

Andningsvård efter kirurgi till högriskpatienter – färre komplikationer och snabbare återhämtning

MONIKA FAGEVIK OLSEN

Sammanfattning

Alla patienter som genomgår någon form av kirurgi under generell anestesi påverkas av nedsatt lungfunktion under och efter ingreppet och komplikationsrisken är störst efter abdominell och/eller thoraxkirurgi. Många patienter behandlas med olika former av sjukgymnastisk andningsvård för att minska riskerna för postoperativa lungkomplikationer och påskynda återhämtningen. Metoder som ofta används är lägesändringar, mobilisering, olika djupandningsövningar med eller utan hjälpmedel, samt stötning/hosta. En rad studier visar att de sjukgymnastiska insatserna framför allt är effektiva efter abdominell kirurgi. Aktiv mobilisering och PEP (Positive Expiratory Pressure) verkar vara de mest effektiva metoderna för att minska atelektaser och risken för pneumoni. När man skall välja nivå på den sjukgymnastiska insatsen måste man väga samman patientens status och den aktuella typen av kirurgi. En teoretisk modell för hur man kan göra detta presenteras i denna artikel.

Monika Fagevik Olsen

leg sjukgymnast, docent vid institutionen för neurovetenskap och fysiologi vid Sahlgrenska Akademien, Göteborgs Universitet, kliniskt verksam vid Sjukgymnastikverksamheten och Kirurgkliniken, Sahlgrenska Universitetssjukhuset

ANDNINGSTRÄNING efter kirurgi har en historia på snart 100 år och de tidigaste artiklarna beskriver olika typer av träning efter krigsskador (1, 2). Genom decennierna har anestesi, kirurgi, smärtlindring och den sjukgymnastiska andningsträningen förändrats.

Syftet med denna artikel är att beskriva bakgrund till, innehåll i och evidens för de sjukgymnastiska insatser som ges idag vid olika former av kirurgi.

Narkos ger nedsatt andningsfunktion

Alla patienter som sövs får en påverkad andningsfunktion. Vid så kallad generell anestesi (narkos) påverkas andningscentrum i förlängda märgen vilket ger en nedsatt andningsreglering och man andas med mindre andetag. Narkosmedlen är också till viss del muskelavslappande och den nedsatta muskeltonusen leder bland annat till att övre luftvägarna stängs. Patienten måste därför få hjälp att hålla fria luftvägar. Vid större kirurgi ges även tillägg av muskelavslappande läkemedel. Andningsmusklerna sätts då helt ur funktion och andningen måste upprätthållas artificiellt med hjälp av respirator.

Även om andningen via respiratorn är optimal inställd kan detta inte jämföras med spontanandning. Lungans vilovolym (Functional

Residual Capacity, FRC) sänks och vissa delar av lungorna ventileras inte alls. Studier har visat att i princip alla, oavsett ålder eller sjukdom, får atelektaser (sammanfallen lungvävnad) efter bara ett par minuters sövning - men ju längre tid man är sövd desto mer påverkas lungorna. Atelektaserna i kombination med små andetagsvolymen är en av de stora orsakerna till låg syrenivå i blodet. Vissa narkos sorter ger dessutom en ökad slemproduktion vilket kan bli ett stort problem framför allt för rökare eftersom cilieaktiviteten avstannar under narkos (3-6).

Förändringen av respirationen i samband med narkos utgör bakgrunden till den ökade risken att utveckla postoperativa lungkomplikationer såsom atelektaser, pneumoni och hypoxi (låg syrenivå i blodet) (3). Men narkosen i sig är inte den enda faktorn som påverkar respiration utan det kirurgiska ingreppets plats och omfattning är av stor betydelse för risken för komplikationer.

Stora ingrepp med "öppen kirurgi" ger kraftigt ökad risk för lungkomplikationer

Kirurgin har genomgått en oerhörd förändring sedan upptäckterna och införandet av anestesin och antiseptiken. Större bukkirurgi har utförts under cirka 100 år medan thorax- och transplantationskirurgi utförts sedan den senare delen av 1900-talet. Allt fler ingrepp utförs nu med allt mindre ingrepp och införandet av titthålskirurgi har lett till kortare vårdtider men också, för patienten, till stora vinster i form av snabbare återhämtning och mindre smärta. Alla former av kirurgi under narkos påverkar respirationen negativt men den största påverkan ser man efter öppen kirurgi och då framför allt efter operationer i övre delen i buken och/eller i thorax.

Vid Sahlgrenska universitetssjukhuset har vi under en tioårsperiod studerat hur andningsfunktion och komplikationsrisk påverkas vid olika typer av kirurgiska ingrepp (7-12). Studierna visar att lungvolymen (Forcerad Vital Kapacitet FVC) sänks vid alla former av ingrepp men mest vid större öppen buk- och/eller bröstskorgskirurgi. De resultat som redovisas här gäller patienter som mätts i sittande under tillfredsställande smärtlindring (13). Patienterna hade däremot inte fått syrgastillförsel eller andningsvård, med undantag för de

patienter som genomgick hjärtkirurgi eller thorakoabdominell kirurgi. De sistnämnda grupperna tränades med Positive Expiratory Pressure (PEP) respektive Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) postoperativt. Liknande resultat visar mätningar av peak expiratory flow (PEF).

En viktig fråga att ställa sig är om den ned-satta lungfunktionen har någon klinisk betydelse i form av till exempel antalet postoperativa lungkomplikationer såsom lunginflammation eller hypoxi (låg syretryck i blodet här definierat som <92%). I figur 1 visas antalet komplikationer efter samma operationer som redovisas ovan. Risken för komplikation var låg efter de flesta laparoskopiska ingrepp men relativt hög vid större kirurgi i buk och/eller thorax.

Utvecklingen av kirurgin ger möjlighet att operera patienter med sämre hälsa

Utvecklingen inom kirurgin har lett till att patienter som tidigare nekades operation på grund av för hög ålder, övervikt, lungsjukdom eller andra orsaker idag kan opereras med gott resultat. Genom att definiera vilka kategorier av patienter som löper högre risk för postoperativa lungkomplikationer kan man sätta in profylaktiska insatser för att undvika dessa (4, 5). Ökad risk för komplikationer från luftvägarna har framför allt dessa grupper:

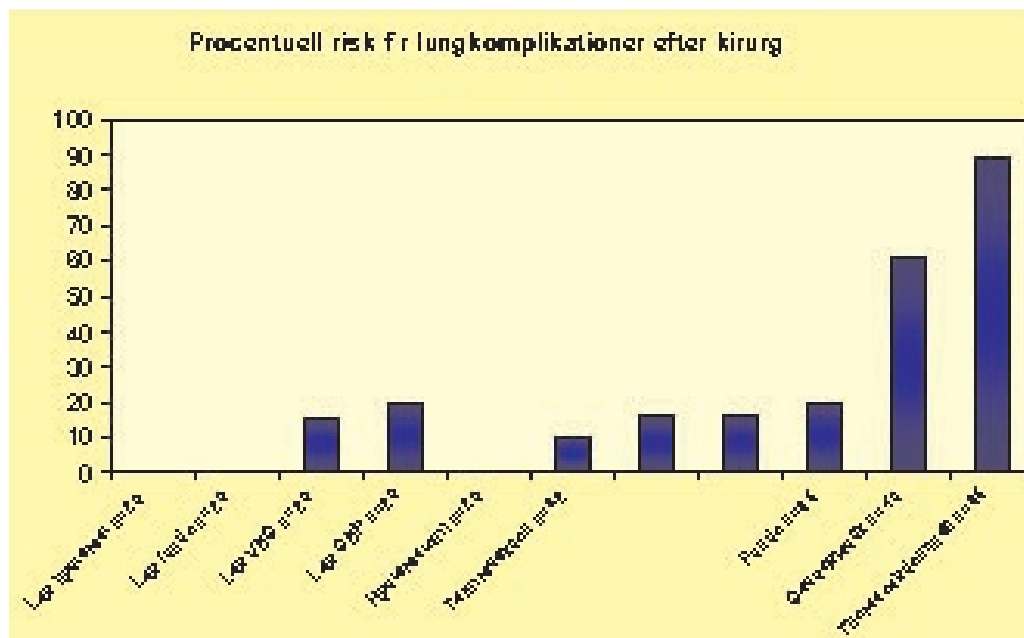
- **ÄLDRE** Med stigande ålder blir lungor och bröstskorg allt stelare vilket bland annat leder till att man lättare utvecklar större atelektaser i samband med anestesin. Flera studier har påvisat att personer med en ålder över 65-70 år löper risk för komplikationer från luftvägarna efter kirurgi. Men det är viktigt att ta hänsyn till den enskilda patientens vitalitetsgrad. Den faktiska åldern överensstämmer inte alltid med patientens vitalitetsgrad.

- **RÖKARE** Att rökning ger skador i lungorna vilket ökar risken för lungkomplikationer är välkänt, och riskerna ökar ju längre period man rökt. Gränsen för när lungorna blivit tillräckligt skadade för att man oftare än icke-rökare skall utveckla postoperativa lungkomplikationer beräknas vara att man rökt ett paket om dagen i mer än 20 år. För att ett rökstopp skall kunna minska risken för postoperativa lung-

»Alla former av kirurgi under narkos påverkar respirationen negativt men den största påverkan ser man efter öppen kirurgi och då framför allt efter operationer i övre delen i buken och/eller i thorax.«

Fig 1 Risk för postoperativ lungkomplikation efter olika former av kirurgi

Lap hysterect: Laparoskopisk hysterectomi
Lap fundo: Laparoskopisk övre magmunkirurgi
Lap VBG: Laparoskopisk vertical banded gastroplasty (Överviktskirurgi)
Lap GBP: Laparoskopisk gastric by-pass (Överviktskirurgi)
Hysterectomi: Öppen hysterectomi
Tarmkirurgi: Öppen större tarmkirurgi
Övre GI: Öppna större ingrepp i övre delen av buken
Hjärt: Öppen hjärtskirurgi, klaff eller by-pass
Fundo: Öppen övre magmunkirurgi
Gastroplastik: Öppen överviktsoperation (VBG eller GBP)
Thorakoabdominell kirurgi: Öppen kirurgi i både buk och bröstorg



komplikationer bör det göras minst åtta veckor före kirurgin.

• **ÖVERVIKTIGA** Respirationen påverkas i hög grad vid övervikt och ju större övervikt desto större är påverkan på till exempel lungvolymerna och andningsarbetet och därmed även ökad risk för lungkomplikationer efter kirurgi. En BMI som är större än 35 beskrivs ofta vara den nivån då risken för andningskomplikationer efter kirurgi ökar.

• **LUNGSJUKA** Restriktiva lungsjukdomar är sjukdomar och tillstånd i lungor eller bröstorg som minskar lungans möjlighet till uttänjning. Först vid grava förändringar blir påverkan på lungvolymerna och lungans tänjbarhet (compliance) så stor att risken för postoperativ lungkomplikation ökar. Däremot vid obstruktiva lungsjukdomar såsom kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL), emfysem, och astma ökar risken för postoperativa lungkomplikationer, obstruktionen i luftvägarna och ökade slemmängder. Framför allt patienter med lungfunktion som är mindre än 70 procent av förväntat värde löper högre risk för komplikationer efter operationer.

Det är viktigt att redan preoperativt uppmärksamma patienter som ingår i någon av dessa grupper för att förebygga postoperativa

lungkomplikationer. De är en utmaning för personalen som har hand om dem i samband med operationen och här har sjukgymnasten en självklar plats i teamet som specialist på andningsträning och rehabilitering!

Sjukgymnastiska insatser förbättrar respirationen och minskar komplikationsrisken

Syftet med sjukgymnastik i samband med kirurgi är att förebygga postoperativa lungkomplikationer och påskynda återhämtningen efter ingreppet. Variationen av metoder som används är många och användningen av dem skiljer sig åt inom och mellan länder. I Skandinavien har vi en tradition av mer aktiv träning medan framför allt anglosaxiska länder fortfarande arbetar mycket med, för patienten, passiva metoder (3,4). Metoder som oftast används här i Sverige är:

• **MOBILISERING** Den allra enklaste och mest effektiva metoden att öka lungvolymerna och påskynda återhämtningen efter ett kirurgiskt ingrepp är mobilisering. Mobilisering inkluderar allt från förflyttning från liggande till sittande på sängkanten, till stående, gående och gång i trappa (3, 4, 15) Att ändra läge i sängen ofta är också en viktig metod för att styra luften till olika delar av lungorna samt öka slem-

mobiliseringen. Men mobilisering är inte bara gynnsamt för respirationen, utan många andra system i kroppen mår bra av tidig och frekvent aktivitet. Till exempel ökas blodcirkulationen och då även perfusionen genom lungorna vilket är gynnsamt efter anestesi/kirurgi där syrenivån i blodet ofta är låg. Vid kirurgin avstannar också tarmperistaltiken och denna tar upp till en vecka innan den är tillbaka i full aktivitet. Immobilisering i sig är känt att kunna ge konstipation, varvid det är extra viktigt med tidig postoperativ mobilisering. Mobiliseringen kan kombineras med olika former av andningsträning för att ytterligare påskynda återhämtningen efter kirurgi.

• **DJUPANDNINGSOVNINGAR** En av de äldsta metoderna, som fortfarande används till många patienter och som visat sig effektiv i flera studier, är vanliga djupa andetag (3, 4). De ökar lungvolymerna men påverkar också lungornas tänjbarhet så att mindre kraft behövs för normal andning. En liten paus i slutet av inandningen ger också möjlighet för den inandade luften att nå längre ut i luftvägsträdet. Tidigare var det vanligt att man försökte styra andningsrörelserna till olika delar av lungorna, men studier har visat att det inte spelar någon roll vilken del av bröstkorgen/magen som rör sig. Den inandade luften tar sig ändå dit där det är lättast att komma fram och påverkas mest av kroppsläget, hastigheten på gasflödet, lungvolymen och eventuell patofysiologi. Vanliga djupa andetag har visat sig effektiva för att förebygga postoperativa lungkomplikationer vid öppen kirurgi.

Det finns numera många hjälpmedel på marknaden vars syfte är att stimulera till en ökad andetagsvolym och minska luftvägsavstängningar (3, 4,16). Dessa benämns ”Incentive Spirometry” (IS- Stimulerad inandning) och ger en visuell feed-back på luftflöde eller volym under inspirationen. Utrusningen är ofta enkel att lära patienten att träna med och är förhållandevis billig i inköp men har tveksam effekt i rehabiliteringen efter kirurgi (4).

• **DJUPANDNINGSTRÄNING MOT MOTSTÅND PÅ UTANDNINGEN** ”Positive Expiratory Pressure” (PEP) är en mycket vanlig metod i Norden. Metodens syfte är att öka lungans vilovolum (FRC), minska atelektaser och öka slemmobilisering

(4). Instruktionen är att andas in lite djupare än normalt och sedan andas ut lugnt men med lite kraft mot motståndet. Den enklaste formen av denna typ av träning är ”sluten-läppandning” där motstånd mot exspirationsflödet skapas med läpparna - som om man skulle vissla.

För att öka trycket i luftvägarna och därmed också effekten av metoden finns ett flertal hjälpmedel på marknaden. Ett av de vanligare är PEP-mask/munstycke (PEP/RMT set, Astra Tech, Mölndal). Detta system innehåller en ventil som separerar in- från utandningen och där motstånd av olika storlekar kan appliceras på utandningen (PEP) eller både in- och utandningen, så kallad IR-PEP (Inspiratory Resistance -Positive Expiratory Pressure).

För att avläsa trycket under andningscykeln kan en manometer användas. Ventilen kan även användas med munstycke (4, 16, 17). Liknande system med munstycke finns från fler företag, till exempel BA-tuben som saluförs av Apoteket.

Oscillerande PEP kan fås genom hjälpmedel såsom ”Flutter” eller genom att blåsa i en flaska med vatten. Vattenflaskan används ofta för många typer av patienter och har en fördel genom att den är billig och lättillgänglig. Tekniken går ut på att patienten blåser ut sin luft genom en slang ($\varnothing > 10$ mm) ner i en flaska med vatten. Vattenpelarens höjd avspeglar trycket i systemet under utandning (4,19). Flera studier har påvisat en god effekt av PEP träning efter kirurgi, bland annat genom att metoden minskar atelektaser och förebygger postoperativa pneumonier (7, 16, 18).

• **KONTINUERLIGT POSITIVT LUFTVÄGSTRYCK FÖR ATT AVLASTA ANDNINGSARBETET** Vid större atelektaser, när en patient har svårt att syresätta sig trots basal träning eller om patienten är mycket trött och tagen kan mer intensiva andningstekniker användas. Continuous Positive Airway Pressure (CPAP- kontinuerligt positivt luftvägstryck) är en metod som används för att öka patientens FRC och avlasta andningsarbetet (4,16). Det finns också andra utrustningar med mer eller mindre tryck, flöde och stöd på marknaden och här är utvecklingen mycket snabb i framtagandet av allt bättre utrustningar. Även CPAP har visat sig vara effektiv för att minska antalet postoperativa lungkomplikationer (16).

»En av de äldsta metoderna, som fortfarande används till många patienter och som visat sig effektiv i flera studier, är vanliga djupa andetag.«

»Trots detta verkar det som om högriskpatienter och de som genomgår de största ingreppen, samtidigt är de som har bäst effekt av de sjukgymnastiska insatserna såväl pre- som postoperativt.«

:

Vilken evidens finns för sjukgymnastiska insatser efter kirurgi?

När det gäller ingrepp som utförts under narkos, så kallad generell anestesi, finns olika evidens för de sjukgymnastiska insatserna, beroende på vilken typ av kirurgi patienten har gått igenom (20). Många studier finns publicerade där man försöker utröna effekten av olika sjukgymnastiska insatser, men studierna är oftast små, har sällan en obehandlad kontrollgrupp, mixar olika former av behandling och har använt olika utvärderingsinstrument. Trots detta verkar det som om högriskpatienter och de som genomgår de största ingreppen, samtidigt är de som har bäst effekt av de sjukgymnastiska insatserna såväl pre- som postoperativt:

- **HUVUD/HALS, EXTREMITETSKIRURGI** Risken för postoperativa lungkomplikationer efter operationer i huvud/hals och extremiteter är låg och därmed är behovet av andningsträning litet. Endast enstaka studier finns där andningsträning evaluerats och de visar att rutinmässiga andningsåtgärder är överflödiga.

- **KIRURGI I NEDRE DELEN AV BUKEN** Operationer i nedre delen av buken påverkar i mindre grad andningen än ingrepp i övre delen. Detta beror på att ju mer diafragmanära ett ingrepp är, desto högre risker för komplikationer. Det finns ett fåtal studier som utvärderar effekten av rutinmässiga sjukgymnastiska insatser efter nedre bukkirurgi och alla pekar på en tveksam klinisk effekt gällande återhämtning efter ingreppet (21).

- **LAPAROSKOPISKA INGREPP** i buken med titthåls-teknik ger visserligen ett mindre kirurgiskt trauma, men själva anestesi är så kallad högrisk-anestesi eftersom buken fylls med koldioxid. Detta sänker de redan av anestesi sänkta lungvolymerna, och dessutom sänks kroppens pH på grund av absorption av koldioxid. För närvarande finns studier som evaluerat sjukgymnastiska insatser gällande övre magmuns-kirurgi (fundoplikation) och vissa fetmaoperationer (vertical banded gastroplasty och gastric by-pass) (9, 10). Resultaten från dessa studier visar på att rutinmässiga insatser för dessa patienter är tveksamma.

- **KIRURGI I ÖVRE DELEN AV BUKEN** Alla öppna

ingrepp i övre delen av buken leder till nedsatt lungfunktion och en postoperativ dysfunktion av diafragma tros vara en av de största orsakerna till detta (5). Det finns idag drygt 40 publicerade studier som utvärderar effekten av förebyggande sjukgymnastiska insatser efter olika typer av ingrepp i övre delen av buken (25). Sammanfattningsvis kan nämnas att när det gäller mindre ingrepp är effekten av rutinmässig profylaktisk andningsträning tveksam medan det vid större ingrepp inte spelar så stor roll vilken behandling som ges, allt har effekt. Men det verkar som PEP har bäst effekt för att minska risken för komplikationer och påskynda återhämtningen (22).

- **THORAXKIRURGI** Operationer i hjärta och lungor utförs antingen med öppen teknik, där man sågar upp bröstbenet, så kallad sternotomi eller går in mellan ett par revben, så kallad thoracotomi, eller med titthålsteknik (4). När det gäller det sistnämnda finns ännu inga studier publicerade där effekten av sjukgymnastiska insatser utvärderas, medan det efter öppna ingrepp finns ett 100-tal publicerade artiklar, varav knappt 30 är randomiserade. Dock finns endast enstaka utvärderingar där man jämfört resultatet mot en icke behandlad kontrollgrupp. Resultaten från studierna är varierande och det behöver göras fler och större studier med obehandlade kontrollgrupper för att se vilka patienter som behöver sjukgymnastiska insatser (18, 23, 24). Däremot finns en stor och gedigen klinisk kunskap som klart pekar på att det finns behov av profylaktisk andningsträning, men kanske inte för alla som opereras.

- **THORACOABDOMINELL KIRURGI** Denna typ av ingrepp görs i både buk och bröstorg och framför allt vid matstrupsoperationer. Det finns ännu endast en studie där effekten av sjukgymnastiska insatser utvärderats och där man kunde se att det är viktigt med mer intensiva insatser med CPAP för att sänka risken för reintubation (11).

Vikten av att välja rätt nivå på insatser till rätt patienter

Trots evidens för vissa profylaktiska sjukgymnastiska insatser och brist på evidens för andra, är det viktigt att se den enskilda individens ris-

ker och behov inför ingreppet. Som tidigare beskrivits finns vissa grupper patienter som oftare drabbas av lungkomplikationer än andra, som äldre, rökare, överviktiga och lungsjuka. Dessa grupper bör betraktas som högriskpatienter inför kirurgin och ges möjlighet att få profylaktisk information och träning för att undvika pneumonier och stora atelektaser.

Men det är inte enbart patientens status inför operationen som är av betydelse när man bedömer risken för komplikationer och hur man kan planera den sjukgymnastiska profylaktiska insatsen, utan även operationen de skall gå igenom måste vägas in. Ingrepp i nedre delen av buken ger mer sällan komplikationer, liksom mindre ingrepp i buken (till exempel gallkirurgi). Däremot innebär ett större diafragma-nära ingrepp en stor risk för komplikationer. När man skall välja rätt nivå på den sjukgymnastiska insatsen måste därför patientens status och den kirurgi som skall genomgås vägas samman. En teoretisk modell för hur detta kan göras visas i figur 2. Vad de olika fälten med insatser skall innehålla beror på var man applicerar modellen. Exemplet här baseras på insatser på en avdelning med blandad bukkirurgi.

I modellen används begreppet generell insats. Med det menas här att patienten får preoperativ information om vikten av att göra andningsövningar och tidig och intensiv mobilisering. Efter operationen följs patienten upp med andningsträning och mobilisering (3, 7, 16). Vid maximal insats adderas mer offensiv andningsträning såsom PEP eller CPAP (7, 16). Men modellen visar också att vi inte behöver behandla alla som opereras.

Det är viktigt att ta till sig detta och inte behandla patienter som återhämtar sig tillfredsställande med enbart det normala omhändertagandet av den övriga vårdpersonalen. Tiden som då frigörs kan användas till att förebygga och behandla komplikationer för de patienter som verkligen har behov av våra insatser.

Framtida forskningsutmaningar

Sammanfattningsvis finns stor klinisk såväl som vetenskaplig kunskap kring andningsträning efter olika typer av kirurgi och evidens för vissa insatser finns. Men många frågor återstår att besvara. Vi behöver djupare kunskap om vilka patienter som har störst behov av

	Lågriskkirurgi	Högriskkirurgi
Lågriskpatient	Inga förebyggande insatser	Generell pre- och postoperativ insats
Högriskpatient	Generell pre- och postoperativ insats	Maximal pre- och postoperativ insats

GRAFIK: ULRIKA HENBÉR

sjukgymnastiska insatser och om våra metoders effektivitet vid olika tillstånd. Det behövs nya studier med tillräckligt stora patientgrupper för att på ett tillförlitligt sätt kunna påvisa effekter av behandling. Vi måste också jämföra olika metoders effektivitet mot varandra och mot att inte ge behandling alls. I sådana studier är det viktigt att använda tillräckligt känsliga utvärderingsinstrument.

Referenser

1. Kigin CM 1981 Chest physiotherapy for the postoperative or traumatic injury patient. *Physical Therapy* 61(12):1724-1736.
2. MacMahon C 1915 Breathing and physical exercises for the use in cases of wounds in the pleura, lung and diaphragm. *Lancet* 2:769-770.
3. Hough A. 1997 *Physiotherapy in respiratory care*, Cheltenham, Stanley Thorne Ltd
4. Olsén L, Wollmer P (red.) (2003) *Sjukgymnastik vid nedsatt lungfunktion*. Lund: Studentlitteratur
5. J. F. Nunn 1993 *Nunn's applied respiratory physiology*, Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd
6. Lumb AB, Nunn JF 1991 Respiratory function and ribcage contribution to ventilation in body positions commonly used during anesthesia. *Anesth Analg* 73: 422-426.
7. Fagevik Olsén M, Hahn I, Nordgren S, Lönröth H, Lundholm K 1997 Randomized controlled trial of the prophylactic chest physiotherapy in major abdominal surgery. *Br J Surg* 84:1535-1538.
8. Ellström M, Fagevik Olsén M, Olsson J-E, Nordberg G, Bengtsson A, Hallin M 1998 Pain and pulmonary function following laparoscopic and abdominal hysterectomy: a randomized study. *Axta Obstet Gynecol Scand* 77:923-8.
9. Fagevik Olsén M, Josefson K, Lönröth H 1999 Chest physiotherapy does not improve the outcome

Figur 2. Teoretisk modell över hur sjukgymnastiska insatser kan planeras utifrån patientens preoperativa status samt den kirurgi som skall genomgås.

- in laparoscopic fundoplication and vertical-banded gastroplasty. *Surg Endosc* 13:260-263.
10. Olbers T, Fagevik Olsén M, Maleckas A, Lönroth H 2005 Randomized clinical trial of laparoscopic Roux-en-Y gastric by-pass versus laparoscopic vertical banded gastroplasty for obesity. *Br J Surg* 2005;92(5):557-62.
 11. Fagevik Olsén M, Wennberg E, Johnsson E, Josefson K, Lönroth H, Lundell L 2002 Prevention of pulmonary complications after thoracoabdominal resections by two different breathing techniques. *Br J Surg* 89:1228-34.
 12. Hansdottir V, Philip J, Olsen MF, Eduard C, Houltz E, Ricksten SE. Thoracic epidural versus intravenous patient-controlled analgesia after cardiac surgery: a randomized controlled trial on length of hospital stay and patient-perceived quality of recovery. *Anesthesiology* 2006;104:142-51.
 13. Quanjer Ph H, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Preslin R, Yernault J-C 1993 Lung volumes and forced ventilatory flows. *Eur Respir J* 6 (Suppl 16): 5-40.
 14. Sutton PP, Lopez-Vidriero MT, Pavia D, Newman SP, Clay MM, Webber BA, Parker RA, Clarke SW 1985 Assessment of percussion, vibratory-shaking and breathing exercises in chest physiotherapy. *Eur J Respir Dis* 66:147-152.
 15. Dean E 1994 Oxygen transport: A physiologically-based conceptual framework for the practice of cardiopulmonary physiotherapy. *Physiotherapy* 80 (6):347-355.
 16. Ricksten S-E, Bengtsson A, Söderberg C, Thordén M, Kvist H 1986 Effects of periodic positive airway pressure by mask on postoperative pulmonary function. *Chest* 89 (6):774-781.
 17. Christensen EF, Schultz P, Jensen OV, Egebo K, Engberg M, Grøn I, Juhl B 1991. Postoperative pulmonary complications and lung function in high-risk patients: a comparison of three physiotherapy regimens after upper abdominal surgery in general anaesthesia. *Acta anaesthesiol Scand* 35:97-104.
 18. Westerdahl E, Lindmark B, Ericsson T et al. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2005 Nov;128(5):3482-8.
 19. Colgran, P. D Mahoney, G. L. Fanning 1970 Resistance breathing (blow bottle) and sustained hyperinflation in the treatment of atelectasis. *Anesthesiology* 32 (6):543-550.
 20. Fagevik Olsén M (2005) Chest physical therapy in surgery. A theoretical model about who to treat. *Breathe* 1:308-14.
 21. Giroux, JM, Lewis S, Holland LG, Black EE, Gow SA, Langlotz JM, Pomfret ME, Vanderkoov CL 1987 Postoperative chest physiotherapy for abdominal hysterectomy patients. *Physiotherapy Canada* 39 (2): 89-93.
 22. Fagevik Olsén M. (2000). Chest physiotherapy in connection with open and laparoscopic abdominal surgery. *Physical Therapy Reviews* 5:125-30.
 23. Jenkins SC, Soutar SA, Moxham J 1988 The effects of posture on lung volumes in normal subjects and in patients pre- and post-coronary artery surgery. *Physiotherapy* 74 (10):492-496.
 24. Pasquina P, Tramèrs MR, Walder B. Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ* 2003;327:1379-84.