



UPPSALA
UNIVERSITET

ISRN UTH-INGUTB-EX-MTI-2022/003-SE

Examensarbete 15 hp

Juni 2022

Jämförande studie av mättekniker för hjärtfrekvensvariabilitet

Gustav Schmützer
Isac Blomberg

Högskoleingenjörsprogrammet i medicinsk teknik





UPPSALA
UNIVERSITET

Comparative study of measurement techniques for heart rate variability

Gustav Schmützer
Isac Blomberg

Abstract

Background:

Awareness about health has become a big part of today's society. The healthcare sector is continuously expanding and evolving with different techniques and methods for measuring vital parameters from home. One of the most frequently measured parameters from home is heart rate variability. Heart rate variability has become a relevant parameter to determine a person's psychological and physical health. Measurements of heart rate variability can be done in many ways. The most accurate way is with a stationary electrocardiogram, this method is very time consuming and expensive. There are other measurement methods that are non-stationary, using either photoplethysmography or the principals of an electrocardiogram. The problem is if these techniques does not measure as accurately as a stationary electrocardiogram.

Aim: This project aims to investigate how a Polar H10, Biotekna finger sensor and an Inner balance earlobe sensor differ when measuring heart rate variability simultaneously. It also aims to investigate if the differences are correlated to gender or body mass index.

Method:

This project is based on a literature study and an empirical study. The literature study was designed to find reliable information about the topic. The empirical study was designed to find differences in the three techniques by simultaneously measuring heart rate variability on 18 volunteers.

Results:

It was found that there is not too big of a difference between either of the techniques. There are tendencies that the techniques based on photoplethysmography assume higher values than Polar H10. There are some deviating values that might have affected the results, however significant differences between the techniques could be determined.

Conclusion

The empirical study showed that there is just a few heart rate variability parameters that show a significant difference between the three techniques. It also shows that there is almost no correlation between the differences and neither BMI nor gender.

Keywords: Heart rate variability, Polar H10, Biotekna finger sensor, Inner balance earlobe sensor, differences.

Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten

Uppsala universitet, Utgivningsort Uppsala/Visby

Handledare: Julia Haaparanta Ämnesgranskare: Roger Olsson

Examinator: Caroline Öhman Mägi

Populärvetenskaplig sammanfattning

Nya tekniker för att mäta vitala parametrar är i konstant utveckling och det finns fler alternativa metoder för att mäta samma parameter än någonsin. Parallellt med detta så växer medvetenheten om hälsa i samhället samtidigt som hemmonitoreringen ökar inom sjukvården. Med dessa stora valmöjligheter uppkommer intresset av att jämföra olika tekniker mot varandra för att analysera om de ger samma eller liknande resultat. Just detta har gjorts i denna studie där tre olika tekniker, Polar H10 pulsband, Inner balance öronpletysmograf, och Biotekna fingerpletysmograf har jämförts. Det som har analyserats är teknikernas förmåga att mäta hjärtfrekvensvariabilitet (HRV). Polar H10 mäter, likt ett elektrokardiogram, spänningsskillnader vid hjärtslag medan Inner balance och Biotekna använder fotopletysmografi.

Kortfattat så handlar HRV om tiden för hjärtslag och hur denna tid varierar för olika hjärtslag. Denna parameter kan analyseras i tidsdomänen och frekvensdomänen för att bland annat se status för en persons hjärta samt förhållandet mellan sympatiska- och parasympatiska nervsystemet. HRV är en parameter som på senaste tiden blivit allt mer användbar och intressant inom idrottsvärlden men också i klinisk sjukvårdsmiljö. Då Polar H10 har testats i tidigare studier med goda resultat ses den som en reliabel teknik för att mäta HRV så ses denna teknik som en referens vid testerna.

Denna studie omfattas av en litteraturstudie samt en empirisk undersökning där 18 personer har deltagit. I den empiriska undersökningen så mättes testpersonernas HRV med samtliga tre tekniker simultant för att se om och hur mycket resultaten skiljde sig för de olika teknikerna under samma mättingsförhållanden. Dessa resultat analyserades även mot BMI och kön för samtliga testpersoner. Resultatet som erhöles från den empiriska studien visar att teknikerna inte påvisade stora skillnader bortsett från ett fåtal mätningar som sticker ut markant. Studiens slutsats är att de tre undersökta teknikerna påvisar inte speciellt skilda resultat och det finns näst intill ingen korrelation för dessa mätskillnader till BMI och kön.

Förord

Vi skulle vilja tacka alla som har hjälpt, gett synpunkter och bollat ideer med oss under projektets gång. Vi vill även tacka alla testpersoner som deltog i studien. Ett speciellt tack till vår handledare Julia Haaparanta som är biomedicinsk analytiker vid institutionen för kvinnor och barns hälsa vid Akademiska sjukhuset i Uppsala. Även ett speciellt tack till vår ämnesgranskare Roger Olsson som är Universitetsadjunkt vid institutionen för kvinnor och barns hälsa vid Akademiska sjukhuset i Uppsala.

Fördelning av arbete

Arbetets första del var en litteraturundersökning. Där fokuserade Gustav Schmützer främst på att leta efter information kring Polar H10 samt generellt kring EKG. Samtidigt fokuserade Isac Blomberg främst på att leta efter information kring Bioteknas fingersensor, Inner balance öronsensor samt fotopletysmografi generellt. Då HRV generellt var en så central del i projektet fokuserade även båda på att hitta information om detta. Den andra delen av arbetet utgjordes av den empiriska studien. Där togs metoden fram samt standardiseringar sattes gemensamt av både Isac Blomberg och Gustav Schmützer. Under den Empiriska studiens gång så krävdes det att båda var delaktiga. Vid sammanställningen och processeringen av datat så arbetade Isac Blomberg i Minitab och utförde hypotestesterna samt tog fram de figurer som återfinns i bilagorna. Samtidigt fokuserade Gustav Schmützer på att sammanställa data i Microsoft Excel. Vidare utfördes alla analyser och diskussioner tillsammans men där Isac Blomberg hade mer fokus på metoddiskussionen och Gustav Schmützer mer fokus på resultatdiskussionen. Den skriftliga rapporten sammanställdes sedan gemensamt.

Begreppslista

AC (alternate current)

Växelström

ANS (autonomic nervous system)

Autonoma nervsystemet

BMI (body mass index)

Kroppsmasseindex

DC (direct current)

Likström

EKG

Elektrokardiogram

HF-power (high frequency power)

HRV variabel med hög frekvens

HRV (Heart rate variability)

Hjärtfrekvensvariabilitet

LF-power (Low frequency power)

HRV variabel med låg frekvens

LF/HF ratio

Förhållandet mellan LF-power och HF-power

pNN50

Procent av de N-N intervall som skiljer sig mer än 50 ms

PNS (Parasympathetic nervous system)

Parasympatiska nervsystemet

PPG (Photoplethysmography)

Fotoplethysmografi

QRS-komplex

Q-, R- och S-våg som representerar kamrarnas depolarisation

RMSSD (Root mean square of successive differences)

Kvadratiska medelvärdet på skillnaden av på varandra följande R-R intervall

R-R interval (R to R interval)

Avståndet mellan två på varandra följande R-peakar i QRS-komplex

SDNN (Standard deviation of N-N intervals)

Standardavvikelsen av N-N intervall

SNS (Sympathetic nervous system)

Sympatiska nervsystemet

VLF-power (Very low frequency power)

HRV variabel med väldigt låg frekvens

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Problematisering/bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställning	2
1.3 Avgränsningar	2
2. Teori 3	
2.1 Vad är HRV?	3
2.2 HRV enligt frekvensdomänen	4
2.3 HRV enligt tidsdomänen	5
2.4 Vad påverkar HRV?	6
2.5 Mätmetoder för HRV	7
2.6 Elektrokardiogram	7
2.6.1 Polar H10	8
2.7 Fotopletysmografi	9
2.7.1 Inner balance öronsensor	11
2.7.2 Biotekna fingersonor	11
2.8 Tidigare forskning	12
3 Metod	13
3.1 Litteraturundersökning	13
3.2 Empirisk undersökning	13
3.2.1 Urval	13
3.2.2 Riktlinjer för testpersoner	14
3.2.3 Insamling av data	14
3.2.4 Processering av data	14
3.2.5 Statistiska analysmetoder	15
4. Resultat	16
4.1 Samband mellan kön och differenser	18
4.2 Samband mellan BMI och differenser	19
5. Diskussion	20
5.1 Resultatdiskussion	20
5.2 Metoddiskussion	22
5.2.1 Litteraturundersökning	22
5.2.2 Empirisk undersökning	23
6 Slutsats och rekommendation	25
6.1 Slutsats	25
6.2 Framtida forskning	25
7. Referenser	26
8. Bilagor	29
8.1 Bilaga 1: Instruktioner för studien	29
8.2 Bilaga 2: Längd, vikt, BMI och kön på testpersonerna	30
8.3 Fullständig mätdata från empirisk studie	31
8.4 Bilaga 4: Beräknade differenser och diverse värden	34
8.5 Bilaga 5: Diverse Grafer	37
8.5.1 Låddiagram för medeldifferenser	37
8.5.2 Spridningsdiagram för medeldifferenser i könsgupper	38

8.5.3 Spridningsdiagram för medeldifferenser över BMI	38
8.5.4 Tredimensionella spridningsdiagram	39
8.6 Bilaga 6: Checklista för standardisering vid HRV-mätning	40

1. Inledning

1.1 Problematisering/bakgrund

Medvetenhet om hälsa blir alltmer större i dagens samhälle vilket har medfört en mängd olika tekniker för människor att mäta vitala parametrar hemifrån. Detta tillsammans med att hemmonitorering av hälsa med portabla tekniker ständigt utvecklas medför fler alternativ att mäta vitala parametrar, som exempelvis elektronisk blodtrycksmätare eller en pulsklocka. Vissa tekniker/metoder är av det enklare slaget medan andra innehåller mer komplicerad teknik.

Hjärtfrekvensvariabilitet (heart rate variability, HRV) blir en allt mer relevant parameter för att avgöra en persons fysiska hälsa. Givetvis räcker inte en HRV-mätning för att avgöra en persons hälsa men det har visat sig vara en viktig och användbar parameter. Framförallt inom idrottsvärlden har HRV-mätningar mängder med tillämpningar då ett HRV kan visa på exempelvis överträning (1).

Mätningar av HRV kan ske på flertalet olika sätt från olika delar på kroppen. Att mäta HRV med ett elektrokardiogram (EKG) ses som den "gyllene standarden" och metoden med högst tillförlitlighet (2). Eftersom ett klassiskt EKG inte är ett särskilt mobilt alternativ samt är relativt dyrt att använda så har det under den senaste tiden, i samklang med den digitalisering som sker, utvecklats många tekniker som är betydligt mer mobila och billigare för mätning av HRV. Problemet som detta kan medföra är om dessa mobila tekniker inte ger lika korrekta värden som vid stationära mätningar. Om detta är fallet så bör inte teknikerna användas i medicinskt syfte. Skulle de mobila teknikerna däremot ge korrekta värden kan tillämpningarna bli desto fler.

Detta projekt riktar in sig på tre olika tekniker som mäter HRV på tre olika ställen på kroppen. De tre tekniker som kommer att undersökas är en fingersensor från Biotekna, ett Polar H10 pulsband som mäter över bröstkorgen kopplad till Elite HRV, samt Inner balance öronsensor som mäter HRV vid örat, även den kopplad till Elite HRV.

Det finns studier som menar på att mätningar av HRV med fotopletysmografi inte ger ett korrekt HRV när det jämförs med en mätning med EKG (3). I detta projekt testas

fotopletysmografi på två olika ställen på kroppen för att undersöka ifall de ger olika resultat dels mot varandra men också mot pulsbandet på bröstkorgen.

I arbetet kommer mätningen över bröstkorgen att användas som en referens mot mätningarna från fingersensorn samt mätningarna på öronsribben. Detta eftersom pulsbandet mäter centralt på kroppen likt ett EKG och flertalet studier visar att Polar H10 ger en mer korrekt mätning av HRV (2,4).

1.2 Syfte och frågeställning

Det finns en stor marknad inom bärbara mättekniker för HRV-mätning. Projektet syftar till att beskriva skillnader och avvikelser mellan tre olika mättekniker. De tre olika teknikerna är en fingersensor från Biotekna, en öronsensor från Inner balance, samt ett pulsband från Polar som mäter HRV över bröstkorgen. Projektet ska ge medvetenhet kring vilka avvikelser som finns inom dessa mättekniker samt hur de skiljer sig från varandra. Projektet är avsett för att nå fram till både medicinskt kunniga samt gemene man. För att projektet ska uppnå sitt syfte kommer nedanstående frågeställningar att användas som utgångspunkt:

- Hur skiljer sig resultaten för olika metoder att mäta HRV?
- Har kön en påverkan på hur de tre mätteknikerna skiljer sig?
- Har kroppsmasseindex en påverkan på hur de tre mätteknikerna skiljer sig?

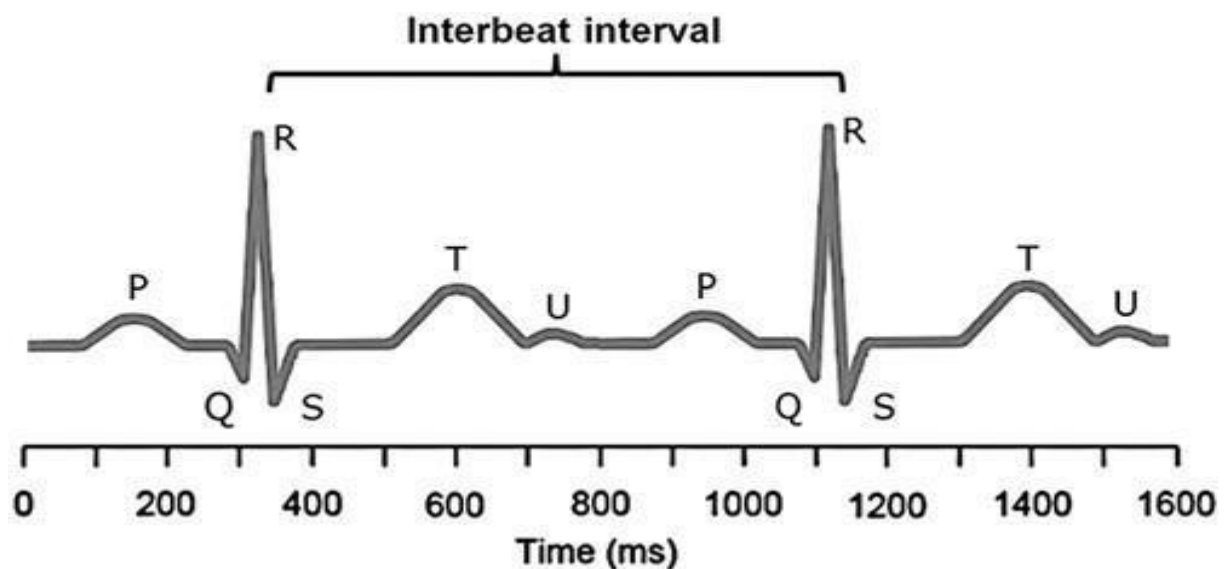
1.3 Avgränsningar

Till följd av projektets längd på 10-veckor krävdes det vissa avgränsningar. En av de avgränsningar som gjordes till följd av tidsbrist är antalet försökspersoner i den empiriska studien. En annan avgränsning som valts att göras är vilken/vilka parametrar som tas i beaktning vid jämförelsen mellan teknikerna. Det finns en mängd olika parametrar som påverkar resultatet av en HRV-mätning. De parametrar som kommer att användas vid jämförelsen är kroppsmasseindex (bodymassindex, BMI), samt kön. Andra parametrar som kan ha en påverkan men som har valts att inte tas med är exempelvis, antal sömntimmar eller träningsvanor.

2. Teori

2.1 Vad är HRV?

HRV eller hjärtfrekvensvariabilitet är ett mått på små variationer i hjärtslagen och hur dessa ser ut. Denna variabilitet är tiden för R-R intervallet i QRS-komplexet på en EKG-kurva och hur denna tid skiljer sig mellan olika hjärtslag. Tiden som analyseras vid HRV-mätningar illustreras i figur 2.1.

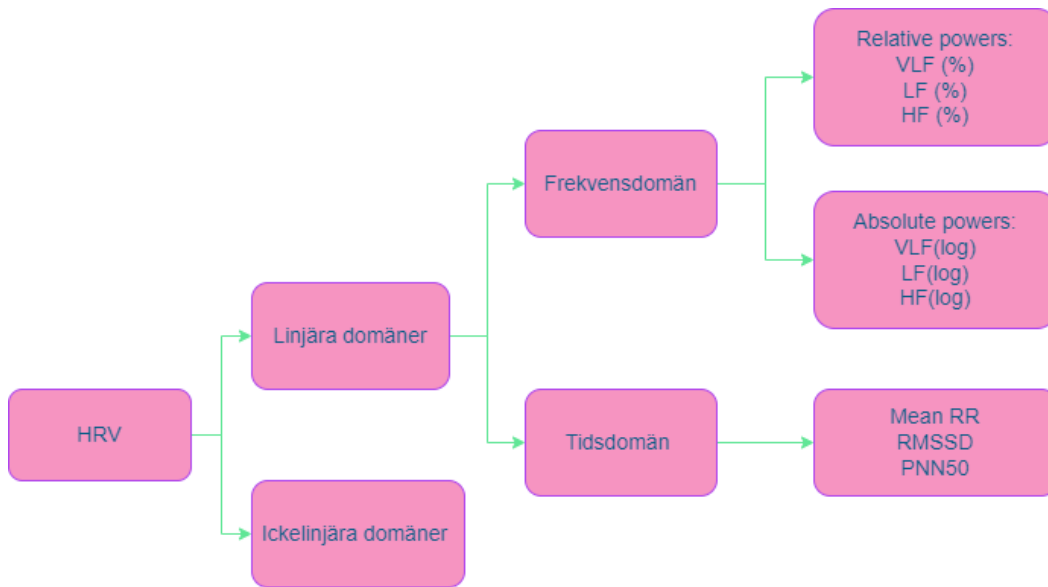


Figur 2.1 En standard EKG-kurva där tiden för R-R intervallet visas (5).

Hjärtats frekvens regleras av det autonoma nervsystemet (ANS) (6). Det sympatiska nervsystemet (SNS) förkortar R-R intervallet medan det parasympatiska nervsystemet (PNS) förlänger R-R intervallet. En komplex och varierande hjärtfrekvens visar på ett starkt och friskt hjärta (7). Alltså är generellt ett högre HRV bättre, då det visar att det ANS kan växla mellan parasympatiskt påslag och sympatiskt påslag på ett effektivt sätt och därmed är redo för förändringar (6). Det är viktigt att skilja på HRV och hjärtarytmier då arytmier är ett patologiskt tillstånd och HRV är fullständigt normalt. Således är inte ett högre HRV alltid bra då patologiskt tillstånd kan orsaka denna ökning (8).

När det kommer till HRV-mätningar kan resultaten studeras i olika domäner, dessa är linjära och icke-linjära domäner. Inom linjära domäner finns ytterligare underdomäner i form av

frekvensdomän och tidsdomän (8). Figuren 2.2 presenterar dessa domäner i ett flödesschema.



Figur 2.2 Figuren visar en överblick över hur parametrar i HRV hänger ihop.

2.2 HRV enligt frekvensdomänen

Mätningar utifrån frekvensdomän delas in i olika frekvensband. De två vanligaste frekvensbanden är low frequency (LF) som ligger mellan (0,04-0,15 Hz) samt high frequency (HF) som ligger mellan (0,15-0,4 Hz). Det finns även indelningar för frekvenser utanför dessa frekvensband, såsom very low frequency (VLF). Forskning visar dock att frekvenser utanför LF och HF inte är meningsfulla (9,10). LF-power och HF-power representerar balansen mellan SNS och PNS (9). HF-power används som ett mått på påverkan av PNS medans LF-power används som ett mått på påverkan av både PNS och SNS (10). En ytterligare parameter som är intressant vid analyser i frekvensdomänen är LF/HF-ratio. Denna beskriver förhållandet mellan LF och HF och ger ett procentuellt mått av påverkan från SNS respektive PNS. Ett annat mått inom frekvensdomänen är Total Power. Tidigare forskning beskriver dock denna som svår att tolka vid mätningar under kort tid, dvs mätningar under 24 timmar (9,11,12). Analyser i frekvensdomänen kan vara svåra att utföra då datan måste vara jämnt erhållen och angränsande. Å andra sidan är det fördelaktigt vid fördelning av kortsiktiga och långsiktiga fluktuationer. Ett sätt att analysera detta är då att koppla kortsiktiga fluktuationer till PNS (HF) samt långsiktiga fluktuationer till både PNS

och SNS (LF) (13). Tabell 2.1 ger en sammanfattande beskrivning av för detta projekt relevanta parametrar inom frekvensdomänen.

Tabell 2.1 Beskrivning av variabler inom frekvensdomänen.

Linjära HRV-variabler inom frekvensdomänen	
Variabel:	Beskrivning:
HF	Andelen hjärtslag med frekvens mellan 0,15 och 0,40 Hz. Speglar aktiviteten från PNS.
LF	Andelen hjärtslag med frekvens mellan 0,04 och 0,15 Hz. Speglar aktiviteten från både PNS och SNS.
LF/HF	Förhållandet mellan LF och HF. Beskriver procentuellt mått av påverkan från SNS och PNS.

2.3 HRV enligt tidsdomänen

Parametrar i tidsdomänen beskriver variabiliteten mellan normala hjärtslag, vilket är den aktuella tiden mellan olika hjärtslag. En vanlig parameter som används vid analys av HRV i tidsdomänen är Mean RR-intervall som beskriver tidsmedelvärdet av samtliga RR-intervall (14). Se figur 2.1 för en representation av ett RR-intervall. N-N intervall som kommer nämnas frekvent genom rapporten, är RR-intervall utan ektopiska hjärtslag. En ytterligare parameter är Standard deviation of N-N intervals (SDNN), denna beskriver standardavvikelsen av alla på varandra följande N-N intervall. En tredje parameter är Root Mean Square of Successive Differences (RMSSD) vilket beskriver kvadratiska medelförändringen mellan alla på varandra följande QRS-komplex och används för att estimerar aktiviteten från PNS(8). PNN50 är en parameter som beskriver andelen på varandra följande RR-intervall där differensen överstiger 50 ms (7). Tabell 2.2 ger en sammanfattande beskrivning av relevanta parametrar inom tidsdomänen.

Tabell 2.2 Beskrivning av variabler inom tidsdomänen.

Linjära HRV-variabler inom tidsdomänen	
Variabel:	Beskrivning:
RMSSD	Kvadratisk medelvärde mellan alla på varandra följande QRS-komplex. Estimerar aktivitet från PNS.
Mean RR-intervall	Tidsmedelvärdet mellan samtliga RR-intervall.
PNN50	Andelen på varandra följande RR-intervall där differensen överstiger 50 ms.
SDNN	Standardavvikelsen av alla på varandra följande N-N intervall.

2.4 Vad påverkar HRV?

Det är mängder med faktorer som påverkar HRV hos en individ. Dessa faktorer kan antingen påverka på populationsnivå eller individnivå. De mer generella faktorerna som påverkar HRV är kön, tid på dygnet för mätning, mätningens tid, ålder, sömn, psykiskt välmående och träningsvanor (7,8,15,16). Vilken av dessa faktorer som påverkar HRV mest är svårt att avgöra, samt om det är kombinationen av vissa som ger större påverkan på HRV. HRV kommer med stor sannolikhet att sjunka med åldern men det går att motverka genom god sömnkvalitet samt fysiskt och psykiskt välmående (17). En studie visar att kvinnor ofta har ett lägre HRV än män (15).

Generellt sett så ska HRV-mätningar pågå i mer än 5 minuter för att få ett korrekt resultat och ju längre mätning desto bättre (18). Detta kan bero på mängder med faktorer såsom utrustning och person i fråga när det kommer till förutsättningarna för mätningens tid. Tiden på dygnet som mätningen utförs är ytterligare en viktig faktor att beakta. En persons HRV når sitt högsta värde under natten för att sedan minska under dagen (18). Detta eftersom en persons HRV sjunker vid ökad aktivitet för att sedan återgå till en högre nivå vid vila (18). HRV är således en viktig parameter för ett hälsosamt åldrande (17).

Det pågår mycket forskning kring HRV kopplat till BMI. En slutsats är att BMI kan ha en påverkan på HRV men att det inte påverkar tillräckligt mycket för att dra en riktig slutsats om det definitivt påverkar eller inte påverkar HRV (19,20). Å andra sidan så har det gjorts studier som påpekar att personer med fetma, och därmed högre BMI, visar på ett lägre HRV än friska personer (21).

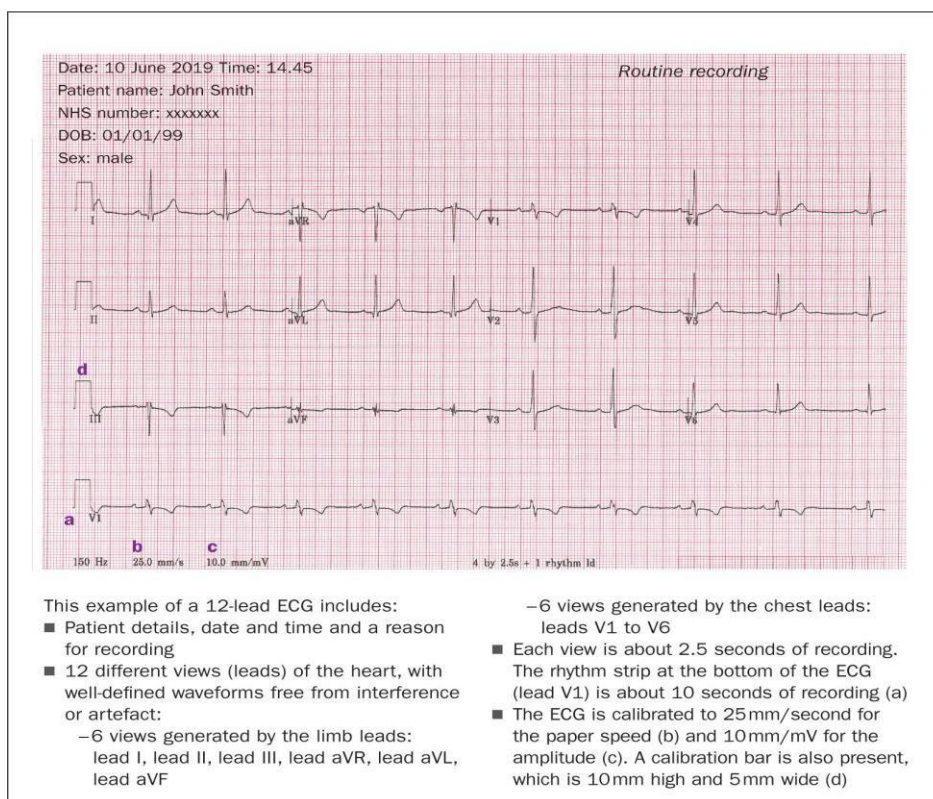
2.5 Mätmetoder för HRV

HRV-mätningar sker konventionellt med ett EKG. Det råder dock osämja kring tiden för en mätning. Tiden för mätning kan delas upp i korttidsregistreringar, där registrering sker under 5–15 minuter, och långtidsregistreringar, där registrering pågår längre än 24 timmar. Det finns olika för- och nackdelar för respektive metod såsom hur enkelt det blir med korttidsregistreringar medan längre registreringar ger mer data att analysera (18).

I detta projekt undersöks två portabla tekniker och en mer stationär teknik för att mäta HRV. En teknik använder sig av elektroder som mäter hjärtats elektriska signaler likt ett EKG och de två andra använder sig av fotopletysmografi på två olika ställen på kroppen. Biotekna fingersensor mäter HRV genom fotopletysmografi på vänster och höger pekfinger. Denna teknik är i princip stationär då den kräver en dator samt många sladdar som ska kopplas till datorn, medan de andra två teknikerna använder Bluetooth.

2.6 Elektrokardiogram

Elektrokardiogram (EKG) är en komplex teknik som mäter den karaktäristiska spridningen av elektriska signaler från hjärtat vid varje hjärtslag (22). Detta görs genom mätningar av spänningsskillnader mellan olika elektroder som placeras på kroppen. Ett standard EKG använder 12 avledningar varav 6 bröstavledningar och 6 extremitetsavledningar. Totalt 10 elektroder placeras på patienten, en på vardera extremitet samt 6 stycken på bröstet (23). EKG maskinen kan då analysera spänningarna till dessa elektroder för att forma 12 stycken spänningsskillnader, så kallade avledningar (22). Dessa avledningar kallas I, II, III, aVR, aVL, aVF och $V_1 - V_6$. På detta sätt kan pulsen ritas upp i en klassisk EKG kurva som visas i figur 2.3.



Figur 2.3 Resultat för en EKG mätning med ett klassiskt 12-avlednings EKG (22).

2.6.1 Polar H10

Pulsbandet som kommer användas i denna studie är en Polar H10 pulssensor. Den använder sig av elektroder som via bröstet mäter hjärtats elektriska signaler. Dessa elektriska signaler är det som styr hur hjärtat slår och är därför viktiga när det kommer till att mäta HRV. Denna metod att mäta HRV är således relativt lik en mätning med ett klassiskt EKG då den använder samma princip. Däremot används inte av lika många elektroder som ett klassiskt EKG såsom extremitetsavledningar. Polar H10 används frekvent inom idrottsvärlden och är ett välkänt sätt att mäta puls och HRV. Pulsbandet presenteras i figur 2.4.



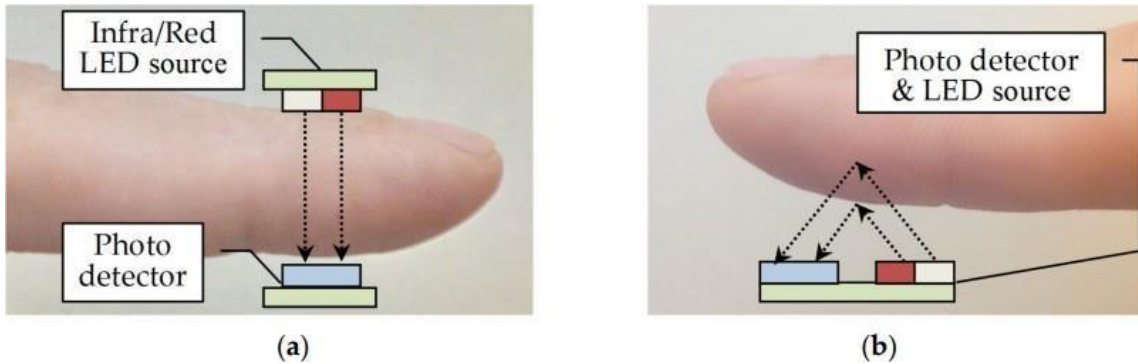
Figur 2.4 Polar H10 pulsband som används i denna studie (24).

Polar H10 består komponentvis av två elektroder som i sin tur är omgivna av ett elektriskt ledande material som ligger mot kroppen. För bästa resultat bör en gel appliceras på detta material för att säkerställa att elektroderna har konstant kontakt med huden. Dessa elektroder är i sin tur kopplade till pulsbandets batteridrivna elektriska krets. Informationen som erhålls av dessa elektroder överförs sedan till en extern enhet genom Bluetooth (24).

När det kommer till elektroder av denna typ så finns risken att det blir hög impedans mellan hud och elektrod ifall de används utan någon typ av gel. Vid mätningar vid fysisk aktivitet kan däremot svett fungera bra då det ökar ledningsförmågan mellan hud och elektrod (25). Eftersom testerna i denna studie inte görs under fysisk aktivitet så kommer en gel att appliceras vid mätningar för att minska denna risk för impedans.

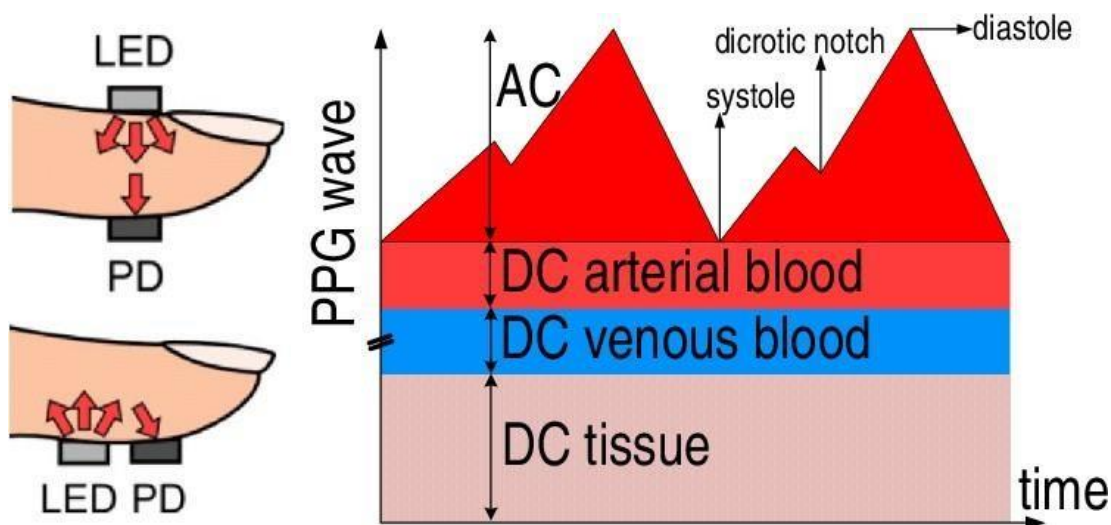
2.7 Fotopletysmografi

Photoplethysmography (PPG) är en icke-invasiv mätmetod som har blivit en av de mest populära inom monitorering av HRV och andra hjärt-parametrar. Enkelheten som kommer till följd av att den är icke-invasiv har lett till att en stor del av alla mobila mättekniker för HRV använder sig av PPG (26). Tekniken är baserad på att genom infrarött ljus kunna detektera variationer i blodvolym i blodkärlen vid varje hjärtslag (27). PPG-sensorn kan baseras på två olika grundprinciper, dessa är transmission och reflektion (26). Den vanligaste principen för användning av PPG är transmissions-sensorn. Denna utgår från en fotodiod som emitterar infrarött ljus genom kroppens vävnader. På andra sidan av den del av kroppen där mätningen görs sitter en fotodetektor som tar upp ljuset och kan detektera hur mycket infrarött ljus som absorberas i kroppen. Skillnaden med reflektions-principen är att fotodetektorn och fotodioden sitter på samma sida, denna metod används endast vid mätningar på kroppsdelar som är för djupa för att ljuset ska kunna tränga sig igenom (28). Figur 2.5 representerar en sensor av typen transmission samt en sensor av typen reflektion.



Figur 2.5 Representation av PPG-sensor för applikation på fingret genom a) transmissions-principen och b) reflektions-principen (26).

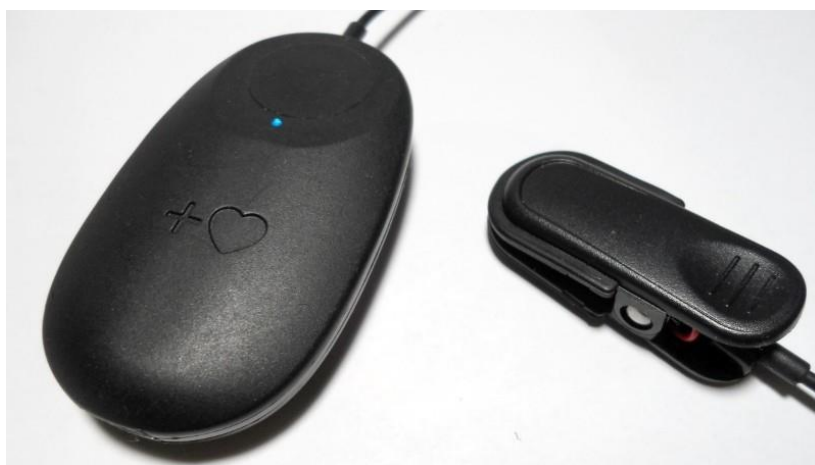
En PPG-signal innehåller två olika delar, en del som kan beskrivas med en DC-signal. Denna representerar den konstanta absorptionen som sker när ljuset färdas genom hud och benvävnad. Den andra signalen är en AC-signal som representeras av ljuset som färdas genom artärerna. Genom AC-signalen kan hjärtfrekvensen utläsas. Resultatet av en AC-signalen vid en PPG-mätning beror på blodflödet och syreflödet till kapillärerna vid varje hjärtslag. Bilden nedan representerar de två olika signalerna (29). HRV kan sedan utläsas som enligt tidigare beskrivning som tidsskillnaden mellan på varandra följande hjärtslag.



Figur 2.6 Representerar AC- och DC-signalerna från en PPG sensor (30).

2.7.1 Inner balance öronsensor

En teknik som kommer att användas i denna studie är en öronsensor tillverkad av Inner Balance. Denna teknik är en fotopletysmograf som används för mätning av HRV på öronsribben och fungerar enligt beskrivning från kapitel 2.7. Tekniken riktar sig främst till privatpersoner men det finns även klinisk forskning där tekniken använts för att se exempelvis förhållandet mellan HRV och migrän (31). Tekniken är certifierad som en medicinteknisk produkt vilket betyder att den får användas kliniskt inom sjukvården. Sensorn mäter hjärtfrekvensen 125 gånger per sekund, dvs med en frekvens på 125 Hz. Den är även kopplad via Bluetooth till användarens enhet vilket möjliggör direkt överföring av information (32). Den används genom att sätta klämman som syns i figur 2.7 på öronsribben och sedan starta en mätning.



Figur 2.7 Inner balance earlobe Bluetooth sensor. (32)

2.7.2 Biotekna fingersensor

En teknik som kommer att användas i denna studie är en PPG stress flow fingersensor från BioTekna. Denna teknik är en fotopletysmograf som fungerar enligt beskrivning från kapitel 2.7. BioTeknas fingersensor har sedan år 2004 varit validerad och CE-märkt i Europa som icke-invasiv medicinteknisk produkt för monitorering och diagnostisering (33). Produkten har sedan sin CE-märkning använts kliniskt på olika sjukhus runt om i Europa. PPG stress flow använder sig av två stycken fingersensorer som placeras på höger och vänster pekfinger. Fingersensorerna är kopplade till en monitor som samlar in data. Informationen presenteras sedan i BioTeknas egna programvara BioTekna-plus 2.5.2. PPG stress flow fingersensorerna samt monitorn visas i figur 2.8.



Figur 2.8 PPG stress flow fingersensorer samt monitor (34).

2.8 Tidigare forskning

Tidigare har det gjorts en hel del forskning gällande dels HRV i sig men även för olika metoder/tekniker att mäta HRV. Polar H10 pulsband återfinns i en mängd studier gällande om det är en reliabel metod att mäta HRV (2,4,35). Inner balance öronsensor och Biotekna fingersensor förekommer inte lika frekvent inom tidigare forskning och en jämförelse av just dessa tre tekniker har inte hittats i någon tidigare forskning under litteraturstudien.

Det har tidigare gjorts studier som prövar reliabiliteten hos Polar H10 pulssensor. Dessa studier drar så gott som uteslutande slutsatsen att Polar H10 pulssensor är en starkt reliabel metod att mäta HRV (2). Just eftersom det gjorts så många validitetsstudier på Polar H10 så används den tekniken i denna studie som referens. Tidigare studier påpekar att Polar H10 är ett bättre alternativ för att mäta HRV jämfört med fotopleysmografi sensorer på fingrarna och handled (4,35). Det finns också studier som menar att signaler från PPG mätningar på fingret blir mer stabila än signaler från örsnibben (29).

Det har gjorts forskning kring standardisering för mätningar av HRV. Det är genom denna tidigare forskning som en standardisering utarbetats i den grad som anses relevant för denna studie (18).

3 Metod

Projektet utgår från två huvudmetoder, en teoretisk litteraturstudie samt en empirisk undersökning. Litteraturstudien används för att styrka projektets validitet samt att den empiriska undersökningen ska vara bidragande till fortsatt forskning inom området.

3.1 Litteraturundersökning

För att undersöka och förklara vad HRV samt de tre olika teknikerna är, gjordes en litteratursökning i vetenskapliga databaser. De vetenskapliga databaserna som användes var Scopus, PubMed samt Web of Science. Den databas som användes mest frekvent var PubMed som innehåller en stor mängd vetenskapliga artiklar inom det medicinska området (36). Informationen som eftersöktes via PubMed var främst inriktad på vetenskapen om vad HRV är för något, på vilka olika sätt HRV kan mätas, samt vilka parametrar som kan komma att påverka en HRV-mätning. Scopus och Web of Science är mer generella databaser med vetenskapliga artiklar inom en större mängd områden (37). Dessa databaser användes för informationssökning angående de tekniska specifikationerna på de olika mätinstrumenten.

3.2 Empirisk undersökning

Den empiriska undersökningen som utfördes är en experimentell studie för att samla in data kring de tre olika mätteknikerna. Undersökningen är i form av en kvantitativ metod vilket innebär insamling av data för statistik analys och jämförelse.

3.2.1 Urval

Studien grundar sig i ett urval av 18 personer. Deltagarna valdes ut genom privata kontakter på Uppsala universitet. Urvalet består av en jämnt fördelad grupp av män och kvinnor med olika nivåer av daglig fysisk aktivitet. Samtliga testpersoner var i åldrarna 20-30 år. Ett blandat urval är att föredra då stressnivåer, skillnader i fysisk aktivitet och olika kroppssammansättning kan komma att påverka en HRV-mätning (38). Exklusionskriterier var inga kroniska sjukdomar eller läkemedel som påverkar hjärtrytmen.

3.2.2 Riktlinjer för testpersoner

För att ge studien validitet krävdes vissa riktlinjer för testpersonerna både innan och under själva mätningen. HRV påverkas av en mängd olika parametrar såsom stress, sömn, matintag samt fysisk aktivitet (11). Testpersonerna blev därmed tillsagda om att inte fysiskt anstränga sig dagen innan. Ytterligare så utfördes alla tester på förmiddagen och då de fått information om att inte konsumera koffein samt ingen fysisk ansträngning samma dag innan testet.

Testpersonerna fick inte ha nagellack på sig vid mätningen då det kan påverka resultatet från fingrersensorn. Fullständig information till testpersoner återfinns i bilaga 1.

3.2.3 Insamling av data

Den empiriska undersökningen tog plats i ett undersökningsrum vid Energimetaboliska laboratoriet (EML) på Akademiska sjukhuset i Uppsala. Testerna utfördes på en person i taget. När testpersonen ankom till undersökningsrummet fick personen först mäta sig och väga sig. Med hjälp av testpersonernas längd och vikt räknades deras BMI ut med hjälp av formeln $BMI = \frac{vikt}{längd^2}$. Dessa värden återfinns i bilaga 2.

Personen fick sedan sätta sig ned och vila i 15 minuter för att minimera riskerna för avvikande resultat. Sedan kopplades personen in till de tre olika mätteknikerna. Simultant utfördes mätningar av personens HRV med hjälp av de tre olika mätteknikerna under en tidsperiod på 15 minuter varav Bioteknas fingrersensor endast kunde göra mätningar under de 5 första minuterna. För insamling av data användes programvaran Elite-HRV. Elite-HRV anses vara en reliabel programvara när det kommer till mätningar av HRV (39). När testerna var klara sparas den insamlade datan i Elite-HRV medans mätteknikerna rengörs för nästkommande testperson.

Data som erhållits från BioTekna fingrersensor samlades av den egna mjukvaran i ett färdigt datablad med de vitala parametrarna och dess värden.

3.2.4 Processering av data

Den data som erhållits från testerna exporterades till Microsoft Excel (version 2205) där varje testpersons uppmätta värden dokumenterades för vardera teknik i ett kalkylblad. Med denna data kalkylerades differenser mellan teknikerna för att se eventuella trender och liknande i mätningarna. Varje mätning kopplades också till ett BMI från mättillfället samt kön för att

vidare kunna analysera detta. Samtlig processering av data gjordes direkt i Microsoft Excel samt i den statistiska programvaran Minitab (version 21.1.0).

3.2.5 Statistiska analysmetoder

För att kunna analysera resultatet och dra slutsatser kring om det är statistiskt säkerställt att det finns skillnader i hur teknikerna mäter kommer hypotestest att användas. Alla hypotestest kommer vara uppställda på samma sätt och genomföras för respektive variabel. Då mätvärdena är parvisa observationer kommer hypotestesterna att utföras med de beräknade differenserna mellan de olika teknikerna. Nollhypotesen kommer vara att *medelvärdet för differensen är lika med noll och* mothypotesen blir då att *medelvärdet för differensen är skilt från noll*. Testfunktionen som kommer användas är t-fördelad med $(n-1 = 18-1 = 17)$ frihetsgrader då nollhypotesen är sann. Vidare antas att den bakomliggande populationen är approximativt normalfördelad. Signifikansnivån som används är 5%, nollhypotesen kommer därmed förkastas om testets p-värde understiger 5%.

4. Resultat

När resultaten var sammanställda beräknades procentuella differenser mellan de olika teknikerna för respektive parameter. Genom detta beräknades sedan procentuella medelvärden för differenserna och dessa värden presenteras nedan i tabell 4.1. Eftersom fingersensorn från Biotekna inte presenterade något värde för PNN50 så kunde endast denna parameter analyseras från jämförelsen mellan Polar H10 och Inner balance öronsensor. Ett värde närmare noll visar på små skillnader mellan teknikerna på parametern i fråga medan ett större negativt eller positivt värde visar på stora skillnader mellan teknikerna. All mätdata och alla beräkningar återfinns i bilaga 3 samt bilaga 4.

Tabell 4.1, Procentuella medeldifferenser för respektive tekniker och parametrar

Medelvärde differenser (%)	Polar H10 - Fingersensor	Polar H10 - Öronsensor	Fingersensor - Öronsensor
RMSSD	-15,2	-24,2	-13,6
SDNN	-7,2	-1,2	3,7
LF-power	-19,9	6,2	4,8
HF-power	-61	-26,6	1,5
LF/HF-ratio	39	103	64
PNN50		-6	

För varje parameter för respektive teknik har ett hypotestest gjorts enligt beskrivningen i kapitel 3.2.5. Ett p-värde, t-värde och ett 95% konfidensintervall för medelvärdet har kalkylerats för respektive parameter och presenteras i tabell 4.2.

Tabell 4.2. Beräknade värden från hypotestesterna

Polar H10 - Biotekna fingersensor	P-värde	T-värde	95% ci för medelvärdet
RMSSD	0,061	-2,01	(-15,11; 0,38)
SDNN	0,048	-2,13	(-14,10; -0,08)
LF-power	0,059	-2,02	(-1516; 33)
HF-power	0,043	-2,19	(-1209; -22)
LF/HF	0,218	1,28	(-0,25; 1,04)

Polar H10 - Inner balance öronsensor			
RMSSD	0,003	-3,51	(-9,71; -2,42)
SDNN	0,088	-1,81	(-1,376; 0,11)
LF-power	0,02	2,56	(24; 246,6)
HF-power	0,062	-2	(-266,2; 7,2)
LF/HF	0,003	3,49	(0,41; 1,65)
PNN50	0	-4,96	(-0,09; -0,04)

Biotekna fingersensor - Inner balance öronsensor			
RMSSD	0,908	-0,12	(-9,73; 8,7)
SDNN	0,059	2,02	(-0,41; 18,78)
LF-power	0,04	2,22	(45; 1708)
HF-power	0,153	1,49	(-188; 1099)
LF/HF	0,197	1,34	(-0,36; 1,64)

Som beskrivits i kapitel 3.2.5 ska nollhypotesen förkastas om p-värdet understiger den uppsatta signifikansnivån på 5%. Om nollhypotesen förkastas så är det på 5% signifikansnivå statistiskt säkerställt att medelvärdet för differenserna är skilt från noll. Mellan Polar H10 och Biotekna fingersensor är det enligt tabell 4.2 för parametrarna SDNN och HF-power på 5% signifikansnivå statistiskt säkerställt att medelvärdet för differenserna är skilt från noll. För parametrarna RMSSD, LF-power och LF/HF är det däremot på 5% signifikansnivå inte statistiskt säkerställt att medelvärdet för differenserna är skilt från noll.

Vid jämförelsen av Polar H10 och Inner balance öronsensor så är det enligt tabell 4.2 på 5% signifikansnivå statistiskt säkerställt att medelvärdet för differenserna är skilt från noll för parametrarna RMSSD, LF-power, LF/HF och PNN50. Det är på 5% signifikansnivå inte statistiskt säkerställt att medelvärdet för differenserna är skilt från noll för parametrarna SDNN och HF-power.

För den sista jämförelsen mellan Biotekna fingersensor och Inner balance öronsensor är det enligt tabell 4.2 på 5% signifikansnivå statistiskt säkerställt att medelvärdet för differenserna är skilt från noll för parametern LF-power. Det är på 5% signifikansnivå inte statistiskt säkerställt att medelvärdet för differenserna är skilt från noll för parametrarna SDNN, RMSSD, HF-power samt LF/HF.

4.1 Samband mellan kön och differenser

För samtliga variabler kalkylerades medeldifferenser för män respektive för kvinnor. Detta för att se om det finns någon skillnad i teknikernas precision beroende på kön. I tabell 4.3 presenteras medeldifferenserna för män.

Tabell 4.3 medelvärde för differenserna på olika parametrar för män

Medelvärde differenser för män (%)			
	Polar H10 - Fingersensor	Polar H10 - Öronsensor	Fingersensor - Öronsensor
RMSSD	-6,4	-35,4	-31,6
SDNN	-4,7	-2,7	-0,2
LF-power	-24,6	3,4	-6,6
HF-power	-38,4	-35,4	-24,2
LF/HF-ratio	36	87	85
PNN50		-8,4	

I tabell 4.4 nedan presenteras motsvarande värden för kvinnor.

Tabell 4.4 medelvärde för differenserna på olika parametrar för kvinnor

Medelvärde differenser för kvinnor (%)			
	Polar H10 - Fingersensor	Polar H10 - Öronsensor	Fingersensor - Öronsensor
RMSSD	-29,1	-34,6	-14
SDNN	-11,1	-1,5	6
LF-power	-15	6,2	12,6
HF-power	-96,4	-17,3	12,1
LF/HF-ratio	44	77	33
PNN50		-8,4	

4.2 Samband mellan BMI och differenser

För att undersöka ifall det finns något samband mellan differenserna och BMI beräknades Pearsons korrelationskoefficient för respektive parameter. Pearsons korrelationskoefficient ger värden mellan (-1:1). Negativa värden nära ett ger en stark negativ korrelation vilket betyder att om en parameter ökar så minskar den andra med ett starkt samband. Positiva värden nära ett ger stark positiv korrelation vilket betyder att om en parameter ökar så ökar även den andra med ett starkt samband. I tabell 4.5 presenteras alla beräknade korrelationskoefficienter för respektive variabel. Samtliga värden i tabellen ligger nära noll vilket indikerar att det inte finns någon korrelation.

Tabell 4.5, korrelationskoefficienterna för differenserna mellan teknikerna och testpersonernas BMI.

Korrelation med BMI			
	Polar H10 - Fingersensor	Polar H10 - Öronsensor	Fingersensor - Öronsensor
RMSSD	-0,142	0,081	0,141
SDNN	-0,052	0,318	-0,106
LF-power	0,110	-0,327	-0,146
HF-power	-0,071	0,088	0,068
LF/HF-ratio	-0,05	-0,229	-0,110
PNN50		0,019	

5. Diskussion

5.1 Resultatdiskussion

Tabell 4.1 visar att Biotekna fingersonor visar högre värden på samtliga parametrar i jämförelse med Polar H10. Dessutom visar fingersonorn också högre värden än Inner balance öronsensor på samtliga parametrar utom RMSSD. Utifrån teorin att Polar H10 mäter mest korrekt, som denna rapport grundar sig i, antas de andra 2 teknikerna visa för höga värden utifrån de tester som utförts i denna studie. Däremot är denna trend inte fullkomligt övertygande då majoriteten av de tester som utförts och respektive differenser är små relativt medelvärdet som är högt på grund av ett fåtal mätningar. Detta syns även i graferna i bilaga 5.

Utifrån hypotestesterna så visar resultatet att det är minst skillnad mellan de båda teknikerna som använder sig av fotopletysmografi även fast de mäter på olika delar av kroppen. Detta kan ses som att det inte spelar stor roll vart på kroppen man mäter utan istället vilket typ av teknik som används. Teknikerna som använder sig av fotopletysmografi och mäter HRV på fingrar respektive örsnibben i medel antar högre värden än en metod som använder sig av EKG och mäter direkt över bröstkorgen. Något som bör tas i beaktning är dock att endast ett exemplar av varje teknik användes och det skulle kunna finnas en risk att teknikerna var okalibrerade. Polar H10 pulsband och Inner balance öronsensor var dock fabriksnya så dessa kan antas vara kalibrerade.

Att utföra statistiska tester blir viktigt när det förekommer enstaka utstickande värden som i sin tur påverkar medelvärdet mycket. Just detta skedde i denna studie då det tydligt syns i bilaga 5 att tre individuella mätningars differenser avviker mycket från resterande. Orsaken till dessa säregna observerade skillnader kan vara många. Vid mätningstillfällena noterades att Biotekna fingersonor var väldigt känslig för artefakter såsom rörelser med händerna under mätning eller andra typer av rörelser. Detta kan ha kommit att påverka resultaten som i sin tur medför stora skillnader till de andra teknikerna. Detta är en felkälla som hade kunnat minimeras genom att förbättra informationen till testpersonerna angående detta. Det kan också handla om att de testpersoner där de stora mätskillnaderna observerades inte följt instruktionerna givet i bilaga 1. Dessa tester kunde ha utförts en gång till för att säkerställa att

det inte var något teknikproblem. De fåtal mätningar som visade stora skillnader mellan teknikerna påverkade de parametrar i frekvensdomänen mest. Detta blir tydligt i tabell 4.1 där medeldifferenserna för frekvensdomänen blivit stora, upp till nästan 61% skillnad. Dessa stora skillnader i frekvensdomänen uppkommer endast i de mätningar med Polar H10, vilket tyder på att de tekniker som mäter med fotopletysmografi inte givit korrekta värden för de mätningar som sticker ut kraftigt.

Ytterligare en aspekt som kan ha påverkat resultatet är att Biotekna fingersensor har legat orörd i över ett år när den började användas för denna studie. Detta kan ha kommit att påverka resultatet då ingen kalibrering gjorts på länge. Senast användning av denna teknik var för en tidigare studie och senast den användes kliniskt var enligt loggarna i mjukvaran 2019-2020.

De statistiska tester som utförts hade kunnat bearbetats vidare med användning av Bonferroni korrektion. Genom att använda Bonferroni korrektion minskar risken för att felaktigt förkasta nollhypotesen. Detta har inte utförts i denna studie.

När det kommer till kön visar tabell 4.4 och tabell 4.5 medelvärden för differenser beroende på kön. Trenden för hur de olika teknikerna mäter när det kommer till positiva och negativa differenser är näst intill identisk för kvinnor och män med ett undantag som är SDNN för Biotekna fingersensor - Inner balance öronsensor för män. Bortsett från denna parameter som mäter strax under noll så har resterande värden samma tecken som tabell 4.1 som visar för både män och kvinnor. Mätfelen antas därmed inte vara direkt könsberoende. För att analysera dessa värden ytterligare skulle ett hypotestest kunna utföras, likt det som utfördes på de icke könsspecifika värdena. Detta har inte gjorts på grund av projektets omfattning.

Resultatet för mätskillnader mellan tekniker kopplat till både BMI och kön finns i bilaga 7.5 i tredimensionella spridningsdiagram. I dessa grafer beskrivs 2 teknikers mätskillnad relativt BMI och kön för varje test.

Tabell 4.5 visar att för de mätningar som utförts i denna studie så påverkar BMI inte mätfelet på något signifikant sätt. De framräknade korrelationskoefficienter antar värden väldigt nära noll vilket tyder på nästintill obefintliga samband mellan differenser för teknikerna och BMI. Det är däremot viktigt att notera att felet kan vara både positivt och negativt beroende på vilken teknik som antar största värden. Detta innebär att korrelationskoefficienter nära 1 och

-1 hade påvisat att olika tekniker mäter högre och lägre beroende på BMI. Detta blev dock inte fallet för denna studie då samtliga korrelationer till BMI ligger runt noll.

Eftersom Biotekna fingersensor inte presenterade något PNN50 så kunde denna parameter endast analyseras mellan Polar H10 och Inner balance öronsensor. Från resultaten blir det tydligt att Inner balance öronsensor visar för höga värden på PNN50. De statistiska tester som utförts styrker också denna slutsats.

5.2 Metoddiskussion

5.2.1 Litteraturundersökning

Litteraturundersökningen var en grundläggande del i detta projekt för att själva kunna erhålla information samt kunna ge potentiella läsare reliabel information inom ämnet. Tidsperioden för litteraturstudien var tre veckor där den första veckan endast var menad för att hitta pålitliga källor.

Källorna som hänvisas genom rapporten består samtliga av vetenskapliga artiklar inom ämnet. Undantaget för detta är dels information som hämtats direkt från företaget som skapat någon av de tre teknikerna som testats men också information från vårdhandboken. När det kommer till företagen som ligger bakom produkten som prövas i denna rapport är det viktigt att begripa att de vill sälja sin produkt och således kan informationen vara riktad. Även om det mesta som är hämtat direkt från företagen endast består av tekniska egenskaper tas detta i beaktning.

Vårdhandboken som har refererats till genom rapporten används i flera regioner i Sverige. Den innehåller kliniskt anpassad information som produceras i samverkan av författare och läkare därför anses denna källa kunna bidra med nyttig information lämplig för denna rapport när det kommer till metodik för att mäta HRV parametrar (40).

Ett sätt för att se om en vetenskaplig artikel är kvalitetsgranskad är om artikeln är "peer reviewed". Detta innebär att texten granskats av ämnesexperter. Mycket av källorna i denna rapport är "peer reviewed" men källor har inte sållats bort på grund av avsaknad av denna säkerställning. Anledningen till att vissa av källorna som har använts inte är peer reviewed är att de tekniker som har använts i rapporten, speciellt Bioteknas fingersensor inte är speciellt efterforskad vilket ledde till att information hämtades från de få studier som fanns

tillgängliga. För att göra litteraturstudien mer pålitlig hade ännu mer tid kunnat ägnas åt att försöka hitta peer reviewed källor, i detta fall hade det dock påverkat den empiriska studien i form av tidsbrist. Därav anledningen till att vissa källor inte är peer reviewed.

5.2.2 Empirisk undersökning

Den andra grundläggande delen i detta arbete var den empiriska undersökning som tog plats i ett undersökningsrum vid Energimetaboliska laboratoriet (EML) på Akademiska sjukhuset i Uppsala. Undersökningarna pågick under två veckors tid och syftade till att se rent praktiskt om de tre olika teknikerna gav olika resultat.

Studien utfördes i enlighet med beskrivningen från kapitel tre och gav som beskrivits i kapitel 5.1 väldigt blandade resultat. Under första dagen av undersökningar uppkom vissa svårigheter som kan ha kommit att påverka resultatet. Bioteknas fingrator tappade knipförmågan på båda sensorerna, dvs både för höger och vänster hand. Detta ledde till att dessa behövdes tejpas. Tejpningen gjordes dag ett och höll sedan hela första veckan för alla patienter. Ytterligare en tejpning gjordes första dagen på andra veckan av undersökningar som sedan höll resterande del av undersökningstiden. Signalkvaliteten beskrevs enligt Bioteknas program som bra men det är oklart om och hur tejpningen kan ha påverkat varje individs testresultat olika. Vissa upplevde att sensorerna på fingrarna satt väldigt hårt medan andra upplevde att de själva behövde lägga tryck på sensorerna för att signalkvaliteten skulle hållas konstant. Detta kan ha haft en påverkan på huruvida avslappnade testpersonerna var under testerna vilket i sin tur kan ha haft en påverkan på resultatet. Denna felkälla var svår att förutse då sensorerna hade testats och var fungerande innan undersökningsperioden påbörjades.

Inför undersökningen hade testpersonerna fått vissa riktlinjer som de skulle förhålla sig till för att standardisera vissa parametrar som hade kunnat komma att påverka resultaten. Dessa riktlinjer var att inte fysiskt anstränga sig dagen innan, inget intag av koffein under samma dag som testet skulle utföras samt att ingen av personerna fick bära nagellack då det kan komma att påverka resultaten från fingratorn. Alla testpersoner sade vid respektive undersökningstillfälle att riktlinjerna hade följts. Riktlinjerna uppfattades som relativt enkla att följa. Det finns dock studier som visar att ännu fler standardiseringar hade kunnat leda till mer korrekta mätvärden vid HRV-mätningar (18). Tidigare forskning har tagit fram en checklista över standardiseringar som bör användas vid undersökningar av HRV. Denna checklista hittas i bilaga 6. Många av de standardiseringar som beskrivs som viktiga i

tidigare forskning användes vid undersökningen men andra valdes bort såsom exempelvis temperatur och luftfuktighet i rummet samt antal sömntimmar natten innan. Anledningen till att vissa valdes bort grundar sig i att vissa gick helt enkelt inte att kontrollera såsom temperatur och luftfuktighet i rummet. Antal sömntimmar valdes bort för att förenkla för testpersonerna och därmed öka chanserna att få med så många testpersoner som möjligt.

Ytterligare en faktor i metoden som kan diskuteras är huruvida resultatet påverkas av att testpersonerna utför testerna i en, för de flesta, ny miljö på Akademiska sjukhuset. Valet gjordes ändå att personerna fick ta sig till Akademiska sjukhuset då det skulle vara väldigt svårt att kontrollera mätningarna om personerna själva skulle få utföra dem själva i sitt hem. Att testpersonerna skulle utsättas för någon typ av stresspåslag på grund av att de tog sig till Akademiska sjukhuset är inte helt orimligt men detta är även anledningen till att testpersonerna fick sätta sig ned och vila i 15 minuter innan testerna utfördes.

Att standardisera vissa parametrar inför mätningarna gjordes främst för att försöka efterlikna en vanlig HRV-mätning på bästa sätt. Huruvida resultatet var rimligt eller inte är egentligen mindre intressant i detta projekt då denna undersökning främst syftar till att jämföra teknikerna och se dess skillnader och likheter. Det vill säga att om personen hade ett för högt eller för lågt HRV-värde på grund av någon yttre faktor såsom exempelvis koffeinintag, är egentligen irrelevant i denna studie då det antas påverka alla tekniker på samma sätt. Som tidigare beskrivits användes ändå vissa standardiseringar för att försöka efterlikna de förhållanden som HRV-mätningar normalt utförs i.

6 Slutsats och rekommendation

6.1 Slutsats

Utifrån det resultat som erhållits från den empiriska undersökningen samt de hypotestester som utförts på resultatet är slutsatsen att det, bortsett från de stora avvikelserna från enstaka mätvärden, finns inte några stora skillnader mellan teknikerna. Det finns dock vissa små skillnader mellan Polar H10, Inner balance öronsensor och Biotekna fingersensor. Den skillnaden som var mest märkbar är att de tekniker som mäter med fotopletysmografi hade tendenser att ge något för höga mätvärden för respektive parameter inom tidsdomänen samt de flesta parametrar inom frekvensdomänen. Hypotestesterna visar dock att det inte finns någon signifikant skillnad för majoriteten av parametrarna. Ytterligare kan en slutsats dras kring sambandet mellan BMI och hur teknikerna ger olika mätvärden. Detta samband är enligt denna studie nästintill obefintligt. En liknande slutsats kan även ges för sambandet mellan kön och differenser för de olika teknikernas mätvärden, där även det sambandet antas vara nästintill obefintligt. För att göra slutsatserna mer reliabla bör en större referensgrupp användas för att minimera felkällor från enstaka avvikande mätvärden.

6.2 Framtida forskning

Sjukvårdsbranschen är en av de snabbast växande branscher i hela världen där det hela tiden kommer nya tekniker och metoder för alla typer av mätningar och behandlingar. För HRV-mätningar finns det en stor mängd olika tekniker som inte har analyserats och jämförts i denna studie. En teknik som kan vara intressant att ha med i en liknande jämförelse är HRV-ringen som finns från en mängd olika tillverkare. Ringen mäter HRV med hjälp av fotopletysmografi och mätningen görs då vid fingrarna istället. Vidare forskning som kan göras inom ämnet är att se om det finns några andra yttre parametrar än kön och BMI som kan ha en påverkan på vilken typ av tekniken som bör användas. Validering av nuvarande forskning är även något som skulle kunna göras med hjälp av större referensgrupper. I detta projekt användes 18 stycken testpersoner varav enstaka stack ut vilket påverkade resultatet. Projekt där fler testpersoner används kommer enstaka individer inte ha lika stor påverkan på resultatet vilket även skulle göra resultatet mer reliabelt.

7. Referenser

1. Finkelstein J, Jeong IC. Using heart rate variability for automated identification of exercise exertion levels. *Stud Health Technol Inform.* 2015;208:137–41.
2. Gilgen-Ammann R, Schweizer T, Wyss T. RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise. *Eur J Appl Physiol.* 01 juli 2019;119(7):1525–32.
3. Dobbs WC, Fedewa MV, MacDonald HV, Holmes CJ, Cicone ZS, Plews DJ, m.fl. The Accuracy of Acquiring Heart Rate Variability from Portable Devices: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ.* mars 2019;49(3):417–35.
4. Speer KE, Semple S, Naumovski N, McKune AJ. Measuring Heart Rate Variability Using Commercially Available Devices in Healthy Children: A Validity and Reliability Study. *Eur J Investig Health Psychol Educ.* 10 januari 2020;10(1):390–404.
5. Young HA, Benton D. Heart-rate variability: a biomarker to study the influence of nutrition on physiological and psychological health? *Behav Pharmacol.* april 2018;29(2-):140–51.
6. Draghici AE, Taylor JA. The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. *J Physiol Anthropol.* 28 september 2016;35:22.
7. Pham T, Lau ZJ, Chen SHA, Makowski D. Heart Rate Variability in Psychology: A Review of HRV Indices and an Analysis Tutorial. *Sensors.* januari 2021;21(12):3998.
8. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Health* [Internet]. 2017 [citerad 29 mars 2022];5. Tillgänglig vid: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpubh.2017.00258>
9. Electrophysiology TF of the ES of C the NAS of P. Heart Rate Variability. *Circulation.* mars 1996;93(5):1043–65.
10. Heathers JAJ. Everything Hertz: methodological issues in short-term frequency-domain HRV. *Front Physiol* [Internet]. 2014 [citerad 04 april 2022];5. Tillgänglig vid: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2014.00177>
11. Kleiger RE, Stein PK, Bigger Jr. JT. Heart Rate Variability: Measurement and Clinical Utility. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2005;10(1):88–101.
12. Nunan D, Sandercock GRH, Brodie DA. A Quantitative Systematic Review of Normal Values for Short-Term Heart Rate Variability in Healthy Adults. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2010;33(11):1407–17.
13. Natarajan A, Pantelopoulos A, Emir-Farinas H, Natarajan P. Heart rate variability with photoplethysmography in 8 million individuals: a cross-sectional study. *Lancet Digit Health.* december 2020;2(12):e650–7.
14. Thayer JF. A Neurovisceral Integration Model of Heart Rate Variability. I: Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology [Internet]. Elsevier; 2017 [citerad 05 april 2022].

Tillgänglig vid: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128093245018289>

15. Koenig J, Thayer JF. Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev.* 01 maj 2016;64:288–310.
16. Xhyheri B, Manfrini O, Mazzolini M, Pizzi C, Bugiardini R. Heart Rate Variability Today. *Prog Cardiovasc Dis.* 01 november 2012;55(3):321–31.
17. Tan JPH, Beilharz JE, Vollmer-Conna U, Cvejic E. Heart rate variability as a marker of healthy ageing. *Int J Cardiol.* 15 januari 2019;275:101–3.
18. Catai AM, Pastre CM, Godoy MF de, Silva E da, Takahashi AC de M, Vanderlei LCM. Heart rate variability: are you using it properly? Standardisation checklist of procedures. *Braz J Phys Ther.* 2020;24(2):91–102.
19. Yadav RL, Yadav PK, Yadav LK, Agrawal K, Sah SK, Islam MN. Association between obesity and heart rate variability indices: an intuition toward cardiac autonomic alteration & a risk of CVD. *Diabetes Metab Syndr Obes Targets Ther.* 17 februari 2017;10:57–64.
20. Rodrigues TS, Quarto LJG. Body Mass Index May Influence Heart Rate Variability. *Arq Bras Cardiol.* oktober 2018;111(4):640–2.
21. Hassya IA, Sahroni A, Rahayu AW, Laksono ED. The analysis of heart rate variability properties and body mass index in representing health quality information. *Procedia Comput Sci.* 01 januari 2022;197:135–42.
22. McStay S. Recording a 12-lead electrocardiogram (ECG). *Br J Nurs.* 27 juni 2019;28(12):756–60.
23. Tillvägagångssätt - Vårdhandboken [Internet]. [citerad 07 april 2022]. Tillgänglig vid: <https://www.vardhandboken.se/undersokning-och-provtagning/ekg/tillvagagangssatt/>
24. Polar H10 | Bröstmått för pulsmätning [Internet]. Polar Sverige. [citerad 07 april 2022]. Tillgänglig vid: https://www.polar.com/sv/produkter/accessoarer/h10_pulssensor
25. How to Measure Biopotential ECG Using a Chest Strap [Internet]. [citerad 07 april 2022]. Tillgänglig vid: <https://www.maximintegrated.com/en/design/technical-documents/app-notes/6/6952.html>
26. Moraes JL, Rocha MX, Vasconcelos GG, Vasconcelos Filho JE, de Albuquerque VHC, Alexandria AR. Advances in Photoplethysmography Signal Analysis for Biomedical Applications. *Sensors.* 09 juni 2018;18(6):1894.
27. Allen J, Zheng D, Kyriacou PA, Elgendi M. Photoplethysmography (PPG): state-of-the-art methods and applications. *Physiol Meas.* 01 oktober 2021;42(10):100301.
28. Zhao D, Sun Y, Wan S, Wang F. SFST: A robust framework for heart rate monitoring from photoplethysmography signals during physical activities. *Biomed Signal Process Control.* mars 2017;33:316–24.
29. Přibíl J, Přibílová A, Frollo I. Comparative Measurement of the PPG Signal on Different Human Body Positions by Sensors Working in Reflection and Transmission Modes. *Eng Proc.*

- 2020;2(1):69.
30. Caizzone A, Boukhayma A, Enz C. A 2.6 uW Monolithic CMOS Photoplethysmographic (PPG) Sensor Operating with 2 uW LED Power for Continuous Health Monitoring. *IEEE Trans Biomed Circuits Syst.* 26 september 2019;
 31. Minen MT, Corner S, Berk T, Levitan V, Friedman S, Adhikari S, m.fl. Heartrate variability biofeedback for migraine using a smartphone application and sensor: A randomized controlled trial. *Gen Hosp Psychiatry.* mars 2021;69:41–9.
 32. Inner Balance Bluetooth for Android & iPhone [Internet]. HeartMath. [citerad 06 april 2022]. Tillgänglig vid: <https://store.heartmath.com/innerbalance>
 33. Chrousos GP, Papadopoulou-Marketou N, Bacopoulou F, Lucafò M, Gallotta A, Boschiero D. Photoplethysmography (PPG)-determined heart rate variability (HRV) and extracellular water (ECW) in the evaluation of chronic stress and inflammation. *Hormones* [Internet]. 14 januari 2022 [citerad 07 april 2022]; Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1007/s42000-021-00341-y>
 34. srl W. PPG Stress Flow - Analysis, monitoring and biofeedback of the autonomic nervous system and the heart rate variability [Internet]. <https://www.biotekna.com/>. [citerad 07 april 2022]. Tillgänglig vid: <https://www.biotekna.com/PPG-Stress-Flow---Medical-Device>
 35. Muggeridge DJ, Hickson K, Davies AV, Giggins OM, Megson IL, Gorely T, m.fl. Measurement of Heart Rate Using the Polar OH1 and Fitbit Charge 3 Wearable Devices in Healthy Adults During Light, Moderate, Vigorous, and Sprint-Based Exercise: Validation Study. *JMIR MHealth UHealth.* 25 mars 2021;9(3):e25313.
 36. McEntyre J, Lipman D. PubMed: bridging the information gap. *CMAJ.* 01 maj 2001;164(9):1317–9.
 37. Mongeon P, Paul-Hus A. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics.* 01 januari 2016;106(1):213–28.
 38. Cygankiewicz I, Zareba W. Heart rate variability. *Handb Clin Neurol.* 2013;117:379–93.
 39. Perrotta AS, Jeklin AT, Hives BA, Meanwell LE, Warburton DER. Validity of the Elite HRV Smartphone Application for Examining Heart Rate Variability in a Field-Based Setting. *J Strength Cond Res.* augusti 2017;31(8):2296–302.
 40. Vårdhandboken [Internet]. [citerad 03 maj 2022]. Tillgänglig vid: <https://www.vardhandboken.se/>

8. Bilagor

8.1 Bilaga 1: Instruktioner för studien

Hur går Studien till?

Du som frivillig kommer att träffa oss på akademiska sjukhuset på morgonen. På plats kommer du först att mätas och vägas för att sedan få vila i cirka 15 minuter för att sedan kopplas upp mot 3 olika tekniker som mäter ditt HRV. Dessa 3 tekniker är en sensor på örat, ett pulsband över bröstet samt en sensor på fingret. Undersökningen görs i sittande ställning och kommer ta cirka 15 minuter.

Vad händer med mina testresultat?

Dina testresultat kommer att hanteras anonymt, det vill säga att dom inte kommer att kunna kopplas till dig på något sätt. Testresultaten kommer att användas i studien för att jämföra de olika teknikerna.

Vad förväntas av mig?

Det finns vissa saker som kan komma att påverka testresultatet vid en HRV-undersökning därför ber vi dig att följa dessa punkter:

- Minimal fysisk ansträngning samma dag som undersökningen görs. (Om du behöver gå eller cykla till akademiska, gör det i långsam takt)
- Inget intag av koffein samma dag som undersökning görs.
- Minimal fysisk aktivitet dagen innan undersökningen skall göras.

Hur får jag information om studiens resultat?

Information om studiens resultat kommer att komma i slutet av maj eller i början av juni. Hela rapporten kommer att vara tillgänglig på DIVA-portal, den kommer även redovisas i slutet av maj på ångströmlaboratoriet.

Datum och tid:

Måndag 11/4. (08:00-08:45), (09:00-09:45), (10:00-10:45)

Tisdag 12/4. (08:00-08:45), (09:00-09:45), (10:00-10:45)

Onsdag 13/4 (08:00-08:45), (09:00-09:45), (10:00-10:45)

Tisdag 19/4 (08:00-08:45), (09:00-09:45), (10:00-10:45)

Onsdag 20/4 (08:00-08:45), (09:00-09:45), (10:00-10:45)

Torsdag 21/4 (08:00-08:45), (09:00-09:45), (10:00-10:45)

Fredag 22/4 (08:00-08:45), (09:00-09:45), (10:00-10:45)

Vid preferenser av tider hör gärna av dig i tid, så fixar vi det. Annars återkommer vi senast 4/10 med en slumpmässigt vald tid.

Med vänliga hälsningar, Isac Blomberg och Gustav Schmützer.

8.2 Bilaga 2: Längd, vikt, BMI och kön på testpersonerna

Deltagare	Längd(cm)	Vikt(kg)	BMI (Kg/m ²)	Kön
1	186,5	85,6	24,6	Man
2	158	77,9	30,7	Kvinna
3	174	64	21,1	Kvinna
4	187	88,7	25,4	Man
5	187,5	83,5	23,8	Man
6	176	65,9	21,3	Man
7	185,5	83,3	24,3	Man
8	170	74	25,6	Kvinna
9	195,5	103,1	27	Man
10	175	86	28,1	Man
11	182	78,8	23,8	Man
12	158	59,7	23,9	Kvinna
13	188	83,3	23,6	Man
14	180	80	24,7	Kvinna
15	175,5	67,4	21,9	Man
16	176,5	98,6	31,7	Kvinna
17	169	69,2	24,2	Kvinna
18	184	88,5	26,1	Man

8.3 Fullständig mätdata från empirisk studie

Polar H10 pulsband

Person	SDNN (ms)	RMSSD (ms)	PNN50 (%)	LF-power (ms ²)	HF-power (ms ²)	LF/HF	BMI (kg/m ²)	Signalkvalitet	Kön (1= man, 2=kvinna)
1	68,56	34,02	13,00%	3018,37	139,95	21,57	24,6	Bra	1
2	76,17	52,71	25,00%	2128,85	1489,46	1,43	30,7	Bra	2
3	48,22	29,15	7,00%	1286,03	671,16	1,92	21,1	Bra	2
4	102,53	69,9	38,00%	1997,39	1268,28	1,58	25,4	Bra	1
5	70,91	34,54	10,00%	2202,13	392,98	5,6	23,8	Bra	1
6	45,7	51,87	35,00%	583,58	189	3,09	21,3	Bra	1
7	48,97	31,47	11,00%	1020,54	367,78	2,78	24,3	Bra	1
8	52,57	25,79	5,00%	1351,45	214,09	6,31	25,6	Bra	2
9	59,67	40,57	22,00%	495,88	1040	0,48	27	Bra	1
10	116,23	94,45	50,00%	5324,01	2223	2,39	28,1	Bra	1
11	75,32	45,12	20,00%	1798,88	974,19	1,85	23,8	Bra	1
12	90,11	52,46	27,00%	2420,03	975,12	2,48	23,9	Bra	2
13	44,57	24,02	4,00%	977,6	209,44	4,67	23,6	Bra	1
14	51,81	31,95	11,00%	1795,76	458,92	3,91	24,7	Bra	2
15	121,09	60,51	29,00%	6732,9	1194	5,64	21,9	Bra	1
16	55,86	23,4	4,00%	822,97	297,13	2,77	31,7	Bra	2
17	55,97	30,4	8,00%	1684,9	353,42	4,77	24,2	Bra	2
18	50,18	21,14	3,00%	1153,32	330,42	3,49	26,1	Bra	1

Inner balance öronsensor

Person	SDNN (ms)	RMSSD (ms)	PNN50 (%)	LF-power (ms ²)	HF-power (ms ²)	LF/HF	BMI (kg/m ²)	Signalkvalitet	Kön (1=man, 2=kvinna)
1	67,72	40,17	19%	3047,52	188,63	16,16	24,6	Dålig	1
2	74,78	50,93	24%	2133,19	1452,82	1,47	30,7	Bra	2
3	50,63	40,3	18%	1190,22	777,52	1,53	21,1	Bra	2
4	106,37	92,61	42%	2126,01	2450,62	0,87	25,4	Bra	1
5	71,85	43,66	20%	1883,83	371,9	5,07	23,8	Bra	1
6	47,21	50,29	29%	520,89	400,75	1,3	21,3	Bra	1
7	49,23	33,83	12%	876,53	453,82	1,93	24,3	Bra	1
8	52,1	34,79	12%	1191,06	278,54	4,28	25,6	Bra	2
9	60,41	44,57	27%	474,34	1227,19	0,39	27	Bra	1
10	114,77	92,57	57%	5048,95	2093,15	2,41	28,1	Bra	1
11	73,81	45,9	25%	1606,35	1023,45	1,57	23,8	Bra	1
12	89,36	58,7	32%	2248,5	974,63	2,31	23,9	Bra	2
13	44,92	28,32	6%	884,22	275,64	3,21	23,6	Bra	1
14	53,34	42,2	20%	1664,49	523,32	3,18	24,7	Bra	2
15	122,77	73,59	40%	5826,63	1299,04	4,49	21,9	Bra	1
16	56,99	38,31	14%	765,12	370,09	2,07	31,7	Bra	2
17	58,08	50,11	26%	1633,95	490,45	3,33	24,2	Bra	2
18	51,53	34,42	11%	1237,55	467,53	2,65	26,1	Dålig	1

Biotekna fingersensor

Person	SDNN (ms)	RMSSD (ms)	PNN50 (%)	LF-power (ms ²)	HF-power (ms ²)	LF/HF	BMI (kg/m ²)	Kön (1= man, 2=kvinna)
1	79	46		5377,61	242,26	22,2	24,6	1
2	94	71		2416,32	2416,32	1	30,7	2
3	51	38		1118,79	992,27	1,1	21,1	2
4	131	64		5884,05	1199,91	4,9	25,4	1
5	64	35		2489,91	445,86	5,5	23,8	1
6	43	40		658,52	242,26	2,7	21,3	1
7	49	34		528,48	550,04	1	24,3	1
8	57	30		1919,85	290,03	6,6	25,6	2
9	65	44		464,05	1436,55	0,3	27	1
10	132	122		6974,39	4628,55	1,5	28,1	1
11	82	41		1450,99	1012,32	1,4	23,8	1
12	139	109		3904,95	5653,33	0,7	23,9	2
13	43	24		788,40	249,64	3,2	23,6	1
14	52	35		1299,84	550,04	2,4	24,7	2
15	134	78		11614,39	2368,47	4,9	21,9	1
16	52	28		1064,22	464,05	2,3	31,7	2
17	52	26		1669,03	259,82	6,4	24,2	2
18	43	21		512,86	317,35	1,6	26,1	1

8.4 Bilaga 4: Beräknade differenser och diverse värden

Polar H10 (-) Biotekna fingersensor

Personer							
	SDNN	RMSSD	LF-power	HF-power	LF/HF	BMI (kg/m ²)	Kön (1= man, 2=kvinna)
1	-15,23%	-35,21%	-78,16%	-73,10%	-0,63	24,6	1
2	-23,41%	-34,70%	-13,50%	-62,23%	0,43	30,7	2
3	-5,77%	-30,36%	13,00%	-47,84%	0,82	21,1	2
4	-27,77%	8,44%	-194,59%	5,39%	-3,32	25,4	1
5	9,74%	-1,33%	-13,07%	-13,46%	0,1	23,8	1
6	5,91%	22,88%	-12,84%	-28,18%	0,39	21,3	1
7	-0,06%	-8,04%	48,22%	-49,56%	1,78	24,3	1
8	-8,43%	-16,32%	-42,06%	-35,47%	-0,29	25,6	2
9	-8,93%	-8,45%	6,42%	-38,13%	0,18	27	1
10	-13,57%	-29,17%	-31,00%	-108,21%	0,89	28,1	1
11	-8,87%	9,13%	19,34%	-3,91%	0,45	23,8	1
12	-54,26%	-107,78%	-61,36%	-479,76%	1,78	23,9	2
13	3,52%	0,08%	19,35%	-19,19%	1,47	23,6	1
14	-0,37%	-9,55%	27,62%	-19,86%	1,51	24,7	2
15	-10,66%	-28,90%	-72,50%	-98,36%	0,74	21,9	1
16	6,91%	-19,66%	-29,31%	-56,18%	0,47	31,7	2
17	7,09%	14,47%	0,94%	26,48%	-1,63	24,2	2
18	14,31%	0,66%	55,53%	3,96%	1,89	26,1	1
Medelvärde	-7,21%	-15,21%	-19,89%	-60,98%	0,3905555		

Polar H10 (-) Inner balance öronsensor

Personer								
	SDNN	RMSSD	PNN50	LF-power	HF-power	LF/HF	BMI (kg/m ²)	Kön (1= man, 2=kvinn)
1	1,23%	-18,08%	-6%	-0,97%	-34,78%	5,41	24,6	1
2	1,82%	3,38%	1,00%	-0,20%	2,46%	-0,04	30,7	2
3	-5,00%	-38,25%	-11,00%	7,45%	-15,85%	0,39	21,1	2
4	-3,75%	-32,49%	-4,00%	-6,44%	-93,22%	0,71	25,4	1
5	-1,33%	-26,40%	-10,00%	14,45%	5,36%	0,53	23,8	1
6	-3,30%	3,05%	6,00%	10,74%	-112,04%	1,79	21,3	1
7	-0,53%	-7,50%	-1,00%	14,11%	-23,39%	0,85	24,3	1
8	0,89%	-34,90%	-7,00%	11,87%	-30,10%	2,03	25,6	2
9	-1,24%	-9,86%	-5,00%	4,34%	-18,00%	0,09	27	1
10	1,26%	1,99%	-7,00%	5,17%	5,84%	-0,02	28,1	1
11	2,00%	-1,73%	-5,00%	10,70%	-5,06%	0,28	23,8	1
12	0,83%	-11,89%	-5,00%	7,09%	0,05%	0,17	23,9	2
13	-0,79%	-17,90%	-2,00%	9,55%	-31,61%	1,46	23,6	1
14	-2,95%	-32,08%	-9,00%	7,31%	-14,03%	0,73	24,7	2
15	-1,39%	-21,62%	-11,00%	13,46%	-8,80%	1,15	21,9	1
16	-2,02%	-63,72%	-10,00%	7,03%	-24,55%	0,7	31,7	2
17	-3,77%	-64,84%	-18,00%	3,02%	-38,77%	1,44	24,2	2
18	-2,69%	-62,82%	-8,00%	-7,30%	-41,50%	0,84	26,1	1
Medelvärde	-1,15%	-24,20%	-6%	6,19%	-26,56%	1,0283333		

Biotekna fingersensor (-) Inner Balance öronsensor

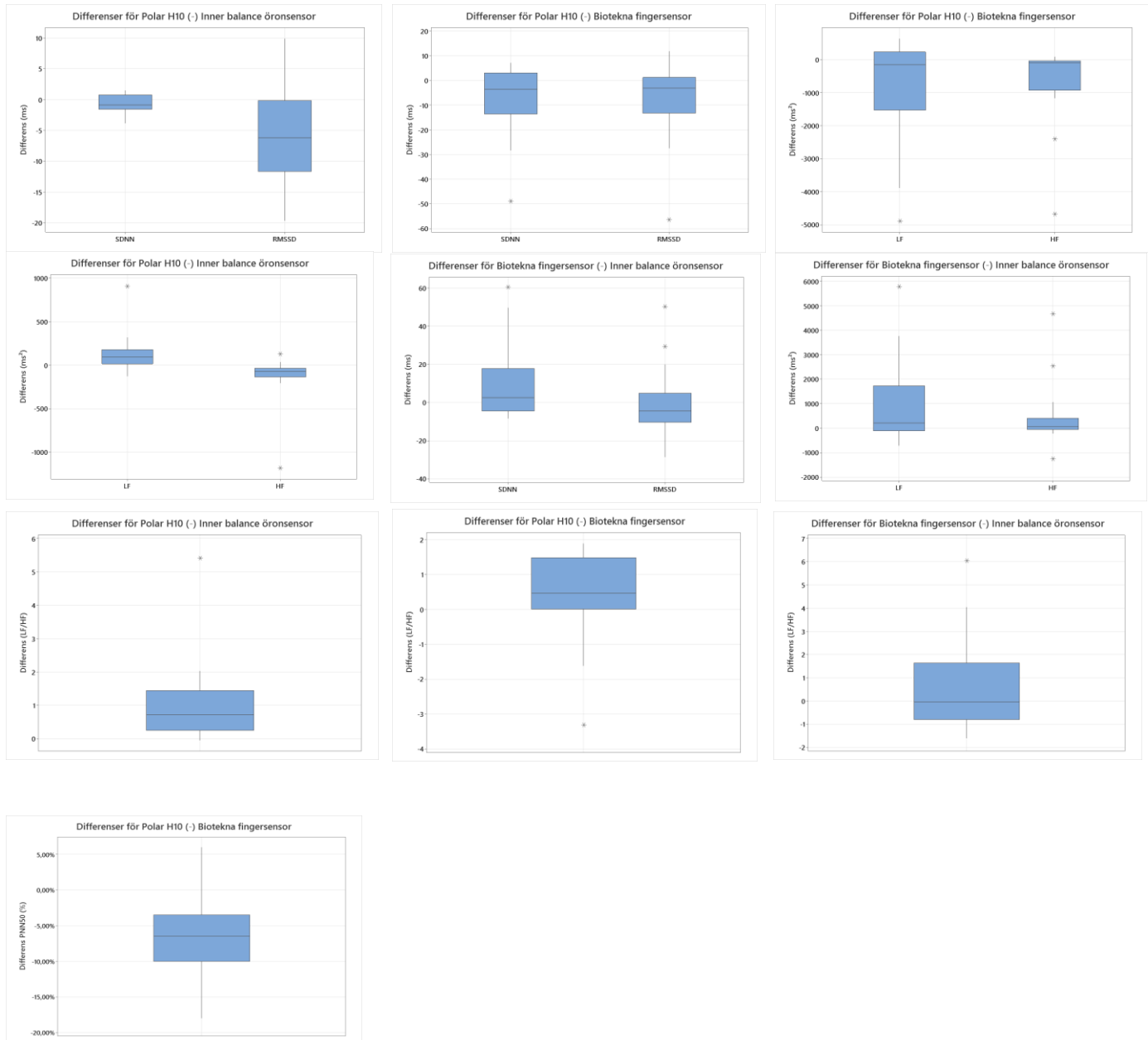
Personer							
	SDNN	RMSSD	LF-power	HF-power	LF/HF	BMI (kg/m ²)	Kön (1= man, 2=kvinna)
1	14,28%	12,67%	43,33%	22,14%	6,04	24,6	1
2	20,45%	28,27%	11,72%	39,87%	-0,47	30,7	2
3	0,73%	-6,05%	-6,38%	21,64%	-0,43	21,1	2
4	18,80%	-44,70%	63,87%	-104,23%	4,03	25,4	1
5	-12,27%	-24,74%	24,34%	16,59%	0,43	23,8	1
6	-9,79%	-25,73%	20,90%	-65,42%	1,4	21,3	1
7	-0,47%	0,50%	-65,86%	17,49%	-0,93	24,3	1
8	8,60%	-15,97%	37,96%	3,96%	2,32	25,6	2
9	7,06%	-1,30%	-2,22%	14,57%	-0,09	27	1
10	13,05%	24,12%	27,61%	54,78%	-0,91	28,1	1
11	9,99%	-11,95%	-10,71%	-1,10%	-0,17	23,8	1
12	35,71%	46,15%	42,42%	82,76%	-1,61	23,9	2
13	-4,47%	-18,00%	-12,15%	-10,42%	-0,01	23,6	1
14	-2,58%	-20,57%	-28,05%	4,86%	-0,78	24,7	2
15	8,38%	5,65%	49,83%	45,15%	0,41	21,9	1
16	-9,60%	-36,82%	28,11%	20,25%	0,23	31,7	2
17	-11,69%	-92,73%	2,10%	-88,76%	3,07	24,2	2
18	-19,84%	-63,90%	-141,30%	-47,32%	-1,05	26,1	1
Medelvärde	3,69%	-13,62%	4,75%	1,49%	0,6377777		

Spearman's rangkorrelationskoefficient

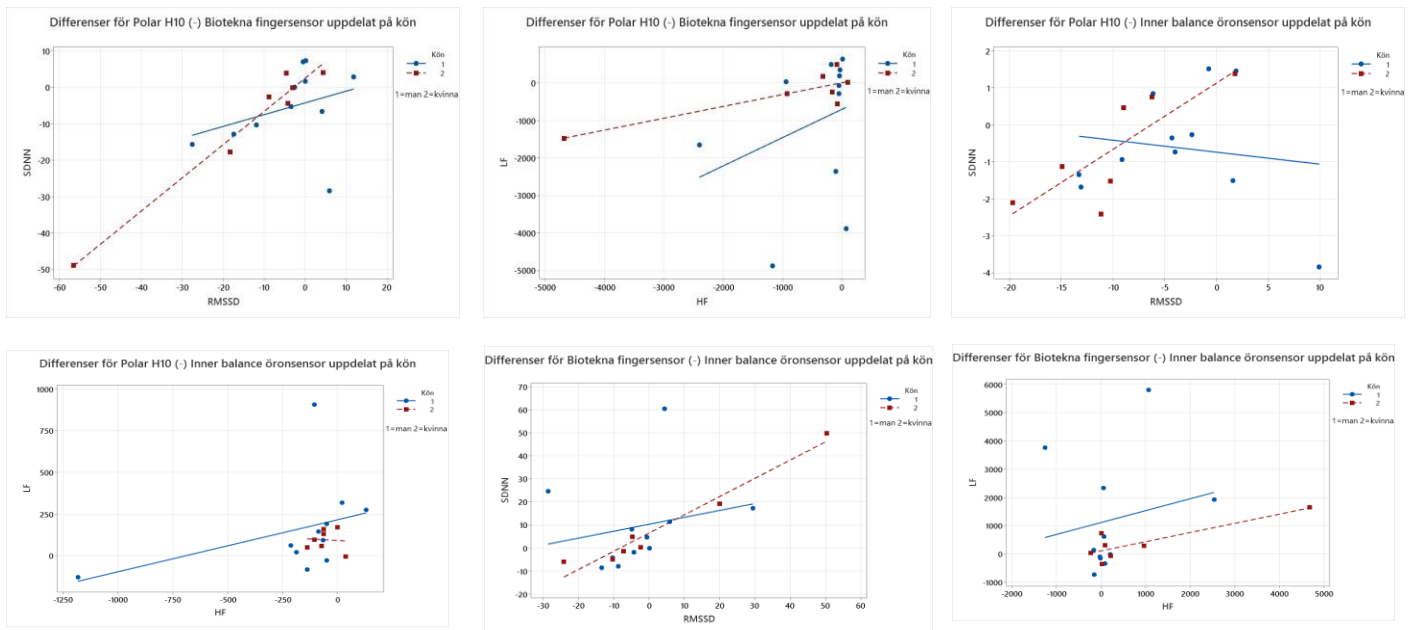
Korrelation med kön			
	Polar H10 - Fingersensor	Polar H10 - Öronsensor	Fingersensor - Öronsensor
RMSSD	-0,34	-0,428	0,011
SDNN	-0,033	-0,121	-0,011
LF-power	0,055	-0,033	-0,055
HF-power	-0,165	0,187	0,187
LF/HF-ratio	0,022	-0,143	-0,121
PNN50		-0,331	

8.5 Bilaga 5: Diverse Grafer

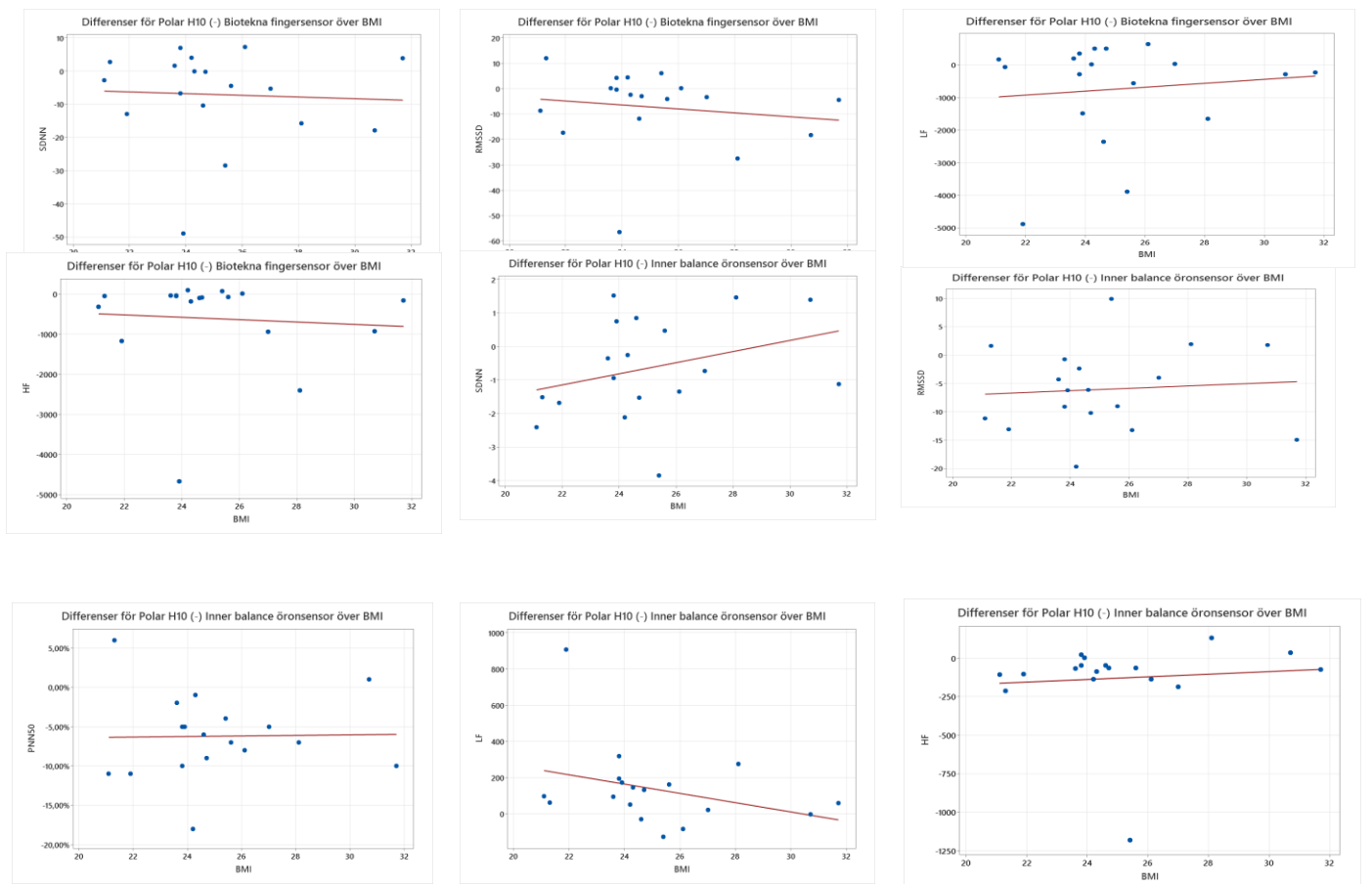
8.5.1 Låddiagram för medeldifferenser

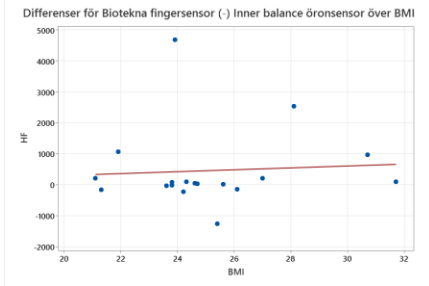
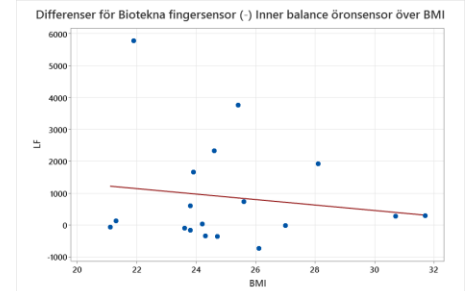
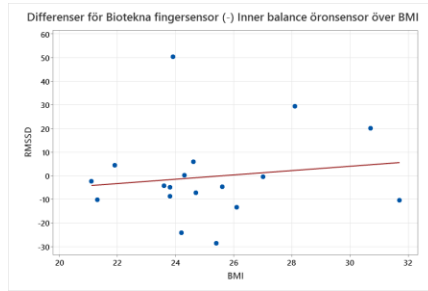
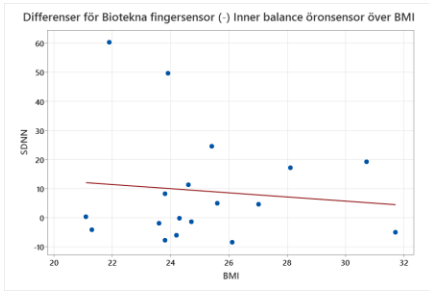


8.5.2 Spridningsdiagram för medeldifferenser i könsgrepp

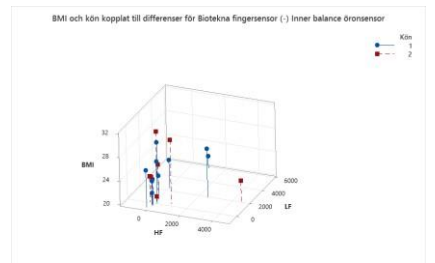
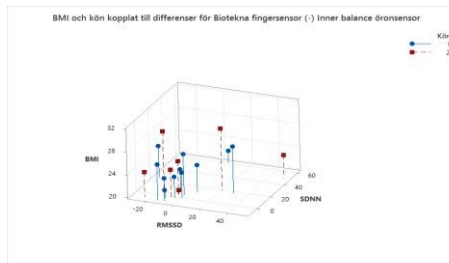
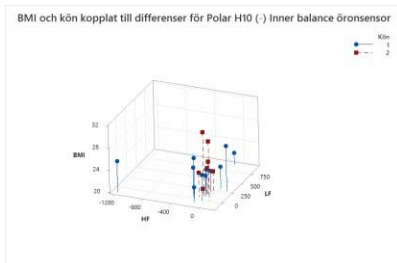
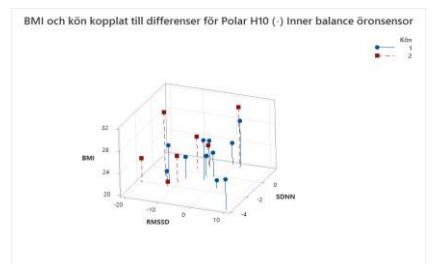
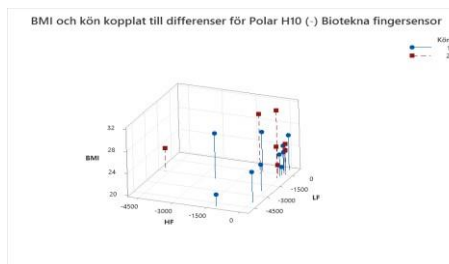
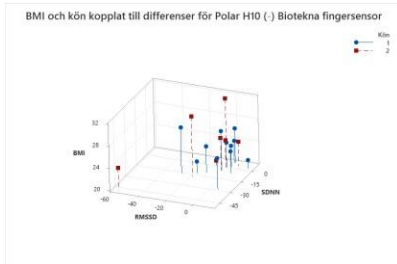


8.5.3 Spridningsdiagram för medeldifferenser över BMI





8.5.4 Tredimensionella spridningsdiagram



8.6 Bilaga 6: Checklista för standardisering vid HRV-mätning

- 1 Was the general health of the volunteers controlled/recorded?
- 2 Was the place where the research was carried out suitable to infer possibilities of control (internal, external)?
- 3 Was there any control or recording of any noise in the collection environment?
- 4 Was the room temperature controlled/recorded?
- 5 Was the humidity of the environment controlled/recorded?
- 6 Was the time of the day in which the collection took place controlled/recorded?
- 7 Were the patients/volunteers familiarised with the collection environment before recording the data?
- 8 Was the circulation of people controlled or recorded?
- 9 Were there any guidelines or records about substance ingestion?
- 10 Were there any guidelines or records about physical activities?
- 11 Were the baseline values of the volunteers recorded?
- 12 Did the volunteers have a rest of at least 15 min prior to collection?
- 13 Was there a description of the volunteer's body position during the collection?
- 14 Was there a description of the volunteer's dynamic/rest during the collection?
- 15 Was there any control of the volunteer's interactions during the collection?
- 16 Was there any control of the volunteer's distractions during the collection?
- 17 Were occurrences (the subject sneezed, coughed, dozed or moved body segments) recorded before, during and after the collection?
- 18 Were clinical events (dizziness, blurred vision, arrhythmias, etc) recorded/controlled during and after the collection?
- 19 Was the device with which the data were collected described?
- 20 Was the signal acquisition rate described?
- 21 Was the software used for acquisition described?
- 22 Was the total length of the signal acquisition time described?
- 23 Was the acquisition of other simultaneous signals described/controlled?
- 24 Was the need for controlling or controlled volunteer's breathing checked?
- 25 Was the signal quality verified during processing?
- 26 Was the description of the selected sample of data to be processed described?
- 27 Was a need for editing and filtering the signal during processing described?
- 28 Was the software used in the analysis reported?
- 29 Was the number of beats or time window in which the analysis occurred reported?
- 30 Were the stationarity criteria of R-R interval times series described?