Linköping University Medical Dissertation No.976

Dynamiskt lärande

En ämnesdidaktisk avhandling om fysiologiska fenomen och läkarstudenters lärande

Anna Fyrenius

Linköpings universitet
HÄLSOUNIVERSITETET

Avdelningen för klinisk fysiologi i samarbete med
Avdelningen för medicin och vårdområdets didaktik
Institutionen för Medicin och Vård
Hälsouniversitetet, Linköpings universitet

Linköping 2006

Omslag: Visualisering av virvelflöde i vänster förmak från MRI-data

Tryckt vid LiU-tryck, Linköping, 2006

ISBN: 91-85643-34-3

ISSN: 0345-0082

Copyright © Anna Fyrenius

"From the pine tree learn of the pine tree, and from the bamboo learn of the bamboo"

– Basho

Abstract

It is well known that the outcome of teaching and learning in higher education is often unsatisfactory. Earlier studies have shown that medical students often have a surface approach to their studies and that misconceptions of fundamental physiological phenomena are common. The aim of this thesis is to support educational practice in medicine, particularly in medical physiology. The thesis can be categorised as subject matter-specific education research, which means that questions about teaching and learning are closely linked to the subject studied. The researcher should be well acquainted with the subject in question. The subject area dealt with in this thesis is physiological phenomena related to cardiovascular pressure-flow relations.

The thesis consists of studies of 3-dimensional intra cardiac pressure-flow phenomena in the heart (studies 1 and 2) and studies of how students conceive of and develop an understanding of physiological phenomena related to blood pressure and blood pressure regulation (studies 3 and 4).

Flow in the left atrium as well as inflow-patterns to the left ventricle were studied. The 3-dimensional method elucidates vortical flow phenomena which were previously unknown. The findings could contribute to increasing physicians and technicians understanding of flow phenomena in the diagnosis and assessment of heart disease and to the further development of diagnostic methods. In the studies of learning and understanding of physiological phenomena, the findings point to new aspects of a deep approach to learning, which have to do with the students' ability to change perspective and adopt a variety of learning strategies to a phenomenon (Moving) versus a tendency to hold on to one explanatory model (Holding). The study also investigates the students' ability to identify and apply fundamental physiological principles as well as how they conceive of the importance of detailed knowledge for understanding of physiology. The findings point to differences in the students' conceptions of physiological principles. A problemising approach, which includes not only causally described relations, indicates a more complex conception of physiological phenomena. The study shows aspects of understanding which are seldom assessed in examinations.

The findings indicate a connection between the students' approaches to learning and the quality of their understanding of fundamental physiological principles. In the thesis, teaching interventions are proposed in order to stimulate dynamic learning and a learning environment where students are not afraid to challenge their conceptions in order to acquire a rich and nuanced picture of physiological phenomena.

Innehåll

1. INTRODUKTION 9

1.1 Vad är ämnesdidaktik? 10
1.2 Denna avhandling i relation till det ämnesdidaktiska fältet – Några definitioner och utgångspunkter 12

2. SYFTE 13

3. LISTA PÅ INGÅENDE ARBETEN 14

4. BAKGRUND 15

4.1 PBL - Ett startskott för medicinsk didaktik 15
4.2 Medicinsk didaktik - Ett möte mellan olika forskningstraditioner 16
4.3 Hur går läkarstudenter till väga när de lär sig? 17
4.4 Denna avhandling i relation till det medicindidaktiska fältet 20
4.5 Fysiologididaktik 20
4.6 Denna avhandling i relation till det fysiologididaktiska fältet 24
4.7 Fysiologiskt fördjupningsområde – Flödesfysiologi och intrakardiell strömning 25
4.7.1 Grundläggande om cirkulationssystemet 25
4.7.2 Grundläggande om strömningslära 26
4.7.3 Blodflöde i hjärtat 28
4.7.4 Blodtryck, blodtrycksreglering och analoga fenomen 32

5. SAMMANFATTNING AV DE FYRA DELARBETENA 35

5.1 Sammanfattning av fynd 35

6. METODOLOGISK REFLEKTION 38

6.1 Skillnader mellan en kvantitativ och en kvalitativ ansats 39
6.2 Generalisering av kvalitativa studier 41
6.3 Fenomenografi – Ett sätt att studera lärande 42
6.3.1 Att studera uppfattningar 42
6.4 PBL – Sammanhanget för den aktuella studien 43

7. DISKUSSION 44

7.1 Ämnesfördjupning 45
7.1.2 Fynd med betydelse för klinisk praktik 45
7.1.3 Hur har kunskapens sammanhang samt kännedom om missuppfattningar stärkts? 47
7.2 Avhandlingens bidrag till medicinsk didaktik och fysiologididaktik 49
7.2.1 Tillämpningsområden i undervisning 50

8. AVSLUTANDE REFLEKTION OCH TACK 56

9. REFERENSER 57

DELARBETEN

1. Fyrenius A, Wigström L, Ebbers T, Karlsson M, Engvall J, Bolger AF. Three-dimensional flow in the human left atrium. Heart, 2001;86(4):448-455.

2. Fyrenius A, Wigström L, Bolger AF, Ebbers T, Öhman P, Karlsson M, Wranne B, Engvall J. Pitfalls in Doppler evaluation of diastolic function: insights from three-dimensional magnetic resonance imaging. Journal of the American Society of Echocardiography, 1999;12:817-821.

3. Fyrenius A, Wirell S, Silén C. Student approaches to achieving understanding – Approaches to learning revisited. Studies in Higher Education, 2007, (under tryckning).

4. Fyrenius A, Silén C, Wirell S. Students' conceptions of underlying principles in medical physiology-An interview study of medical students understanding in a PBL curriculum, (inskickat manuskript).

1. Introduktion

Undervisning är, vid sidan av forskning, en av universitets huvuduppgifter. Medan forskningsverksamheten vid universiteten med självklarhet vilar på vetenskaplig grund har det inte funnits motsvarande krav på att undervisning ska stödjas av relevant teori om lärande. Undervisning på universitetet bedrivs oftast med lärarens erfarenhet och ämneskompetens som bas och mer sällan har det funnits krav på formell pedagogisk eller didaktisk kompetens. Internationellt och nationellt pågår nu ett omfattande arbete för att stimulera till pedagogisk utveckling av universitetslärare och den litteratur som behandlar universitetspedagogisk forskning växer markant. Tidigare har studier av pedagogik och didaktik framför allt undersökt skolans värld och skolelevers lärande. Studier av lärande och undervisning inom olika discipliner på universitetsnivå är angeläget för att framöver stödja en informerad utveckling av undervisningsverksamheten på universitet och högskolor.

Denna avhandling syftar till att stödja undervisningspraxis inom medicin, i synnerhet medicinsk fysiologi. Avhandlingen sorterar under vad som kallas ämnesdidaktik. Ämnesdidaktik innefattar frågeställningar om undervisning och lärande med nära koppling till det ämne som studeras/undervisas. Forskaren/läraren bör besitta god ämneskunskap i relation till de didaktiska frågeställingarna. Det ämnesområde som behandlas i denna avhandling är fysiologiska fenomen med utgångspunkt från cirkulationsfysiologiska tryck-flödes-samband.

Cirkulationsfysiologiska fenomen är komplexa och det är väl känt att såväl professionella utövare som studenter missförstår och utvecklar felaktiga modeller för förståelse av dessa (118-120, 153). Avhandlingen omfattar studier av tredimensionella cirkulationsfysiologiska tryck-flödes-fenomen i hjärtat (delarbete ett och två) samt studier av hur studenter uppfattar och utvecklar förståelse för fysiologiska fenomen relaterade till blodtryck och blodtrycksreglering (delarbete tre och fyra).

Forskningen kan bidra till att öka professionella utövares förståelse för flödesfenomens betydelse vid diagnostik och bedömning av hjärtsjukdom samt till att förbättra undervisningspraxis inom fysiologi i medicin- och vårdutbildningar.

1.1 Vad är ämnesdidaktik?

Begreppet Didaktik (Läran om undervisning) går tillbaka till Comenius (1600-tal) som betraktas som den första didaktikern. I Didactica Magna (33) lade han grunden för den praktik och teoribildning som kom att stödja ”konsten att undervisa”. Ämnet didaktik har dock länge stått i skuggan av pedagogik, och kan också ses som en delmängd av pedagogiken. Medan pedagogiken ägnar intresse åt frågor som rör utbildning och fostran i vidare bemärkelse riktas didaktiken tydligare mot just undervisning. **Vad** som undervisas och **Hur** detta görs (101) kan ses som didaktikens två grundfrågor. En tredje didaktisk fråga som ibland särskiljs från de övriga två är **Varför.** Frågan Varför tydliggör ett legitimitetsperspektiv på det innehåll som väljs ut för en viss utbildning (40). Inom Didaktik har man i huvudsak ägnat intresse åt undervisning och lärande som är planerad och institutionaliserad, och alltså inte åt undervisning och lärande i allmänhet (8). Jank och Meyer (78) ger en definition av didaktik som: *Undervisningens och inlärningens teori och praktik*. I denna definition betonas inte Vad-frågan (innehållsaspekten), däremot tydliggörs att didaktik också handlar om en praktik eller ett utövande, och inte enbart om forskningsbaserad teoribildning. Detta synliggörs också av Strömdahl (155) som beskriver den didaktiska kunskapen som *handlingsorienterad och relaterad till lärstoff*. Kopplingen till lärstoff, eller lärandets Vad, har historiskt sett inte alltid varit tydlig. Kroksmark (88) pekar ut Herbarts tankegångar under 1800-talet, influerade av naturvetenskap och positivism, som centrala för att det uppstod en delning mellan studier av innehåll (läroplansstudier) och studier av undervisning (metodik). Detta innebar att lärandets Vad och lärandets Hur inte längre kom att ses som sammankopplade och beroende av varandra, utan studerades separat. En motström till detta synsätt uppkom med framför allt Dilthey och Dewey under tidigt 1900-tal då elevens upplevda verklighet, eller elevens upplevelse av det som skulle läras in, kom att stå i centrum för undervisningen (88). Denna mycket kortfattade historiska återblick får utgöra en bakgrund till en beskrivning av den terminologi som används inom didaktikområdet idag.

Termen allmändidaktik används för studier eller tillämpningar där den didaktiska teorin eller metoden är mindre sammankopplad med ett specifikt innehåll. Ämnesdidaktik (och det närliggande begreppet fackdidaktik) syftar på didaktik *relaterat till innehållsligt avgränsbara kunskapsområden* (101). Arfwedson (8) ger ett förslag på en definition av ämnesdidaktik som: *vetenskapen om planerad och institutionaliserad undervisning och inlärning inom ett speciellt ämnesområde och däri ingående specifika uppgifter och problem*. Exempel på ämnesdidaktiska eller fackdidaktiska områden är Medi-

cinsk didaktik, Naturvetenskapens didaktik, Matematikdidaktik osv. En ämnesdidaktisk kompetens fordrar således kunskaper både inom ämnet/ innehållet och om hur undervisning och lärande sker i relation till detta specifika innehåll. Läraren måste ha en ”överkunskap” som är direkt relaterad till undervisningsinnehållet. Detta innebär en förtrogenhet med det sammanhang i vilket undervisningsstoffet utgör en del av del av men också en insikt i möjliga uppfattningar (eller historiska uppfattningar) i ämnet (40). Som framgår av resonemanget ovan går det knappast att dra någon skarp gräns mellan begreppen pedagogik och didaktik och inte heller mellan allmändidaktik och ämnesdidaktik. Begreppen kan snarare ses som referenspunkter på en pedagogisk karta. Allmändidaktik kan sägas ligga närmare pedagogikämnet medan ämnesdidaktikens fokus hittas närmare det ämnesinnehåll som studeras (t.ex. fysiologi, teknik, språk).

I Sverige har den s.k. INOM-gruppen vid Göteborgs universitet haft stor betydelse för utvecklingen av didaktikforskningen. Ference Marton m.fl. studerade under 70- och 80-talen undervisning och lärande med en forskningsansats som innebar att man undersökte studenters uppfattningar om undervisning och lärande (104, 106). Med denna s.k. fenomenografiska ansats (41, 99, 100, 103, 157) utgår forskaren alltid från ett innehåll, det innehåll som uppfattas av studenten/informanten, och ansatsen kan därför relateras till de tankar om didaktik som presenterats ovan (88). Didaktikens funktion har diskuterats av flera av de fenomenografiska forskarna. Strömdahl (155) definierar *didaktisk forskning med inriktning mot xi* som ett *vetenskapligt studium av undervisning/lärande med inriktning mot xi* och att dessa studier syftar till att ta fram *modeller och teorier bl.a. utifrån empiriska studier av undervisning/lärande av skilda innehåll.* Strömdahl beskriver vidare två huvudsakliga funktioner för den didaktiska forskningen:

1) *En explorativ analyserande funktion d v s analysera och beskriva undervisning (och lärande) som den beskrivs i styrdokument och som den ter sig i praktiken.*
2) *En syntesfunktion d v s att utforma hur undervisning kan (bör) genomföras.*

Dahlgren (40) betonar didaktikens överbryggande funktion mellan pedagogisk psykologi och utbildningssociologi: *”Didaktikens viktigaste uppgift är att med vetenskapliga metoder studera undervisning, dess relation till det mänskliga lärandet och dess beroende av förhållanden utanför undervisningssituationen”.*

I dag finns forskarutbildningsämnen med inriktning mot ämnesdidaktik eller allmändidaktik vid flera av landets universitet och högskolor (75). Mycket forskning som skulle kunna beskrivas som allmändidaktisk forskning sker förutom inom ämnesområdet didaktik även inom ämnesområdena pedago-

gik, pedagogiskt arbete och utbildningsvetenskap. Forskning inom fackdidaktik eller ämnesdidaktik utgår i högre grad från ämnesinstitutioner.

1.2 Denna avhandling i relation till det ämnesdidaktiska fältet – Några definitioner och utgångspunkter

Denna avhandling har en tydlig koppling till ett specifikt innehåll (medicinsk fysiologi) och kan enligt resonemanget ovan placeras inom fältet ämnesdidaktik. Delarbete ett och två har avsetts som en ämnesmässig fördjupning i nära relation till de fenomen som tjänat som utgångspunkt för undersökningarna om lärande och förståelse av fysiologiska fenomen (delarbete tre och fyra) (jämför resonemanget ovan om lärarens ”överkunskap”). I delarbete tre berörs den didaktiska Hur-frågan i termer av studenternas tillvägagångssätt för att tillskansa sig förståelse för fysiologiska fenomen (Inriktningar i lärande). Den didaktiska Vad-frågan berörs i delarbete fyra där studenternas uppfattning om det innehåll som undervisats undersöks. Varför-frågan har inte bearbetats specifikt men berörs indirekt i delarbete tre och fyra.

En utgångspunkt i studien är att undervisning och lärande inte kan studeras separat från innehåll och lärandets sammanhang. En ytterligare utgångspunkt är att undervisningsteori är beroende av eller t.o.m. underordnad lärandeteori och att vi genom att förstå studenternas föreställning om, och agerande i relation till, undervisningsinnehållet och lärandets sammanhang kan förändra undervisningspraxis i riktning mot ett meningsfullt lärande. I delarbete 3 och 4 är det följaktligen studenternas uppfattningar om lärande och förståelse som studeras. Vad-frågan berör således studenternas uppfattning av det undervisade innehållet. Likaså är det inte lärarens undervisningsmetod som studeras, utan studentens inlärning.

Utifrån Strömdahls (155) strukturering av det didaktiska fältet kan avhandlingen sägas tillhöra domänerna *innehållsspecifik lärandeteori* och i någon mån också *innehållsspecifik undervisningsteori.*

2. Syfte

Syftet med avhandlingsarbetet har varit att:

1) Tjäna som underlag för underbyggda och informerade förändringar av undervisningspraxis inom fysiologiområdet.

2) Generera ökade kunskaper om komplexa flödesfenomen i hjärtat.

3) Generera ökade kunskaper om hur studenter uppfattar fysiologiska fenomen och hur de kan tillskansa sig ökad förståelse för dessa.

3. Lista på ingående arbeten

1. Fyrenius A, Wigström L, Ebbers T, Karlsson M, Engvall J, Bolger AF. Three-dimensional flow in the human left atrium. Heart, 2001;86(4):448-455.

2. Fyrenius A, Wigström L, Bolger AF, Ebbers T, Öhman P, Karlsson M, Wranne B, Engvall J. Pitfalls in Doppler evaluation of diastolic function: insights from three-dimensional magnetic resonance imaging. Journal of the American Society of Echocardiography, 1999;12:817-821.

3. Fyrenius A, Wirell S, Silén C. Student approaches to achieving understanding " Approaches to learning revisited. Studies in Higher Education, 2007, (under tryckning).

4. Fyrenius A, Silén C, Wirell S. Students' conceptions of underlying principles in medical physiology-An interview study of medical students understanding in a PBL curriculum, (inskickat manuskript).

4. Bakgrund

Nedan följer en introduktion till det medicindidaktiska fältet, därefter en beskrivning av tidigare forskning kring inriktningar i lärande, fysiologididaktik samt en introduktion till det aktuella ämnesområdet, cirkulationsfysiologi. De fysiologiska fenomen som studerats i de olika delarbetena fokuseras särskilt.

4.1 PBL - Ett startskott för medicinsk didaktik

Under de senaste decennierna har det skett stora förändringar i undervisningspraxis inom medicinområdet. I slutet av 60-talet gjordes de första försöken med problembaserat-lärande (PBL) vid läkarutbildningen i McMaster i Canada. PBL har haft stor inverkan på synen på undervisning och lärande vid de medicinska fakulteterna runt om i världen. Konceptet introducerades av Howard Barrows (13, 15) med medarbetare. Barrows modell var ämnad att uppnå tre centrala utbildningsmål. Studenten skulle ha tillägnat sig 1) En tillgänglig och användbar kunskapsbas 2) Färdigheter i s.k. ”Clinical Reasoning” och 3) Färdigheter i självstyrt lärande. Detta skulle ske genom att studenterna mer självständigt och aktivt arbetade med att förstå och lösa problem med relevans för den kommande professionen. Studenterna skulle själva ta ansvar för att problematisera och söka information medan läraren allt mer kom att ses som en processledare och handledare (14). PBL var till en början en i stora delar praktisk, erfarenhetsbaserad lösning på problem som var synliga inom den medicinska utbildningen. Barrows konstaterade att många studenter i den traditionella läkarutbildningen hade svårt att använda och omsätta den kunskap undervisningen tillhandahöll. Likaså visade många läkare en bristfällig förmåga att använda bibliotek eller andra informationsresurser. I vissa delar fanns redan i Barrows tidiga texter ett teoretiskt stöd för den nya modellen. Tankar om självstyrt lärande hämtades framför allt från Knowles (85, 86). Likaså fanns tidigt studier som utifrån ett kognitivt lärandeperspektiv undersökte läkares sätt att analysera, värdera och fatta beslut i medicinsk praktik, Clinical Reasoning (12, 49), vilka också kom att ligga till grund för Barrows modell.

PBL spreds snabbt till Europa (Maastricht universitet) och Australien (University of Newcastle). Vid Hälsouniversitetet (HU) i Linköping infördes

PBL på samtliga utbildningar på fakulteten redan 1986. Läkarutbildningen i Linköping var då den 2:a läkarutbildningen i Europa som genomförde en helt igenom problembaserad studieplan (19, 20). Utvecklingen i Kanada under 60-talet och de tidiga efterföljarnas modeller av PBL kan ses som startskott för ett växande intresse för pedagogiska frågor inom läkarutbildning och därpå följande forskning inom medicinsk didaktik. PBL kom att studeras utifrån många synvinklar men även andra utbildningsinnovationer, fristående från PBL, har ägnats stort intresse. Regehr (143) har granskat några av de ledande tidskrifterna inom det medicinska utbildningsfältet och visat att de områden inom medicindidaktisk forskning som ägnats mest uppmärksamhet är: curriculum- och undervisningsplanering, studenters färdigheter och attityder, individuella karaktäristika hos studenter samt principer för utvärdering av studenter och läkare under utbildning.

4.2 Medicinsk didaktik – Ett möte mellan olika forskningstraditioner

Ämnesdidaktik finns i ett spänningsfält mellan ämnet (i detta fall medicin) och pedagogik. Detta innebär att forskning inom medicinsk didaktik utförs av såväl medicinskt som utbildningsvetenskapligt skolade forskare. I bästa fall sker forskningen i samarbete mellan dessa grupper men i andra fall ses en separation mellan vetenskapsfälten. Inom medicinsk didaktik innebär mötet mellan olika forskargrupper också ett metodologiskt möte, eller en metodologisk konflikt. Läkare är i regel vetenskapligt skolade i en naturvetenskaplig tradition, medan utbildningsvetenskap spänner över ett bredare vetenskapsteoretisk fält med metodologi från såväl psykologi som socialvetenskap. Detta paradigmmöte ställer krav på öppenhet från båda håll, men utgör också ett ”identitetsproblem” för fältet (2). Synen på ”bevis” och ”kvalitet” går isär beroende på vilket paradigm som representeras. Best Evidence Medical Education (BEME) är ett initiativ från Ronald Harden m.fl. för att stödja en utveckling mot en evidensbaserad läkarutbildning (42, 69). I debatten kring BEME är den heterogena forskarkulturen tydlig och BEME-rörelsen har ifrågasatts. Någon klar konsensus om vad som ska räknas som evidens inom medicinsk didaktik finns inte i dagsläget (46, 154). Ett annat exempel på detta möte mellan forskarkulturer är användandet av interventionsstudier (av typen randomiserade kontrolll-studier) inom den medicinska didaktiken. Dessa har varit vanligt förekommande för att utvärdera effekten av stora utbildningsinterventioner som t.ex. PBL (32) men ifrågasätts ofta från utbildnings-

vetenskapligt håll då de tillämpas på tveksamma sätt vid multivariabla och svårkontrollerade frågeställningar inom pedagogik (74, 79, 149).

Den tradition från utbildningsvetenskaplig forskning som främst vunnit gehör inom den medicinska världen är de experimentella studierna, i regel med kognitiv lärandeteori som grund (54, 133, 140, 144, 146, 147). Sannolikt kan detta förklaras med att dessa studier representerar en tradition som metodologiskt och epistemologiskt ligger närmare det dominerande forskningsparadigmet inom medicinen. Ett ökat behov av att förstå komplexa lärsituationer i naturlig miljö har dock lett till att även socialkonstruktivistisk lärandeteori (25), och kvalitativ metodik (10, 35, 45, 81, 141, 150) alltmer diskuteras i de medicindidaktiska tidskrifterna.

4.3 Hur går läkarstudenter till väga när de lär sig?

4.3.1 *Inriktning – Dimension – Orientering*

Denna avhandling undersöker hur studenter uppfattar och förstår fysiologiska fenomen, men också hur de går till väga för att uppnå denna förståelse. Forskning inom den högre utbildningen om studenters inriktning vid lärande har till stor del sitt ursprung i Marton och Säljös studier på 70-talet (107, 108). De beskrev två olika *inriktningar* i studenters lärande som var nära sammankopplade med studentens motivation för läruppgiften. En yttre motivation, eller en drivkraft i form av krav från läraren och undervisningssammanhanget, kopplades samman med det som kom att kallas ett *ytinriktat* lärande. Studenterna fokuserade på själva läruppgiften snarare än på meningen med denna, och ägnade möda åt att memorera kunskap utan att koppla kunskapen till meningsbärande helheter. En inre motivation var kopplat till en *djupinriktning* i studierna. Studenterna försökte då skapa sammanhang, se mening och konstruera helheter i det de studerade.

Samtidigt med Marton och Säljö studerade Briggs (23) *Dimensioner av studenternas lärprocess* och beskrev tre sådana *dimensioner: utilising, achieving* och *internalizing*. Entwistle och Ramsden (51) kom ungefär samtidigt med tre olika s.k. *orienteringar* till studier: *reproducing orientation, strategic orientation* och *meaning orientation.* Samtliga tre (*inriktningar, dimensioner* och *orienteringar*) beskrev hur studenter tog sig an sitt lärande. Studenternas motivation och intention med lärandet visade sig vara viktiga gemensamma nämnare för utfallet av lärandet i de olika studierna (130). Biggs *achieving* och Entwistles *strategic* har dock ingen direkt motsvarighet i Marton och Säljös *yta-djup* beskrivning. *Achieving* och *strategic* stod för en inriktning där

studenterna primärt strävade efter att uppnå goda studieresultat. Beroende på vad uppgiften krävde varierade de mellan vad som kan beskrivas som *yt-* och *djupinriktning*. Denna korta historiska återblick kan förklara en del av den begreppsförvirring som råder inom fältet och termerna används fortfarande som utbytbara.

4.3.2 *Inriktning kontra lärstil*

En annan begreppslig sammanblandning som ofta ses är mellan den forskning jag beskrivit ovan (vilket jag framöver kommer att benämna *studier av inriktning vid lärande* (eng: approaches to learning)) och det som benämns lärstil (eng: learning styles). Begreppen används ofta synonymt och utan definitioner. I t.ex. Currys (37) genomgång av lärstilar inom medicinsk utbildning diskuteras lärstilar och inriktningar vid lärande som likställda begrepp. Om man följer de båda skolbildningarna ses dock en väsentlig skillnad. Traditionen med lärstilar (som har haft stort genomslag i Nordamerika) grundas framförallt i kognitiv lärandeteori och psykologi. En lärstil ses i högre grad som ett personligt karakteristikum, stabil för en individ. Inriktningar vid lärande ses inte som oberoende av personliga karaktäristika, men bestäms även av kontextuella faktorer, så som undervisningens sammanhang och genomförande (38, 130).

4.3.3 *Studier av lärstil och inriktning inom medicinsk grundutbildning*

Begreppen yt- och djupinlärning har förfinats och problematiserats i relation till bl.a. uppfattningar om lärande (105), lärandeorienteringar (16) och förhållanden i specifika utbildningsmiljöer (27). Marton och Säljö använde en kvalitativ ansats, fenomenografi, som utgick från djupintervjuer med informanter och belyste uppfattningar av olika fenomen. I dag har floran av metoder som beskriver inriktningar vuxit och en rad kvantitativa mätinstrument har tagits fram för att kartlägga dessa fenomen i större grupper av studenter (50, 97). Inom grundutbildning i medicin gjordes på 80-talet en rad studier som bl.a. visade att ett ytinriktat förhållningssätt var vanligt bland medicinstudenter (131) och att ett ytinriktat förhållningssätt till studierna tenderade att öka under det första året på läkarutbildningen (31, 128, 158). Tooth (158) visade att stress orsakad av misslyckanden vid examinationer framkallade ökning av ett ytinriktat lärande tidigt i utbildningen. Flera studier (31, 129, 164) indikerade att PBL kunde vara ett sätt att undvika denna oönskade förändring i inrikt-

ning vid lärande under det första året. I en mindre studie (n=79) fann man svagt positiva, icke signifikanta korrelationer mellan lärstilar och framgång vid examinationer (93). En stor studie i England (n=3886) konfirmerade dock att studieprestationer i form av hur studenter lyckades i sina slutexamina var korrelerat till lärstil och även att studenter med djup eller strategisk inriktning tillgodogjorde sig bättre av den kliniska praktiken (116). En mindre studie av Tooth (158) visade ingen korrelation mellan studieresultat och djupinriktning, däremot en koppling mellan studieresultat och strategisk inriktning, vilket författarna själva förklarar med examinationernas utformning mot faktaåtergivning snarare än konceptuell förståelse.

Forskning om inriktning vid lärande är mycket utbrett inom högre utbildning generellt, men har blivit mer sällsynt inom medicinområdet. På senare tid har framför allt finska forskare (89, 94-97) gjort studier av den här kategorin inom medicin. De har använt kombinationer av kvalitativa intervjuer med ett färre antal studenter och mätinstrument för att kartlägga mönster inom större grupper. De har bl.a. beskrivit en inriktning i studierna hos läkarstudenter som betecknas *"a professional orientation to studying"* (95). Denna karaktäriseras av att studenterna är yrkesinriktade och sorterar ut och värderar enbart kunskaper de ser som användbara i det framtida yrket. I samma studie har de också studerat läkarstudenters kunskapsuppfattningar och relaterat dessa till lärstrategier. De har visat att det finns ett samband mellan kunskapsuppfattning och lärstarategi bland läkarstudenterna och att läkarstudenterna i jämförelse med psykologstudenter oftare betraktar lärande som ett rent intag av kunskap snarare än som aktiv kunskapskonstruktion (95). Samma forskare har också studerat lärandets utfall i relation till studiestrategier. Studenter som jobbar med strategier som innefattar mindre elaboration och konstruktion visade sig också ha ett sämre utfall i studierna (89, 96). Man har gjort försök att genom kvantitativa enkätstudier sammankoppla olika parametrar, t.ex. lärstategier och orienteringar till lärande. I vissa fall har ett fenomen som kallas dissonans uppmärksammats. Dissonans innebär ett oförutsägbart mönster av strategier och orienteringar hos en och samma individ. Enligt Lindblom-Ylänne (94) kan detta framkallas hos medicinstudenter när lärandemiljön ställer krav som inte sammanfaller med studentens egna mål och intentioner. (I de studier om lärstilar och inriktningar inom läkarutbildning som refererats har jag valt att använda samma begrepp som författarna använder i sina beskrivningar (se 4.3.2)).

4.4 Denna avhandling i relation till det medicindidaktiska fältet

I detta avhandlingsarbete studeras läkarstudenters uppfattningar om fysiologiska fenomen och studenternas inriktning när de försöker förstå dessa fenomen. Denna studie är genomförd vid läkarutbildningen i Linköping där PBL tillämpats sedan 1986. Studien är dock inte ett försök att utvärdera PBL i relation till andra undervisningsmodeller. PBL kan i detta sammanhang snarare ses som en del av det sammanhang studien genomförts i och måste således vägas in vid tolkning av resultaten (se 6). I delarbete 3 och 4 har en kvalitativ forskningsansats, fenomenografi, använts. Målsättningen har varit att fånga studenternas uppfattningar i den lärandemiljö de befinner sig i, utan att reducera komplexiteten i denna. Studien ansluter sig således till en tradition av lärandeforskning som är vanlig inom högre utbildning generellt, men som efter några intressanta studier i mitten av 80-talet varit förhållandevis osynlig inom den medicinska didaktiken. Studien beskriver studenternas uppfattningar av fysiologiska fenomen samt inriktningar vid lärande (eng.: approaches to learning). Inget av detta betraktas som individuella karaktäristika, utan som möjliga variationer av hur ett fenomen kan uppfattas. En individ kan alltså skifta inriktning beroende på förutsättningar och hon/han kan också utveckla sin förståelse över tid, eller t.o.m. uttrycka en annan uppfattning under andra förutsättningar.

4.5 Fysiologididaktik

4.5.1 *Förekomst av missförstånd och felaktiga förklaringsmodeller*

Medicinsk fysiologi är ett komplicerat område och det är vanligt att studenter utvecklar felaktiga förklaringsmodeller (56, 118-120, 122, 124, 153). Liksom inom andra naturvetenskapliga undervisningsområden, har man uppmärksammat att en klassisk hierarkisk presentation av ämnesinnehållet lätt ger en reduktionistisk bild och fragmentisering av kunskaper (57, 67). Särskilt inom medicin och läkarutbildning har man vid flera tillfällen konstaterat att kunskaper inom de s.k. basvetenskapliga fälten (inklusive fysiologi), minskar under den senare delen av utbildningen snarare än befästs (156).

Feltovich och Spiro (56, 153) har under många år undersökt hur förståelse tillägnas för komplexa begrepp (advanced knowledge acquisition). De har beskrivit hur studenter utvecklar missförstånd och felaktiga förklaringsmodel-

ler inom biomedicin. Särskilt har förståelse och lärande av hjärt- och kärlfysiologi undersökts bland läkarstudenter. De beskriver hur förenkling och reduktion av ett fenomens komplexitet kan vara en källa till att felaktiga förklaringsmodeller uppkommer. Alltför förenklade modeller, i syfte att göra ett begrepp eller fenomen tillgängligt, kan enligt Feltovich och Spiro vara kontraproduktivt då det stimulerar till en förenklad och i många fall felaktig modell som sedan är svår att släppa taget om.

I USA har en grupp av forskare inom fysiologididaktik (the Physiology Educational Research Consortium, PERC) ägnat stort intresse åt studenters felaktiga förklaringsmodeller och hur dessa kan korrigeras i en undervisningssituation. De förespråkar en aktiv lärandemiljö för att uppnå ett meningsfullt lärande (117). Termen meningsfullt lärande används på olika sätt inom olika forskningstraditioner. Inom den fenomenografiska skolan (vilken denna avhandling ansluter till) diskuteras meningsfullhet i termer av ”begriplighet” och ”relevans”. Relevans innebär att det finns en relation *”mellan undervisningens faktiska innehåll och de kunskaps- och färdighetsbehov som uppstår i den samhälleliga tillvaron”* (40). Tillämpat på läkarutbildning och fysiologiundervisning kan detta t.ex. innebära att innehållet och presentationen av fysiologin i utbildningen är väl relaterat till de situationer och krav studenter förväntas att möta i sin profession som läkare. Termen meningsfullt lärande i samband med kognitiv lärandeteori, vilket forskarna i PERC ansluter till, kan närmast kopplas till det som fenomenograferna beskriver som begriplighet. Termen har ingående diskuterats av Ausubel och Novak (9, 134, 135). I Ausubels teori görs en distinktion mellan utantillärning och meningsfullt lärande. Det meningsfulla lärandet sker när den lärande relaterar och integrerar ny information i de kunskapsstrukturer hon/han redan har, vilket aktivt kan stimuleras av läraren. PERC-forskarna har poängterat förmågan att använda kunskap för att lösa nya problem, s.k. transfer, som ett utfall av meningsfullt lärande.

Inom PERC har Michael undersökt medicinstudenters förståelse av kardiovaskulära fenomen (120). Han har visat på svårigheter för läkarstudenter att identifiera underliggande generella principer, och svårigheter att tillämpa enkla grundläggande fysiologiska principer i nya sammanhang. Michael menar också att även om studenter kan svara korrekt på komplexa frågeställningar, är det inte säkert att detta står för en god förståelse av det underliggande fenomenet, utan att utantillärd kunskap är vanligt förekommande även inom komplexa områden. Samma forskare har också undersökt felaktiga förklaringsmodeller inom respirationsfysiologi (119) och andra fysiologiska fält (118). Även inom dessa områden har felaktiga förklaringsmodeller visat sig vanliga.

4.5.2 *Försök att genom undervisning stimulera förståelse av fysiologi*

Det finns många exempel på interventioner i undervisningssituationer som syftar till att stimulera förståelse av fysiologi. Problemet med fragmentisering och dålig retention av basvetenskap (inklusive fysiologi) var en av Barrows motiv bakom PBL. Genom att strukturera kunskapsinhämtandet kring verkliga patientfall skulle kunskap göras tillgänglig och kunna återkallas och användas i klinisk praktik på ett mer effektivt sätt (13). Huruvida PBL har varit en modell som lyckats med detta debatteras (11, 32, 46, 65, 132). Det finns ett antal studier som specifikt försökt utforska PBL-studenters förmåga att använda basvetenskaplig kunskap i patientrelaterade situationer, men även dessa ger delvis motsägelsefulla resultat. Hemlo et al (71) jämförde 20 medicinstudenter från en PBL-kurs med 20 studenter som valt en motsvarande traditionell kurs. Hemlo undersökte hur studenterna kopplade samman basvetenskapliga fakta och principer samt hur begreppen användes i relation till ett specifikt kliniskt problem. Hemlo visade att PBL-studenterna i högre utsträckning använde hypotesdrivna resonemang och sammanhållna (koherenta) förklaringar. Studenterna kunde också korrekt beskriva samband mellan generella biomedicinska principer och det aktuella patientfallet. I en annan studie (140) jämfördes med motsvarande metodologi, 18 studenter från ett PBL-program med 18 studenter från ett traditionellt curriculum. Studien visade att PBL-studenter visserligen använde ett hypotesdrivet resonemang, men också att de hade en större tendens att begå misstag med vetenskapliga fakta och att de visade mindre koherenta förklaringar än studenterna från det traditionella programmet. Dessa studier undersöker basvetenskapliga resonemang i allmänhet. PBL har också använts med rapporterad framgång inom kurser som haft en mer specifik inriktning mot fysiologi (121).

Förutom PBL finns dock många exempel på innovationer för att stimulera till förståelse och meningsfullt lärande inom medicinsk fysiologi. Novak m.fl. har under många år arbetat med en metod som bygger på Ausubels och Novaks teorier om lärande (9). Med hjälp av s.k. konceptkartor (concept maps) försöker man stimulera till en integrerad kunskapskonstruktion, där relationer och villkor mellan olika begrepp klarläggs och utreds (135). Grundantaganden i denna typ av interventioner är att kunskap organiseras och lagras i nät eller ”schemata” i minnet. Strukturen i dessa nät antas vidare ha betydelse för hur kunskap kan göras tillgängligt och användas. Förmåga att återkalla och använda kunskap är alltså beroende av hur nyckelbegrepp organiserats och strukturerats i minnet. Forskningen kring koncept-kartor har bl.a. visat på lärandets och kunskapsstrukturers variationer mellan individer. T.ex. uppvisar experter inom ett ämne mycket olikheter i sina sätt att organisera

och strukturera innehåll (114). Den tekniska utvecklingen har gjort att det i dagsläget finns ett flertal programvaror som används för bygga, utbyta och utvärdera koncept-kartor (135). Användningsområden för konceptkartor inom den medicinska didaktiken finns både som lärhjälpmedel (145) och som verktyg för att i forskningssammanhang studera studenters lärprocesser (148). Koncept-kartor som lärhjälpmedel i medicinsk fysiologi har givit ett positivt utfall vid examinationer (115). Konceptkartor har också lanserats som ett verktyg för bedömning av studenters prestationer (135), men i en studie av medicin- och veterinärstudenters förståelse av lungfysiologiska begrepp visas att de verktyg som finns tillgängliga för att bedöma studenters kunskapsstrukturer kan innehålla flera fallgropar (112).

Inom naturvetenskap och fysiologiområdet finns flera exempel på hur man tagit fasta på betydelsen att arbeta med interaktion av olika slag för att ge möjlighet för studenterna att bearbeta och verbalisera förkunskaper och s.k. alternativa förklaringsmodeller. Strukturerade metoder för detta har bl.a. utvecklats i laboratoriemiljö (124, 125), seminarieform (34) och föreläsningsform (60). Forskarna inom PERC har lanserat begreppet ”en aktiv lärandemiljö” (the active learning environment) för den här typen av interventioner, där studenter i interaktion med varandra och lärare har en möjlighet att verbalisera förkunskaper och korrigera felaktiga förklaringsmodeller (117, 122, 124). I flera försök har också deras modeller utvärderats positivt avseende studenternas förmåga att tillämpa kunskaper i nya situationer (98).

Ovan nämndes förmågan till ”transfer” (att kunna använda kunskap i en ny situation) som ett viktigt utfall av ett meningsfullt lärande. Det är dock väl känt att denna överföring är svår att få till stånd (53). Inom fysiologi har framför allt Modell (123) uppmärksammat att studenter ofta lär sig situationsbundet och sällan klarar att överföra och tillämpa kunskap i en ny problemsituation. Han har föreslagit undervisning som i hög grad betonar generella principer och övning i att tillämpa generella principer i nya sammanhang. Modell anser att en gedigen kunskap om endast sju begrepp skulle kunna stödja förståelse för de flesta fysiologiska system och funktioner i kroppen. Dessa sju begrepp är: kontrollsystem, lagen om massans bevarande, materie- och värmeflöde, vävnaders elastiska egenskaper, transport över membraner, cell till cell kommunikation och molekylär interaktion. Ett annat väl undersökt område är hur analogier och liknelser kan användas för att stödja förståelse och transfer (62, 63). Gentner et al har visat att transfer kan stimuleras genom att två fall jämförs istället för studier av fallen separat. Likaså har de visat att transfer kan stimuleras genom undervisningsmoment där studenterna aktivt får verbalisera och diskutera sin kunskap om de olika fallen (active negotiation exercise) (64). Spiro och Feltovich (153) som också arbetet med analogier i relation till komplext ämnesinnehåll (medicinsk fysi-

ologi) varnar dock för att förenklingar och intuitiva analogier kan leda till missförstånd och att man utvecklar förenklade och felaktiga förklaringsmodeller. De föreslår att man använder multipla analogier och sammansatta förklaringar för att undvika detta.

Ett ytterligare område som i dagsläget växer lavinartat är hur moderna tekniker i form av avancerade simuleringar och informationsteknologi kan användas i olika undervisningssammanhang för att stödja ett meningsfullt lärande (52, 76, 113, 159). Utvecklingen av den här typen av lärhjälpmedel har till stor del varit styrd av de tekniska möjligheterna. I dagsläget har dock intresset förskjutits mot att också kritiskt granska hur dessa moderna innovationer används på bästa sätt för att stödja förståelse.

4.6 Denna avhandling i relation till det fysiologididaktiska fältet

I detta avhandlingsarbete undersöks studenters uppfattningar om fysiologiska fenomen med utgångspunkt i cirkulationsfysiologiska begrepp samt hur de går till väga för att erhålla denna förståelse.
Studien skiljer sig dock från tidigare studier inom fysiologididaktik på några viktiga punkter.

1) Relationer mellan olika fysiologiska fenomen: Studenterna har fått urskilja generella fysiologiska principer utifrån sina egna beskrivningar av blodtryck och blodtrycksreglering. Förutom kopplingen mot tidigare studier av studenters förståelse av cirkulationsfysiologiska fenomen ansluter studien därför även till de tidigare arbeten som berört fenomenet transfer (64) och generella principer. Studenterna har förklarat principernas tillämplighet i nya situationer samt deras relation till varandra. På så vis studeras studenternas uppfattning om generella principer och hur dessa samspelar i människokroppen. Detta ger en helhetsbild av studenternas uppfattning av människokroppens fysiologi som sällan uppmärksammas i undervisning eller examinationer men som har en avgörande kvalitativ betydelse för förståelsen.

2) Analys av lärsituationen som helhet: Studenterna har beskrivit hur de uppfattar och hanterar sin lärsituation som helhet. D.v.s. det är inte ett specifikt undervisningsmoment som utvärderats utan studenterna har fått beskriva hur de uppfattar och manövrerar bland de undervisningsmoment (inklusive det egna läsandet) som står till buds och som helhet bidrar till deras förståelse av fysiologiska fenomen. Vi har alltså inte försökt att isolera ett enskilt

moment och bilda oss en uppfattning om dess effektivitet utan istället försökt att förstå hur studenter hanterar och skapar mening av inlärningssituationen som helhet.

4.7 Fysiologiskt fördjupningsområde – Flödesfysiologi och intrakardiell strömning

Den ämnesdidaktiska inriktningen på arbetet innebär att frågor om lärande och undervisning hanterats i nära relation till ett ämnesinnehåll, medicinsk fysiologi. Avhandlingen presenterar en ämnesfördjupning i cirkulationsfysiologiska fenomen samt utforskar de didaktiska frågorna Hur och Vad i relation till fysiologiska fenomen. De ämnesfördjupande studierna skall framför allt stödja den ämnesdidaktiska forskarens kunskap i det ämne som de didaktiska frågorna avser, dvs. ge en ”överkunskap” (insikt i kunskapens sammanhang samt vetskap om möjliga missuppfattningar) som är direkt relaterad till undervisningsinnehållet (40). Delarbete 1 och 2 har dock även betydelse för bedömningar av intrakardiella flöden i klinisk praktik. Samtliga delarbeten i avhandlingen behandlar tryck-flödes-samband i cirkulationssystemet. De ämnesfördjupande cirkulationsfysiologiska studierna handlar om tryck och flödessamband i hjärtats vänstra förmak och kammare. Flödesriktningar och komplexa flödesfenomen som exempelvis virvelflöden som varierar med anatomi och cirkulatorisk belastning har beskrivits med hjälp av moderna tredimensionella mät- och visualiseringsmetoder. Fenomenen som beskrivs grundas på flödesfysiologiska samband och mätteknik som har intresse på specialistnivå. Undersökningen av studenters förståelse och lärande av fysiologiska fenomen har även den utgått från cirkulationsfysiologiska tryck-flödes-fenomen men med relevans för läkares grundutbildning (blodtryck och blodtrycksreglering).

Nedan följer en introduktion till det cirkulationsfysiologiska fältet och flödesfysiologi i allmänhet. De fenomen som studerats i de olika delstudierna beskrivs mer ingående.

4.7.1 *Grundläggande om cirkulationssystemet*

Cirkulationssystemet kan betraktas som kroppens stora transportsystem. Med hjärtat som den centrala pumpen har systemet som huvudsaklig uppgift att förse kroppens vävnader med näring och syre och transportera bort avfallsprodukter för utsöndring och nedbrytning i lever, njurar och lungor. Ett

normalt hjärta hos en vuxen människa i vila pumpar ca 75 ml blod i varje hjärtslag. Med 60 hjärtslag per minut innebär detta att hjärtat pumpar ca 4,5 l blod per minut och ca 6500 l på ett dygn, vilket skulle motsvara ca 2,4 miljoner liter på ett år. Det handlar alltså om stora volymer som på ett effektivt sätt ska transporteras genom kroppens rörsystem av artärer, arterioler, kapillärer, venoler och vener. Förutom att stora volymer ska transporteras effektivt och utan skadeverkningar skall systemet också kunna anpassa denna transport till förändrade förutsättning vilket kan ställa stora krav på omställning av cirkulationen. Exempel på sådana ändrade villkor är (förutom olika former av sjukdom) exponering för värme, kyla, ansträngning och träning eller helt enkelt förändrat kroppsläge.

4.7.2 *Grundläggande om strömningslära*

En grundläggande princip för transport av en fluid är sambandet mellan tryck (P), flöde (Q) och motstånd (R).

$$\Delta P = Q \times R$$

Flödet (volym/tidsenhet) i ett kärl styrs av tryckskillnaden över kärlet samt det motstånd kärlets vägg utgör. Den viktigaste faktorn som styr motståndet är kärlets radie (r), men även fluidens viskositet (η) och kärlets längd (l) inverkar. Sambandet beskrivs med Poiseuilles lag ($\pi/8$ = proportionalitetskonstant).

$$Q = \frac{\pi(P_i - P_o)r^4}{8\eta l}$$

Flödesmönstret påverkas av kärlets anatomi, fluidens hastighet och eventuell acceleration eller deceleration av fluiden. Vid låga flödeshastigheter och släta regelbundna väggar strömmar fluiden laminärt, i skikt, med den lägsta hastigheten invid kärlets väggar och den högsta hastigheten centralt. Flödesprofilen sägs då vara parabol och medelhastigheten v_{medel} kan beräknas som $v_{max}/2$. Vid höga flödeshastigheter och oregelbundenhet i väggarna (t.ex. vid kärlförgreningar eller plackbildningar) kan s.k. turbulent flöde uppkomma. Vid turbulent flöde är den ordnade skiktningen av fluiden uppbruten och istället ses snabbt fluktuerande hastigheter. Sannolikheten för turbulent flöde kan beräknas med hjälp av Reynolds tal (N_R).(ρ=fluidens densitet, D= rörets diameter).

$$N_R = \rho D v_{medel} / \eta$$

Vid Reynolds tal över 2000 är risken för turbulent strömning stor. I övergången mellan laminär och turbulent strömning finns en fas av semiturbulent strömning beskriven.

Turbulent strömning innebär större energiförluster och ett större arbete måste alltså utföras för att åstadkomma samma flöde. Vid störda flödesförhållanden (t.ex. förträngningar, böjda kärl eller bifurkationer) bryts också den parabola hastighetsprofilen. Den maximala hastigheten på flödet kan inte längre antas ligga centralt utan snedriktade jetströmmar och böjda kärl kan orsaka skeva eller andra asymmetriska hastighetsprofiler. Turbulent strömning innebär också en högre belastning på kärlväggen. Fenomenet tros ligga bakom att aterosklerosiska plack i de stora kärlen ofta är lokaliserade invid kärlbifurkationer och områden som är utsatta för reflexionsfenomen. Normalt förekommer turbulent flöde i hjärtrummen i samband med klaffstängning och kan detekteras i form av de normala hjärtljuden. Det är också turbulent strömning som auskulteras vid t.ex. en vanlig blodtrycksmätning och i samband med förträngning över ett kärl eller vid ett blåsljud på hjärtat till följd av läckage eller förträngning.

En komplicerande faktor när man diskuterar flödesfysiologi i människokroppen är det faktum att flödet inte är konstant utan pulsatilt. I hjärtats rum och aorta sker ständigt acceleration och deceleration av blod vilket är energikrävande processer. Trycket i cirkulationssystemet hålls dock relativt stabilt genom en utjämnande effekt i de stora elastiska artärerna. Under hjärtats systole (kontraktionsfas) expanderar de stora elastiska artärerna och lagrar därigenom en viss volym blod för att sedan återfjädra och distribuera denna volym perifert under hjärtats diastole (relaxationsfas). Kärlens förmåga att på detta sätt lagra potentiell energi och senare återföra energin till blodet i form av kinetisk energi (den s.k. Windkesseleffekten) innebär en tryckutjämning under hjärtcykeln. Hos äldre personer, med stelare kärl, ses en avtagande Windkesseleffekt, vilket resulterar i större skillnader mellan systoliskt och diastoliskt tryck (ökat pulstryck). Hos den friska individen ses p.g.a. tryckutjämnande effekter i kärlträdet en successiv övergång från ett pulsatilt flöde till ett kontinuerligt flöde på vensidan.

Sambandet mellan tryck och laminärt icke-pulserande flöde kan i ett rakt rör beräknas med hjälp av Poiseuilles lag (se ovan). Poiseuilles lag används dock även för att studera förhållanden mellan tryck och flöde i kärlsystemet, men samtliga beräkningar i människokroppen får betraktas som approximationer. Likaså är Reynolds tal definierat för ett långt rakt rör med icke pulserande flöde vilket måste beaktas när approximationer görs till förhållanden i människokroppen (22, 58, 111).

4.7.3 *Blodflöde i hjärtat*

4.7.3.1 Grunläggande om blodflödet i hjärtat

Hjärtat är indelat i fyra hålrum, två förmak och två kammare. Icke syresatt blod når via den övre och nedre hålvenen hjärtats högra förmak. Genom passage över tricuspidalisklaffen kommer blodet till höger kammare varifrån det via arteria pulmonalis pumpas vidare till lungorna för syresättning och avgivande av koldioxid. Det syresatta blodet når sedan hjärtats vänstra förmak via de fyra lungvenerna (två från vänster lunga och två från höger). Blodet passerar sedan mitralisklaffen mellan vänster förmak och vänster kammare och pumpas sedan från vänster kammare ut i aorta för att distribueras till kroppens olika vävnader. Pumpningen i höger och vänster hjärthalva sker i stort sätt simultant, d.v.s. blod passerar samtidigt genom tricuspidalis- och mitralisostiet. Likaså sker pumpningen ut i de stora artärerna, arteria pulmonalis och aorta, i stort sätt samtidigt. Den fas då hjärtats kamrar kontraherar och blod pumpas ut i kretsloppen benämns systole och utgör ca 1/3 av hjärtcykeln i vila. Under kamrarnas relaxationsfas (diastole) öppnas klaffarna mellan förmak och kammare och kamrarna fylls med blod från hjärtats förmak. Samtliga flöden inne i hjärtrummen uppkommer alltså till följd av tryckförändringar som genereras av de olika hjärtrummens kontraktion och relaxation. För vidare läsning om grundläggande hjärtfysiologi hänvisas till läroböcker i fysiologi (21, 68, 162).

4.7.3.2 *Mätning av flödeshastigheter i hjärtat*

Mätning av flödeshastigheter i hjärtat är vanligt vid olika typer av hjärtsjukdom. Bland annat ses ökade flödeshastigheter över klaffarna vid förträngningar. Även läckage, i form av motriktat flöde, kan detekteras. För att korrekt bedöma och diagnostisera hjärtsjukdom är en detaljerad kännedom om flödesförhållanden i det normala hjärtat och vid olika sjukdomstillstånd nödvändig. Flödeshastigheter i hjärtat mäts huvudsakligen med hjälp av Ultraljuds-Doppler (70, 161).

Metoden baseras på det frekvensshift som uppträder då en ljudvåg reflekteras av ett objekt i rörelse. Den uppmätta skillnaden i frekvens är direkt proportionell mot objektets hastighet. Sambandet beskrivs i Dopplerekvationen (Fig. 1).

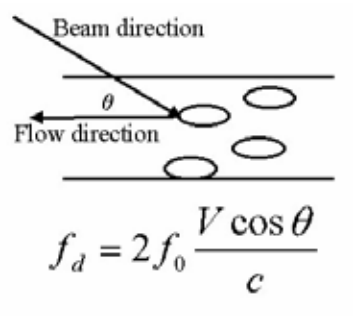


Fig. 1. Dopplerekvationen beskriver det frekvensshift (Dopplershift) som uppstår då ljud träffar ett objekt i rörelse (t. ex. blodkroppar). f_d=Dopplershift, f_o=utsänd frekvens, V=hastigheten på objektet, θ=vinkeln mellan objektets rörelseriktning och det utsända ultraljudets riktning.

I klinisk praktik används i dagsläget flera former av ultraljuds-Doppler. Metoden begränsas dock av det faktum att hastighet är en vektor. Hastighet har, förutom en storlek (t.ex. 0.5 m/s), en riktning som kan beskrivas genom att dela upp hastigheten i de tre hastighetskomponenterna (x-, y- respektive z-led) (Fig 2).

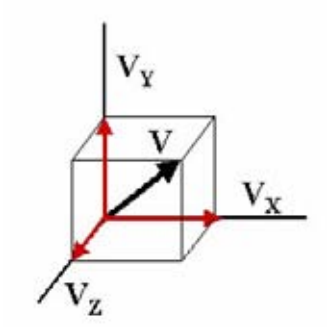


Fig. 2. Hastighet är en vektor och beskrivs av såväl en storlek som en riktning.

Ultraljudet detekterar endast den komponent av hastigheten som är parallell med den utsända ljudstrålen. Om den utsända ultraljudsstrålen inte är parallell med det flöde man önskar mäta mäts alltså en falskt för låg hastighet. Detta brukar hänvisas till som vinkelfel i mätningen. Från hastigheter uppmätta med ultraljud beräknas också tryckförhållanden inne i hjärtat. Beräkningarna görs med hjälp av en förenklad form av Bernoullis ekvation. Bernoullis ekvation grundar sig på energiprincipen och beskriver samband mellan tryck och hastighet. Beräkningen baseras på information om fluidens to-

tala energi till följd av arbete sekundärt till tryck, lägesenergi och rörelseenergi. Det är dock en förenklad formel som används vid tryckberäkningar i hjärtat och metoden innehåller en rad antaganden och approximationer vilket begränsar beräkningarnas värde. (P = tryckskillnaden V = maximala hastigheten i jetströmmen)

$$P = 4V^2$$

God kännedom om de villkor som gäller för att beräkningarna skall vara rimligt tillförlitliga är nödvändig. Den förenklade formeln bortser t.ex. från viskositetsfriktion vilket kan vara betydande vid turbulent flöde i stenoser.

4.7.3.3 *Flödet i vänster förmak*

I delarbete ett undersöks flödesmönstret i vänster förmak hos friska försökspersoner. Vänster förmak har tidigare betraktats som en reservoir för blod under kammarens systole och som en passiv ledning under kammarens diastole (127). Förmaket fylls genom lungvenerna i två inflödesfaser. Den första fasen uppkommer under kammarsystole, då mitralisklaffen är stängd. Som en följd av kamrarnas kontraktion och förmakets relaxation sjunker trycket i förmaket och blod flödar in genom lungvenerna. Klaffplanets rörelse mot hjärtspetsen under denna fas bidrar till tryckminskningen genom en volymökning av förmaket. Den andra inflödesfasen uppkommer vid öppning av mitralisklaffen då förmakstrycket återigen sjunker. Vid förmakskontraktionen (som äger rum under den senare delen av kammardiastole) stiger trycket i förmaket och ett backflöde upp i lungvenerna kan ses (28, 84) (Fig. 3).

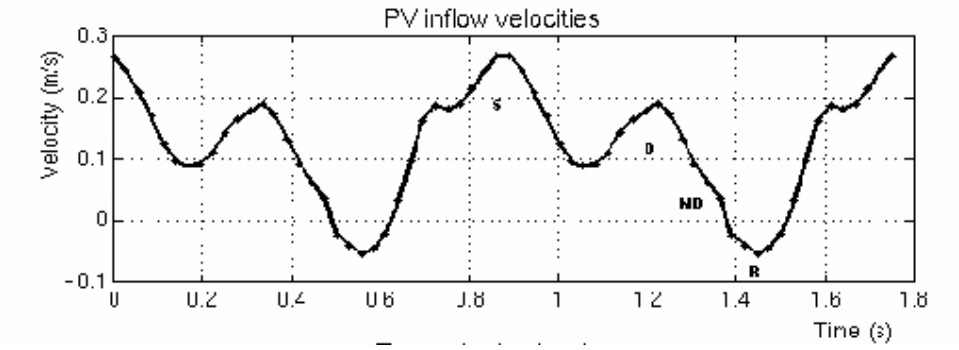


Fig. 3. Lungvenshastigheter uppmätta med MRI-faskontrast. S=Systoliskt inflöde, D=Diastoliskt inflöde, MD=Mid Diastole, R=Reverserat flöde vid förmakskontraktionen

Även flöde i förmaksörat (en fylogenetisk rest som har vissa endokrina funktioner och kan liknas vid en blindtarm som utgör en del av förmaket) har karaktäriserats förhållandevis väl (77, 87). Däremot har inte flödesmönster inne i själva förmaket beskrivits. Man vet att flödet i förmaket är av betydelse efter t.ex. elektrokonvertering och vid förmaksflimmer, då en ökad risk för intra-atriell tromb med systemisk embolisering är dokumenterad (1, 55, 165). Ett roterande flödesfenomen ("atrial smoke" eller ”intra-atrial spontaneous echo-contrast”) har beskrivits vid sjukdomar med en ökad risk för trombos (17, 24, 80).

4.7.3.4 *Inflödet till vänster kammare*

I delarbete två undersöks inflödet till vänster kammare hos friska försökspersoner och hos patienter med högt blodtryck. Inflödet till vänster kammare sker även det i två faser (Fig. 4A). Tidig kammarfyllnad (E-vågen) uppkommer sekundärt till kammarens relaxation. När klaffen öppnar i tidigdiastole finns en tryckskillnad mellan förmak och kammare och blod från förmaket accelererar över klaffen. I mid-diastole finns en fas med tryckutjämning och flödet över klaffen upphör (diastas). Vid förmakskontraktionen ökar förmakstrycket igen vilket ger upphov till en ytterligare inflödesfas, A-vågen. Fyllnadsmönstret till vänster kammare bestäms av den ventrikulära relaxationen (hjärtmuskelns ”förmåga” till relaxation) och kammarens compliance (vävnadens eftergivlighet). Tidigare uppmärksammades enbart hjärtats systoliska funktion men även den diastoliska funktionen har visat sig ha prognostisk betydelse vid t.ex. begynnande hjärtsvikt. Rubbningar i det diastoliska förloppet kan avläsas genom förändrade mönster i flödeshastigheterna vid kammarfyllnad. Vid s.k. relaxationsstörning (Fig. 4B) är relaxationstiden förlängd och trycket i kammaren sjunker därför långsammare. Den iso-volemiska relaxationstiden, tiden mellan aortaklaffens stängning och mitralisklaffens öppnande är också förlängd. Dessa förändringar i relaxationsmönstret påverkar följaktligen rådande tryckförhållanden och därigenom flödet mellan förmak och kammare. E-vågens decelerationstid är förlängd och den maximala hastigheten under E-vågen blir lägre. Ett förhöjt förmakstryck kan maskera dessa förändringar, s.k. pseudonormalisering. Vid högt förmakstryck kan ett s.k. restriktivt fyllnadsmönster ses (Fig. 4C). Den initiala tryckgradienten mellan förmak och kammare är hög och resulterar i en hög E-vågshastighet. En icke eftergivlig kammare (låg compliance vid restriktivitet) gör också att tryckutjämning sker relativt snabbt och decelerationstiden förkortas (5-7, 61, 136).

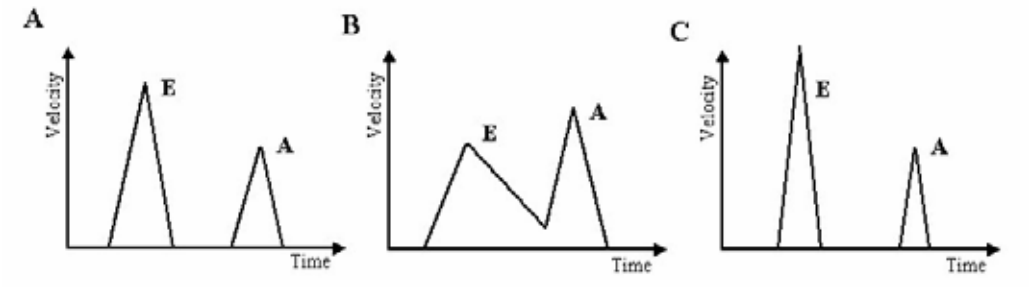


Fig. 4. Schematisk bild av inflödeshastigheter till vänster kammare. A) Normala förhållanden B) Relaxationsstörning C) Restriktivt fyllnadsmönster

Dessa förändringar i fyllnadsmönster har använts vid diagnostik och bedömning av diastolisk dysfunktion. Kvoten mellan E- och A-hastigheter har tillsammans med andra parametrar evaluerats. Dock har normalfysiologiska variationer i E/A-kvot beroende på respiration (3, 39), hjärtfrekvens (4), ålder (83) och cirkulatorisk belastning (29, 36) gjort resultaten svårvärderade. Även när dessa fysiologiska variationer tas med i beräkningen kvarstår felkällor i mätningen som beror av tekniska begränsningar som t.ex. positionering av sampelvolymen vid ultraljudsmätning och vinkelfel (se 4.7.3.1).

4.7.4 *Blodtryck, blodtrycksreglering och analoga fenomen*

I delarbete tre och fyra har blodtryck och blodtrycksreglering (22, 68, 162) använts som utgångspunkt för att studera lärande och förståelse av fysiologiska fenomen. När vi i vardagligt tal, eller i samband med en vanlig blodtrycksmätning, talar om blodtryck avser vi det tryck blodet utövar mot väggarna i de stora elastiska artärerna (kärlen efter utflödet ur hjärtat). Enligt resonemanget ovan är blodtrycket beroende av flödet i cirkulationssystemet och det motstånd som finns i systemet. Trycket är som högst i aorta och faller sedan utefter systemet för att på vensidan, vid hålvenerna som mynnar i hjärtats högra förmak, vara nära noll. Om vi betraktar systemkretsloppet analogt med resonemanget ovan om sambandet mellan tryck, flöde och motstånd ($\Delta P = Q \times R$) är:

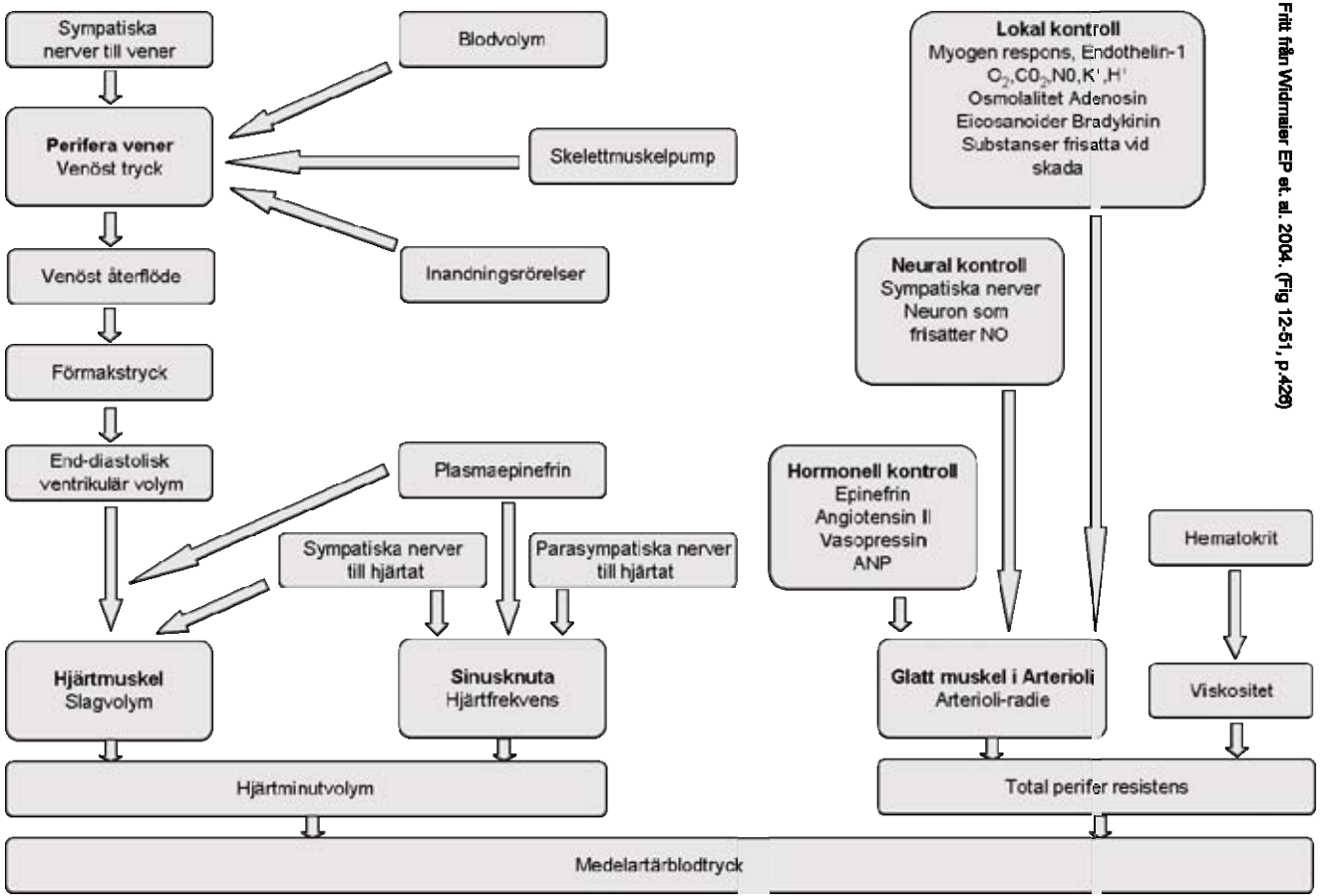
ΔP = Trycket i Aorta - Trycket i hålvenerna
Q= Den blodvolym som passerar cirkulationssystemet per tidsenhet
R= Motståndet i kärlsystemet

Då trycket i hålvenerna under normala betingelser ligger nära noll kan ΔP sägas vara $\approx$ trycket i Aorta. Trycket i Aorta varierar dock med hjärtcykelns faser och systole varar dessutom ca 1/3 av hjärtcykeln under vila medan diastole utgör de återstående 2/3. Detta gör att ΔP bättre kan uttryckas som (1×systoliskt tryck+2×diastoliskt tryck)/3, vilket benämns medelartärtryck (MAP). Det totala flödet i systemet, Q, utgörs av den blodvolym som per tidsenhet pumpas ut ur vänster kammare. Denna benämns Cardiac Output (CO) eller hjärtminutvolym. Motståndet, R, är det totala motståndet i kärlen och beror som beskrivits ovan av radien på kärlet. Det största motståndet, eller flaskhalsen i cirkulationssystemet utgörs av de små muskulära artärerna, s.k. arterioli, som ligger mellan de elastiska artärerna och kapillärerna. I arterioli regleras, genom radieförändring, flödet till olika organ. Det är också över arterioli som det stora tryckfallet i systemet uppstår. Utifrån detta resonemang kan formeln för systemcirkulationen skrivas om till:

$$MAP = CO \times R$$

Blodtrycket kan alltså regleras eller förändras genom att hjärtminutvolym (CO) eller motstånd i framför allt de små muskulära artärerna påverkas. Hjärtminutvolymen kan i sin tur regleras genom att hjärtats slagvolym eller dess slagfrekvens förändras. Detta kan ske på en mängd olika sätt, t.ex. genom påverkan via det autonoma nervsystemet eller att volymen blod som strömmar åter till hjärtats högra sida ökar (ökat preload). Likaså kan motståndet i kärlsystemet regleras via en mängd funktioner. Faktorer som påverkar medelartärtrycket sammanfattas i Fig. 5.

Detta komplexa reglersystem (som här endast skissats översiktligt) innebär att en beskrivning av blodtryck och blodtrycksreglering kommer att innefatta en rad fysiologiska fenomen och principer som är tillämpbara på många funktioner i kroppen, d.v.s. grundläggande generella fysiologiska principer. T.ex. kan sambandet mellan tryck, flöde och motstånd även tillämpas på luftflödet i bronker eller på flödet i urinvägar. Reglering via det autonoma nervsystemet innefattar en rad principer eller funktioner som t.ex. receptorfunktion, feedback reglering, feed-forward reglering som skulle kunna tillämpas även vid t.ex. endokrin fysiologi eller reglering av tarmfunktion.



Fritt från Widmaier EP et. al. 2004. (Fig 12-51, p.428)

Fig.5. Sammanfattning av faktorer som bestämmer det arteriella blodtrycket.

5. Sammanfattning av de fyra delarbetena

I delarbete ett och två har tryck- och flödesfenomen i hjärtat beskrivs med hjälp av en tre-dimensionell hastighetsmätningsmetod. Mätningarna är gjorde med MRI (Magnetic Resonance Imaging) faskonstrast. En modern visualiseringsmetod har använts för att åskådliggöra flödesmönster (163). Metoden ligger också till grund för tryckberäkningar som är mindre begränsade än de som kan utföras utifrån ultraljudsmätningar (47, 48). De flöden som studerats i delarbete ett och två är flödet inne i hjärtats vänstra förmak (se 4.7.3.4) samt inflödet till vänster kammare under diastole (se 4.7.3.4). Dessa flöden är intressanta med tanke på uppkomst av tromber i vänster förmak vid olika sjukdomstillstånd respektive vid bedömning av hjärtats diastoliska funktion. I delarbete tre och fyra undersöks läkarstudenters förståelse av fysiologiska fenomen samt hur det går tillväga för att tillskansa sig förståelse för dessa fenomen. Studenterna i delarbete tre och fyra har fått ge en utförlig beskrivning av blodtrycksfenomenet. De har sedan identifierat generella principer i denna beskrivning och givit exempel på andra tillämpningsområden för principen (se 4.5.2). De har också beskrivit hur de går till väga när de lärt sig dessa fenomen. I delarbete tre fokuseras hur de går till väga för att tillskansa sig förståelse (jfr inriktning i lärande 4.3) och i delarbete fyra hur de uppfattar fysiologiska fenomen.

5.1 Sammanfattning av fynd

5.1.1 *Delarbete ett*

I delarbete ett påvisades ett virvelflöde inne i vänster förmak hos samtliga 11 försökspersoner. Virveln konstituerades i huvudsak av inflödet från de vänstersidiga lungvenerna som kommer in i förmaket i en skarp vinkel i relation till utflödet genom mitralisklaffen. Inflödet från de högersidiga lungvenerna följde en rakare bana ner mot klaffen, mellan virveln och förmaksseptum, och involverades inte i samma utsträckning i virvelflödet. Detta innebar att flödesvägen genom förmaket var längre för det blod som kom in genom de vänstersidiga lungvenerna i jämförelse med det blod som kom in genom de högersidiga venerna. Virvelflöde kunde konstateras både under systole (då mitralisklaffen är stängd) och under den diastoliska diastasen.

5.1.2 *Delarbete två*

I delarbete två studerades huruvida platsen för den maximala E och maximala A hastigheten skiljer sig åt vid inflöde till vänster kammare, samt hur mätningarna påverkas av att endast en hastighetskomponent mäts i jämförelse med mätning med tre hastighetskomponenter. I studien ingick 10 friska försökspersoner och 10 patienter med systemisk hypertension. Mätningar med en hastighetskomponent underskattade tre hastighetskomponenter relativt lite 9.4±8.6% (0-42%) men påverkade E/A-kvoten:-0.1 ±0.3 (-1.3 till 0.5), eller -2.3±13.6 % (-46.4% till 27.3%). De relativt små felen då E eller A betraktas separat, förstärks eller varierar oberäkneligt, då kvoten kalkyleras. Lokalisationen för max E och max A hastigheter skilde totalt 11.1 ± 7.1 mm (2.1 till 23 mm) hos friska försökspersoner och med 16.9 ± 7.1 mm (4.8 till 24.0 mm) hos patienterna. Inga signifikanta skillnader kunde påvisas mellan patienter och friska försökspersoner.

5.1.3 *Delarbete tre*

I delarbete tre beskrevs olika inriktningar för att förstå fysiologiska fenomen: Sifting, Building, Holding och Moving. Två inriktningar, Sifting och Building, motsvarar i hög grad det som tidigare beskrivits som yt- och djupinriktning i lärande. Sifting innebär att studenterna i huvudsak ser som sin uppgift att sovra material för att inhämta den förståelse som finns lagrad i böcker och föreläsningar. Studenten styrs av yttre krav och förväntningar som t.ex. lärarens urval i föreläsningar och examinationer. I Building-kategorin beskrivs förståelse som någonting studenten själv konstruerar och kunskaper måste relateras och kopplas till sådant studenten tidigare vet för att få mening och betraktas som förståelse. Inom Building-kategorin ses dock skilda tillvägagångssätt; Holding-kategorin innebar att studenten, genom ett strukturerat tillvägagångssätt, strävar efter en viss sorts förståelse och när denna är uppnådd vill man inte få kunskapen prövad eller utmanad. Detta kan kontrasteras med Moving-kategorin där studenterna beskriver hur de avsiktlig utmanar den förståelse de har genom att tänka på nya sätt, ifrågasätta sin kunskap och pröva olika inlärningssätt. Förståelsen ses inte som slutgiltig utan som något som hela tiden kan fördjupas och nyanseras genom utmaning och ifrågasättande. Metaforen Holding syftar på att studenterna efter att ha uppnått en viss förståelse ”håller i” förståelsen och skyddar den från utmaning och nya infallsvinklar. Förståelsen riskerar annars att gå förlorad. Moving å andra sidan åsyftar studenternas avsiktliga ”rörelse” mellan olika perspektiv och inlärningssätt för att få ett ytterligare djup i sin förståelse. Studien visar också skilda sätt att förhålla sig till betydelsen av detaljer när de

konstruerar förståelse för fysiologiska fenomen: Linear, Competing, Collaborating. Kategorin Linear, beskriver en kvantitativ uppfattning där det finns ett oproblematiskt samband mellan att lära sig mer detaljer och att förstå mer. Lär man sig mer detaljer har man helt enkelt förstått mer. Competing beskriver uppfattningen att studier av detaljer kan hota förståelse av helheter. Genom att gå in djupt i detaljer kan man så att säga förlora orienteringen och ”gå vilse i detaljerna”. Studier av detaljer kan ske på bekostnad av studier av helheter. Den tredje kategorin, Collaborating, beskriver hur studenter ser detaljer som att de stödjer förståelsen. En detalj kan vara förlösande för förståelse av ett större sammanhang. De beskriver en ständig växling, eller samtidighet, i medvetandet mellan detaljer och helheter. I Competing kategorin ses studier av detaljer och helheter som separata aktiviteter medan Collaborating innebär att det är samtida och samverkande aktiviteter.

5.1.4 *Delarbete fyra*

I det fjärde delarbetet har studenterna identifierat generella fysiologiska principer utifrån sina beskrivningar av blodtryck och blodtrycksreglering. De har sedan fått tillämpa dessa på nya situationer och beskriva i vilket avseende (eller varför) det begrepp de identifierat är en generell princip. Fyra kategorier att uppfatta generella fysiologiska principer beskrivs. I den första kategorin kan studenten inte identifiera överförbara fenomen utan kommer istället fram till faktorer som kan påverka hela kroppen samtidigt som till exempel syrehalt eller nutritionsstatus. I den andra kategorin identifierar studenterna fenomen som till exempel tryck-flödes-samband, feedback- reglering eller principer för receptorfunktion. De beskriver sedan relevant hur dessa fenomen även kan ses i andra sammanhang i människokroppen än i blodtrycksreglering. Den tredje kategorin beskriver hur studenter, liksom i kategori två, korrekt identifierar och överför fenomen till nya situationer. Studenterna visar dock en helt annan medvetenhet om att principerna verkar under skilda villkor i de olika sammanhangen och granskar principernas giltighet i de olika situationerna. I denna problematisering jämför de likheter och skillnader i de olika situationerna samt granskar principens betydelse i de olika situationerna. Detta kan kontrasteras med den föregående kategorin där beskrivningarna i huvudsak består av omnämnande eller kausala samband. Den fjärde kategorin beskrivs endast av en student. Denna student kan identifiera och problematisera överförbara fenomen men uttrycker att de specifika villkor som råder i varje tillämpning/situation i människokroppen är så särskilda att hela ”idén” med generella principer har ett mycket begränsat värde.

Fynden i delarbete fyra ger ett perspektiv på fysiologi som sällan uppmärksammas. Förmågan att resonera i kausala samband räknas ofta som förståelse i examinationssituationer. Dock kan även komplexa kausala händelsekedjor vara objekt för memorering. Studenterna kan, i kategori tre och fyra, beskriva kausala händelseförlopp men visar också en ytterligare förmåga; att problematisera och relatera fysiologiska fenomen till varandra och till varierande villkor i människokroppen.

6. Metodologisk reflektion

Cirkulationsfysiologiska fenomen står i centrum för hela arbetet, men frågeställningarnas karaktär innebär att metodologiskt skilda tillvägagångssätt använts och att forskarutbildningen präglats av en orientering inom såväl kvantitativ som kvalitativ metod. Vid studier av intrakardiell strömning användes en nyutvecklad tre-dimensionell faskontrast MRI teknik. Data visualiserades i ett flödesvisualiseringsprogram med s.k. pathlines och streamlines. Metoden finns väldokumenterad (163) och stod i centrum för en licentiatavhandling (59) där diskussion om metodens för- och nackdelar visavi andra intrakardiella mätmetoder går att finna. Mät- och visualiseringsmetoden avhandlas därför inte närmare i denna avhandlingskappa. En kvalitativ forskningsansats, fenomenografi, användes i delarbete tre och fyra. En introduktion till kvalitativ forskning och den fenomenografiska ansatsen finns nedan.

6.1 Skillnader mellan en kvantitativ och en kvalitativ ansats

Att studera lärande innebär att studera processer som är beroende av en mängd faktorer. Individuella egenskaper, förutsättningar och tidigare erfarenheter hos studenterna såväl som faktorer i lärandemiljön och det studerade ämnets särdrag samspelar i lärprocessen och påverkar lärandets utfall. Den lärandes motivation och vilja att skapa mening av det hon/han lär sig är av grundläggande betydelse för utfallet av lärande. Även utbildningsinterventioner i större grupper (t.ex. införande av PBL) blir svårstuderade då oändliga variationer i lärarinsatser, utbildningsmiljö och former av utfallsvariabler (t.ex. i form av examinationsresultat) är mycket svårt att kontrollera på ett sätt som är önskvärt i en experimentell studie. I syfte att tillskapa kontrollerade experimentella studier även inom lärande görs, framför allt inom den kognitiva lärandeforskningen, experimentella studier i lärandelaboratorier där man kan kontrollera experimentsituationen (142). Den typen av studier kan bli reproducerbara och reliabla men ifrågasätts avseende validitet. Vad en student åstadkommer i en tillskapad, kontrollerad experimentsituation där lärandemiljön skalats av är i många sammanhang långt ifrån giltigt i de multivariabla lärsammanhang studenten befinner sig i sin vardag. Studier som på olika

sätt försöker att fånga lärandet i naturalistiska sammanhang har därför kommit att väcka allt mer intresse inom den medicinska didaktiken. Denna typ av studier har i regel en kvalitativ ansats men det har också varit vanligt med kvantitativa studier där man inte kontrollerar ”experimentsituationen” utan utgår från naturalistiska sammanhang (fältexperiment). Denna typ av studier har dock tyvärr lett till att forskningsresultat ofta tolkas och generaliseras utan att kontextuella faktorers inverkan på resultaten beaktats fullt ut (se 4.2).

En kvalitativ ansats innebär att fenomen studeras i ett naturalistiskt sammanhang. Forskaren använder t.ex. observationer, djupintervjuer eller dagboksanteckningar från sina informanter för att förstå deras agerande i, och tolkning och uppfattning av, en lärsituation. Forskaren försöker inte isolera lärandefenomenet som sådant genom att skala bort sammanhanget, utan ser tvärtom sammanhanget som en viktig och bidragande del i lärandet. Lärandet studeras alltså inte som ett isolerat kognitivt fenomen hos studenten utan ses som ett samspel mellan individen, lärsammanhanget och innehållet (43, 44). Forskarens roll är också central. Forskaren är per definition medskapare av det sammanhang som studeras, vilket synliggörs och diskuteras snarare än suddas ut. Detta kan kontrasteras med en traditionellt positivistisk tradition där forskaren ses som en objektiv utomstående betraktare, skild från det som studeras. D.v.s. forskare beskriver en yttre verklighet som denne inte är medskapare av (66). En ytterligare central skillnad mellan en kvantitativ och en kvalitativ forskningstradition är synen på hypotesprövning. I kvantitativ forskning testas teori genom att en hypotes bevisas eller falsifieras. Den kvalitativa forskningen gör däremot anspråk på att vara teorigenererande och mer förutsättningslöst explorera ett fenomen. Arbetsgången är således induktiv snarare än deduktiv. Dessa tydliga skiljelinjer mellan kvantitativ och kvalitativ forskning är dock förenklingar av verkligheten (26). Det är väl känt att stora upptäckter inom t.ex. naturvetenskap inte tillkommit genom hypotesprövning utan snarare explorering av slumpmässigt uppkomna fynd. Det mest kända exemplet torde vara Flemmings upptäckt av penicillinet. Likaså finns det en gråzon där den kvalitativa forskarens förkunskap har påfallande likheter med en hypotes.

De ovan beskrivna skillnaderna mellan kvalitativ och kvantitativ forskning innebär också en rad skillnader i syn på studieupplägg och generaliserbarhet av resultat. Den kvantitativa forskaren söker i ett stickprov efter förekomst eller kausala samband som baserat på statisk beräkning, med viss säkerhet är tillämpliga i en population. En kvalitativ forskare strävar efter att få en så rik beskrivning av det fenomen som studeras som möjligt snarare än efter representation (26). Randomisering av en studiegrupp är därför i regel inte aktuell, snarare görs ett s.k. strategiskt urval, ett urval som kan förväntas ge en

så rik och variationsrik beskrivning av fenomenet som möjligt. Ibland tillämpas datainsamlig med flera olika metoder för att belysa ett fenomen och få fylliga beskrivningar. Detta kan också tillämpas som ett sätt att öka tillförlitligheten i fynden, s.k. triangulering. En datainsamlings storlek kan t.ex. avgöras av när mättnad uppnås. Mättnad avser att ytterligare datainsamling inte tillför mer i beskrivning av fenomenet. Denna beskrivning av principiella skillnader mellan kvantitativ och kvalitativ lärandeforskning syftar till att informera läsare som inte tidigare är bekanta med kvalitativ metod. Det finns dock en rad skilda synsätt och nyanser även inom de kvalitativa metodikerna, t.ex. vad gäller forskningens objekt och synen på förförståelse. Den kvalitativa ansats (fenomenografi) som använts i detta arbeta presenteras mer ingående nedan (se 6.3).

6.2 Generalisering av kvalitativa studier

Den kvalitativa forskningen resulterar alltså inte i en generaliserbar lag som med en viss procentuell säkerhet är giltig även för andra individer. Den naturliga frågan blir då hur forskningsresultaten kan användas. Forskning som inte säger någonting annat än om den i tid och rum givna situationen är knappast försvarbar och användbar (undantag finns dock vid t.ex. historisk forskning där generaliserbarhet inte är primärt intressant). Följaktligen syftar även den kvalitativa forskningen i regel till att beskriva någonting mer allmängiltigt än den specifika situationen.

Ansatsen är induktiv och utgående från empirin, men forskarens uppgift är inte att återge informanternas utsagor utan att analysera, tolka och lyfta fram det allmänna i utsagorna. Forskarens förmåga att *Gestalta* resultaten är ett kvalitetskriterium (90, 91). Gestaltningen av fenomenet syftar till att ge läsaren ett nytt verktyg och en ny/förändrad/berikad syn på det fenomen som studerats. Metaforer används ofta för en sådan gestaltning. Metaforer med kraftigt genomslag inom pedagogik är t.ex. yt- och djup-inlärning, respektive ”den dolda läroplanen”. Begreppen har fungerat som väckarklockor för att uppmärksamma olika kvaliteter i lärprocesser långt utanför de sammanhang de först beskrevs. Vissa metaforer från kvalitativ forskning har haft sådan igenkännande kraft att de även nått in i vokabulären utanför forskarsamhället. Metaforen, och den fylliga beskrivningen av metaforen, möjliggör för läsaren att i sitt eget sammanhang tolka och förstå skeenden på ett mer informerat sätt. Ett annat (delvis överlappande) sätt att se på generalisering av kvalitativa studier är i egenskap av kontextlikhet (43). I Kontexter liknande den studerade är resultaten lättare tillämpbara.

Kvalitativa studier som skall kunna ha betydelse för flera skilda sammanhang bör därför undersöka en kontext som kan liknas vid andra samt väl beskriva det sammanhang studien genomförts i. Den bör vidare ge en god och fyllig gestaltning av resultaten som möjliggör igenkännande i andra sammanhang.

6.3 Fenomenografi – Ett sätt att studera lärande

Fenomenografi är en kvalitativ ansats som utvecklats och använts för att studera lärande i meningsfulla sammanhang. Fenomenografin utvecklades av Ference Marton med medarbetare i INOM-gruppen i Göteborg under 70-talet (104) och kom sedan att spridas i framför allt Norden, England och Australien. Studieobjektet i fenomenografin är informanternas uppfattning av, eller sätt att erfara, ett fenomen. Genom analys av djupintervjuer beskriver forskaren kvalitativt skilda sätt att uppfatta ett fenomen i ett antal kategorier. Detta system av kategorier utgör utfallsrummet (100, 103).

6.3.1 *Att studera uppfattningar*

Utmärkande för fenomenografin är att fenomen studeras i ”andra ordningens perspektiv”. Detta innebär att det inte är fenomenet i sig som granskas, utan informantens uppfattning av (eller sätt att erfara) ett fenomen. Det finns alltså någon som uppfattar (informanten) och något som uppfattas (fenomenet). Uppfattningen kan beskrivas som relationen mellan den som uppfattar och fenomenet. Skillnader i uppfattningar utgörs av hur vi avgränsar, eller urskiljer ett fenomen, och hur vi placerar det i ett sammanhang (99). Forskaren analyserar alltså hur informanten urskiljer fenomenet och hur han/hon relaterar det till andra fenomen och fakta. I analysen tittar forskaren också på hur informanten relaterar delar av själva fenomenet till varandra.

En utgångspunkt i detta synsätt är att olika människor uppfattar fenomen på skilda sätt och att denna variation i hur vi uppfattar och relaterar till omvärlden påverkar hur vi agerar. En ytterligare utgångspunkt är att våra beskrivningar av omvärlden begränsas och påverkas av det sammanhang vi som individer finns i och fenomenet presenteras/uppträder i. Detta innebär också att en uppfattning inte är att betrakta som en individuell karaktäristika. Vad som beskrivs i en fenomenografisk studie är en delmängd av möjliga sätt att uppfatta fenomen. Samma fenomen kan dock uppfattas på ett annat sätt av samma individ i ett annat sammanhang. Syftet är att beskriva skilda sätt att uppfatta fenomen och inte att beskriva statiska individuella karaktä-

ristika (92, 99). Under senare år har termen ”sätt att erfara” kommit att användas synonymt med det som ovan beskrivits som uppfattning.

6.4 PBL – Sammanhanget för den aktuella studien

Studien av förståelse av fysiologiska fenomen genomfördes vid läkarutbildningen i Linköping, Hälsouniversitet (HU), Linköpings universitet. Samtliga utbildningar vid HU tillämpar sedan 1986 problembaserat-lärande (PBL). PBL vid HU har, förutom den grund som beskrivs vid framför allt McMaster university, även präglats av kunskaper om lärande från den fenomenografiska traditionen (151). Läkarutbildningen präglas av en hög grad av eget ansvar för studierna, tidig patientkontakt och integration mellan olika utbildningsprogram inom hälso- och sjukvården (18, 19). Läkarprogrammet är indelat i tre stadier där stadium ett fokuserar normal funktion och hälsa, stadium två patofysiologi och principer för diagnostik och behandling medan stadium tre i huvudsak utgörs av klinisk tjänstgöring med fokus på patientnära kliniskt arbete och prevention. Redan under stadium ett och två träffar studenterna patienter, bl.a. inom ramen för den s.k. strimman där kommunikation och samtalskonst tränas. Navet för studenternas lärande utgörs av basgruppen. I basgruppen träffas studenterna två ggr. per vecka tillsammans med en handledare för att diskutera verklighetsnära patientfall. Utifrån fallet diskuterar de sina förkunskaper och formulerar gemensamt problemställningar och inlärningsbehov för att bättre kunna förstå det aktuella patientfallet. Gruppmedlemmarna söker därefter information på egen hand och träffas igen i gruppen för att diskutera sina kunskaper i relation till fallet. Som komplement till basgruppen och de egna studierna finns även föreläsningar, laborationer, resurstillfällen, färdighetsträning samt enstaka seminarier. Under en termin studeras ämnena integrerat och innehållet examineras vid slutet av varje termin. Den tidiga patientkontakten och ämnesintegrationen syftar bl.a. till att stödja ett meningsfullt lärande där kunskaper hela tiden kan relateras till situationer i den kommande professionen. De studenter som intervjuas i studien går på utbildningens fjärde termin. Det innebär att de i relation till verklighetsnära patientfall, där de även konfronterats med patologi och kunskap från den kliniska vardagen, bearbetat merparten av den normalfysiologi som ligger inom utbildningens ram.

6.4.5 *PBL i relation till ämnesdidaktik*

En motsättning kan noteras i grundtankarna om PBL och termen ämnesdidaktik. Ämnesdidaktik antyder att det finns didaktiska frågor knutna till ett specifikt ämne. I PBL försöker man bryta upp traditionella ämnesstrukturer för att i stället stimulera lärande i relation till situationer med relevans för den kommande professionen. Viss information måste dock ibland få träda i bakgrund medan annan utgör förgrund för att ett önskvärt djup skall kunna uppnås. Den här studien är genomförd utifrån de förutsättningar som råder på utbildningsprogrammet. Studenternas svar är därför inte med nödvändighet bundna till vad som skulle behandlas inom ramen för en traditionell fysiologibok. Intervjublocket har inletts med en fråga om hur studenterna själva definierar fysiologi och de diskuterar då sina avgränsningar mot andra områden vilket varit klargörande vid analysen. Studenternas sätt att läsa och resonera gör dock att de mycket väl i relation till det fenomen som de utgår ifrån kan komma in på fenomen och begrepp som traditionellt skulle kunna ha behandlats i en lärobok för t.ex. cellbiologi eller mikrobiologi. Inga hinder har lagts ut för detta, utan studenternas sätt att resonera och förklara har fått vara vägledande för resonemanget i intervjun. Intervjuaren har god insyn i programmets uppläggning och innehåll.

7. Diskussion

Denna avhandlings övergripande syfte har varit att tjäna som underlag för underbyggda och informerade förändringar av undervisningspraxis inom medicin och särskilt fysiologiområdet. Arbetet kan ses som ett led i det ökade intresse som ses internationellt och nationellt för att öka den vetenskapliga anknytningen i universitetets undervisande uppgift samt för att knyta den undervisande uppgiften till den forskande uppgiften. Den ämnesdidaktiska inriktningen på arbetet innebär att frågor om lärande och undervisning hanterats i nära relation till ett ämnesinnehåll, medicinsk fysiologi. Avhandlingen presenterar en ämnesfördjupning i cirkulationsfysiologiska fenomen samt utforskar de didaktiska frågorna Hur och Vad i relation till fysiologiska fenomen.

7.1 Ämnesfördjupning

De ämnesfördjupande studierna skall i detta sammanhang framför allt stödja den ämnesdidaktiska forskarens kunskap i det ämne som de didaktiska frågorna avser. Principen om sambandet mellan tryck, flöde och motstånd som är grundläggande för de flödesfenomen som studeras i den ämnesfördjupande delen, har också använts som utgångspunkt för studierna av studenters förståelse och lärande. Resultaten som presenterats i delarbete ett och två kan dock vara intressanta och ha betydelse för bedömningar av intrakardiella flöden i klinisk praktik.

7.1.2 *Fynd med betydelse för klinisk praktik*

Virvelflödet som konstaterades i vänster förmak (Fig. 6) är ett resultat av inflödesfaserna i förmaket samt de anatomiska förutsättningarna för blodflödet.

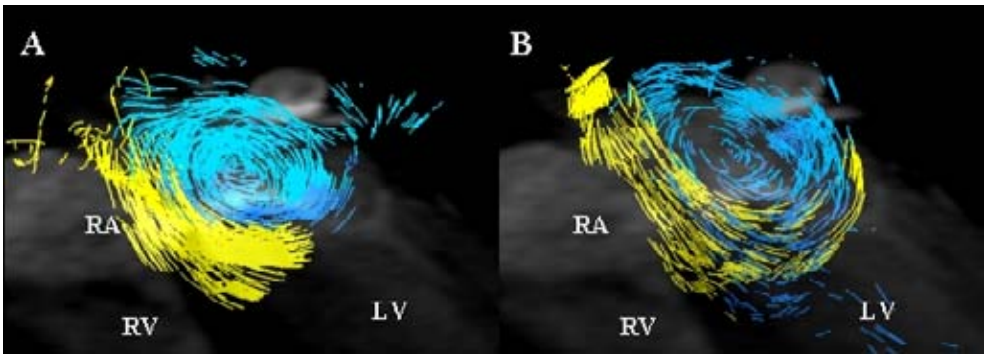


Fig. 6. Virvelflöde i vänster förmak under systole (A) och diastole (B). Blått motsvarar flöde från vänstersidiga lungvener och gult, flöde från högersidiga lungvener.
RA = Right atrium (Höger förmak), RV = Right ventricle (Höger kammare), LV = Left ventricle (Vänster kammare).

Virvelflöde i hjärtat kan tjäna flera olika syften. Stas av blod utgör en risk för utveckling av tromber. Virvelflödet innebär att blod inte stannar upp utan upprätthåller viss rörelseenergi även under förmakets reservoirfaser. Acceleration och deceleration som är energikrävande processer kan också undvikas genom att blodet är i rörelse under hela hjärtcykeln. Den maximala hastigheten återfinns perifert i en virvel, medan den centrala hastigheten är noll (jämför lugnet i tornadons öga) (Fig. 7).

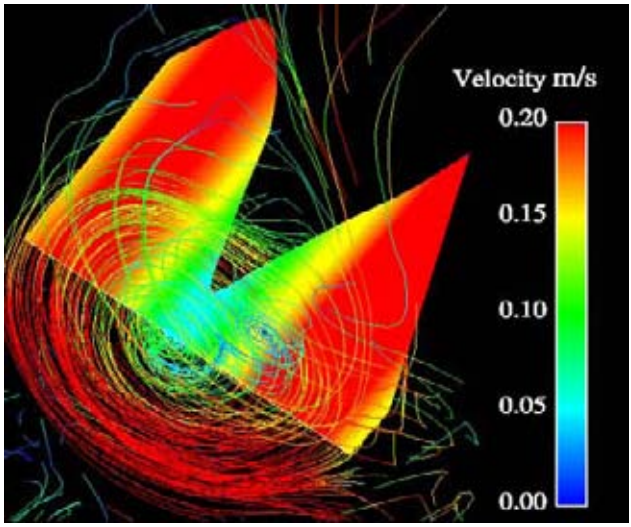


Fig. 7. Färgkodning av hastigheter över en virvels diameter.

Även detta faktum skulle kunna ha gynnsam betydelse med avseende på uppkomst av tromber eftersom låga väggnära hastigheter undviks. Sedan studien genomfördes har ytterligare studier bekräftat betydelsen av asymmetriska flöden och virvelflöden. Kilner et al (82) diskuterar betydelsen av samspelet mellan flöde och anatomi i såväl vänster kammare som förmak. Helt nyligen har även Coghlan och Hoffman (30) diskuterat betydelsen av att vid hjärtkirurgi upprätthålla anatomiska förutsättningar för att bevara virvelflöde i vänster kammare. Mouret et al har i en flödessimulering påvisat den virvel som konstaterades i förmaket i vår studie (126). De har även simulerat förmaksflimmer i flödesmodellen och påvisat förändringar av virvelflödet.

Fynden i delarbete två visar på faktorer som kan påverka mätningar och bedömning av diastolisk funktion. De olika lokalisationerna för max E och max A hastigheter visar på en ytterligare bidragande faktor till den osäkerhet som hittills funnits i beräkning av kvoten. Några år efter studiens genomförande kan man konstatera att svårigheterna med att bedöma graden av diastolisk dysfunktion kvarstår och att en rad olika parametrar används för att nå så informativa data i det enskilda fallet som möjligt (160). Våra fynd som visade på underskattning av hastigheter p.g.a. vinkelfel samt oförutsägbara beräkningsfel till följd av den mycket variabla lokalisationen av max E och max A har visat god överensstämmelse med andra studier av diastoliska funktionsparametrar med MRI. Houlind et al har visat att skillnaden i lokalisation av max hastigheter har större spridning ju längre ner i kammaren man kommer samt att förändringar i lokalisation kan ses såväl vid ischemisk hjärtsjukdom (73) som vid normalt åldrande (72). MRI används idag endast i begränsad utsträckning för mätningar av intrakardiella flödeshastigheter i klinisk praktik. Den tekniska utvecklingen har inneburit kortare scan-tider och förbättrad tidsupplösning. Tillsammans med en ökad tillgänglighet har detta inneburit att möjligheten att bedöma t.ex. diastolisk funktion med hjälp av MRI även i klinisk vardag diskuteras (137). En möjlig fortsättningsstudie skulle kunna vara att mäta max E respektive max A separat med ultraljud vilket skulle kunna bidra till mätningar som är mindre beroende av vinkelfel och placeringsfel. Detta skulle dock medföra att referensvärden måste tas fram med en ny mätstandard.

7.1.3 *Hur har kunskapens sammanhang samt kännedom om missuppfattningar stärkts?*

I ett didaktiskt sammanhang skall lärarens/forskarens s.k. ”överkunskap” i det ämne som undervisas/studeras dels placera kunskapen i ett sammanhang och dels ge kännedom om uppfattningar som kan förekomma om ak-

tuella fenomen. Genom delarbete ett och två har kunskapens sammanhang stärkts på flera olika sätt.

Forskningen har bedrivits i en multidisciplinär forskarmiljö. Cirkulationsfysiologiska fenomen har studerats i nära samarbete med civilingenjörer inom biomedicin, mekanik och elektronik samt i samarbete med flera kliniskt verksamma läkare. Den sammanhangskunskap som uppkommer i en sådan miljö får betecknas som både bred och djup men är svårligen avgränsbar i en kunskapsbeskrivning.

En ytterligare kunskapskälla som varit relevant för analyserna av delarbete tre och fyra är den undervisning inom fysiologi på läkarutbildning, sjuksköterskeutbildning och teknisk biologi (systemfysiologi) som bedrivits under forskningstiden. Detta har inneburit en ytterligare orientering i fysiologiska områden utanför det egna forskningsfältet samt studier av flertalet av de handböcker som finns på området för studenter.

Intervjuerna och analyserna i delarbete tre och fyra inte hade kunnat genomföras utan denna ämneskunskap. Ämnesområden med relevans för undervisningen/studierna som särskilt fördjupats under forskningstiden är:

1) Normal och avvikande tredimensionell flödesfysiologi i hjärtat
2) Hjärtats tredimensionella anatomi
3) Mät och visualiseringsmetoder inom cirkulationsfysiologi
4) Flödesmekanik och hjärtats mekaniska egenskaper

Mer specifikt har delarbete ett och två också stärkt kunskapen om möjliga missuppfattningar av tryck-flödessamband. Dahlgren betonar kunskapen om en historisk utvecklingsdimension för att tillskansa sig insikter om möjliga uppfattningar av ett fenomen (40). Den historiska dimensionen har inte fokuserats i detta arbete. Däremot kan de tidigare ej kända fenomen som studerats i delarbete ett och två sägas bidra till missförstånd och missuppfattningar av cirkulationsfysiologiska fenomen i dag. Framför allt har tredimensionalitetens betydelse för hur vi uppfattar och tolkar tryck-flödessamband illustrerats. Faktorer av betydelse för förståelse av tryck-flödesfenomen i hjärtat som studerats är:

1) Betydelsen av hastigheten som vektor med en utbredning i x, y och z-led.
2) Betydelsen av den rumsliga utbredningen av flödet i hjärtrummen vid mätning av diagnostiska parametrar.
3) Betydelsen av anatomiska förutsättningar samt entrainmenteffekter för uppkomst av virvelfenomen.

7.2 Avhandlingens bidrag till medicinsk didaktik och fysiologididaktik

En utgångspunkt för arbetet har varit att undervisningsteori är underordnat lärandeteori och att det är genom att förstå hur studenter agerar i och skapar mening av lärsituationen (mötet mellan studenten, innehållet och lärandets sammanhang) som vi kan förändra undervisningen på ett sätt som kan stimulera ett meningsfullt lärande. Kognitiv lärandeteori och kvantitativa studier som syftar till att bevisa huruvida en undervisningsintervention är effektiv eller inte har länge dominerat inom den medicindidaktiska litteraturen (se 4.1 samt 4.2).

I denna avhandling har lärande studerats med en kvalitativ ansats där studenternas uppfattningar av innehåll och lärsituation granskas. Studien syftar inte till att bevisa en inlärningsforms förträfflighet över en annan eller att fastslå ett optimalt sätt att undervisa för bästa möjliga lärandeutfall, utan snarare till att bättre förstå hur studenter skapar mening av den lärandesituation och det innehåll de ställs inför. Gestaltningen av resultaten kan stödja lärare att fatta informerade beslut om förändringar och interventioner i undervisningspraxis. Fynden är beskrivna inom medicinsk fysiologi och problembaserat lärande, men har sannolikt tillämpningsområden även utanför denna kontext. Fyndens allmängiltighet återstår dock att pröva i olika kontexter. Avhandlingen representerar den forskningstradition inom pedagogik och didaktik som undersöker studenters inriktning i lärande. Under 80-talet sågs en rad sådana studier inom medicinsk didaktik med mycket intressanta resultat som bland annat berörde effekter av problembaserat lärande. Studien kan också bidra till en nystart för den sortens arbeten inom den medicinska didaktiken.

Inom fysiologididaktik finns en rad studier av hur studenter går till väga i specifika undervisningssituationer (se 4.5). Laborationer, föreläsningar, seminarier är utvärderade avseende hur studenter tillgodogjort sig innehållet. Studenternas förståelse utvärderas också i regel avseende ett specifikt fysiologiskt fenomen. I denna studie har studenterna fått beskriva hur de uppfattar och hanterar sin lärsituation som helhet. Fynden visar på nya aspekter av djupinriktat lärande som har att göra med studenternas förmåga att byta perspektiv och se nya infallsvinklar på ett fenomen kontra tendensen att hålla fast vid ett synsätt. Likaså visar fynden olika sätt att förhålla i sig till detaljkunskaper vilket ofta debatteras inom PBL-utbildningar. Studien ansluter också till de tidigare arbeten inom fysiologididaktik som diskuterat möjligheter att mer aktivt arbeta med generella principer och studenters förmåga att tillämpa dessa i nya sammanhang. Vissa studenter har mycket svårt att överhuvudtaget identifiera generella principer medan andra kan problematisera

och föra nyanserade resonemang om olika principers tillämplighet i nya situationer. Fynden visar på skillnader i studenternas helhetsuppfattning om hur fysiologiska principer samverkar och samspelar i människokroppen, aspekter som sällan testas i examinationer, men som kan ha en avgörande betydelse för förståelsen.

Fynden indikerar vidare en koppling mellan starka inslag av Moving och en integrerad och mer komplex uppfattning av fysiologiska fenomen. En intressant koppling mellan inriktning i lärande och lärandets utfall (ett dynamiskt förhållningssätt till lärande) är således indikerad, men måste undersökas vidare i ett större material.

7.2.1 *Tillämpningsområden i undervisning*

Studiens utgångspunkt har varit att undervisningsteori är beroende av eller underordnad lärandeteori och att vi genom att bättre förstå vad som sker i lärsituationen kan påverka och förändra undervisningspraxis. Studien är genomförd i en utbildningsmiljö där PBL tillämpats sedan 1986. Studien har inte syftat till att utvärdera PBL i relation till andra undervisningsmodeller. PBL utgör dock en del av kontexten och en rad tillämpningar av resultaten kan knytas till basgruppen och handledarfunktionen i PBL. Nedan följer en diskussion kring synen på undervisning i relation till resultaten. Tillämpningar i anslutning till bagruppen i PBL kommenteras särskilt. Huvuddragen i resonemanget sammanfattas som ”Didaktiska insikter och råd”.

7.2.1.1 *Att tillskapa och uppfatta variation i lärsituationen*

De studenter som har stora inslag av Moving i sitt lärande utnyttjar en mångfald av inlärningsmetoder för att få nya synvinklar och perspektiv på det fenomen de försöker förstå. Även om många rapporterar det egna läsandet som kärnan för att konstruera förståelse visar de tydligt hur en mångfald av inlärningssituationer bidrar till en mer nyanserad bild av de fysiologiska fenomenen. Variation i lärande är sannolikt en grundstomme för en djup och integrerad förståelse (109). Att studenter själva värdesätter just kombinationen av undervisningsmoment när de konstruerar förståelse har vi också fått bekräftat i en ny studie (ej publicerat material). Begreppet variation skall dock inte tolkas som likställt med att många olika undervisningsformer automatiskt ger en djup och integrerad förståelse hos studenten. Variation i lärande kan inte enbart tillskapas av läraren utan måste också uppfattas som en variation av studenten. Detta kan illustreras med hur studenter i studien tillskriver samma undervisningstillfälle olika mening. Ett praktiskt moment tidigt i utbildningen har av en student uppfattas som en ”aptitretare för fram-

tiden" eller som en övning i praktiskt handhavande medan andra studenter uppfattar det som en illustration av en fysiologisk princip. Att vi som lärare iscensätter "variationen" med olika undervisningsformer för att illustrera ett fenomen garanterar alltså inte att studenten uppfattar och integrerar det som vi avsett i sin förståelse. Här tydliggörs betydelsen av att få verbalisera förförståelse och meningen med en övning och att i efterhand få diskutera vad man kommit fram till i relation till andra undervisningsmoment och övningens relevans för den framtida professionen. En ytterligare illustration av variation i lärande som ger upphov till ett nytt perspektiv på ett fenomen, är studenternas beskrivningar i Moving-kategorin av hur de själva åstadkommer variation i sitt läsande (se "mental activities" i delarbete tre). Marton har tidigare beskrivit hur kinesiska studenter, genom att skifta fokus i sin uppmärksamhet, tillskapar variation i läsande av text som sannolikt är besläktat med de fynd som framkommit i denna studie (110). Dessa aspekter är svårare att fånga i direkta tillämpningar i undervisningen. Kännedom om studenters olika förhållningssätt till text och det egna läsandet kan dock sannolikt vara till hjälp i diskussioner med studenter om studieteknik och även i samtal om lärande i basgruppen (se nedan).

7.2.1.2 *Sifting, Building, Holding och Moving: Verktyg för basgruppshandledaren*

Utifrån mångårig handledarerfarenhet är det lätt att koppla metaforerna Sifting, Building, Holding och Moving till erfarenheter i basgrupp. Studenter som kondenserar undervisningsmaterial och gärna hämtar sin kunskap direkt ur sina kondenserade anteckningar har jag sett många exempel på under åren. Likaså har jag många gånger sett studenter som vill göra sin egen förklaringsmodell gällande framför andras och inte ger sig förrän ett schema med den egna strukturen av kausala förlopp hamnat på whiteboarden. Jag har också upplevt diskussioner i basgrupp där man frimodigt ifrågasätter och försöker ta till sig och integrera nya fakta. Metaforerna Sifting, Building, Holding och Moving får aldrig användas som fasta etiketter på enskilda studenter. Däremot kan de hjälpa handledaren att identifiera och ifrågasätta strategier och val i basgruppen. Genom att känna igen olika förhållningssätt kan man som handledare få ett verktyg att ifrågasätta gruppens arbete när den fastnat i ett visst mönster. Barrows diskuterade förmågan till självstyrt lärande som en viktig del i det problembaserade lärandet (14, 15). Stress i form av omfattande kursinnehåll samt en ovana och osäkerhet hos många handledare i att hantera diskussioner om lärande tror jag är faktorer som bidragit till att diskussioner om lärande i basgrupp ofta faller bort (152). Att känna igen inriktningar i lärande kan hjälpa handledaren att initiera diskussioner i basgruppen om vilka lärstategier man använder.

Didaktiska insikter och råd 1

1) Tillskapa variation i lärsituationer för att ge möjlighet för studenterna att upptäcka nya perspektiv på ett fysiologiskt fenomen (jfr Moving).

2) Tillskapa möjligheter för studenterna att verbalisera och jämföra sina uppfattningar av meningen med undervisningsmomentet.

3) Handledaren i basgrupp kan genom att känna igen olika inriktningar i lärande utmana gruppen att variera sitt arbetssätt.

4) Sifting, Building, Holding och Moving kan vara verktyg för att känna igen och initiera samtal om lärstrategier i basgrupp.

7.2.2 *Värdet av att lära sig detaljer*

Värdet av att lära sig detaljer är ett ständigt återkommande diskussionsämne inom ämnen som angränsar till naturvetenskap. Likaså figurerar emellanåt olyckliga missuppfattningar om att man i PBL inte behöver kunna detaljer utan bara förstå sammanhangen. Resultaten i studien ger ett intressant bidrag till denna diskussion om detaljers betydelse. Samtliga studenter påpekar att detaljer är viktiga för förståelsen. Istället för att fråga OM man behöver kunna detaljer är det därför kanske mer relevant att fråga HUR man ska kunna detaljer. Studenterna visar på skilda förhållningssätt till studier av detaljer. I den ena kategorin (Collaborating) ses detaljerna som någonting som fördjupar och klargör förståelsen, medan de i den andra kategorin (Competing) utgör ett hot mot förståelsen. Studenterna uttrycker i Competing-kategorin att man förlorar sig i detaljer och att studierna av detaljer då sker på bekostnad av helheten. Det verkar som studenterna i Collaborating-kategorin klarar att samtidigt ha helhetsbild och detaljer i medvetandet medan studenterna i Competing-kategorin släpper medvetenheten om helheten (detaljernas relevans och sammanhang). De beskriver hur studierna av detaljer blir lösryckta från sammanhanget.

Jag vill i detta sammanhang poängtera att ingenting i dessa resultat stödjer att detaljer inte skulle vara viktiga för förståelse. Däremot pekar fynden på att det att det finns risk att detaljer studeras på ett sådant sätt att de kan gå förlorade. Fynden överensstämmer väl med tidigare iakttagelser om relatio-

nen mellan memorering och förståelse inom andra ämnesområden (102) och stödjer att vi som lärare bör beakta hur vi konstruerar övningar och examinationsuppgifter med tanke på att detaljer och helheter ska studeras på ett integrerat sätt. Likaså kan fynden peka på viktiga uppgifter för basgruppshandledaren i PBL (se nedan).

7.2.3 *Att förstå fysiologi är mer än att kunna kausala förlopp*

Sättet att lägga upp studien innebar att studenterna var tvungna att använda kunskap på ett nytt och utmanande sätt. Det var mycket tydligt i intervjusammanhanget att det var ovant för studenterna att resonera i termer av generella principer, fysikaliska lagar eller mekanismer som förekom i flera olika organsystem. Det var uppenbart att studenterna i likhet med vad Modell (123) tidigare skrivit, lär sig fakta i relation till ett aktuellt organsystem och har svårt att extrahera fenomen som är tillämpbara i andra situationer. Beskrivningarna av blodtryck och blodtryckreglering var i regel koncisa och följde beskrivningar som ses i handböcker. Då generella principer extraherades och skulle tillämpas i nya situationer blev det dock tydligt att kunskapen ofta bestod av återgivna scheman av kausala förlopp. Fynden illustrerar Modells tidigare beskrivningar av studenters svårigheter med att identifiera och tillämpa generella fysiologiska principer.

En intressant skillnad sågs hos de studenter som uttryckte kategorierna *Conditionally transferable phenomena* och *Situated and differentiated.* De kunde inte bara identifiera generella principer och fysikaliska lagar, utan också problematisera och resonera kring villkoren för principen i de olika organsystemen. De visade en medvetenhet om den komplexitet av villkor och interaktioner som omgärdar varje kausalt beskrivet förlopp. Studenter i den första och andra kategorin saknade tecken till denna integrering och problematisering men kunde däremot i regel korrekt återge ett kausalt händelseförlopp (t. ex. någon del av blodtrycksregleringen). Pask (138, 139) beskrev på 70-talet hur studenter tog sig an naturvetenskapliga problem på ett sätt som har klara likheter med fynden i den här studien. Han beskrev två former: *Operational learning* och *Comprehension learning*. I *Comprehension learning* ingick förmågan att se analogier, likheter och skillnader mot andra problem och teoretisk beskrivningar. *Operational learning* var mer riktat mot procedurer och förklaringsmodeller inom en domän.[1] Pask hävdade att en kombination av dessa båda lärstrategier var nödvändig för att konstruera förståelse.

[1] Pasks originalarbeten är mycket omfattande och inkluderar flera aspekter av lärande. Beskrivningen ovan bygger i huvudsak på Laulliards (92) och Newble och Entwistles (130) tolkningar av Pasks arbete.

Medan de kausala förlopp som studenterna beskriver i vår studie kan liknas vid ett utfall kopplat till *Operational learning* kan studenternas resonemang i *Conditionally transferable phenomena* och *Situated and differentiated* även hänföras till det som Pask benämner *Comprehension-learning.*

En subjektiv iakttagelse är att vi inom fysiologi har betonat *Operational learning,* i termer av inlärning av komplexa kausala förlopp. Möjligen är det så att vi värderar denna kunskap som förståelse då den torde ligga till grund för att förstå hur ett läkemedel griper in i en kausal kedja eller för att med begriplighet kunna förklara för en patient. Denna studie visar på en ytterligare dimension av förståelse som handlar om att kunna känna igen generella principer och problematisera villkor för, och samspelet mellan dessa. Min tolkning är att studenter som utrycker denna förmåga, genom de generella principerna, tillskansat sig ett ytterligare verktyg för att kunna ”tänka fysiologi”.

Det kanske mest intressanta i den här studien är att samtliga studenter som uppvisade en mer integrerad och problematiserat förhållningssätt till de fysiologiska principerna också hade starka inslag av *Moving* i lärandet. Sambanden mellan inriktning för att uppnå förståelse och lärandets utfall måste dock undersökas i en större studie.

Basgruppen är kanske den möjlighet där vi som lärare har störst chans att bidra till studenternas utveckling i att lära. Både fynden i den här studien som handlar om detaljers betydelse för förståelse och möjligheter till *Comprehension learning* har stor tillämpbarhet i handledarfunktionen. Handledaren kan genom frågor bidra till att diskussionen i basgruppen blir mer dynamisk och inte stannar i redogörelse av långa kausala förlopp. Handledaren kan initiera jämförelser mellan situationer, bidra till att generella principer uppmärksammas och problematiseras och ställa frågor som initierar diskussion om ett förlopps betydelse eller tillämpning. Likaså kan det betydelsefulla skiftet mellan detaljer och helhet sannolikt initieras genom frågor om sammanhang eller relevans.

Didaktiska insikter och råd 2

1) Stöd ”Comprehension learning” och inte enbart ”Operational learning”.

2) Uppmuntra att generella principer och fysikaliska lagar identifieras och problematiseras i de sammanhang de dyker upp.

3) Uppmuntra jämförelse och diskussion kring skillnader och likheter mellan fysiologiska förlopp i kroppen.

4) Övningar och examinationsuppgifter bör vara formulerade på ett sådant sätt att de stimulerar till att detaljkunskaper sätts i sammanhang och tvingar till ett skifte mellan detaljer och helheter i tänkandet.

5) Efterfråga även det skenbart självklara och banala för att stimulera rörelsen mellan detaljer och helheter.

7.3 Mot ett Dynamiskt Lärande

Studiens utgångspunkt har varit att lärandeteori ligger till grund för undervisningsinterventioner. De undervisningsinterventioner som diskuterats ovan kan vara möjliga sätt att komma vidare mot ett mer Dynamiskt lärande där studenter vågar utmana sina föreställningar och kan tillägna sig en rik och nyanserad bild av fysiologiska fenomen. Nästa steg är att pröva och utvärdera olika undervisningsinterventioner. En intressant uppföljande studie skulle vara att studera handledarinterventioner och effekter av dessa i basgrupper på terminer där studenterna läser mycket fysiologi. En ytterligare uppföljningsstudie är att djupintervjua studenter i slutet av läkarutbildningen, som bör ha en mer integrerad syn på fysiologi i relation till professionen.

8. Avslutande reflektion och Tack

Det är mycket roligt att få skriva en av de första avhandlingarna med didaktisk inriktning på fakulteten. Man kan nog säga att min motivation i detta arbete i högsta grad varit ”inre”. När jag nu skriver de sista raderna i denna avhandlingskappa är jag glad över att jag i mångt och mycket följt min egen känsla för vad som är viktigt och vad jag velat fördjupa mig i.

När jag kom till HU, efter att själv ha passerat en traditionell läkarutbildning, växte mitt intresse för pedagogik och undervisning fram. Parallellt med forskningsarbetet har jag varit lärare och/eller pedagogisk konsult på HU:s utbildningar och kombinationen har varit värdefull för att inte distansera forskningen från den praktiska undervisningsvardagen. Med inriktningen mot didaktik på en medicinsk fakultet har jag ibland upplevt att jag fått bryta ny mark, men som forskarutbildning betraktat tycker jag i dag att jag fått en både bred och djup utbildning. Inte minst har erfarenheten av att metodologiskt arbetat både kvantitativt och kvalitativt varit betydelsefull. Jag tror det gett mig perspektiv på forskningens villkor och tvingat mig till att reflektera över de olika paradigm och forskningskulturer som samsas på ett universitet. Jag vet att det finns flera avhandlingar med didaktisk inriktning på väg och jag ser fram emot att följa dessa.

Tack till Forskarskolan Forum Scientum vid Linköpings universitet och Läkarutbildningen på Hälsouniversitet som har bidragit till att möjliggöra avhandlingsarbetet.

Bengt Wranne har varit ett stort stöd för mig under den här resan. Bengt visade mig alltid förtroende och stöttade mig i arbetet även när jag valde annorlunda vägar. Det har betytt mycket och det känns väldigt tråkigt att han inte finns med i dag när detta är färdigt.

Vad är det för doktorand som behöver tre handledare? Jag vill tacka **Staffan Wirell** och **Charlotte Silén** för alla diskussioner i samband med skrivandet av mina didaktiska manus. Även om jag alltid säger emot tror jag att jag tagit till mig en del och jag hoppas att ni ser att ni bidragit både materiellt och själsligen. **Eva Nylander** vill jag särskilt tacka för ett fint stöd när jag skrivit avhandlingskappan. Din hjälp i slutfasen av detta arbete har betytt mycket!

På avdelningen för klinisk fysiologi och institutionen för medicinsk teknik finns flera oumbärliga personer: **Lars Wigström, Matts Karlsson, Jan Engvall** och **Ann Bolger** har alla på olika sätt bidragit med stora delar i arbetet. **Tino Ebbers** finns det mycket att tacka för men just nu vill jag tacka dig extra

för att du tog dig tid med min avhandlingskappa. Det var roligt, och ett mycket gott moraliskt stöd, att du som var med vid starten också bidrog i slutspurten!

På **pedagogiskt centrum** vill jag tacka alla er som på olika vis stimulerat och vidareutvecklat mitt intresse för pedagogik. Extra tack till **Kicki Persson** och **Björn Bergdahl** som har varit goda kollegor och samtalspartners på vägen. Ett stort tack också till **forskargruppen för vuxnas lärande** på institutionen för Beteendevetenskap. Särskilt tack till **Lars Owe Dahlgren** och **Madeleine Abrandt Dahlgren** som har granskat mina manus vid ett flertal tillfällen. Tack också till **Lena Tibell** för kloka synpunkter på en tidig version av avhandlingskappan samt till **Åsa Källstrand Thor** som fixat omslaget och **Monika Samuelsson** som har hjälpt mig att få denna text i tryckbart skick.

Nu virvlar det vidare mot nya mål... men innan dess vill jag också säga tack till **studenter** och **patienter** som medverkat i studierna. Min förhoppning är att ni själva lärde er någonting på att vara med och jag hoppas ni känner att jag förvaltat materialet väl.

Linköping i november 2006-10-30

Anna Fyrenius

9. Referenser

1. Transesophageal echocardiographic correlates of thromboembolism in high- risk patients with nonvalvular atrial fibrillation. The Stroke Prevention in Atrial Fibrillation Investigators Committee on Echocardiography. *Annals of Internal Medicine* 128: 639-647, 1998.
2. **Albert M.** Understanding the debate on medical education research: A sociological perspective. *Academic Medicine* 79: 948-954, 2004.
3. **Alehan FK, Ozkutlu S, and Alehan D.** Effects of respiration on left ventricular diastolic function in healthy children. *European Heart Journal* 17: 453-456, 1996.
4. **Appleton CP.** Influence of incremental changes in heart rate on mitral flow velocity: assessment in lightly sedated, conscious dogs. *Journal of the American College of Cardiology* 17: 227-236, 1991.
5. **Appleton CP and Hatle LK.** The natural history of left ventricular filling abnormalities: assessment by two-dimensional and Doppler echocardiography. *Echocardiography* 9: 437-457, 1992.
6. **Appleton CP, Hatle LK, and Popp RL.** Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function: new insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study. *Journal of the American College of Cardiology* 12: 426-440, 1988.
7. **Appleton CP, Jensen JL, Hatle LK, and Oh JK.** Doppler evaluation of left and right ventricular diastolic function: a technical guide for obtaining optimal flow velocity recordings. *Journal of the American Society of Echocardiography* 10: 271-292, 1997.
8. **Arfwedson G.** *Vad är ämnesdidaktik - och vad kan ämnesdidaktik vara?* Häften för didaktiska studier. Stockholm: Lärarhögskolan i Stockholm, 1996.
9. **Ausubel DP, Novak JD, and Hanesian H.** *Educational psychology: a cognitive view.* New York: Holt, Rinehart and Winston, cop., 1978.
10. **Barbour R.** Making sense of focus groups. *Medical Education* 39: 742-750, 2005.
11. **Barrows H.** Response to "The problem with problem-based medical education: Promises not kept". *Biochemistry and Molecular Biology Education* 31: 255 –256, 2003.

12. **Barrows H, Norman G, Neufeld V, and Feightner J.** The clinical reasoning of randomly selected physicians in general medical practice. *Clinical Investigative Medicine* 5: 49-55, 1982.

13. **Barrows HS.** *How to design a problem-based curriculum for the preclinical years*. New York: Springer Publishing Company Inc., 1985.

14. **Barrows HS.** *The tutorial process*. Springfield: Southern Illinois University, School of medicine, 1992.

15. **Barrows HS and Tamblyn RM.** *Problem-based learning. An approach to medical education*. New York: Springer Publishing Company, 1980.

16. **Beaty L, Gibbs G, and Morgan A.** Learning orientations and study contracts. In: *The Experience of learning* (2nd ed.), edited by Marton F, Hounsell D and Entwistle N. Edinburgh: Scottish Academic Press, 1997, p. 72-88.

17. **Beppu S, Nimura Y, Sakakibara H, Nagata S, Park YD, and Izumi S.** Smoke-like echo in the left atrial cavity in mitral valve disease: its features and significance. *Journal of the American College of Cardiology* 6: 744-749, 1985.

18. **Bergdahl B, Eintrei C, Fyrenius A, Hultman P, and Theodorsson E.** Läkarutbildningen i Linköping förnyas: Problembaserat lärande, basvetenskap och folkhälsa stärks. *Läkartidningen* 102: 2654-2658, 2005.

19. **Bergdahl B, Koch M, Ludvigsson J, and Wessman J.** The Linköping Medical Programme: A Curriculum for Student-centred learning. *Annals of Community-Oriented Education* 7: 107-119, 1994.

20. **Bergdahl B, Ludvigsson J, Koch M, and Wessman J.** Undergraduate medical education in Sweden: A case study of the faculty of health sciences at Linköping University. *Teaching and Learning in Medicine* 3: 203-209, 1991.

21. **Berne RM.** *Physiology*. St. Louis: Mosby, cop., 2004.

22. **Berne RM and Levy MN.** *Cardiovascular physiology*. St. Louis: Mosby, cop., 2001.

23. **Biggs J.** Individual differences in study processes and the quality of learning outcomes. *Higher Education* 8: 381-394, 1979.

24. **Black IW, Hopkins AP, Lee LC, and Walsh WF.** Left atrial spontaneous echo contrast: a clinical and echocardiographic analysis *Journal of the American College of Cardiology* 18: 398-404, 1991.

25. **Bleakley A.** Broadening conceptions of learning in medical education: the message from teamworking. *Medical Education* 40: 150-157, 2006.

26. **Bryman A.** The Debate about quantitative and qualitative research. In: *Qualitative Research*, edited by Bryman A, 1999, p. 35-69.

27. **Case J and Marshall D.** Between deep and surface: procedural approaches to learning in engineering education contexts. *Studies in Higher Education* 29: 605-615, 2004.

28. **Castello R, Pearson AC, Lenzen P, and Labovitz AJ.** Evaluation of pulmonary venous flow by transesophageal echocardiography in subjects with a normal heart: comparison with transthoracic echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology* 18: 65-71, 1991.

29. **Choong CY, Herrmann HC, Weyman AE, and Fifer MA.** Preload dependence of Doppler-derived indexes of left ventricular diastolic function in humans. *Journal of the American College of Cardiology* 10: 800-808, 1987.

30. **Coghlan C and Hoffman J.** Leonardo da Vinci's flights of the mind must continue: cardiac architecture and the fundamental relation of form and function revisited. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 29: S4-S17, 2006.

31. **Coles CR.** Differences between conventional and problem-based curricula in their students' approaches to studying. *Medical Education* 19: 308-309, 1985.

32. **Colliver JA.** Effectiveness of Problem-based Learning Curricula. Research and Theory. *Academic Medicine* 75: 259-266, 2000.

33. **Comenius JA.** *Didactica magna/Stora undervisningsläran*. Lund: Studentlitteratur, 2002.

34. **Cortright R, Collins H, and DiCarlo SE.** Peer instruction enhanced meaningful learning: ability to solve novel problems. 2005.

35. **Coté L and Turgeon J.** Appraising qualitative research in medicine and medical education. *Medical Teacher* 27: 71-75, 2005.

36. **Courtois M, Vered Z, Barzilai B, Ricciotti NA, Perez JE, and Ludbrook PA.** The transmitral pressure-flow velocity relation. Effect of abrupt preload reduction. *Circulation* 78: 1459-1468, 1988.

37. **Curry L.** Individual differences in cognitive style, learning style and instructional preference in medical education. In: *International handbook of research in medical education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002, 2002, p. 263-276.

38. **Cuthbert PF.** The student learning process: Learning styles or learning approaches? *Teaching in Higher Education* 10: 235 - 249, 2005.

39. **Dabestani A, Takenaka K, Allen B, Gardin JM, Fischer S, Russell D, and Henry WL.** Effects of spontaneous respiration on diastolic left ventricular filling assessed by pulsed Doppler echocardiography. *American Journal of Cardiology* 61: 1356-1358, 1988.

40. **Dahlgren LO.** Undervisningen och det meningsfulla lärandet. In: *Skapande vetande*. Linköping: Linköpings universitet, 1991.

41. **Dahlgren LO and Fallsberg M.** Phenomenography as a qualitative approach in social pharmacy research. *Journal of Social and Administrative Pharmacy* 8: 150-156, 1991.

42. **Dauphinee W and Wood-Dauphinee S.** The need for evidence in medical education: The development of Best Evidence Medical Education as an opportunity to inform, guide and sustain medical education research. *Academic Medicine* 79: 925-930, 2004.

43. **Denzin NK and Lincoln YS.** *The Sage handbook of qualitative research*. Thousand Oaks, Calif: Sage, 2005.

44. **Denzin NK and Lincoln YS.** *Strategies of qualitative inquiry*. Thousand Oaks, Calif: Sage, 2003.

45. **DiCicco-Bloom B and Crabtree B.** The qualitative research interview. *Medical Education* 40: 314-321, 2006.

46. **Dolmans D.** The effectiveness of PBL: the debate continues. Some concerns about the BEME movement. *Medical Education* 37: 1129-1130, 2003.

47. **Ebbers T, Wigström L, Bolger AF, Engvall J, and Karlsson M.** Estimation of relative cardiovascular pressures using time-resolved three-dimensional phase contrast MRI. *Magnetic Resonance in Medicine* 45: 872-879, 2001.

48. **Ebbers T, Wigstrom L, Bolger AF, Wranne B, and Karlsson M.** Noninvasive measurement of time-varying three-dimensional relative pressure fields within the human heart. *Journal of Biomechanical Engineering* 124: 288-293, 2002.

49. **Elstein A, Shulman L, and Sprafka S.** *An analysis of clinical reasoning*. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

50. **Entwistle N and McCune V.** The conceptual bases of study strategy inventories. *Educational Psychology Review* 16: 325-345, 2004

51. **Entwistle N and Ramsden P.** *Understanding student learning*. London: Croom Helm, 1983.

52. **Euliano TY.** Small group teaching: clinical correlation with a human patient simulator. *Advances in Physiology Education* 25: 36-43, 2001.

53. **Eva KW, Neville AJ, and Norman GR.** Exploring the aetiology of content specificity: factors influencing analogic transfer and problem solving. *Academic Medicine* 73: S1-5, 1998.

54. **Evans DA.** Issues of cognitive science in medicine. In: *Cognitive Science in Medicine*, edited by Evans DA and Patel V. London: The Massachusetts Institute of Technology, 1989, p. 1-19.

55. **Fatkin D, Kuchar DL, Thorburn CW, and Feneley MP.** Transesophageal echocardiography before and during direct current cardioversion of atrial fibrillation: evidence for "atrial stunning" as a mechanism of thromboembolic complications. *Journal of the American College of Cardiology* 23: 307-316, 1994.

56. **Feltovich PJ, Spiro RJ, and Coulson RL.** The Nature of Conceptual Understanding in Biomedicine: The Deep Structure of Complex Ideas and the Development of Misconceptions. In: *Cognitive Science in Medicine*, edited by Evans DA and Patel VL. Cambridge: The Massachusetts Institute of Technology, 1989, p. 113-172.

57. **Fensham PJ.** *Defining an identity: the evolution of Science education as a field of research*. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic, cop., 2003.

58. **Fox RW and McDonald AT.** *Introduction to fluid mechanics*. New York: Wiley, 1998.

59. **Fyrenius A.** Three-dimensional Intra cardiac flow studied with time resolved phase contrast MRI. Blood flow in the human left atrium and ventricle. *Linköping studies in health sciences*. Linköping: Linköping University, 1999.

60. **Fyrenius A, Bergdahl B, and Silén C.** Lectures in problem-based learning-why, when and how? An example of interactive lecturing that stimulates meaningful learning. *Medical Teacher* 27: 61-65, 2005.

61. **Gaasch WH and LeWinter MM.** *Left ventricular diastolic dysfunction and heart failure*: Lea & Febiger, 1994.

62. **Gentner D.** The mechanism of analogical learning. In: *Similarity and analogical reasoning*, edited by Vosniadou S and Ortony A. New York: Cambridge University Press, 1989, p. 199-241.

63. **Gentner D.** Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science* 7: 155-170, 1983.

64. **Gentner D, Loewenstein J, and Thompson L.** Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology* 95: 293-408, 2003.

65. **Glew RH.** The problem with problem-based medical education: Promises not kept. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 31: 52 –56, 2003.

66. **Guba EG.** *The Paradigm dialogue*. Newbury Park, Calif: Sage Publications, cop, 1990.

67. **Gulyaev SA and R SH.** Making a map of science: general system theory as a conceptual framework for tertiary science education. *International Journal of Science Education* 24: 753-769, 2002.

68. **Guyton AC and Hall JE.** *Textbook of medical physiology*. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2006.

69. **Harden R, Grant J, Buckley G, and Hart I.** BEME guide No 1: Best Evidence Medical Education. *Medical Teacher* 21: 553-562, 1999.

70. **Hatle L and Angelsen B.** *Doppler ultrasound in cardiology: physical principles and clinical applications*. Philadelphia: Lea& Febiger, 1985.

71. **Hemlo C, Gotterer G, and Bransford J.** A theory-driven approach to assessing the cognitive effects of PBL. *Instructional science* 25, 1997.

72. **Houlind K, Schroeder AP, Egeblad H, and Pedersen EM.** Age-dependent changes in spatial and temporal blood velocity distribution of early left ventricular filling. *Magnetic Resonance Imaging* 17: 859-868, 1999.

73. **Houlind K, Schroeder AP, Stodkilde-Jorgensen H, Paulsen PK, Egeblad H, and Pedersen EM.** Intraventricular dispersion and temporal delay of early left ventricular filling after acute myocardial infarction. Assessment by magnetic resonance velocity mapping. *Magnetic Resonance Imaging* 20: 249-260, 2002.

74. **Hutchinson L.** Evaluating and researching the effectiveness of educational interventions. *British Medical Journal* 318: 1267-1269, 1999.

75. **Högskoleverket.** Utvärdering av grund- och forskarutbildning inom ämnesområdena pedagogik, didaktik och pedagogiskt arbete vid svenska universitet och högskolor. In: *Högskoleverkets rapportserie*. Stockholm, 2005.

76. **Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, and Scalese RJ.** Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach* 27: 10-28, 2005.

77. **Ito T, Suwa M, Hirota Y, Otake Y, Moriguchi A, and Kawamura K.** Influence of left atrial function on Doppler transmitral and pulmonary venous flow patterns in dilated and hypertrophic cardiomyopathy:

evaluation of left atrial appendage function by transesophageal echocardiography. *American Heart Journal* 131: 122-130, 1996.

78. **Jank W and Meyer H.** Nyttan av kunskaper i didaktisk teori. In: *Didaktik*, edited by Uljens M. Lund: Studentlitteratur, 1997.

79. **Jolly B.** Control and validity in medical education research. *Medical Education* 35: 820-821, 2001.

80. **Kamensky G, Drahos P, and Plevova N.** Left atrial spontaneous echo contrast: its prevalence and importance in patients undergoing transesophageal echocardiography and particularly those with a cerebrovascular embolic event. *Journal of the American Society of Echocardiography* 9: 62-70, 1996.

81. **Kennedy T and Lingard L.** Making sense of grounded theory in medical education. *Medical Education* 40: 101-108, 2006.

82. **Kilner PJ, Yang GZ, Wilkes AJ, Mohiaddin RH, Firmin DN, and Yacoub MH.** Asymmetric redirection of flow through the heart. *Nature* 404: 759-761, 2000.

83. **Klein AL, Burstow DJ, Tajik AJ, Zachariah PK, Bailey KR, and Seward JB.** Effects of age on left ventricular dimensions and filling dynamics in 117 normal persons. *Mayo Clinic Proceedings* 69: 212-224, 1994.

84. **Klein AL and Tajik AJ.** Doppler assessment of pulmonary venous flow in healthy subjects and in patients with heart disease. *Journal of the American Society of Echocardiography* 4: 379-392, 1991.

85. **Knowles M.** *The modern practice of adult education. Andragogy versus pedagogy*. Chicago: Follett Publishing Company, 1970.

86. **Knowles M.** *Self-directed learning: A guide for learners and teachers*. Chicago: Follett Publishing Company, 1975.

87. **Kortz RA, Delemarre BJ, van Dantzig JM, Bot H, Kamp O, and Visser CA.** Left atrial appendage blood flow determined by transesophageal echocardiography in healthy subjects. *American Journal of Cardiology* 71: 976-981, 1993.

88. **Kroksmark T.** *Didaktiska strövtåg*. Göteborg: Bokförlaget Daidalos, 1989.

89. **Lahtinen V, Lonka K, and Lindblom-Ylänne S.** Spontaneous study strategies and the quality of knowledge construction. *British Journal of Educational Psychology* 67: 13-24, 1997.

90. **Larsson S.** Om generalisering från kvalitativa studier. *Ethnography and learning*, 2001.

91. **Larsson S.** Om kvalitet i kvalitativa studier. *Nordisk pedagogik* 13: 194-211, 1993.

92. **Laurillard D.** Styles and approaches in problem-solving. I: *The Experience of Learning* (2:a upplagan.) Red. Marton F, Hounsell D and Entwistle N. Edinburgh: Scottish Academic Press, 1997, p. 126-144.

93. **Leiden LI, Crosby RD, and Follmer H.** Assessing learning style inventories and how well they predict academic performance. *Academic Medicine* 65: 395-401, 1990.

94. **Lindblom-Ylänne S and Lonka K.** Individual ways of interacting with the learning environment — are they related to study success? *Learning and Instruction* 9: 1-18, 1999.

95. **Lonka K and Lindblom-Ylänne S.** Epistemologies, conceptions of learning, and study practices in medicine and psychology. *Higher Education* 31: 5-24, 1996.

96. **Lonka K, Lindblom-Ylänne S, and Maury S.** The effect of study strategies on learning from texts. *Learning and Instruction* 4: 253-271, 1994.

97. **Lonka K, Olkinuora E, and Mäkinen J.** Aspects and prospects of measuring studying and learning in higher education. *Educational Psychology Review* 16: 301-323, 2004.

98. **Lujan HL and DiCarlo SE.** Too much teaching, not enough learning: what is the solution? *Advances in Physiology Education* 30: 17-22, 2006.

99. **Marton F.** Cognosco ergo sum. Reflections on reflections. *Nordisk Pedagogik* 15: 165-180, 1995.

100. **Marton F.** Phenomenography - describing conceptions of the world around us. *Instructional Science* 10: 177-200, 1981.

101. **Marton F.** Vad är fackdidaktik? I: *Fackdidaktik*, Red. Marton F. Lund: Studentlitteratur, 1986, p. 15-77.

102. **Marton F and Booth S.** The experience of learning. I: *Learning and Awareness*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 1997, p. 33-55.

103. **Marton F and Booth S.** The idea of phenomenography. I: *Learning and Awareness*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 1997, p. 110-136.

104. **Marton F, Dahlgren LO, and Säljö R.** *Inlärning och omvärldsuppfattning : en bok om den studerande människan*. Stockholm: Norstedts akademiska förlag, 2005.

105. **Marton F, Dall'Alba G, and Beaty E.** Conceptions of learning. *International Journal of Educational Research* 19: 277-300, 1993.

106. **Marton F, Hounsell D, and Entwistle N.** *The experience of learning*. Edinburgh: Scottish academic press, 1984.

107. **Marton F and Säljö R.** On qualitative differences in learning: I. Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology* 46: 4-11, 1976.

108. **Marton F and Säljö R.** On qualitative differences in learning: II. Outcome as a function of the learner's conception of the task. *British Journal of Educational Psychology* 46: 115-127, 1976.

109. **Marton F and Trigwell K.** Variatio est mater studiorum [Variation is the mother of learning]. *Higher Education Research & Development* 19: 381-395, 2000.

110. **Marton F, Wen Q, and Wong K.** 'Read a hundred times and the meaning will appear...' Changes in Chinese University students' views of the temporal structure of learning. *Higher Education* 28: 291-318, 2005.

111. **Massey BS.** *Mechanics of fluids*. Wokingham: Van Nostrand Reinhold, 1983.

112. **McGaghie W, McCrimmon D, Thompson J, Ravitch M, and Mitchell G.** Medical and veterinary students' structural knowledge of pulmonary physiology concepts. *Academic Medicine* 75: 362-368, 2000.

113. **McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, and Scalese RJ.** Effect of practice on standardised learning outcomes in simulation-based medical education. *Medical Education* 40: 792-797, 2006.

114. **McGaghie WC, McGrimmon DR, Mitchell G, and Thompson JA.** Concept mapping in pulmonary physiology using pathfinder scaling. *Advances in Health Sciences Education* 9: 225-240, 2004.

115. **McLaughlin K and Mandin H.** Using "concept sorting" to study learning processes and outcomes. *Academic Medicine* 77: 831-836, 2002.

116. **McManus IC, Richards P, Winder BC, and Sproston KA.** Clinical experience, performance in final examinations, and learning styles in medical students: prospective study. *British Medical Journal* 316: 345-350, 1998.

117. **Michael J.** The Claude Bernard Distinguished Lecture: In pursuit of meaningful learning. *Advances in Physiology Education* 25: 145-158, 2001.

118. **Michael JA.** Students' misconceptions about perceived physiological responses. *Advances in Physiology Education* 274: 90 - 98, 1998.

119. **Michael JA, Richardson D, Rovick A, Modell H, Bruce D, Horwitz B, Hudson M, Silverthorn D, Whitescarver S, and Williams S.** Undergraduate students' misconceptions about respiratory physiology. *Advances in Physiology Education* 277: 127-135, 1999.

120. **Michael JA, Wenderoth MP, Modell HI, Cliff W, Horwitz B, McHale P, Richardson D, Silverthorn D, Williams S, and Whitescarver S.** Undergraduates' understanding of cardiovascular phenomena. *Advances in Physiology Education* 26: 72 - 84, 2002.

121. **Mierson S.** A problem-based learning course in physiology for undergraduate and graduate basic science students. *Advances in Physiology Education* 275: 16-27, 1998.

122. **Modell H, Michael J, and Wenderoth M.** Helping the learner to learn: The role of uncovering misconceptions. *American Biology Teacher* 67: 682-688, 2005.

123. **Modell HI.** How to help students understand physiology? Emphasize general models. *Advances in Physiology Education*: 101 - 107, 2000.

124. **Modell HI, Michael JA, Adamson T, Goldberg J, Horwitz BA, Bruce DS, Hudson ML, Whitescarver SA, and Williams S.** Helping undergraduates repair faulty mental models in the student laboratory. *Advances in Physiology Education* 23: 82 - 90, 2000.

125. **Modell HI, Michael JA, Adamson T, and Horwitz B.** Enhancing active learning in the student laboratory. *Advances in Physiology Education* 28: 107 - 111, 2004.

126. **Mouret F, Garitey V, Bertrand E, Derivaux F, Fuseri J, and Rieu R.** In vitro atrial flow dynamics: normal conditions versus atrial fibrillation. *Journal of Biomechanics* 37: 1749-1755, 2004.

127. **Murray JA and Kennedy JW.** Quantitative angiography ll. The normal left atrial volume in man. *Circulation* 37: 800, 1967.

128. **Mårtenson DF.** Students´ approaches to studying in four medical schools. *Medical Education* 20: 532-534, 1986.

129. **Newble D and Clarke R.** The approaches to learning of students in a traditional and in an innovative problem-based medical school. *Medical Education* 20: 267-273, 1986.

130. **Newble D and Entwistle N.** Learning styles and approaches: implications for medical education. *Medical Education* 20: 162-175, 1986.

131. **Newble D and Gordon MI.** The learning style of medical students. *Medical Education* 19: 3-8, 1985.

132. **Norman GR.** Effectiveness of problem-based learning curricula: theory, practice and paper darts. *Medical Education* 34: 721-728, 2000.

133. **Norman GR and Schmidt HG.** The psychological basis of problem-based learning: A review of the evidence. *Academic Medicine* 67: 557-565., 1992.

134. **Novak JD.** A preliminary statement on research in science education. *Journal of Research in Science Teaching* 40: S1-S7, originally 1963, reprinted 2003.

135. **Novak JD.** The promise of new ideas and new technology for improving teaching and learning. *Cell Biology Education* 2: 122-132, 2003.

136. **Oh JK, Appleton CP, Hatle LK, Nishimura RA, Seward JB, and Tajik AJ.** The noninvasive assessment of left ventricular diastolic function with two-dimensional and Doppler echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography* 10: 246-270, 1997.

137. **Paelinck BP, Lamb HJ, Bax JJ, Van der Wall EE, and de Roos A.** Assessment of diastolic function by cardiovascular magnetic resonance. *American Heart Journal* 144: 198-205, 2002.

138. **Pask G.** *Conversation, Cognition and Learning - A Cybernetic theory and methodology*. Amsterdam: Elsevier scientific publishing company, 1975.

139. **Pask G.** Styles and strategies of learning. *British Journal of Educational Psychology* 46: 128-148, 1976.

140. **Patel V, Groen G, and Norman G.** Reasoning and instruction in medical curricula. *Cognition and Instruction* 10: 335-378, 1993.

141. **Reeves S, Lewin S, and Zwarenstein M.** Using qualitative interviews within medical education research: why we must raise the "quality bar". *Medical Education* 40: 291-292, 2006.

142. **Regehr G.** The experimental tradition. I: *International handbook of research in medical education*, Red. Norman G, Van Der Vleuten C and Newble D. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002, p. 5-44.

143. **Regehr G.** Trends in medical education research. *Academic Medicine* 79: 939-947, 2004.

144. **Regehr G and Norman GR.** Issues in cognitive psychology: implications for professional education. *Academic Medicine* 71: 988-1001, 1996.

145. **Rendas A, Fonseca M, and Rosado Pinto P.** Toward meaningful learning in undergraduate medical education using concept maps in a PBL patophysiology course. *Advances in Physiology Education* 30: 23-29, 2006.

146. **Schmidt H.** On acquiring expertise in medicine. *Educational Psychology Review* 5: 205-221, 1993.

147. **Schmidt HG.** Foundations of problem-based learning: some explanatory notes. *Medical Education* 27.: 422-432., 1993.

148. **Schmidt HJ.** Alternative approaches to concept mapping and implications for medical education: Commentary on reliability, validity and future research directions. *Advances in Health Sciences Education* 9: 251-256, 2004.

149. **Schuwirth L and Van Der Vleuten C.** Changing education, changing assessment, changing research? *Medical Education* 38: 805-812, 2004.

150. **Shea J, Arnold L, and Mann K.** A RIME perspective on the quality and relevance of current and future medical education research. *Academic Medicine* 79: 931-938, 2004.

151. **Silén C.** Between chaos and cosmos - a driving force for responsibility and independence in learning. *PROBLARC, The 3rd Asia Pacific conference on PBL, 2001*, The University of Newcastle, Australia, 2001.

152. **Silén C.** *Ledsaga lärande: om handledarfunktionen i PBI*. Linköping: Linköpings universitet, 1996.

153. **Spiro RJ, Feltovich PJ, Coulson RL, and Anderson DK.** Multiple analogies for complex concepts: antidotes for analogy induced misconception in advanced knowledge acquisition. I: *Similarity and analogical reasoning*, Red. Vosniadou S and Ortony A. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, p. 498-531.

154. **Stacy R and Spencer J.** Assessing the evidence in qualitative medical education research. *Medical Education* 34: 498-500, 2000.

155. **Strömdahl H.** Om didaktik och didaktisk forskning. *Ej tryckt material. Tillgängligt på: www.liu.se/fontd*, 2003.

156. **Swanson DB, Case SM, Luecht RM, and Dillon GF.** Retention of basic science information by fourth-year medical students. *Academic Medicine* 71: S80-S82, 1996.

157. **Svensson L.** Fenomenografi och kontextuell analys. In: *Som vi uppfattar det*, Red. Säljö R and Andersson E. Lund: Studentlitteratur, 1989, p. 33-52.

158. **Tooth D, Tonge K, and McManus IC.** Anxiety and study methods in pre-clinical student: causal relations to examination performance. *Medical Education* 23: 416-421, 1989.

159. **Valcke M and De Wever B.** Information and communication technologies in higher education: evidence-based practices in medical education. *Medical Teacher* 28: 40-48, 2006.

160. **van Kraaij DJW, van Pol PEJ, Ruiters AW, de Swart J, Lips DJ, Lencer N, and Doevendans P.** Diagnosing diastolic heart failure. *European Journal of Heart Failure* 4: 419-430, 2002.

161. **Weyman AE.** Principles and practice of echocardiography. (2:a upplagan): Lea & Febiger, 1994, p. 471.

162. **Widmaier EP, Raff H, Strang KT, and Vander AJ.** *Vander, Sherman, & Luciano's human physiology the mechanisms of body function*. Boston: McGraw-Hill Higher Education, cop. 2004.

163. **Wigström L, Ebbers T, Fyrenius A, Karlsson M, Engvall J, Wranne B, and Bolger AF.** Particle trace visualization of intracardiac flow using time-resolved 3D phase contrast MRI. *Magnetic Resonance in Medicine* 41: 793-799, 1999.

164. **Vu CNV, Van Der Vleuten C, and Lacombe G.** Medical students´ learning processes: a comparative and longitudinal study. *Academic Medicine* 73: S25-S27, 1998.

165. **Zabalgoitia M, Halperin JL, Pearce LA, Blackshear JL, Asinger RW, and Hart RG.** Transesophageal echocardiographic correlates of clinical risk of thromboembolism in nonvalvular atrial fibrillation. Stroke Prevention in Atrial Fibrillation III Investigators. *Journal of the American College of Cardiology* 31: 1622-1626, 1998.