012, s.223-224). Referensvärdet för vuxna är 320-355 g/L (Ruhanainen, 2009). Variationer i MCHC-värdet är ganska små. MCHC stiger vid endast ett fåtal sjukdomar som t.ex. hereditär sfärocytos så därför är användningen av MCHC-indexet begränsat. (Chulilla m.fl. 2009, s.4630). Förhöjda MCHC-värden beror för det mesta på analysstörning, t.ex. till följd av köldagglutinationer. Lipemi och höga proteinkoncentrationer (M-komponenter) kan ge felaktigt för höga resultat. (Lundströmer, 2013).

3.1.5 Leukocyter

Till skillnad från erythrocyterna har leukocyterna ingen egentlig funktion i blodet utan de använder blodet som ett transportmedel för att ta sig fram i kroppen. Mindre än 1 % av blodcellerna är leukocyter (Edgren, 2011). Referensvärdet för leukocyter hos vuxna är $3,4 - 8,2 \times 10^9$ /liter (Ruhanainen, 2009). Leukocyterna delas in i tre huvudgrupper: granulocyter, monocyter och lymfocyter. Granulocyterna delas ytterligare in i neutrofila granulocyter, eosinofila granulocyter och basofila granulocyter. Alla grupper har cellkärna och cellorganeller. För att skilja grupperna från varandra krävs färgning. Leukocyternas uppgift i kroppen är att skydda oss från infektioner. (Sand m.fl. 2007, s. 322-324).

Den vanligaste cellen av leukocyterna är granulocyten som utgör drygt hälften av mängden leukocyter. De neutrofila granulocyterna skyddar kroppen mot bakterier genom fagocytos och deltar i akuta inflammationsreaktioner. Mängden eosinofila granulocyter ökar i blodet vid allergiska tillstånd och de innehåller också enzymer som har en hämmande effekt på bakterier. De basofila granulocyterna aktiveras när kroppen utsätts för ämnen som den är allergisk mot, när den aktiveras frisätts heparin och histamin. Mängden granulocyter i blodet ökar kraftigt vid infektioner. (Sonesson 2006, s.267-268).

Ungefär en fjärdedel av leukocyterna utgörs av lymfocyterna. Det finns T-lymfocyter och B-lymfocyter. Om B-lymfocyten kommer i kontakt med antigen kommer den att omvandlas till en plasmacell som börjar producera antikroppar. T-lymfocyten måste få antigenet presenterat för sig av t.ex. en dendritisk cell. T-lymfocyten är bra på att hitta intracellulära infektioner som virus och förgöra dem. B-lymfocyterna tar främst hand om bakterier utanför cellerna. Vid en del virusinfektioner ökar antalet lymfocyter i blodet. (Sonesson 2006, s.268; Gahrton & Juliusson 2012, s.32-33).

Den största cellen av leukocyterna är monocyten. Monocyterna finns i blodet ungefär ett dygn efter bildningen varefter de förflyttar sig till vävnaderna där de lever som makrofager och fagocyterar bakterier och död vävnad. (Sonesson 2006, s.268; Hoffbrand m.fl. 2006, s.99). I examensarbetets utförande används förkortningen WBC för leukocytmängden.

3.1.6 Trombocyter

Trombocyterna bildas i benmärgen från stora megakaryocyter genom att megakaryocyten cytoplasma fragmenteras. Från en megakaryocyt kan 4000 nya trombocyter bildas. Varje dag bildas omkring 200 miljarder trombocyter. Trombocyterna har som erytrocyterna ingen kärna, de har en medeldiameter på 1,6-1,8 µm och en volym på 8-9 fl. Till skillnad från leukocyterna lämnar trombocyterna inte blodbanan. Trombocyterna spelar en viktig roll i blodets koagulationsprocess. De aktiveras omedelbart vid skada på blodkärlen, de fäster sig vid det skadade stället och binder sig till varandra. Trombocytpluggen som bildas utgör grunden för den fortsatta koagulationsprocessen och reparationen av kärlskadan. (Hoffbrand m.fl. 2006, s.265-268; Sand m.fl. 2007, s. 325; Gahrton & Juliusson 2012, s.309-310) Referensvärdet för trombocyter är 150 – 360 x 10⁹/liter (Ruhanainen, 2009). I examensarbetets utförande används förkortningen PLT för trombocyt mängden.

3.2 Blodprovstagning

Vid diagnostisering av sjukdomar, uppföljning av behandling, screening, bedömning av hälsotillstånd och uteslutande av sjukdom har det kliniska laboratoriet en viktig uppgift. De ska leverera laboratoriesvar som återspeglar tillståndet i patientens kropp vid tidpunkten för provtagningen. Det kliniska laboratoriet ansvarar för hela analyskedjan, från det att en undersökning beställs till det att laboratoriesvaret levereras. (Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 25-27). Den kliniska laboratorieundersökningsprocessen börjar när en patients läkare eller vårdare konstaterar ett behov av laboratorieundersökning, och slutar då resultatet av laboratorieundersökningen skickas iväg till beställaren av undersökningen. Laboratorieundersökningsprocessen delas in i tre faser: den preanalytiska faser, analytiska faser och postanalytiska faser. (Tuokko & Rautajoki & Lehto 2008, s. 7).

Största delen av de blodprov som tas är venprov, men också kapillär- och artärprov förekommer. Fördelen med venprov, i jämförelse med kapillärprov, är att man på en gång kan fylla flera provrör, och ur ett rör kan flera laboratorieundersökningar göras. Beroende

på vilka provrör och provrörstillsatser eller antikoagulanter som används kan olika delar av blodet undersökas. (Matikainen & Miettinen & Wasström 2010, s.63).

3.2.1 Preanalytik

Preanalytik är ett aktuellt begrepp som är av stor betydelse inom laboratediagnostiken. Till följd av att kvaliteten på laboratoriemätningar avsevärt har förbättrats, har man börjat lägga allt större vikt vid att bevaka de faktorer som kan påverka analysresultaten före själva analysprocessen (Narayanan 2000, s. 429; Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 11). Med preanalytiska faktorer avser man faktorer som kan ändra koncentrationen av den undersökta analyten så att resultatet inte längre motsvarar tillståndet i patienten vid tidpunkten för provtagningen (Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 27).

De preanalytiska faktorerna kan enligt Narayanan (2000) delas in i tre stora huvudgrupper: fysiologiska, provtagnings- och interfererande faktorer. Till de fysiologiska faktorerna räknas ålder, kön, tidpunkt, årstid, höjdnivå och olika tillstånd som graviditet och menstruation. Livsstil är också en fysiologisk faktor som kan påverka resultaten av olika laboratorieundersökningar. Preanalytiska faktorer vid provtagning är ett mycket omfattande område som innefattar patientförberedelse som t.ex. fasta och vila, patientidentifiering, kroppsställning, användning av stas, muskelarbete, infusion, provrörstillsatser, märkning av provrör, provhantering, förvaring och transport. Interfererande faktorer är t.ex. hemolys, lipemi, bilirubin och heterofila antikroppar. (Narayanan 2000, s. 429-447; Björkman & Karlsson 2008, s.182; Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 11 och 25-27).

Patientförberedelser

De preanalytiska faktorerna har en avgörande roll för kvaliteten på analysresultatet. För att man i slutändan ska få ett så korrekt laboratoriesvar som möjligt är det viktigt att man är medveten om dessa. En standardisering av provtagningen innebär att alla följer samma

rutiner vid varje provtagningsituation, vilket minskar risken för fel i den preanalytiska fasen. (Björkman & Karlsson 2008, s. 182).

Patienten ska sitta och vila i 15 minuter före provtagningen så att blodcirkulationen stabiliseras. Detta är nödvändigt eftersom referensintervallet, för de flesta undersökningar, är baserat på prov tagna efter 15 minuters vila i sittande ställning. Patienten bör alltid ha samma kroppsläge vid provtagningen eftersom plasmavolymen ändras beroende av kroppsläge. En liggande patient har 8-10 % större plasmavolym än en som sitter. Detta innebär att koncentrationen av celler, proteiner och proteinbundna komponenter kan vara upp till 15 % lägre hos en liggande patient än hos en som står, på grund av det hydrostatiska trycket. (Björkman & Karlsson 2008, s. 186; Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 15).

Vid en del undersökningar tillkommer föreskrifter som patienten bör informeras om före provtagningsstillfället. Ibland vill man att patienten är fastande, t.ex. vid undersökning av kolesterol och glukos, medan andra undersökningar kan kräva att patienten inte röker eller tar vissa läkemedel under en viss tid före undersökningen. Vid provtagningsstillfället bör bioanalytikern kontrollera att sådana föreskrifter har följts. Om möjligt bör blodprov tas på morgonen eftersom det underlättar laboratoriesvarets jämförelse med referensintervallet och laboratoriesvar från tidigare provtagningsstillfällen. Samtidigt undviker man att dygnsvariationen påverkar laboratoriesvaret. Laboratoriesvaren kan också påverkas ifall patienten känner sig orolig och stressad över provtagningsituationen. (Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 27-28).

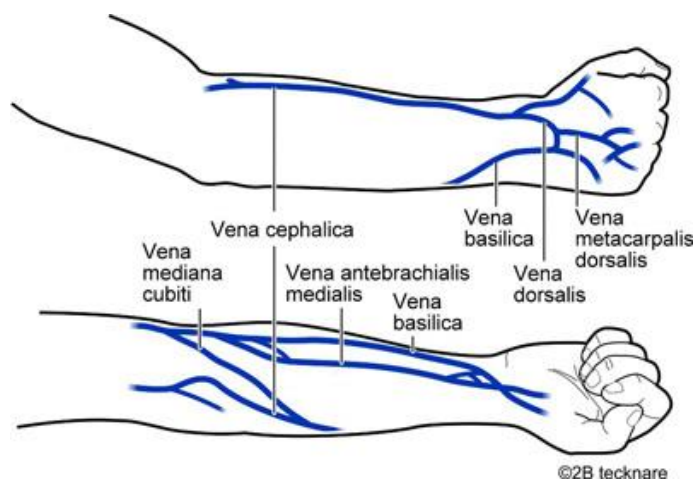
3.2.2 Provtagning

En korrekt utförd provtagning är en förutsättning för att resultaten av de kliniska undersökningarna ska vara tillförlitliga (Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s.14).

Före patienten kallas in i rummet ska provtagaren kontrollera att allt nödvändigt material finns tillgängligt. Materialet som behövs vid blodprovstagning är: remiss, desinfektionsmedel, engångshandskar, provrör, provnålar, stas, torkar,

riskavfallsbehållare och plåster. Patienten kallas in i provtagningsrummet och identiteten kontrolleras genom att patienten själv säger sitt namn och sitt personnummer. Provrören för de beställda undersökningarna plockas fram och märks med etiketter. Därefter desinfekterar provtagaren sina händer och tar på sig ett par engångshandskar. (Björkman & Karlsson 2008, s. 188-189; Matikainen & Miettinen & Wasström 2010, s.65).

Alla vener kan användas men en del är bättre än andra. Om pulsen känns i närheten av en ven ska den venen undvikas eftersom det då finns risk för att den underliggande artären punkteras. Handryggens vener kan användas men nålsticket kan vara mer smärtsamt för patienten och provtagningen kan tekniskt sätt vara lite svårare eftersom kärlen gärna rullar. En annan viktig sak att komma ihåg är att blodproven inte får tas ur infusionsarmen ifall patienten får infusion. En bra ven är grov och känns mjuk och elastisk vid palpering, samt syns och känns för det mesta tydligt. I figur 1 presenteras underarmens och handryggens vener. I första hand används de ytliga venerna som finns i armvecket. Dessa är: *Vena mediana cubiti*, *Vena cephalica* och *Vena basilica*. (Björkman & Karlsson 2008, s. 188-189; Matikainen & Miettinen & Wasström 2010, s.65).



Figur 1. Vener för provtagning i armvecket och på handryggen. (Vårdhandboken, 2011)

Ifall det uppstår svårigheter med att hitta en lämplig ven kan man låta patientens arm hänga nedåt en stund. Det lönar sig också att försöka värma armen med en varmvattenflaska eller något motsvarande. Något som däremot bör undvikas är

pumpningar med handen eftersom muskelarbete kan orsaka felaktiga mätvärden. (Björkman & Karlsson 2008, s. 190).

Venerna palperas med pek- eller långfinger tills det att en lämplig ven hittas. Därefter rengörs huden med desinfektionsmedel. Ifall huden är synligt smutsig måste den först tvättas med tvål och vatten eftersom desinfektionsmedlet inte avlägsnar smutsen. Huden får sedan självtorka tills den är alldeles torr, annars kan provet hemolysera. Stas används vid behov och placeras då 7-10 cm ovanför stickstället. Stasen lösgörs så fort röret börjar fyllas med blod. Redan efter 1 minuts stasning stiger koncentrationen av blodceller, proteiner och proteinbundna komponenter som en del läkemedel, hormoner, kalcium och bilirubin. (Björkman & Karlsson 2008, s.188-197; Matikainen & Miettinen & Wasström 2010, s.70-75; Skov-Poulsen, 2011).

Huden sträcks ut under punktionsstället med ett finger så att venen hålls stilla. Nålhållaren med nålen hålls i den andra handen. Armen ska vara i en lättsluttande position så att tillsatserna i röret inte kan sugas in i venen. Nålöppningen ska vara vänd uppåt och insticket görs i 15-30 graders vinkel. Nålhållaren hålls i ett stadigt grepp och handen stöds mot patientens arm. Provröret förs in i nålhållaren så att korken perforeras och provröret fylls. Genast då blod börjar synas i provröret släpps stasen upp. Under provtagningen kontrollerar bioanalytikern att patienten inte knyter handen. När röret är fullt dras det försiktigt ut så att nålen inte rubbas. Om fler provrör ska fyllas så förs ett nytt provrör in. Varje provrör blandas försiktigt genom att det vänds 8-10 gånger för hand eller med hjälp av en rörvagg (en del provrör ska blandas färre gånger än andra, det är viktigt att följa tillverkarens anvisningar). Rören får aldrig skakas eftersom det kan ge upphov till hemolys. (Björkman & Karlsson 2008, s.188-197; Matikainen & Miettinen & Wasström 2010, s.70-75; Skov-Poulsen, 2011).

När det sista provröret avlägsnats från nålhållaren placeras en tork ovanför nålen medan nålen försiktigt dras ut. När nålen är helt ute trycks torken mot insticksstället. Nålen slängs genast i riskavfallsbehållaren. Patienten får sedan trycka på förbandet i ett par minuter tills blödningen har slutat. (Björkman & Karlsson 2008, s.188-197; Matikainen & Miettinen & Wasström 2010, s.70-75; Skov-Poulsen, 2011).

3.3 Automatisk blodcellsräkning

Analysering med automatiska blodcellsräknare går snabbt och resultaten är tillförlitliga eftersom de baseras på en analys av tusentals blodceller. Automatisk validering av laboratoriesvaren underlättar arbetet för arbetstagarna och samtidigt förbättras kvaliteten på resultaten då autovalideringen alltid hanterar alla prov på samma sätt enligt bestämda regler. (Vanharanta 2010, s.225).

3.3.1 Horiba ABX Micros CRP 200

Horiba ABX Micros CRP 200 (ABX) är en automatisk blodcellsräknare som används på tre hälsovårdscentrallaboratorier inom Vasa sjukvårdsdistrikt. Apparaten har kapacitet att mäta 19 parametrar (se tabell 2) och den skriver dessutom ut grafer för erythrocyter, leukocyter och trombocyter. Den används vid analys av undersökningen *liten blodbild* och *CRP*. Apparaten är liten, 31 x 41 x 40 cm, den kräver alltså inte mycket utrymme, och är därför lämplig för mindre laboratorier. I figur 3 ser man den automatiska blodcellsräknaren Horiba ABX Micros CRP 200. (Horiba Medical, 2013).



Figur 3. Den automatiska blodcellsräknaren Horiba ABX Micros CRP 200. (HORIBA ABX SAS 2007, s.1)

Vid provtagning rekommenderas EDTA-K3 som antikoagulant eftersom andra antikoagulanter kan påverka resultatet. Man rekommenderar också att blodprovet är färskt. För analys av blodcellerna behövs 10 µl blod och för blodcellsräkning och analys av CRP-värdet krävs 18 µl blod. Provet måste blandas ordentligt före analysen eftersom resultatet annars kan bli felaktigt. För att analysera provet väljer man analysläge, tar bort korken på röret, sätter röret i rätt provhållare och vrider provhållaren till kl. 12 varefter man stänger luckan. Analysen räcker 1 minut och 15 sekunder om man endast utför undersökningen *liten blodbild*. Om man dessutom vill ha ett värde för CRP räcker analysen 4 min och 30 sekunder. (HORIBA ABX SAS, 2007).

Tabell 2. Parametrar som kan analyseras med Horiba ABX Micros CRP 200.

Parameter	Förkortning
Erythrocyter	RBC
Leukocyter	WBC
Trombocyter	PLT
Hemoglobin	HGB
Hematokrit	HCT
C-reaktivt protein	CRP
Erythrocyternas medelvolym	MCV
Erythrocyternas medelhemoglobinmängd	MCH
Erythrocyternas medelhemoglobinkoncentration	MCHC
Mått på variation i erythrocytvolym	RDW
Trombocyternas medelvolym	MPV
Lymfocyter i procent	LYM%
Lymfocytantal	LYM#
Monocyter i procent	MON%
Monocytantal	MON#
Granulocyter i procent	GRA%
Granulocytantal	GRA#
Trombocytvolymfraktion	PCT
Mått på variation i trombocytvolym	PDW

(Horiba Medical, 2013)

Analysmetoder

Mätningen av parametrarna baserar sig på ett antal olika metoder. Erythrocyter, leukocyter och trombocyter analyseras med impedans. Hemoglobinhalten baseras på en spektrofotometrisk mätning. Hematokritvärdet fås med en numerisk integration. CRP-analysen görs med hjälp av latex immunoturbidimetrisk metod. De övriga parametrarna fås med hjälp av olika uträkningar. (Horiba Medical, 2013).

Erythrocyterna och trombocyterna mäts med hjälp av variationer i elektrisk impedans. Blodcellerna transporteras in i kammaren genom en öppning. I kammaren finns en mikroapertur och runt den bildas ett elektriskt fält. På varsin sida om aperturen finns elektroder som leder elektrisk ström mellan varandra. Blodproverna späds med en vätska, som leder ström, och leds sedan genom mikroaperturen. Där ger de upphov till resistans. Strömmen mellan elektroderna är konstant, vilket betyder att om cellen är stor ger den upphov till större resistans. Cellens storlek är proportionell mot spänningen. Spänningens pulsstorlek varierar med cellernas passering genom aperturen. Detta ger oss ett erythrocyt- och ett trombocythistogram. Med hjälp av pulserna och kalibreringskoefficienterna får man matematiskt fram ett erythrocyt- och trombocytvärde. (HORIBA ABX SAS, 2007).

För hemoglobinmätning behövs Lyse-reagens, som innehåller kaliumferricyanid och kaliumcyanid. Erythrocyterna lyseras vilket gör att hemoglobinet frisätts. Det frisatta hemoglobinet blandas med kaliumcyanid och bildar föreningen kromogent cyanmethemoglobin. Med hjälp av spektrofotometri mäts absorbansen vid 550 nm. Med hjälp av absorbansen och kalibreringskoefficienten får man hemoglobinhalten. (HORIBA ABX SAS, 2007).

MCV beräknas utgående från erythrocythistogrammet. Och med en funktion av den numeriska integreringen av MCV mäts hematokritvärdet. MCH beräknas utgående från hemoglobinhalten och erythrocytvärdet. MCHC beräknas utgående från hemoglobinhalten och hematokritvärdet. (HORIBA ABX SAS, 2007).

3.3.2 Sysmex XE-5000

Sysmex XE-5000 är en automatisk blodcellsräknare med en förmåga att analysera 67 olika parametrar. På kliniska laboratorier används apparaten för in vitro diagnostik. Med apparaten kan man analysera 150 prover per timme.

Blodprov tas i EDTA-rör och analysen bör ske inom 4 timmar, om det inte är möjligt att analysera provet inom 4 timmar ska det förvaras i kylskåp. Före mätningen är det viktigt att proven har rumstemperatur, kalla prover får alltså inte mätas. (Sysmex Corporation, 2007).

Analysmetoder

Analysatorn använder sig av 4 olika analysprinciper: RF/DC-metoden, den hydrodynamiska fokuserings-metoden (DC Detection), flödescytometri-metoden och SLS-hemoglobin-metoden. Erytrocyterna och trombocyterna analyseras genom hydrodynamisk fokusering. Hematokritvärdet beräknas genom erytrocytpulshöjdsdetekteringsmetoden. Hemoglobinhalten mäts med SLS-hemoglobinmetoden. MCV, MCH och MCHC beräknas. För att förtydliga vilken analysmetod som används för vad har respondenterna sammanställt en tabell (tabell 3). (Sysmex Corporation, 2007).

Tabell 3. Analysmetoder för Sysmex XE-5000

Analysmetod	Parameter
RF/DC metoden	Omogna celler
Hydrodynamisk fokusering	RBC & PLT
Flödescytometri med halvledarlaser	WBC
SLS-hemoglobinmetoden	HGB

(Sysmex Corporation, 2007)

RF/DC-metoden

Med hjälp av ändringar i likspänningsresistansen får man fram blodcellernas storlek, deras inre densitet mäts med en radiofrekvent resistans. Blodet aspireras och späds med Stromatolyser-IM, som är ett lyseringsreagens, för att bestämma omogna celler. Det spädda provet förs vidare till detektorkammaren. Provet förs genom en liten öppning i kammaren. I öppningen finns två elektroder, mellan dessa finns en likström och en radiofrekvent ström. När provet går genom öppningen ändras strömmarnas resistans. Resultatet av detta blir blodcellernas storlek och inre densitet. Ett scattergram ritas upp. (Sysmex Corporation, 2007).

Hydrodynamisk fokusering (DC Detection)

Provet aspireras och späds med spädningslösningen Cellpack i provmunstycket. Det spädda provet transporteras vidare till en konisk kammare samtidigt som det omges av reagenset Cellsheath. Cellerna i provet tvingas att gå en och en genom en öppning i kammaren. Provet samlas upp i ett uppsamlingsrör, vars funktion är att förhindra att cellerna åker tillbaka till mätområdet, detta för att undvika felaktiga resultat. Denna metod ökar cellräkningens noggrannhet samtidigt som reproducerbarheten förbättras. (Sysmex Corporation, 2007).

Flödescytometri med halvledarlaser

För att få reda på blodcellers kemiska och fysiologiska egenskaper används flödescytometri. Partiklar som finns i provet går genom en liten och känslig detekteringspassage. Med hjälp av ljus från fluorokromer och scattergramanalys kan man se vilka celltyper som förekommer. (Sysmex Corporation, 2007).

Blodprovet aspireras och späds varefter det färgas. Provet fortsätter till flödescellen, partiklarna i blodet transporteras i en linje genom mitten av flödescellen. På detta sätt minskar nedsmutsningen av flödescellen samtidigt som artefakter förhindras. När partiklarna färdas genom flödescellen riktas en halvledarlaserstråle mot dem. En fotodiod detekterar allt ljus som sprids framåt medan en fotomultiplikator upptar ljuset som

spridits åt sidorna. Från ljuset får man fram elektriska pulser, med vars hjälp man får fram ett scattergram. Med hjälp av scattergramet får man cellstorlek och cellstruktur. (Sysmex Corporation, 2007).

SLS-hemoglobinmetoden

SLS-hemoglobinmetoden är baserad på två metoder: cyanmethemoglobinmetoden och oxihemoglobinmetoden. Blodprovet aspireras och mäts i blodventilen, där späds det med Cellpack varefter det transporteras till flödescellen. Under tiden tillsätts sulfolyser, vars funktion är att hemolysa erythrocyterna. Därefter omvandlas hemoglobinet till SLS-hemoglobin. Lysdioden skickar ut ett ljus som passerar en lins och provet. Koncentrationen av SLS-hemoglobin mäts som ljusabsorbans. (Sysmex Corporation, 2007).

3.4 Kvalitetsaspekter

The Institute of Medicine meddelade 1999 att 98000 dödsfall per år i USA beror på vårdfel. Vårdfelen delas in i diagnosfel, behandlingsfel, förebyggande fel och övriga fel. Eftersom de flesta diagnoser och behandlingar involverar laboratoriet utgör arbetet på laboratoriet en stor del av patientsäkerheten. Därför bör en hög laboratoriekvalitet upprätthållas. (Agarwal & Chaturvedi & Chhillar & Goyal & Pant & Tripathi 2012, s. 61).

3.4.1 Intern kvalitetskontroll på ett laboratorium

Den interna kvalitetskontrollen på ett kliniskt laboratorium tar fasta på laboratoriets analysmetoder och arbetsrutiner under hela laboratorieundersökningsprocessen, från att provet kommer till laboratoriet tills ett laboratoriesvar ges, samt granskar detta på ett kritiskt sätt. Det finns ingen mätmetod som är absolut perfekt, om man analyserar ett prov två gånger kommer man att få två olika resultat. När man ska definiera kvaliteten och utforma ett kvalitetssystem måste man tänka på vilka krav som finns på

mätresultatet och vad mätresultatet ska användas till, så att man utgående ifrån det kan utforma kvalitetsrutiner så att analysresultatet har tillräckligt låg mätosäkerhet. Kvaliteten bör inte vara mycket högre än kraven, eftersom svarstiden då blir lång och processen ekonomiskt ohållbar. Det här examensarbetet behandlar kvaliteten på en liten automatisk blodcellsräknare som finns på laboratorierna vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral, Malax-Korsnäs hälsovårdscentral och Laihela hälsovårdscentral. Den automatiska blodcellsräknaren analyserar endast akuta prover där läkarna vill ha ett snabbt svar på undersökningen *liten blodbild*. Eftersom de vill ha ett snabbt svar kan de inte förvänta sig den högsta möjliga kvaliteten. Det är alltid ändamålet av analysresultatet som bestämmer kvaliteten, inte laboratoriets förmåga. Om läkaren vill ha en högre kvalitet måste analysprocessen få ta längre tid. I kvalitetssystemet ska man också bestämma hur ofta kontroller av kvaliteten ska göras, hur kontrollen av kvaliteten ska gå till samt vilka resultat som man kan godkänna. (Hovind & Magnusson & Krysell & Lund & Mäkinen 2008, s. 1-9).

Den interna kvalitetskontrollen är en mycket viktig del av arbetet på alla kliniska laboratorier. Det finns många olika kvalitetssystem man kan använda sig av men de är ofta avancerade och tidskrävande och apparattillverkarens kontrollösningar är ofta dyra. Apparattillverkarens kontrollösningar ter sig inte alltid heller på samma sätt som patientprov. På ett laboratorium i Norge använde man sig av tre stycken patientprov som man körde på två olika analysatorer. Man jämförde variationer inom instrumenten och mellan instrumenten. Patientproverna är inte särskilt hållbara, men fungerar ändå bra som material för kvalitetskontroller där man är ute efter att upptäcka kortsiktiga systematiska fel. Det är dock viktigt att utforma ett kvalitetssystem som inte utgör för mycket extra jobb för personalen, men som ändå upptäcker systematiska fel i tillräckligt hög grad. (Hackney & Cembrowski, 1990, s.83; Rustad & Lund 1990, s. 19; Khatri & Kc & Shrestha & Sinha 2013, s. 233).

Kvaliteten på laboratoriet är av stor betydelse för patienterna eftersom 80-90% av diagnoserna görs på basen av laboratorieundersökningar. Laboratoriefel är fel som inträffar inom tidsperioden från att ett test beställs till att ett analysresultat rapporteras. För att undvika laboratoriefel måste man identifiera kritiska områden så att mänskliga och ekonomiska resurser inte går till spillo. Laboratoriefel kan uppstå i alla faser: den preanalytiska fasen, analytiska fasen och postanalytiska fasen. Kvalitetsindikatorer under

den analytiska fasen är slumpmässiga fel (imprecision) och systematiska fel (bias). De vanligaste slumpmässiga felen är förorening av reagens, pipetteringsfel och misslyckad kalibrering. De vanligaste systematiska felen beror på problem i slangar och sonder, eller minskad känslighet hos filter och sonder. (Agarwal m.fl. 2012, s. 61-68).

Även icke-analytiska faktorer bör tas i beaktande. Exempel på icke-analytiska faktorer är: utbildad personal eller att det finns en laboratoriehandbok och att personalen använder rätt provtagningsteknik. Man kan minimera de systematiska felen, men om det gjorts fel i den pre- eller postanalytiska fasen kommer kvaliteten på resultatet ändå att sjunka. Det är därför viktigt att kvalitetssystemet omfattar hela laboratorieprocessen. (Turgeon 1999, s.5-6; Agarwal m.fl. 2012, s. 61-68).

I detta examensarbete kommer respondenterna att undersöka kvaliteten på ABX-apparaterna som finns vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium, Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium och Laihela hälsovårdscentral laboratorium. Detta kommer att göras med en statistisk kontroll av ABX-apparaterna. När man gör en statistisk kontroll brukar man göra en jämförelse mellan resultatet och det rätta värdet, för att se hur mycket resultatet skiljer sig från det rätta värdet, samt göra parallellmätningar för att undersöka apparaternas precision. Med hjälp av jämförelsen fås bias för ABX-apparaterna fram. Med hjälp av parallellmätningarna kan standardavvikelsen och variationskoefficienten räknas ut, och på så sätt fås apparaternas precision fram. Med hjälp av dessa värden kan Sigma räknas ut och med en täckningsfaktor kan även totalfelet räknas ut. (Simonsen 2003, s.20).

3.4.2 Kvalitetsfaktorer och statistiska metoder

Det är viktigt att en bioanalytiker som jobbar på laboratoriet har kunskap om statistiska begrepp för att kunna analysera kvantitativ data. Därför kommer respondenterna nu gå igenom olika begrepp som de använt sig av i detta examensarbete. (Turgeon 1999, s.5-6).

Det är omöjligt att veta det exakta rätta värdet eftersom ingen mätmetod är helt perfekt. I det här examensarbetet kommer respondenterna att använda resultaten från referensanalysatorn Sysmex som det rätta värdet. Till mätosäkerheten räknas bias och

imprecision. Mätosäkerheten uttrycker ett intervall runt mätresultatet där man hittar det rätta värdet. Med bias, eller systematiskt fel, menar man hur mycket mätvärdet skiljer sig från det rätta värdet. Bias är en uppskattning eftersom man inte kan veta det rätta värdet. I detta examensarbete får man alltså fram bias genom att ta skillnaden mellan ABX-resultatet och resultatet man får från referensanalysatorn Sysmex. Genom kalibrering av ABX ska respondenterna försöka minska bias. Imprecision eller slumpmässig variation är mätfel som inte kan korrigeras. Imprecisionen fås fram genom parallellmätningar. Standardavvikelsen och variationskoefficienten brukar vanligen användas som ett mått på imprecisionen. (Turgeon 1999, s.7-8; Simonsen 2003, s.17-48; Islin, 2010; Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 16-17).

Med standardavvikelsen (SD) menar man ett mått på hur mycket mätvärdena varierar från medelvärdet. Standardavvikelsen fås genom kvadratroten ur variansen. Variansen uttrycker hur mycket ett mätvärde skiljer sig från populationens medelvärde. Variationskoefficienten (CV) fås genom att man dividerar standardavvikelsen med medelvärdet och multiplicerar det med 100. Svaret anges i procent. Det intervall där man med en viss sannolikhet kan säga att det rätta värdet finns kallas konfidensintervall. Man använder sig ofta av 95 % sannolikhet när man talar om konfidensintervall. (Turgeon 1999, s.7-8; Simonsen 2003, s.17-48; Islin, 2010; Theodorsson & Grankvist & Nilsson-Ehle 2012, s. 16-17).

Med totalfel (TE) menar man alla fel som kan uppstå p.g.a. slumpmässiga och systematiska fel i analysprocessen. Totalfelet räknas enligt formeln $TE = Bias + Z \cdot SD$ där Z är en täckningsfaktor. I det här examensarbetet har man valt att använda 2,5 som täckningsfaktor efter diskussion med laboratoriets kemist. Det högsta tillåtna totalfelet (TE_a) för olika parametrar fås från Westgard QC och de parametrar som behövs i detta examensarbete har sammanställts i tabell 4. (Westgard, 2007).

Westgard QC är specialiserade på klinisk laboratorievetenskap, kvalitetsstyrning och programvaruteknik. De utvecklar innovativa, klient-specifika strategier för att förbättra arbetet på kliniska laboratorier världen över. Westgard QC erbjuder laboratorierna tjänster inom kvalitetsövervakning, felsökning och förbättring av rutiner för kvalitetskontrollen. (Westgard, u.å.).

Tabell 4. Tabell över högsta tillåtna totalfel.

Parameter	TE _a %
WBC	14,6
RBC	4,4
HGB	4,1
HCT	4,1
MCV	2,2
MCH	2,7
MCHC	2,3
PLT	13,4

TE_a = Högsta tillåtna totalfel (Westgard QC, 2012)

För att få veta hur bra mätmetoden är jämfört med kvalitetskraven kan man räkna ut Sigma. Sigma räknas ut enligt formeln $\text{Sigma} = (\text{TE}_a - \text{bias}) / \text{CV}$. Metoder med en Sigma på 5 eller högre har låg risk för analytiska fel. (Westgard & Westgard, 2009; Parry, u.å.).

3.5 Tidigare forskning

I staden Hangzhou i Kina har man tillämpat en jämförelsemetod för intern kvalitetskontroll av hematologiska analysatorer. Idén med jämförelsemetoden var att använda färskt patientblod som kvalitetskontroll istället för syntetiska kontrollösningar.

En hematologisk analysator med god funktion valdes ut som referensanalysator och färska blodprover från friska individer analyserades med den utvalda referensanalysatorn. Värdena från analysen användes sedan för kalibrering av jämförda hematologiska analysatorer.

Godtagbara gränser för standardavvikelsen i WBC, RBC, HGB, HCT och PLT bestämdes genom jämförelser under tre månaders tid. Färska blodprov från patienter med låga, medel och höga värden analyserades med den jämförda analysatorn och med referensanalysatorn, sedan gjordes en jämförelse av resultaten. Standardavvikelsen för

parametrarna WBC, RBC, HGB, HCT och PLT beräknades var för sig. Ett diagram för den interna kvalitetskontrollen på laboratoriet etablerades. X-axeln fick stå för datum och y-axeln för standardavvikelse. Den godtagbara gränsen för standardavvikelsen blev ± 2 standardsavvikelser.

Slutsatsen av deras undersökning är att man genom att använda denna metod kan utföra kvalitetskontrollen av de jämförda analysatorerna på ett effektivt och bekvämt sätt. Samtidigt som det är ekonomiskt hållbart. (Wang, 2008).

4 Undersökningens genomförande

Det praktiska arbetet utfördes på laboratorierna vid Vasa centralsjukhus, Vasa stads huvudhälsovårdscentral, Malax-Korsnäs hälsovårdscentral och Laihela hälsovårdscentral under tiden 15.4 - 31.5.2013. Det praktiska arbetet gick ut på att först utforma en kvalitetskontrollrutin för de automatiska blodcellsräknarna på hälsovårdscentralernas laboratorier, och sedan testades den i praktiken. För att kunna göra en kontroll av kvaliteten gjordes också parallellmätningar.

4.1 Jämförelse av ABX och Sysmex

Det praktiska arbetet började med en jämförelse av undersökningen *liten blodbild* mellan ABX-apparaterna på Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium, Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium och Laihela hälsovårdscentral laboratorium och referensanalysatorn Sysmex på kliniska laboratoriet vid Vasa centralsjukhus. Jämförelsen gjordes för att få veta hur mycket ABX-apparaternas mätvärden skiljde sig från Sysmex:s mätvärden. Med hjälp av resultaten av jämförelsen gjordes en kalibrering av ABX-apparaterna (se kapitel 4.2).

Apparattillverkarens kontrolllösningar är dyra och ter sig inte alltid på samma sätt som patientprov. Därför valde respondenterna att använda sig av patientprov i apparatjämförelsen. Patientprov är instabila men kan användas under bestämda tidsgränser som kontroll av erythrocytindexen. (Rustad & Lund, 1990).

Tre stycken patientprov, där undersökningen *liten blodbild* hade analyserats på blodcellsräknaren Sysmex på Vasa centralsjukhus, valdes ut. De utvalda patientproverna skulle ha ett leukocytvärde inom referensintervallet. Höga leukocytvärden kan påverka erythrocytvärdet (Vanharanta 2010, s. 227). Provet fick inte ha några patologiska celler eller trombocytklumpar, och respondenterna strävade dessutom efter att välja prov med varierande hemoglobinhalt. Prov med patologiska celler och trombocytklumpar "fastnar" i Sysmex och sådana prov försvårar apparatjämförelsen. På kliniska laboratoriet vid Vasa centralsjukhus finns två Sysmex-apparater. För att undvika variationer mellan apparaterna valdes patientprov som endast analyserats på den ena. Provernas resultat från Sysmex fördes in i en Exceltabell. Respondenterna utförde själva mätningarna vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium och Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium. Till Laihela hälsovårdscentral laboratorium skickades patientprov och personalen där fick utföra jämförelsen på egen hand. Med proverna till Laihela hälsovårdscentral laboratorium medföljde en blankett (bilaga 1) med instruktioner om utförandet. Blanketten innehöll också tabeller för mätresultaten. Personalen vid Laihela hälsovårdscentral laboratorium utförde analysen och fyllde i mätresultaten i tabellerna och returnerade blanketten till kliniska laboratoriet vid Vasa centralsjukhus.

Före jämförelsemätningarna på ABX utfördes, analyserades apparattillverkarens kontrollösning. Sedan analyserades de tre proverna på ABX. Det är viktigt att blanda patientproverna ordentligt före analysen, eftersom blod inte är homogent (Sand m.fl. 2007, s 316). Resultaten från ABX fördes in i samma Exceltabell som Sysmex-resultaten och kvoten mellan dem räknades ut. Om kvoten mellan Sysmex och ABX är 1.00 så betyder det att apparaterna ger samma resultat. Resultaten från Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium hittas i tabell 5, resultaten från Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium hittas i tabell 6 och resultaten från Laihela hälsovårdscentral laboratorium hittas i tabell 7.

Tabell 5. Jämförelse av Sysmex och ABX vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
S Prov 1	5,37	4,60	139	42,0	91,1	30,2	332	199
A Prov 1	5,20	4,38	141	39,5	90,2	32,3	358	168
Kvot	1,03	1,05	0,99	1,06	1,01	0,93	0,93	1,18
S Prov 2	6,11	4,35	135	40,0	92,6	31,0	335	365
A Prov 2	6,10	4,23	138	38,9	92,0	32,7	356	341
Kvot	1,00	1,03	0,98	1,03	1,01	0,95	0,94	1,07
S Prov 3	5,89	3,62	100	30,0	82,6	27,6	334	57
A Prov 3	5,70	3,27	98	27,0	82,7	29,8	361	63
Kvot	1,03	1,11	1,02	1,11	1,00	0,93	0,93	0,90

S= Sysmex, A= ABX, WBC ($10^9/l$), RBC ($10^{12}/l$), HGB (g/l), HCT (%), MCV (fl), MCH (pg/cell), MCHC (g/l) och PLT ($10^9/l$).

Tabell 6. Jämförelse av Sysmex och ABX vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
S Prov 1	4,58	4,28	94	30,7	71,7	22,0	306	464
A Prov 1	5,00	4,14	96	29,4	70,8	23,1	325	509
Kvot	0,92	1,03	0,98	1,04	1,01	0,95	0,94	0,91
S Prov 2	4,97	3,90	110	32,9	84,4	28,2	334	193
A Prov 2	5,00	3,74	110	32,4	86,5	29,3	339	195
Kvot	0,99	1,04	1,00	1,02	0,98	0,96	0,99	0,99
S Prov 3	4,46	5,28	154	44,4	84,1	29,2	347	219
A Prov 3	4,70	5,15	154	45,3	87,9	29,8	339	228
Kvot	0,95	1,03	1,00	0,98	0,96	0,98	1,02	0,96

S= Sysmex, A= ABX, WBC ($10^9/l$), RBC ($10^{12}/l$), HGB (g/l), HCT (%), MCV (fl), MCH (pg/cell), MCHC (g/l) och PLT ($10^9/l$).

Tabell 7. Jämförelse av Sysmex och ABX vid Laihela hälsovårdscentral laboratorium

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
S Prov 1	5,02	5,03	147	43,4	86,3	29,2	339	172
A Prov 1	5,00	4,84	144	42,9	88,6	29,8	336	157
Kvot	1,00	1,04	1,02	1,01	0,97	0,98	1,01	1,10
S Prov 2	4,84	4,24	129	39,2	92,5	30,4	329	195
A Prov 2	4,60	4,08	128	37,8	92,6	31,4	340	187
Kvot	1,05	1,04	1,01	1,04	1,00	0,97	0,97	1,04
S Prov 3	4,62	4,13	118	35,6	86,2	28,6	331	267
A Prov 3	4,30	4,03	117	34,8	86,4	29,1	337	280
Kvot	1,07	1,02	1,01	1,02	1,00	0,98	0,98	0,95

S= Sysmex, A= ABX, WBC ($10^9/l$), RBC ($10^{12}/l$), HGB (g/l), HCT (%), MCV (fl), MCH (pg/cell), MCHC (g/l) och PLT ($10^9/l$).

En uträkning av kvotmedelvärdena för de olika parametrarna gjordes. Kvotmedelvärdena visar hur mycket ABX:s mätvärden skiljer sig från Sysmex:s mätvärden i medeltal. I tabellerna 8, 9 och 10 presenteras kvotmedelvärdena för de olika hälsovårdscentral laboratoriernas ABX-apparater. Kvotmedelvärdet bör ligga så nära 1,00 som möjligt.

Tabell 8. Kvotmedelvärde Sysmex/ABX vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Kvot- medelvärde	1,02	1,06	0,99	1,07	1,01	0,94	0,93	1,05

Tabell 9. Kvotmedelvärde Sysmex/ABX vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Kvot- medelvärde	0,95	1,03	0,99	1,01	0,98	0,96	0,98	0,95

Tabell 10. Kvotmedelvärde Sysmex/ABX vid Laihela hälsovårdscentrals laboratorium

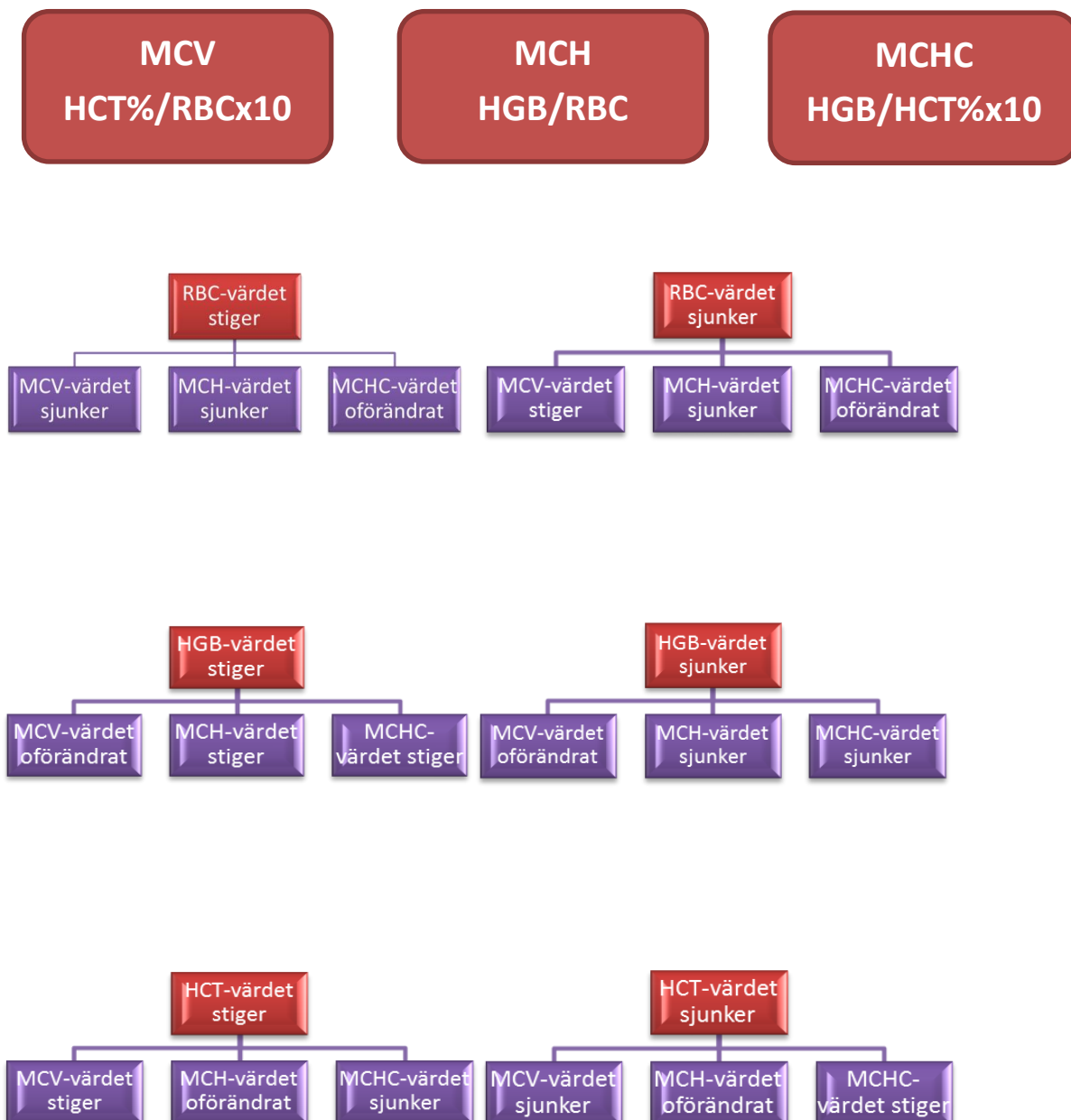
	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Kvot- medelvärde	1,04	1,03	1,01	1,02	0,99	0,98	0,99	1,03

ABX-apparaten vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium (se tabell 8) har ett kvotmedelvärde för HCT på 1,07. Eftersom kvotmedelvärdet är större än 1,00 betyder det att ABX ger lägre värden än Sysmex.

ABX-apparaten vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium (se tabell 9) har ett kvotmedelvärde för MCH på 0,96. Eftersom kvotmedelvärdet är mindre än 1,00 betyder det att ABX ger högre värden än Sysmex.

4.2 Kalibrering av ABX

Med hjälp av kvotmedelvärdena för de olika parametrarna, som finns i tabellerna 8, 9 och 10, bestämdes vilken parameters kalibreringskoefficient som behövde justeras. I kalibreringen beaktades inte WBC och PLT. Kvotmedelvärdena ska efter kalibreringen ligga så nära 1,00 som möjligt. Till exempel ABX vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium har kvotmedelvärden som avviker ganska mycket från 1,00 i RBC, HCT, MCH och MCHC. Det är viktigt att ta i beaktande hur de olika parametrarna påverkar varandra vid en justering av kalibreringskoefficienterna. Exempelvis sjunker MCV och MCH när RBC stiger (se figur 4).



Figur 4. Schema över hur erythrocyterna, hemoglobinet och hematokriten hänger ihop med erythrocytindexen.

ABX-apparatens gamla kalibreringskoefficienter skrevs ut ur apparaten. För att få den nya kalibreringskoefficienten för den parameter som skulle kalibreras multiplicerades den gamla kalibreringskoefficienten med kvotmedelvärdet för den parameter som skulle kalibreras. Den nya kalibreringskoefficienten matades in i apparaten. Ett av de tre tidigare analyserade patientproverna analyserades på nytt för att se om ABX:s resultat stämde

mera överens med Sysmex:s resultat eller om någon annan parameter också borde kalibreras.

Efter godkänd kalibrerad kalibreringskoefficient analyserades apparattillverkarens kontrollösning två gånger för att se hur kontrollvärdena hade ändrat från kontrollvärdena före kalibreringen. Värdena jämfördes för att se att de höll sig på samma nivå.

På ABX-apparaten vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium ändrades kalibreringskoefficienten för RBC och HCT, eftersom målet var att sänka kvotmedelvärdet för RBC och HCT samtidigt som man ville höja kvotmedelvärdet för MCH och MCHC (se schema över hur de påverkar varandra i figur 4). De gamla kalibreringskoefficienterna var 0,84 respektive 1,03. Den gamla kalibreringskoefficienten för RBC dvs. 0,84 multiplicerades med kvotmedelvärdet för RBC dvs. 1,06 för att få den nya kalibreringskoefficienten 0,89. Den nya kalibreringskoefficienten för RBC matades in i ABX-apparaten varefter ett av de analyserade patientproverna analyserades på nytt. För att få den nya kalibreringskoefficienten för HCT togs det nyligen körda provets resultat från Sysmex dividerat med det nya värdet på ABX, $42/40=1,05$. 1,05 multiplicerades med den gamla kalibreringskoefficienten för HCT dvs. 1,03. Den nya kalibreringskoefficienten för HCT blev 1,08. Den matades in i ABX-apparaten.

På ABX-apparaten vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium ändrades kalibreringskoefficienten för RBC eftersom målet var att sänka kvotmedelvärdet för RBC och höja kvotmedelvärdet för MCH (se schema över hur de påverkar varandra i figur 4). Den gamla kalibreringskoefficienten för RBC var 0,84. Den multiplicerades med kvotmedelvärdet för RBC dvs. 1,03. Den nya kalibreringskoefficienten för RBC blev 0,87. Den matades in i ABX-apparaten.

Kalibreringen av ABX-apparaten vid Laihela hälsovårdscentral laboratorium utfördes av en kemist. Kalibreringskoefficienten för RBC ändrades eftersom målet var att sänka kvotmedelvärdet för RBC. Den gamla kalibreringskoefficienten för RBC var 0,86. Den multiplicerades med medelvärdet för kvoterna för RBC, det vill säga 1,03. Den nya kalibreringskoefficienten blev då 0,89. Den matades in i apparaten.

4.3 Jämförelse av ABX och Sysmex efter kalibrering

När jämförelserna och kalibreringarna av ABX-apparaterna var klara gjordes en slutjämförelse på alla apparater. Sex utvalda patientprov som analyserats på Sysmex skickades till Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium och Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium och personalen där fick analysera dem. En kemist tog med sig sex patientprov till Laihela hälsovårdscentral laboratorium och analyserade dem. Med proverna skickades en blankett (bilaga 2) där resultaten fylldes i. Resultaten från Sysmex skrevs in i en Exceltabell och när blanketterna returnerades från hälsovårdscentralernas laboratorier skrevs deras resultat in i samma Exceltabell. Kvoterna mellan Sysmex och ABX räknades ut. Mätresultaten för jämförelsen efter kalibreringen presenteras i tabellerna 11, 12 och 13.

Tabell 11. Jämförelse av Sysmex och ABX vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium efter kalibrering

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
S Prov 1	6,02	4,56	139	41,2	90,4	30,5	337	193
A Prov 1	5,50	4,63	139	41,2	89	30,0	337	173
Kvot	1,09	0,98	1,00	1,00	1,02	1,02	1,00	1,12
S Prov 2	5,16	4,23	125	38,2	90,3	29,6	327	136
A Prov 2	7,50	4,32	125	37,9	87,7	29,0	331	151
Kvot	0,69	0,98	1,00	1,01	1,03	1,02	0,99	0,90
S Prov 3	5,50	4,79	138	40,6	84,8	28,8	340	316
A Prov 3	5,10	4,87	134	40,8	83,9	27,5	327	272
Kvot	1,08	0,98	1,03	1,00	1,01	1,04	1,04	1,16
S Prov 4	3,68	4,49	127	38,3	85,3	28,3	332	192
A Prov 4	3,70	4,46	127	37,4	83,7	28,4	339	165
Kvot	0,99	1,01	1,00	1,02	1,02	1,00	0,98	1,16
S Prov 5	7,15	3,74	118	34,0	90,9	31,6	347	137
A Prov 5	6,90	3,87	115	35,6	91,9	30,7	334	123
Kvot	1,04	0,97	1,03	0,96	0,99	1,03	1,04	1,11
S Prov 6	3,61	3,98	133	39,9	100,3	33,4	333	142
A Prov 6	3,90	4,07	132	40,1	98,6	32,4	329	129
Kvot	0,93	0,98	1,01	1,00	1,02	1,03	1,01	1,10

S= Sysmex, A= ABX, WBC ($10^9/l$), RBC ($10^{12}/l$), HGB (g/l), HCT (%), MCV (fl), MCH (pg/cell), MCHC (g/l) och PLT ($10^9/l$).

Tabell 12. Jämförelse av Sysmex och ABX vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium efter kalibrering

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
S Prov 1	3,37	3,40	95	30,1	88,5	27,9	316	66
A Prov 1	3,40	3,41	95	28,7	84,3	27,9	331	64
Kvot	0,99	1,00	1,00	1,05	1,04	1,00	0,95	1,03
S Prov 2	6,10	4,40	111	35,5	80,7	25,2	313	410
A Prov 2	6,80	4,39	112	34,1	77,7	25,5	328	414
Kvot	0,90	1,00	0,99	1,04	1,04	0,99	0,95	0,99
S Prov 3	4,20	4,09	124	36,4	89,0	30,3	341	169
A Prov 3	4,40	4,10	124	35,8	87,3	30,3	347	183
Kvot	0,95	1,00	1,00	1,02	1,02	1,00	0,98	0,92
S Prov 4	7,63	4,09	118	35,5	86,8	28,9	332	223
A Prov 4	7,90	4,01	116	34,4	85,8	28,9	337	237
Kvot	0,97	1,02	1,02	1,03	1,01	1,00	0,99	0,94
S Prov 5	7,63	4,09	118	35,5	86,8	28,9	332	223
A Prov 5	7,90	4,01	116	34,4	85,8	28,9	337	237
Kvot	0,97	1,02	1,02	1,03	1,01	1,00	0,99	0,94
S Prov 6	6,83	3,14	100	29,1	92,7	31,8	344	205
A Prov 6	7,50	3,13	100	29,4	93,8	32,1	342	200
Kvot	0,91	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	1,01	1,03

S= Sysmex, A= ABX, WBC ($10^9/l$), RBC ($10^{12}/l$), HGB (g/l), HCT (%), MCV (fl), MCH (pg/cell), MCHC (g/l) och PLT ($10^9/l$).

Tabell 13. Jämförelse av Sysmex och ABX vid Laihela hälsovårdscentral laboratorium efter kalibrering

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
S Prov 1	5,24	3,11	92	27,0	86,8	29,6	341	154
A Prov 1	5,00	2,99	88	25,4	84,8	29,3	345	173
Kvot	1,05	1,04	1,05	1,06	1,02	1,01	0,99	0,89
S Prov 2	5,90	4,50	135	38,8	86,2	30,0	348	200
A Prov 2	5,90	4,53	135	39,4	86,9	29,7	342	185
Kvot	1,00	0,99	1,00	0,98	0,99	1,01	1,02	1,08
S Prov 3	7,11	3,43	109	33,2	96,8	31,8	328	299
A Prov 3	6,70	3,44	109	32,0	92,9	31,6	340	305
Kvot	1,06	1,00	1,00	1,04	1,04	1,01	0,96	0,98
S Prov 4	7,80	4,09	134	42,5	103,9	32,8	315	393
A Prov 4	7,60	4,16	134	40,4	97,1	32,3	333	396
Kvot	1,03	0,98	1,00	1,05	1,07	1,02	0,95	0,99
S Prov 5	4,54	3,73	106	34,6	92,8	28,4	306	234
A Prov 5	4,30	3,60	101	30,9	85,8	28,1	327	209
Kvot	1,06	1,04	1,05	1,12	1,08	1,01	0,94	1,12
S Prov 6	3,72	4,02	115	34,6	86,1	28,6	332	106
A Prov 6	3,40	4,01	114	33,8	84,3	28,5	338	116
Kvot	1,09	1,00	1,01	1,02	1,02	1,00	0,98	0,91

S= Sysmex, A= ABX, WBC ($10^9/l$), RBC ($10^{12}/l$), HGB (g/l), HCT (%), MCV (fl), MCH (pg/cell), MCHC (g/l) och PLT ($10^9/l$).

För att få en bättre bild över om resultaten hade förbättrats efter kalibreringen räknades kvotmedelvärdena för de olika parametrarna ut och dessa hittas i tabellerna 14, 15 och 16. Kvotmedelvärdena bör ligga så nära 1,00 som möjligt.

Tabell 14. Kvotmedelvärde Sysmex/ABX vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium efter kalibrering

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Kvot-medelvärde	0,97	0,98	1,01	1,00	1,01	1,02	1,01	1,09

Tabell 15. Kvotmedelvärde Sysmex/ABX vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium efter kalibrering

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Kvot-medelvärde	0,95	1,01	1,01	1,03	1,02	1,00	0,98	1,00

Tabell 16. Kvotmedelvärde Sysmex/ABX vid Laihela hälsovårdscentral laboratorium efter kalibrering

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Kvot-medelvärde	1,05	1,01	1,02	1,05	1,04	1,01	0,97	1,00

Med hjälp av kvotmedelvärdena fås bias för de olika parametrarna hos apparaterna fram. Kvotmedelvärdets avvikelse från 1,00 ger bias. Till exempel, RBC på ABX vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium har ett kvotmedelvärde på 0,98. Avvikelsen från 1,00 är 0,02, dvs. en bias på 2 %. HCT på ABX vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium har ett kvotmedelvärde 1,03. Avvikelsen från 1,00 är 0,03 dvs. en bias på 3 %.

4.4 Parallellmätningar på ABX

Efter genomförd kalibrering och jämförelse av ABX-apparaterena på Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium och Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium gjordes parallellmätningar på apparaterna för att få reda på deras imprecision. Parallellmätning innebär att man mäter samma prov två gånger på samma apparat. Värdet för imprecisionen behövs för att kunna räkna ut apparaternas totalfel och Sigma.

På Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium analyseras endast akuta prov med ABX-apparaten, resten skickas med budbilen till Vasa centralsjukhus. Detta innebär att provmängden som analyseras med ABX är väldigt liten. Respondenterna valde därför att göra parallellmätningar på alla akuta prov under tiden 24.4 - 7.5.2013. Personalen på laboratoriet informerades om undersökningen och de utförde mätningarna. Detta resulterade i sammanlagt 16 parallellmätningar och dessa hittas i bilaga 3.

Personalen vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium informerades också om undersökningen och de fick likadana instruktioner som personalen vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium. Där gjordes parallellmätningar under tiden 17.5 - 23.5.2013 och det resulterade i sammanlagt 20 parallellmätningar som hittas i bilaga 4.

På grund av begränsning i tid har inga parallellmätningar på ABX-apparaten vid Laihela hälsovårdscentral laboratorium gjorts.

Vid bearbetningen av resultaten användes en färdigt uppgjord Exceltabell. Med hjälp av Exceltabellen fick man fram standardavvikelsen och variationskoefficienten som behövdes vid beräkning av totalfel och Sigma. Resultaten från parallellmätningarna fördes in i tabellerna. För att få fram standardavvikelsen och variationskoefficienten för varje enskild parameter (WBC, RBC, HGB, HCT, MCV, MCH, MCHC och PLT) behövdes en egen tabell för varje parameter.

5 Resultat och tolkning

I kalibreringen av ABX-apparaterna koncentrerade respondenterna sig på att behandla erythrocyterna (RBC), hemoglobinet (HGB), hematokriten (HCT) och erythrocytindexen (MCV, MCH, MCHC). Leukocyterna (WBC) och trombocyterna (PLT) har alltså inte behandlats i kalibreringen.

5.1 Jämförelse av ABX och Sysmex före och efter kalibrering

I detta kapitel kommer respondenterna att presentera resultatet från jämförelsen av ABX-apparaterna som finns vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium, Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium och Laihela hälsovårdscentral laboratorium, och referensanalysatorn Sysmex, före och efter kalibrering, och ta fasta på om de lyckats minska bias eller inte.

5.1.1 Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium

Vid jämförelse av kvotmedelvärdena för jämförelsen av Sysmex och ABX före kalibreringen (se tabell 8) med kvotmedelvärdena för jämförelsen av Sysmex och ABX efter kalibreringen (se tabell 14), ser man att alla parametrar som behandlats, dvs. RBC, HGB, HCT och erythrocytindex, har förbättrats. Kvotmedelvärdena efter kalibreringen ligger närmare 1,00 än före kalibreringen, vilket betyder att ABX-apparaternas mätvärden nu stämmer bättre överens med Sysmex:s mätvärden än vad de gjorde före kalibreringen. Detta innebär att respondenterna har lyckats minska bias för alla parametrar som behandlats. En närmare genomgång av alla parametrar var för sig tas upp i kapitel 5.2.1.

5.1.2 Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium

Vid jämförelse av kvotmedelvärdena för jämförelsen av Sysmex och ABX före kalibreringen (se tabell 9) med kvotmedelvärdena för jämförelsen av Sysmex och ABX efter kalibreringen (se tabell 15), ses inte en lika tydlig förbättring som vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium. RBC och MCH har förbättrats. HGB, MCV och MCHC ligger på samma nivå. HCT har försämrats. Respondenterna har alltså lyckats minska bias för RBC och MCH. På ABX vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium ändrades kalibreringskoefficienten för både RBC och HCT medan endast kalibreringskoefficienten för RBC ändrades vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium. Detta kan vara orsaken till att resultaten vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium inte förbättrats lika mycket. En närmare genomgång av alla parametrar var för sig tas upp i kapitel 5.2.2.

5.1.3 Laihela hälsovårdscentral laboratorium

Vid jämförelse av kvotmedelvärdena för jämförelsen av Sysmex och ABX före kalibreringen (se tabell 10) med kvotmedelvärdena för jämförelsen av Sysmex och ABX efter kalibreringen (se tabell 16), ses en förbättring i RBC och MCH. De övriga parametrarna som behandlats, det vill säga HGB, HCT, MCV och MCHC, har försämrats. Detta innebär att respondenterna har lyckats minska bias för RBC och MCH. Kalibreringskoefficienten för RBC ändrades så därför ses en förbättring i RBC och MCH.

5.2 Kontroll av kvaliteten

I detta kapitel kommer respondenterna att presentera vilken kvalitet ABX-apparaterna uppfyller efter kalibreringen. Utgående ifrån kvalitetskontrollrutinen och parallellmätningarna kommer respondenterna att dra slutsatser om huruvida de olika parametrarna uppfyller kvalitetskraven. Kvalitetskraven utgörs av totalfel och Sigma. ABX-apparaternas totalfel ska ligga under gränsen för det högsta tillåtna totalfelet för varje parameter. Apparaten ska helst ha en Sigma över 5 för varje parameter, men en Sigma på 3-4 är acceptabel.

5.2.1 Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium

För att få en klarare bild av resultatet har respondenterna sammanställt en tabell (tabell 17) över alla kvalitetsparametrar som används i tolkningen av resultatet. En tolkning av resultatet för varje parameter hittas efter tabellen.

Tabell 17. Kvalitetsparametrar för ABX vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium.

	Kvotmedelvärde	Bias %	SD	CV %	Sigma	TE %	TE _a %
WBC	0,97	3	0,39	4,6	2,5	4,0	14,6
RBC	0,98	2	0,09	2,0	1,2	2,2	4,4
HGB	1,01	1	2,56	1,9	1,6	7,4	4,1
HCT	1,00	0	0,86	2,1	2,0	2,2	4,1
MCV	1,01	1	0,39	0,5	2,4	2,0	2,2
MCH	1,02	2	0,17	0,6	1,2	2,4	2,7
MCHC	1,01	1	2,52	0,8	1,6	7,3	2,3
PLT	1,09	9	15,88	7,9	0,6	48,7	13,4

Kvotmedelvärde uttrycker kvoten mellan Sysmex och ABX, Bias uttrycker det systematiska felet i %, SD uttrycker standardavvikelsen, CV uttrycker variationskoefficienten i %, Sigma är en kvalitetsfaktor, TE uttrycker apparatens totalfel i % och TE_a uttrycker det högsta tillåtna totalfelet enligt Westgard i %.

RBC

Efter kalibrering av ABX har RBC en bias på 2 %, vilket är högre än målet efter kalibreringen. Det högsta tillåtna totalfelet för RBC är 4,4 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,09 och en hög variationskoefficient på 2,0 %. På grund av apparatens höga bias och höga variationskoefficient blir Sigma låg (1,2). Utgående ifrån Sigma uppfyller inte RBC kvalitetskraven. Eftersom standardavvikelsen är låg blir apparatens totalfel endast 2,2 % vilket klart ligger under gränsen för det högsta tillåtna totalfelet. Utgående ifrån totalfelet uppfyller RBC alltså kvalitetskraven.

HGB

Efter kalibrering av ABX har HGB en bias på 1 %, vilket är målet för examensarbetet. Det högsta tillåtna totalfelet för HGB är 4,1 %. Parallellmätningarna ger en hög standardavvikelse på 2,56 och en hög variationskoefficient på 1,9 %. Trots apparatens låga bias blir Sigma låg (1,6), vilket beror på att variationskoefficienten är hög. På grund av den höga standardavvikelsen fås ett högt totalfel för apparaten på 7,4 %, vilket är högre än det högsta tillåtna totalfelet för HGB. HGB uppfyller alltså inte kvalitetskraven. Om man ser på värdena från parallellmätningarna (bilaga 3) ser man att HGB värdena i prov 2 och 4 ändrar mycket från mätning 1 till mätning 2, medan de resterande proverna inte varierar mycket från mätning 1 till mätning 2. Om man tar bort prov 2 och 4 sjunker standardavvikelsen och variationskoefficienten och ett bättre resultat för både Sigma och totalfelet fås.

HCT

Efter kalibrering av ABX har HCT ingen bias, vilket är bättre än målet på 1 %. Det högsta tillåtna totalfelet för HCT är 4,1 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,86 och en hög variationskoefficient på 2,1 %. Trots att apparaten saknar bias, blir Sigma låg (2,0), vilket beror på att variationskoefficienten är hög. Utgående ifrån Sigma uppfyller apparaten alltså inte kvalitetskraven. Eftersom apparaten saknar bias och standardavvikelsen är låg blir apparatens totalfel lågt på 2,2 %, vilket klart ligger under gränsen för det högsta tillåtna totalfelet. Utgående ifrån totalfelet uppfyller alltså apparaten kvalitetskraven för HCT.

MCV

Efter kalibrering av ABX har MCV en bias på 1 %, vilket är målet för examensarbetet. Det högsta tillåtna totalfelet för MCV är lågt på 2,2 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,39 och en låg variationskoefficient på 0,5 %. Den låga variationskoefficienten resulterar i att Sigma blir 2,4, vilket inte är så långt ifrån den acceptabla gränsen för Sigma. Apparaten har ett totalfel på 2,0 %, vilket ligger under

gränsen för det högsta tillåtna totalfelet. Utgående ifrån totalfelet uppfyller alltså apparaten kvalitetskraven för MCV.

MCH

Efter kalibrering av ABX har MCH en bias på 2 %, vilket är högre än målet efter kalibreringen. Det högsta tillåtna totalfelet för MCH är lågt på 2,7 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,17 och en låg variationskoefficient på 0,6 %. Eftersom det högsta tillåtna totalfelet är lågt och apparaten har en hög bias blir Sigma endast 1,2, trots att variationskoefficienten är låg. Utgående ifrån Sigma uppfyller MCH alltså inte kvalitetskraven. Eftersom standardavvikelsen är låg blir apparatens totalfel på 2,4 % under gränsen för det högsta tillåtna totalfelet, trots att apparaten har en hög bias. Utgående ifrån totalfelet uppfyller apparaten alltså kvalitetskraven för MCH.

MCHC

Efter kalibrering av ABX har MCHC en bias på 1 %, vilket är målet för examensarbetet. Det högsta tillåtna totalfelet för MCHC är lågt på 2,3 %. Parallellmätningarna ger en hög standardavvikelse på 2,52 och en låg variationskoefficient på 0,8 %. Eftersom det högsta tillåtna totalfelet för MCHC är lågt blir Sigma låg (1,6) trots att apparaten har en låg bias. Utgående ifrån Sigma uppfyller apparaten alltså inte kvalitetskraven. På grund av den höga standardavvikelsen får apparaten ett högt totalfel på 7,3 %, trots att apparatens bias är låg. Apparaten uppfyller alltså inte kvalitetskraven utgående ifrån totalfelet. MCHC räknas ut med hjälp av HGB och HCT. Eftersom HGB har en hög standardavvikelse är det logiskt att MCHC också får en hög standardavvikelse.

WBC och PLT

WBC och PLT har inte beaktats vid kalibreringen. WBC har en hög bias på 3 %. Det högsta tillåtna totalfelet för WBC är högt på 14,6 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,39 och en hög variationskoefficient på 4,6 %. Trots att apparaten har en hög bias och variationskoefficient för WBC blir Sigma för WBC den högsta för den

här apparaten (2,5), vilket beror på att det högsta tillåtna totalfelet är högt. Apparaten får ett totalfel på 4,0 %, vilket kan verka högt, men eftersom WBC har ett högt högsta tillåtna totalfel ligger apparatens totalfel klart under gränsen. Utgående ifrån totalfelet uppfyller apparaten kvalitetskraven för WBC, trots att WBC inte beaktats vid kalibreringen.

PLT däremot har en bias på 9 %. Det högsta tillåtna totalfelet är högt på 13,4 %. Parallellmätningarna ger en hög standardavvikelse på 15,88 och en hög variationskoefficient på 7,9 %. Apparats höga bias och den höga variationskoefficienten ger en mycket låg Sigma på 0,6. Utgående ifrån Sigma uppfyller apparaten alltså inte kvalitetskraven för PLT. Apparats höga bias och standardavvikelse resulterar i ett högt totalfel för PLT på 48,7 %. Detta är mer än 3 gånger det högsta tillåtna totalfelet för PLT. Utgående ifrån totalfelet uppfyller alltså apparaten inte kvalitetskraven för PLT. Om man ser på värdena från parallellmätningarna (bilaga 3) ser man att PLT värdena i prov 2 ändrar mycket från mätning 1 till mätning 2, medan de resterande proverna inte varierar mycket från mätning 1 till mätning 2. Om man tar bort prov 2 sjunker standardavvikelsen och variationskoefficienten och ett bättre resultat för både Sigma och totalfelet fås. Men värdena ligger fortfarande utanför kvalitetskraven.

5.2.2 Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium

För att få en klarare bild över resultatet har respondenterna sammanställt en tabell (tabell 18) över alla kvalitetsparametrar som används i tolkningen av resultatet. En tolkning av resultatet för varje parameter hittas efter tabellen.

Tabell 18. Kvalitetsparametrar för ABX vid Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium.

	Kvotmedelvärde	Bias %	SD	CV %	Sigma	TE %	TE _a %
WBC	0,95	5	0,13	1,7	5,6	5,3	14,6
RBC	1,01	1	0,06	1,2	2,8	1,2	4,4
HGB	1,01	1	1,31	1,0	3,1	4,3	4,1
HCT	1,03	3	0,55	1,4	0,8	4,4	4,1
MCV	1,02	2	0,43	0,5	0,4	3,1	2,2
MCH	1,00	0	0,33	1,2	2,3	0,8	2,7
MCHC	0,98	2	3,68	1,1	0,3	11,2	2,3
PLT	1,00	0	7,10	2,7	5,0	17,8	13,4

Kvotmedelvärde uttrycker kvoten mellan Sysmex och ABX, Bias uttrycker det systematiska felet i %, SD uttrycker standardavvikelsen, CV uttrycker variationskoefficienten i %, Sigma är en kvalitetsfaktor, TE uttrycker apparatens totalfel i % och TE_a uttrycker det högsta tillåtna totalfelet enligt Westgard i %.

RBC

Efter kalibrering av ABX har RBC en bias på 1 %, vilket är målet för examensarbetet. Det högsta tillåtna totalfelet för RBC är 4,4 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,06 och en låg variationskoefficient på 1,2 %. Eftersom apparaten har en låg bias och låg variationskoefficient för RBC ligger Sigma (2,8) nära gränsen för acceptabel. Apparatus totalfel blir endast 1,2 % eftersom både bias och standardavvikelsen är låga. Utgående ifrån totalfelet uppfyller alltså apparaten kvalitetskraven för RBC.

HGB

Efter kalibrering av ABX har HGB en bias på 1 %, vilket är målet med examensarbetet. Det högsta tillåtna totalfelet för HGB är 4,1 %. Parallellmätningarna ger en hög standardavvikelse på 1,31 och en låg variationskoefficient på 1,0 %. På grund av apparatus låga bias och den låga variationskoefficienten fås en Sigma på 3,1, vilket är över gränsen för acceptabelt. Utgående ifrån Sigma uppfyller apparaten alltså kvalitetskraven för HGB. Eftersom apparaten har en hög standardavvikelse blir apparatus totalfel högt (4,3 %) trots att apparatus bias är låg. Utgående ifrån totalfelet uppfyller alltså apparaten inte kvalitetskraven för RBC.

HCT

Efter kalibrering av ABX har HCT en bias på 3 %, vilket är högre än målet efter kalibrering. Det högsta tillåtna totalfelet för HCT är 4,1 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,55 och en låg variationskoefficient på 1,4 %. På grund av apparatens höga bias blir Sigma låg (0,8) och apparatens totalfel högt (4,4 %). Apparaten uppfyller alltså inte kvalitetskraven för HCT. Om man ser på värdena från parallellmätningarna (bilaga 4) ser man att HCT värdena i prov 14 och 18 ändrar mycket från mätning 1 till mätning 2, medan de resterande proverna inte varierar mycket från mätning 1 till mätning 2. Om man tar bort prov 14 och 18 sjunker standardavvikelsen och variationskoefficienten och ett bättre resultat för både Sigma och totalfelet fås.

MCV

Efter kalibrering av ABX har MCV en bias på 2 %, vilket är högre än målet efter kalibrering. Det högsta tillåtna totalfelet för MCV är lågt på 2,2 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,43 och en låg variationskoefficient på 0,5 %. På grund av det låga högsta tillåtna totalfelet och apparatens höga bias blir Sigma låg (0,4) trots att variationskoefficienten är låg. Utgående ifrån Sigma uppfyller apparaten alltså inte kvalitetskraven för MCV. Eftersom apparaten har en hög bias blir apparatens totalfel högt (3,1 %) trots att standardavvikelsen är låg. Utgående ifrån totalfelet uppfyller apparaten inte kvalitetskraven för MCV.

MCH

Efter kalibrering av ABX har MCH ingen bias vilket är bättre än målet på 1 %. Det högsta tillåtna totalfelet för MCH är lågt på 2,7 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,33 och en låg variationskoefficient på 1,2 %. Eftersom apparaten inte har någon bias får vi en Sigma på 2,3, vilket inte är så långt ifrån den acceptabla gränsen för Sigma. Eftersom apparaten saknar bias och standardavvikelsen är låg fås ett lågt totalfel för apparaten på 0,8 % vilket klart ligger under gränsen för det högsta tillåtna

totalfelet, trots att MCH har ett lågt högsta tillåtna totalfel. Utgående ifrån totalfelet uppfyller alltså apparaten kvalitetskraven för MCH.

MCHC

Efter kalibrering av ABX har MCHC en bias på 2 %, vilket är högre än målen efter kalibreringen. Det högsta tillåtna totalfelet för MCHC är lågt på 2,3 %. Parallellmätningarna ger en hög standardavvikelse på 3,68 och en låg variationskoefficient på 1,1 %. Eftersom MCHC har ett lågt högsta tillåtna totalfel och en hög bias fås en låg Sigma på 0,3. Utgående ifrån Sigma uppfyller apparaten alltså inte kvalitetskraven för MCHC. På grund av apparatens höga bias och höga standardavvikelse får apparaten ett högt totalfel på 11,2 %, vilket klart ligger över det högsta tillåtna totalfelet. Utgående ifrån totalfelet uppfyller apparaten alltså inte kvalitetskraven för MCHC.

WBC och PLT

WBC och PLT har inte beaktats vid kalibreringen. WBC har en hög bias på 5 %. Det högsta tillåtna totalfelet för WBC är högt på 14,6 %. Parallellmätningarna ger en låg standardavvikelse på 0,13 och en hög variationskoefficient på 1,7 %. Även om apparaten har en hög bias får vi en hög Sigma på 5,6, vilket beror på att WBC har ett högt högsta tillåtna totalfel. Eftersom vi har en hög bias fås ett relativt högt totalfel för apparaten trots att standardavvikelsen är låg. Även om apparatens totalfel är högt på 5,3 % ligger det klart under gränsen för högsta tillåtna totalfelet. WBC uppfyller alltså kvalitetskraven både utgående ifrån Sigma och totalfel, trots att WBC inte beaktats i kalibreringen.

PLT saknar bias, trots att respondenterna inte beaktat PLT i kalibreringen. Det högsta tillåtna totalfelet för PLT är högt på 13,4 %. Parallellmätningarna ger en hög standardavvikelse på 7,10 och en hög variationskoefficient på 2,7 %. På grund av att apparaten saknar bias och att det högsta tillåtna totalfelet för PLT är högt, fås en hög Sigma på 5,0 även om variationskoefficienten är hög. Utgående ifrån Sigma uppfyller alltså apparaten kvalitetskraven för PLT. Eftersom standardavvikelsen är hög fås ett högt

totalfel på 17,8 %, trots att apparaten saknar bias. Utgående ifrån totalfelet uppfyller apparaten alltså inte kvalitetskraven för PLT.

5.2.3 Laihela hälsovårdscentral laboratorium

Respondenterna har inte utfört några parallellmätningar på ABX-apparaten vid Laihela hälsovårdscentral laboratorium. Därför kan man inte säga någonting om huruvida ABX-apparaten uppfyller kvalitetskraven för de olika parametrarna eller inte. Respondenterna har sammanställt en tabell (tabell 19) över ABX-apparatens bias för de olika parametrarna.

Tabell 19. Kvotmedelvärde och bias för ABX vid Laihela hälsovårdscentral laboratorium.

	Kvotmedelvärde	Bias %
WBC	1,05	5
RBC	1,01	1
HGB	1,02	2
HCT	1,05	5
MCV	1,04	4
MCH	1,01	1
MCHC	0,97	3
PLT	1,00	0

Kvotmedelvärde uttrycker kvoten mellan Sysmex och ABX, Bias uttrycker det systematiska felet i %.

Om man ser på bias för de olika parametrarna så är det endast RBC, MCH och PLT som har en bias på 1 % eller lägre. HCT har en hög bias på 5 %, MCV har en hög bias på 4 % och MCHC har en hög bias på 3 %. Därför borde även en kalibrering av HCT utföras. Vid kalibrering av HCT reduceras bias för MCV och MCHC (se figur 4).

5.3 Slutsats

Syftet med examensarbetet var att testa en kvalitetskontrollrutin där man använder sig av patientprov. Kvalitetskontrollrutinen gick ut på att jämföra ABX-apparaterna som finns vid Vasa stads huvudhälsovårdscentral laboratorium, Malax-Korsnäs hälsovårdscentral laboratorium och Laihela hälsovårdscentral laboratorium med referensanalysatorn Sysmex som finns vid kliniska laboratoriet vid Vasa centralsjukhus. I kvalitetskontrollrutinen ingick vid behov kalibrering och en ny jämförelse efter kalibreringen.

Med hjälp av jämförelsen mellan ABX-apparaterna och Sysmex fick man information om ABX-apparaternas bias. Målet med examensarbetet var att få ner bias till 1 %. På basen av jämförelsen kalibrerades ABX-apparaterna så att de efter kalibreringen stämde mer överens med referensanalysatorn än tidigare, dvs. man reducerade bias.

Utgående ifrån det praktiska utförandet och litteraturen kan respondenterna säga att patientprov kan användas för att få information om apparaternas bias och för att kalibrera apparaterna. Kalibreringen görs genom att man först jämför ABX med Sysmex med hjälp av patientprov. Ett kvotmedelvärde Sysmex/ABX räknas ut och med hjälp av kvotmedelvärdet får man fram en ny kalibreringskoefficient. För att få den nya kalibreringskoefficienten multipliceras kvotmedelvärdet med ABX-apparatens gamla kalibreringskoefficient. Sedan matas den nya kalibreringskoefficienten in i apparaten. De parametrar som kalibrerats har en låg bias. Vid ytterligare kalibrering är det möjligt att få ner de övriga parametrarnas bias. Parametrarna som har ett högt totalfel har överlag även en hög standardavvikelse. Detta beror på att apparaten har dålig precision, något som respondenterna inte kan göra någonting åt med kalibrering. Överlag är kvaliteten på ABX-apparaterna god om man ser till totalfelet. Sigma är en sträng faktor eftersom det krävs en väldigt god precision. Sigma är ett bra verktyg när man vill förbättra mätmetoder (Parry, u.å). Med tanke på att apparaten används för analys av prov som kräver ett snabbt resultat, och därmed inte kan ha den högsta möjliga kvaliteten, är kvaliteten acceptabel.

6 Diskussion och kritisk granskning

Detta examensarbete utgör endast en liten del av kvalitetsstyrningen av ABX-apparaterna på hälsovårdscentralernas laboratorier. Småningom kommer ett nytt dataprogram för kvalitetsövervakningen av ABX-apparaterna tas i bruk. Med hjälp av detta kvalitetövervakningsprogram kommer det i framtiden bli lättare att övervaka kvaliteten på ABX-apparaterna. Men det är ändå nödvändigt att med jämna mellanrum göra en jämförelse med referensanalysatorn Sysmex. Jämförelsen ska göras på liknande sätt som den har gjorts i denna undersökning.

Kvalitetskontrollrutinen fungerar bra för att upptäcka systematiska fel. Det är också lätt att kalibrera apparaterna utgående ifrån resultaten av kvalitetskontrollrutinen. Däremot att bestämma när apparaten borde kalibreras är något som kunde diskuteras. Om apparaten stått länge, t.ex. över helgen kan den ge sämre värden, men sedan när den kommit igång blir värdena bättre. Då är en kalibrering inte nödvändig. Eftersom det analyseras väldigt få prov på apparaten är det svårt att hålla den i gott skick. På grund av begränsningen i tid kunde vi inte kalibrera alla parametrar på alla apparater.

Förutom på grund av felkalibrering kan bias också orsakas av att man byter lot-nummer på reagenserna (Islin, 2010). Det här ger utrymme för ytterligare studier. Det väcker också frågor om huruvida reagenskvaliteten kan påverka resultatet. Eftersom provmängden som analyseras på ABX är liten, räcker det länge innan en reagensflaska tar slut och den står öppen under en lång tid.

En fråga som också borde diskuteras är hur ofta kvalitetskontrollrutinen, med patientprov som kontrollösning, borde göras. Kvalitetskontrollrutinen ska göras så ofta så att man upptäcker om apparatens systematiska fel blir större, men den får ändå inte göras så ofta att arbetsbördan för personalen blir för stor. Dessutom utgör det en ekonomisk fråga hur ofta den kan göras.

När proverna för jämförelse efter kalibrering skickades till laboratorierna skickades patientprov som blivit tagna på morgonen. Beroende på när proverna blev analyserade var de mer eller mindre färska. Det här kan eventuellt påverka mätresultaten eftersom apparattillverkaren rekommenderar färska prov (se kapitel 3.3.1). Åtminstone leukocyterna kan vara instabila om provet får stå länge.

Eftersom respondenterna inte utförde parallellmätningarna själva kan variationer i analysätt förekomma, t.ex. är det viktigt att patientproverna blandas ordentligt före analysen (se kapitel 3.3.1). Detta kan också påverka resultatet av undersökningen.

Enligt manualen för ABX-apparaten borde man kontrollera att apparaten är i perfekt kondition före man börjar kalibrera. Det nämns också att man ska utföra en tvätt. Detta har inte tillämpats i den här undersökningen.

Läkarna sätter stor vikt på laboratoriesvaren när de ska ställa en diagnos. Ett laboratoriesvar i sig säger inte så mycket, utan man måste jämföra det med någonting. Vanligt är att man jämför det med referensvärden, som tagits fram utgående ifrån en frisk population. I en frisk population kommer 95 % av laboratoriesvaren att ligga inom gränserna ± 2 standardavvikelse från medelvärdet. Om patienten får ett laboratoriesvar utanför dessa gränser måste läkaren bedöma om det är normalt eller inte. Ett laboratoriesvar utanför referensintervallet betyder automatiskt inte sjukdom. (Islin, 2010). Ett högt systematiskt fel (bias) innebär att mätvärdet varierar mycket från det rätta värdet. Om patientens laboratoriesvar ligger utanför referensintervallet måste läkaren bedöma om det beror på att patienten är sjuk, laboratoriesvaret är normalt för patienten eller apparatens systematiska fel är högt.

För att få information om patientens eget tillstånd har förändrats jämförs laboratoriesvaret med patientens tidigare laboratoriesvar. Om apparaten har en dålig precision kommer patientens laboratoriesvar variera. Variationer i en patients laboratoriesvar kan också bero på biologiska variationer som t.ex. årstidsvariationer, matintag, motion, dygnsvariationer och kroppsläge vid provtagningen. Vid variationer i en patients laboratoriesvar måste läkaren bedöma om det beror på en förändring i patientens tillstånd, om det beror på apparatens imprecision eller om det beror på en biologisk variation. (Islin, 2010).

I undersökningen som gjordes i Hangzhou (se kapitel 3.5) kom man fram till att man genom att använda patientprov som kontrollösning kan utföra en kvalitetskontrollrutin av analyser på ett effektivt och bekvämt sätt, samtidigt som det är ekonomiskt hållbart. Utgående ifrån den här undersökningen kan respondenterna dra samma slutsats.

I kapitel 5.2 finns det en redogörelse för vilken kvalitet ABX-apparaterna uppfyller och i kapitel 4.2 beskrivs hur man kalibrerar ABX-apparaterna med hjälp av patientprov. Respondenterna har alltså fått svar på sina frågeställningar. Huruvida respondenterna har lyckats reducera bias till 1 % presenteras i kapitel 5.2.

Källförteckning

Agarwal, R., Chaturvedi, S., Chhillar, N., Goyal, R., Pant, I. & Tripathi, C. (2012). Role of Intervention on Laboratory Performance: Evaluation of Quality Indicators in a Tertiary Care Hospital. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 27 (1), 61-68.

Björkman, E. & Karlsson, K. (2008). *Medicinsk teknik för sjuksköterskor* 3 uppl. Lund: Studentlitteratur AB.

Calleja, J. (2008). Parallel Processing and Maintaining Adequate Alignment between Instruments and Methods. *The clinical biochemist reviews*, 29 (1), 71-77.

Cellavision (u.å.) *Erythrocyte* <http://www.cellavision.com/?id=3652&cid=2990> (hämtat 4.9.2013).

Chulilla, J., Colás, M. & Martín, M. (2009). Classification of anemia for gastroenterologists. *World Journal of Gastroenterology*, 15 (37), 4627-4637.

Edgren, H. (2011). *Blodets beståndsdelar och funktioner* <http://www.naturvetenskap.org/medicin/cirkulationen/blodet> (hämtat: 13.3.2013).

Eskelinen, S. (2012). *Perusverenkuva (B-PVK)* http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03030 (hämtat: 20.3.2013).

Gahrton, G. & Juliusson, G. (2012). *Blodets sjukdomar lärobok i hematologi* Lund: Studentlitteratur AB

Hackney, JR. & Cembrowski, GS. (1990). The use of retained patient specimens for haematology quality control. *Clinical and laboratory haematology*, 12 (1), 83-89

Hoffbrand, A., Moss, P. & Pettit, J. (2006). *Essential Haematology* Blackwell Publishing Ltd

HORIBA ABX SAS (2007). *ABX Micros CRP 200 Användarmanual*. Frankrike

Horiba Medical (2013). *ABX Micros CRP 200* <http://www.horiba.com/us/en/medical/products/hematology/abx-micros/abx-micros-crp-200-details/abx-micros-crp-200-907/> (hämtat: 19.3.2013).

Hovind, H., Magnusson, B., Krysell, M., Lund, U. & Mäkinen, I. (2008). *Intern kvalitetskontroll – Handbok för kemilaboratorier (Trollboken – Troll book)* Nordic innovation

Islin, H. (2010). *Interpretation of laboratory results*. <http://extranet.radiometer.com/> (hämtat: 1.9.2013).

Khatri, R., Kc, S., Shrestha, P. & Sinha, JN. (2013). Implementing self sustained quality control procedures in a clinical laboratory. *JNMA; journal of the Nepal Medical Association, 52 (189)*, 233-237.

Landstinget Kronoberg. (2007) *Blodstatus*
<http://www.ltkronoberg.se/Centrum/Medicinskt-servicecentrum/Kliniskt-kemiska-laboratoriet-Vaxjo---Ljungby/Analyssortiment---Specifika-provtagningsanvisningar-/Blodstatus/> (hämtat: 28.3.2013).

Langlois, M. & Wallemacq, P. (2009). The future of hospital laboratories. *Clinical Chemistry & Laboratory Medicine, 47 (10)*, 1195-1201.

Lundströmer, E. (2013). *B-Blodstatus*. <https://www.nllplus.se/For-vardgivare-inom-halso--och-sjukvard/Handbocker/Labhandbok-Sunderby-sjukhus/--Provtagningsanvisningar/Lab-dokument/--KLINISK-KEMI/Blodstatus-B-/> (hämtat: 1.10.2013).

Madjid, M. & Fatemi, O. (2013). Components of the Complete Blood Count as Risk Predictors for Coronary Heart Disease. *Texas Heart Institute Journal, 40 (1)*, 17-29.

Matikainen, A., Miettinen, M. & Wasström, K. (2010) *Näytteenottajan käsikirja* Helsinki: Edita Prima Oy

Narayanan, S. (2000). The Preanalytical Phase. An Important Component of Laboratory Medicine. *American Journal of Clinical Pathology, 113 (3)*, 429-452.

Olofsson, T., Olsson, I. & Ekström, U. (2012). Leukocytrubbningar. Ingår i: P. Nilsson-Ehle, M. Berggren Söderlund & E. Theodorsson (red.), *Laurells klinisk kemi i praktisk medicin*. Lund: Studentlitteratur.

Parry, D. (u.å.). *Quality Goal Index*. Westgard QC. <http://www.westgard.com/> (hämtat: 26.8.2013).

Ruhanainen, R. (2009). *B-Perusverenkuva ja trombosyytit*. Laboratorio-ohjekirja, Vaasan Keskussairaala. <http://www.vshp.fi/medserv/klkemi/se/default.htm> (hämtat: 28.3.2013).

Rustad, P. & Lund, PK. (1990) Practical experience with a quality control procedure using retained patient specimens on Technicon H1 and COULTER S 880. *European journal of haematology. Supplementum*, 53, 19-21

Sand, O., Sjaastad, Ø. Haug, E. & Bjålie, J. (2007). *Människokroppen, Fysiologi och anatomi* 2. uppl. Stockholm: Liber AB.

Simonsen, F. (2003) *Analysteknik, instrument och metoder* Lund: Studentlitteratur AB

Skov-Poulsen, K. (2011). *Tillvägagångssätt, Blodprov, venös provtagning*. <http://www.vardhandboken.se/Texter/Blodprov-venos-provtagning/Tillvagagangssatt/> (hämtat: 11.9.2013).

Sonesson, B. & Sonesson, G. (2006). *Anatomi och fysiologi* Stockholm: Liber AB

Sysmex Corporation (2007). *Automatisk hematologianalysator XE-5000 Bruksanvisning*. Kobe

Theodorsson, E., Grankvist, K. & Landin, B. (2012). Anemier. Ingår i: P. Nilsson-Ehle, M. Berggren Söderlund & E. Theodorsson (red.), *Laurells klinisk kemi i praktisk medicin*. Lund: Studentlitteratur.

Theodorsson, E., Grankvist, K. & Nilsson-Ehle, P. (2012). Laboratoriernas verksamhet. Ingår i: P. Nilsson-Ehle, M. Berggren Söderlund & E. Theodorsson (red.), *Laurells klinisk kemi i praktisk medicin*. Lund: Studentlitteratur.

Tuokko, S., Rautajoki, A. & Lehto, L. (2008) *Kliiniset laboratorionäytteet – opas näytteiden ottoon varten* Helsinki: Tammi

Turgeon, M. (1999). *Clinical hematology Theory and procedures* USA: Lippincott Williams & Wilkins

Vanharanta, R. (2010). Verisolulaskimen vahvuuksia ja sudenkuoppia. *Moodi*, 2010 (4), 225-230.

Vårdhandboken (2011). *Tillvägagångssätt (Blodprov, venös provtagning)* <http://www.vardhandboken.se/Texter/Blodprov-venos-provtagning/Tillvagagangssatt/> (hämtat: 27.5.2013).

Wang, WJ., Wang, PP., Li, XF., Ge, XQ., Tong, M., & Guo, XC. (2008). Application of comparison method in internal quality control of hematology analyzer by using fresh blood. *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*, 37 (1), 88-92.

Westgard, J. (2007). *The Meaning and Application of Total Error*. Westgard QC. <http://www.westgard.com/> (hämtat: 26.8.2013)

Westgard, J. & Westgard, S. (2009). *First do no harm*. Westgard QC. <http://www.westgard.com/> (hämtat: 26.8.2013).

Westgard QC (2012). *Desirable biological variation database specifications* <http://www.westgard.com/> (hämtat: 4.9.2013).

Westgard, QC. (u.å.). *Westgard Consulting*. Westgard QC. <http://www.westgard.com/> (hämtat: 18.10.2013).

Prov 3	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
VCS resultat								
ABX resultat								
VCS /ABX								

Kalibreringskoefficient

- Skriv ut apparatens nuvarande kalibreringskoefficienter och anteckna värdena i tabellen
- Tryck på knappen Cal och sedan på knappen reprint

	WBC	RBC	HGB	HCT	PLT
Kalibreringskoefficient					

Skicka blanketten till VCS klinisk kemi

Vasa stads huvudhälsövscentral laboratorium

Parallellmätningar på automatiska blodcellsräknaren Horiba ABX Micros CRP 200

Datum: 24.4 -7.5.2013

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Prov 1								
M 1	11,3	4,18	120	37,5	89,6	28,7	320	283
M 2	11,1	4,04	117	36,0	89,0	28,9	325	278
Prov 2								
M 1	7,5	4,93	138	42,2	85,6	28,1	328	219
M 2	5,5	5,23	147	45,1	86,2	28,1	326	139
Prov 3								
M 1	5,6	4,55	131	40,8	89,5	28,9	322	182
M 2	5,4	4,50	130	40,4	89,8	29,0	323	186
Prov 4								
M 1	7,9	5,01	145	44,2	88,3	28,9	327	207
M 2	8,4	5,35	153	47,2	88,2	28,6	324	222
Prov 5								
M 1	6,8	5,67	148	46,6	82,1	26,1	318	169
M 2	6,6	5,74	150	47,2	82,3	26,1	317	156
Prov 6								
M 1	9,6	5,15	142	43,6	84,8	27,7	326	152
M 2	9,8	5,30	146	44,8	84,4	27,5	326	169
Prov 7								
M 1	12,1	4,34	135	40,6	93,6	31,0	331	192
M 2	12,4	4,42	134	41,1	92,9	30,4	327	203
Prov 8								
M 1	4,7	5,55	165	49,4	89,1	29,7	334	187
M 2	4,8	5,53	164	49,4	89,4	29,7	333	188
Prov 9								
M 1	5,0	4,24	120	36,7	86,6	28,3	327	137
M 2	5,0	4,21	120	35,9	85,3	28,5	335	154
Prov 10								
M 1	8,5	4,26	126	37,6	88,4	29,7	336	225
M 2	8,3	4,18	123	36,8	88,0	29,5	336	232
Prov 11								
M 1	6,3	4,80	141	41,9	87,3	29,4	336	274
M 2	6,7	4,82	144	42,3	87,8	29,9	341	288
Prov 12								
M 1	4,2	4,42	130	38,1	86,2	29,3	340	120
M 2	4,3	4,37	127	37,6	85,9	29,1	338	123

M= Mätning

Bilaga 3 (2/2)

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Prov 13								
M 1	19,8	4,25	96	29,6	69,8	22,5	322	206
M 2	19,5	4,23	96	29,2	68,9	22,6	328	215
Prov 14								
M 1	14,0	4,99	135	40,7	81,5	27,1	333	269
M 2	13,9	5,01	136	40,8	81,4	27,1	333	271
Prov 15								
M 1	7,4	3,77	113	34,1	90,6	29,9	330	191
M 2	7,2	3,78	113	34,3	90,7	29,8	329	177
Prov 16								
M 1	6,4	5,17	148	45,3	87,6	28,6	326	210
M 2	6,5	5,21	150	45,4	87,1	28,8	330	208

M= Mätning, WBC ($10^9/l$), RBC ($10^{12}/l$), HGB (g/l), HCT (%), MCV (fl), MCH (pg/cell), MCHC (g/l) och PLT ($10^9/l$).

Malax-Korsnäs hälsovårdscentral labororium

Parallellmätningar på automatiska blodcellsräknaren Horiba ABX Micros CRP 200

Datum: 17.5 -23.5.2013

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Prov 1								
M 1	7,5	5,72	163	48,0	83,9	28,6	341	251
M 2	7,7	5,76	164	48,5	84,3	28,4	337	253
Prov 2								
M 1	7,2	4,15	126	37,5	90,3	30,4	336	266
M 2	7,1	4,13	126	37,2	90,3	30,5	338	255
Prov 3								
M 1	10,8	4,31	140	41,1	95,4	32,5	340	225
M 2	11,2	4,36	141	41,4	95,1	32,5	341	213
Prov 4								
M 1	7,2	4,15	127	37,4	90,1	30,6	340	551
M 2	7,1	4,06	124	36,9	90,8	30,6	337	547
Prov 5								
M 1	9,9	4,64	123	36,0	77,6	26,5	341	256
M 2	10,3	4,78	125	36,8	76,8	26,1	340	282
Prov 6								
M 1	6,1	4,09	123	36,1	88,3	30,1	341	296
M 2	6,1	4,05	124	35,7	88,2	30,7	348	294
Prov 7								
M 1	6,7	5,57	154	46,8	84,1	27,7	329	218
M 2	6,6	5,66	155	47,4	83,7	27,4	327	244
Prov 8								
M 1	9,2	3,68	106	31,6	85,9	28,7	334	330
M 2	9,4	3,70	107	31,5	85,2	29,1	341	331
Prov 9								
M 1	4,7	3,37	108	32,2	95,6	32,1	336	137
M 2	4,9	3,44	110	32,9	95,8	31,0	334	132
Prov 10								
M 1	9,6	5,06	135	38,8	76,8	26,7	347	250
M 2	9,6	5,09	132	39,0	76,6	25,9	338	252
Prov 11								
M 1	8,9	5,37	149	44,5	82,7	27,8	336	286
M 2	8,9	5,45	151	45,0	82,6	27,7	336	284
Prov 12								
M 1	11,1	3,94	125	35,8	90,8	31,8	350	303
M 2	11,4	4,04	125	36,8	91,2	30,9	339	311

M= Mätning

Bilaga 4 (2/2)

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	PLT
Prov 13								
M 1	4,5	4,73	136	40,3	85,2	28,8	338	248
M 2	4,4	4,64	134	39,4	84,9	28,8	340	248
Prov 14								
M 1	5,7	4,81	141	41,3	85,8	29,3	342	293
M 2	5,9	4,95	144	42,8	86,5	29,2	338	290
Prov 15								
M 1	10,6	4,65	136	39,9	85,9	29,2	340	230
M 2	10,6	4,63	136	40,1	86,5	29,3	338	216
Prov 16								
M 1	4,9	4,79	141	41,4	86,3	29,3	340	196
M 2	4,9	4,74	142	41,2	87,0	29,9	344	190
Prov 17								
M 1	6,3	3,15	78	23,6	74,8	24,8	332	164
M 2	6,4	3,16	78	23,6	74,6	24,6	330	161
Prov 18								
M 1	5,7	4,68	134	40,2	85,9	28,6	333	190
M 2	5,5	4,51	130	37,9	84,1	28,8	343	186
Prov 19								
M 1	3,7	4,69	111	33,9	72,4	23,7	328	258
M 2	3,7	4,68	111	33,6	71,7	23,7	331	255
Prov 20								
M 1	9,3	4,61	148	41,8	90,6	32,1	354	253
M 2	9,2	4,64	146	42,0	90,5	31,4	347	254

M=Mätning, WBC ($10^9/l$), RBC ($10^{12}/l$), HGB (g/l), HCT (%), MCV (fl), MCH (pg/cell), MCHC (g/l) och PLT ($10^9/l$).