

**This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.**

**Author(s):** Antikainen, Teuvo; Silvennoinen, Minna; Scheinin, Tom; Isojärvi, Jaana; Mäkinen, Eeva; Ikonen, Tuija

**Title:** Kirurgisten taitojen oppiminen leikkaussimulaattorin avulla : esimerkkinä laparoskooppinen sappirakon poisto

**Year:** 2011

**Version:** Published version

**Copyright:** © Suo-men Lää-kä-ri-liit-to, 2011

**Rights:** In Copyright

**Rights url:** <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

**Please cite the original version:**

Antikainen, T., Silvennoinen, M., Scheinin, T., Isojärvi, J., Mäkinen, E., & Ikonen, T. (2011). Kirurgisten taitojen oppiminen leikkaussimulaattorin avulla : esimerkkinä laparoskooppinen sappirakon poisto. Suomen lääkäri-lehti, 7(66), 553-559.  
<https://www.laakarilehti.fi/tieteessa/katsausartikkeli/kirurgisten-taitojen-oppiminen-leikkaussimulaattorin-avulla/>

## ■ HALO-KATSAUS

## HALO-RYHMÄ:

**TEUVO ANTIKAINEN**  
LT, kirurgian osastonyliääkäri  
Keski-Suomen keskussairaala,  
kirurgian klinikka

**MINNA SILVENNOINEN**  
KM, tohtorikoulutettava  
Jyväskylän yliopisto,  
tietojenkäsittelytieteiden laitos

**TOM SCHEININ**  
vt. professori, ylilääkäri  
HYKS, IV kirurgian klinikka

**JAANA ISOJÄRVI**  
YTM, informaattikko  
THL/Finohta

**EVA MÄKINEN**  
LL, tutkijalääkäri  
THL/Finohta

**TUIJA S. IKONEN**  
dosentti, ylilääkäri  
THL/Finohta  
tuija.ikonen@thl.fi

## Kirurgisten taitojen oppiminen leikkaussimulaattorin avulla

- Simulaatio-opetusta käytetään monilla aloilla, joilla työsuoritus tai työympäristö on haastava ja sisältää merkittäviä koulutusriskejä. Tässä HALO-katsauksessa arvioidaan uusimpien tietokoneavusteisten sappileikkaussimulaattorien käyttöä tähytysleikkausten oppimisessa.
- Systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen hyväksyttiin tietokoneavusteista sappileikkaussimulaattoria käsittelevät satunnaistetut (5) tai kontrolloidut (4) tutkimusasetelmat sekä järjestelmälliset katsaukset (3). Lisäksi arvioitiin seitsemän harjoituslaatikkoa (black box) käsitellyttä tutkimusta.
- Laadukasta tutkimustietoa oli niukasti. Tähän mennessä julkaistuissa tutkimuksissa ei ole seurattu potilaiden hoitotuloksia. Myös tiedot sappileikkaussimulaattorien kustannusvaikuttavuudesta puuttuvat.
- Etenkin opiskelun alkuvaiheessa simulaattoriharjoittelu nopeuttaa oikean suorituksen oppimista, ja tämä heijastuu myös ensimmäisiin sappileikkauksiin. Mitattavat tavoitteet ja validoitu koulutusohjelma edistävät tuloksellista harjoittelua.
- Oppimisen teoreettiset perusteet puoltavat leikkaussimulaattorien käyttöä, ja myös niukka tutkimustieto tukee niiden käyttöä kirurgikoulutuksen alkuvaiheessa.
- Simulaattoriharjoittelu antaa tilaisuuden teknisten taitojen oppimisen edellyttämiin toistoihin. Suorituksia rekisteröivien laitteiden avulla voi seurata taitojen kehittymistä ja kohdistaa harjoittelun tiettyihin tehtäviin.

Tähytysleikkausten asema on vakiintunut mm. sappi-, tyrä-, lihavuus- ja antirefluksikirurgiassa sekä gynekologisissa toimenpiteissä. Hoitoilmoitustietojen mukaan Suomessa tehtiin vuonna 2008 noin 7 800 sappileikkausta, joista 85 % laparoskooppisesti (1). Sappileikkaus opetetaan lähes kaikille kirurgiaan erikoistuville lääkäreille. Tällaisen indeksitoimenpiteen tulosten seuraaminen auttaa laadun valvonnassa.

Tähytyskirurgian haasteet liittyvät pääosin välineisiin tottumiseen sekä aivojen kykyyn hahmottaa kuvaa, tilaa ja liikettä kaksiulotteisesta kuvasta (2). Välineisiin liittyviä haasteita ovat mm. pitkät instrumentit ja niiden liikeradat, ergonomiset rajoitteet ja hankaluudet leikkausalueen näkymässä.

Sappileikkausten vaikeista komplikaatioista säännöllisimmän on dokumentoitu sappitievauriot. Niitä esiintyy laparoskooppisella tekniikalla leikattaessa 0,4–0,7 %:lla potilaista, mikä on enemmän kuin avoleikkauksissa (3,4,5,6,7).

Lääkäriskoulutuksen perusopetusmenetelmät ovat riittämättömiä tähytysteekniikoita omakсутtaessa. Siksi on käynnistetty koulutuksen ja oppimisympäristöjen kehittämishankkeita (8,9).

Lentäjiä on koulutettu simulaattoreilla jo toisen maailmansodan alusta, ja tietotekniikkaa on käytetty lentosimulaattoreissa 1980-luvulta asti. Ilmailuammateissa simulaattorien pitkä käyttöhistoria ja tutkimus ovat osoittaneet, että simulaattorikoulutuksella voidaan merkittävästi lyhentää ammattitaidon hankkimiseen kuluva aikaa (10). Riskien vähentäminen simulaation avulla on tuttua myös muilta riskialoilta, kuten ydinvoima- ja sotilastoiminnasta (11). Leikkaussimulaatioiden käyttö harjoittelussa suojaa riskeiltä ja se on myös eettinen ratkaisu.

Lääkärin peruskoulutuksessa erilaisia harjoitusmalleja (fantomeja) potilastyön ulkopuolella on käytetty jo pitkään. Esimerkiksi anestesian erikoisanalan jatko- ja täydennyskoulutuksessa on vuosien kokemus simulaattoreista. Ensimmäisiä toimenpideharjoituksia tehtiin koeläimillä ja harjoituslaatikoilla (black box). Uusimpia koulutukseen käytettyjä harjoitteluvälineitä ovat tietokonemallinteiset toimenpidesimulaattorit (computer-based VR simulators).

Markkinoilla on teknisesti kehittyneitä kalliita simulaattoreita, joiden uskotaan mahdollistavan monipuolisen harjoittelun. Laparoskoop-



VERTAISARVIOITU



**KIRJALLISUUTTA**

- 1 Hoitoilmoitustietokannat (netti-Hilmo). <http://www.stakes.fi/Fl/tilastot/nettihilmo/index.htm>.
- 2 Subramonian K, DeSylva S, Bishai P, Thompson P, Muir G. Acquiring surgical skills: a comparative study of open versus laparoscopic surgery. *Eur Urol* 2004;45:346-51.
- 3 Roslyn JJ, Binns GS, Hughes EF, Saunders-Kirkwood K, Zimmer MJ, Cates JA. Open cholecystectomy: a contemporary analysis of 42,474 patients. *Ann Surg* 1993;218:129-37.
- 4 Ovaska J, Airo I, Haglund C ym. Laparoscopic cholecystectomy: the Finnish experience. *Ann Chir Gynaecol* 1996;85:208-11.
- 5 Archer SB, Brown DW, Smith CD, Branum GD, Hunter JG. Bile duct injury during laparoscopic cholecystectomy: results of a national survey. *Ann Surg* 2001;234:549-58; discussion 558-9.
- 6 Dolan JP, Diggs BS, Sheppard BC, Hunter JG. Ten-year trend in the national volume of bile duct injuries requiring operative repair. *Surg Endosc* 2005;19:967-73.
- 7 Karvonen J, Gullichsen R, Laine S, Salminen P, Gronroos JM. Bile duct injuries during laparoscopic cholecystectomy: primary and long-term results from a single institution. *Surg Endosc* 2007;21:1069-73.
- 8 Madan AK, Frantzides CT, Tebbit CL, Park WC, Kumari NV, Shervin N. Evaluation of specialized laparoscopic suturing and tying devices. *J Soc Laparoendosc Surg* 2004;8:191-3.
- 9 Madan AK, Frantzides CT. Substituting virtual reality trainers for inanimate box trainers does not decrease laparoscopic skills acquisition. *J Soc Laparoendosc Surg* 2007;11:87-9.
- 10 Longridge T, Bürki-Cohen J, Go TH, Kendra AJ. Simulator fidelity considerations for training and evaluation of today's airline pilots. *Proceedings of the 11th International Symposium on Aviation Psychology*, Columbus, OH, 5-8 March 2001.
- 11 Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Acad Med* 2003;78:783-8.
- 12 Krummel TM. Surgical simulation and virtual reality: the coming revolution. *Ann Surg* 1998;228:635-7.
- 13 Kneebone R. Simulation in surgical training: educational issues and practical implications. *Med Educ* 2003;37:267-77.
- 14 Piaget J. Piaget's theory. Kirjassa: Mussen PH, Kessen W, toim. *Handbook of child psychology*. Vol. 1, History, theory, and methods, 4. painos. New York: Wiley 1983.
- 15 Dreyfus HL, Dreyfus SE, Athanasion T. *Mind over machine: the power of human intuition and expertise in the era of the computer*. Oxford: Blackwell 1986.

pinen sappileikkaus on leikkaussimulaattorien pisimmälle kehitetty toimenpide, joten siitä julkaistu tutkimustieto kuvaa luultavasti parhaiten, mikä asema simulaattoreilla kirurgikoulutuksessa voisi olla. Tähän katsaukseen kerättiin tuoreet tutkimukset uusimman sukupolven sappileikkaussimulaattoreista tähestysleikkaustaitojen opettamisessa.

**Simulaattorit ja oppiminen**

Simulaatiolla tarkoitetaan koulutusstrategioita, joissa oppimiskohteet, -välineet ja -ympäristö on luotu todellisuutta jäljittelevin keinoin (12).

Leikkaussimulaattoreita kuvaava nimikkeistö on horjuvaa. Alkeellisen ensimmäisen sukupolven mallinne (black box, harjoituslaatikko) tarkoittaa yleensä suoralta näköyhteydeltä suljettua laatikkoa, jonka sisällä kolmiulotteinen tehtävä suoritetaan laatikkoon työnnettyillä tähestysleikkausinstrumenteilla. Samalla kameran ottama kuva välittyy monitorille autenttisen leikkauksen mukaisesti. Uuden sukupolven simulaattorit hyödyntävät tietokonepohjaista virtuaalitodellisuutta (virtual reality, VR simulators) ja perustuvat kolmiulotteiseen grafiikkaan: harjoitustehtävät tuotetaan tietokoneen näytölle ja instrumenteilla toimitaan keinotodellisuudessa. Uusimmissa virtuaalikirurgian sovelluksissa (mm. LapSim ja LapMentor) on mallinnettu anatomisia rakenteita. Näillä laitteilla voi harjoitella yksittäisiä tehtäviä ja ositetuista tai kokonaisista toimenpiteistä, kuten sappirakon poistoa. Realistinen kudosvaikutelma on saavutettu leikkaustilaa ympäröivien rakenteiden läpikotaisella mallintamisella. Eräissä simulaattoreissa on lisäksi tuntapalautetta tuottava robotiikkaa (haptic/force feedback), joka lisää simulaation todenmukaisuutta. Suorituksista tallentuu lukuisia tietoja, jotka mittaavat harjoittelun edistymistä ja joiden avulla voi asettaa oppimistavoitteita.

Leikkaussimulaattorien edut ovat helppo toistettavuus ja harjoittelun vakiointi, suorituksen tallentuminen, mahdollisuus seurata taitojen kehittymistä, yksilöllinen harjoittelu sekä mahdollisuus kokeilla ja epäonnistua turvallisesti. Haittoja ovat laitteiden korkea hinta ja haasteita simulaattoriharjoittelun liittäminen työn ohkeen ja integrointi opetusohjelmiin (13). Tehokkaiden oppimistulosten saavuttamiseksi simulaattoreille ja simulaatioille on tutkimusten pohjalta asetettu kriteerit (Liitetaulukko 1 artikkelin

pdf-version liitteenä, [www.laakarilehti.fi](http://www.laakarilehti.fi) > Sisällysluettelot > 7/2011).

Kognitiiviseen oppimiskäsitykseen pohjautuva konstruktivismi, jossa aktiivinen oppija rakentaa uutta tietoa aiemmin opitun pohjalle, sopii simulaatio-opetuksen psykologiseksi viitekehyyksi (14). Oma aktiivisuus ja vastuu sekä reflektio eli toiminnan ja suorituksen arviointi on olennaista. Tehtävien tulee soveltua oppijan taitotasolle ja ohjauksen tehtävänä on tarjota tukea.

Myös lääketieteessä kompetenssi kehittyä aloittelijan tasolta (noviisi) kohti osajuuttua (ekspertti) (15,16,17). Erityisesti alkuvaiheessa omat kokemukset ja tekemällä oppiminen ovat tärkeitä (18). Simulaatio luo todellisen kaltaisia tehtäviä harjoiteltavaksi hallituissa olosuhteissa itse kontekstia unohtamatta (19). Näin on mahdollista kokea, nähdä ja erehtyäkin toistuvasti ja riskittömästi (20,21).

Oppimismotivaatiolle on tärkeää oppimistulosten seuraaminen, arviointi ja palaute (22). Oppimisen väline (simulaattori) liitetään sosiaaliseen kontekstiin, jossa ohjaus, vertaistuki ja vuorovaikutus tukevat oppimista. Suoritustietojen lisäksi tarvitaan kokeneen erikoislääkärin palautetta erityisesti alkuvaiheessa (23). Harjoitteluun kuuluu osatehtäviä, useita tavoitteita sekä tukea antavaa palautetta (22).

Simulaattoriharjoittelun etuna on taitojen kehittäminen yksilöllisen oppimisnopeuden mukaisesti. Laparoskopian kaltaiset monimutkaiset motoriset taidot vaativat toistuvaa suunnitelmallista harjoittelua (17,24), mitä on vaikea toteuttaa leikkaussalissa. Aitoon leikkaustilanteeseen liittyvä stressi voi vaikeuttaa suoritusta ja hidastaa oppimista aloittelijalla (25). Toisaalta kokemuksen kasvaessa stressi vähenee (25). Kontrolloidussa simulaatioharjoittelussa oppijan on mahdollista keskittyä rauhassa oppimiseen. Perustekniikan ohella uusimmilla sappileikkaussimulaattoreilla voidaan opetella suoritukseen liittyvää päätöksentekoa (flow). Voidaan myös kokeilla, onko tähestys turvallinen vai pitäisikö siirtyä avoleikkaukseen tai kutsua apua.

Leikkaussimulaattorien käytöstä ja hyödyllisyydestä kiistellään edelleen. Kiistanalaisia kysymyksiä ovat mm. seuraavat:

- Siirryykö oppi ja missä määrin oikeisiin potilastilanteisiin?
- Millaisesta laitteesta on (eniten) hyötyä?
- Millaista (kustannus)vaikuttavan

**P = sappileikkausta opetteleva kirurgikoulutettava**  
**I = oppiminen virtuaali-simulaattorilla**  
**C = perinteinen oppiminen, harjoituslaatikko**  
**O = kliiniset tulokset: sairastavuus, komplikaatiot, konversiot tekniset mittarit: aika, materiaalit ym. oppimista kuvaavat mittarit: virhepisteet, päätöksenteko ym.**

simulaattoriharjoittelun pitäisi olla?

- Missä lääkärikoulutuksen vaiheessa simulaattoriharjoittelusta saadaan paras hyöty?

### Käyttö Suomessa

Kehittyneimpien simulaattorien lähtöhinnat vaihtelevat Suomessa 60 000 euron ja 100 000 euron välillä. Lisäharjoitteiden ja -leikkausten ohjelmamoduulit (mm. suoliresektio, mahalaukun ohitus, tyräplastiat ja adnex-kirurgia) maksavat kukin noin 17 000 euroa.

Helmikuussa 2010 tehdyn puhelinkyselyn mukaan vähintään yksi sappileikkaussimulaattori on käytössä viidessä sairaanhoitopiirissä: HYKS:ssa (vatsaelinkirurgian klinikka, naistenklinikka), TYKS:ssa, Keski-Suomen keskussairaalassa, Päijät-Hämeen keskussairaalassa ja Seinäjoen keskussairaalassa. Kaikki laitteet ovat LapMentor-merkkisiä.

### Tavoite ja menetelmät

Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa arvioitiin uusimpien tietokoneavusteisten sappileikkaussimulaattorien käyttöä tähtystysleikkausten oppimisessa verrattuna perinteisiin oppimismenetelmiin ja harjoituslaatikoon. Tulosten muuttujina olivat kliiniset tulokset, tekniset mittarit ja oppimista kuvaavat mittarit.

Kirjallisuushaku tehtiin lokakuussa 2009 Medline-, Cochrane-, Embase- ja HTA-tietokannoista. Käynnissä olevia tutkimuksia haettiin kliinisten tutkimusten rekisteritietokannoista ClinicalTrials.gov ja metaRegister of Controlled Trials. Hakustrategiat näkyvät liitetaulukossa artikkelin sähköisessä versiossa (Liitetaulukko 2).

Hauilla löydettiin 3 katsausta ja 10 alkuperäis-tutkimusta, joista abstraktien perusteella tilattiin koko tekstit. Katsaukseen hyväksyttiin satunnaistetut ja vertailevat tutkimusasetelmat, joissa oli vähintään 5 (satunnaistettu) tai 10 (vertaileva) tutkittavaa ryhmää kohti. Hakuun rajattiin viiden edeltäneen vuoden aikana ilmestyneet julkaisut, mutta aineistoa täydennettiin ASERNIP-S-katsauksen tunnistamalla kahdella varhaisem-malla tutkimuksella (yhteensä 3 julkaisua). Meneillään olevia tutkimuksia oli kolme. Täyden-nyshaku harjoituslaatikoiden ja simulaattorien vertailusta tehtiin tammikuussa 2010. Haussa löytyi 13 alkuperäistutkimusta, joista seitsemäs-tä tilattiin koko teksti abstraktin perusteella.

### Tulokset

Yksi systemaattinen menetelmäärvio simulaattorikoulutuksesta analysoitiin sappileikkausta käsittelevältä osuudeltaan mukaan tähän katsaukseen (26). Raportissa oli muodostettu tutkimuskysymykset kuvaamaan sitä, miten erityyppinen simulaattoriharjoittelu vaikuttaa potilaita leikattaessa (Liitetaulukko 3). Simulaattorilla harjoitelleet selviytyivät potilastehtävistä yleensä paremmin kuin verrokkiryhmä. Eroa ei havaittu kaikilla käytetyillä tulosmittareilla, mutta toisaalta verrokkiryhmä ei koskaan suoriutunut paremmin kuin simulaattoriryhmä. Simulaattorilla harjoitelleet tekivät yleensä vähemmän virheitä, eikä kokeneemman kirurgin väliintuloa tarvittu yhtä usein kuin vertailuryhmissä (26).

Sisäänottokriteerit täyttäneitä satunnaistettuja tutkimuksia VR-malleista tunnistettiin kuusi (taulukko 1) (27–32). Mukaan otettiin lisäksi ASERNIP-S-katsauksesta kaksi aiempaa satunnaistettua tutkimusta (33,34). Simulaattoreilla harjoiteltiin paitsi perustekniikoita (katkaisu, klipsaaminen, tarttuminen ja kameraorientaatio), myös sappileikkausta vähintäänkin vaiheistetulla sappirakon poistotekniikalla (sappirakon kaulan paljastaminen, rakenteiden klipsaus ja katkaisu, sappirakon irrotus ja poisto). Kaikki tutkimussarjat olivat pieniä, mikä vähentää yksittäisen tutkimuksen painoarvoa. Tutkimusryhmissä oli aloittelevia kirurgeja. Osassa tutkimuksista (taulukko 1) simulaattorikoulutuksen vaikutusta kuvattiin lähinnä simulaattorin itsensä keräämin tiedoin. Eri tutkimusten tulokset olivat kuitenkin yhdensuuntaisia: sappileikkaussimulaattorien todettiin parantavan harjoitusta saaneiden motorisia taitoja eri tavoin mitaten ja ilmaisten. Myös suoritusajat nopeutuivat harjoittelun myötä, mutta tätä kriteeriä ei yleensä pidetty arvioissa erityisen merkittävänä.

Lisäksi käytiin läpi neljä vertailevaa tutkimusta (35–38), joissa kolmessa tavoitteena oli simulaattoriopetusohjelmien kehittäminen ja yhdes-sä oli arvioitu neljän päivän pituisen toimenpi-desimulaattorikurssin vaikutusta peruskurssin lisäksi. Päätelmänä oli, että tulokselliseen simulaattoriharjoitteluun tarvitaan mitattavat tavoitteet ja että harjoittelu tulee toteuttaa osana suunnitelmallista koulutusohjelmaa (Liitetaulukko 4). Aggarwalin sekä Ahlbergin ryhmien tutkimusasetelmassa oli verrattu tutkimusryhmien suoritusta joko maksapreparaatin käsitte-lyän tai oikeiden sappileikkausten suhteen, ja

- 16 Patel V, Groen G. The general and specific nature of medical expertise: a critical look. Kirjassa: Ericsson KA, Smith J, toim. *Toward a general theory of expertise: prospects and limits*. Cambridge, New York: Cambridge University Press 1991.
- 17 Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med* 2004;79 suppl:S70–81.
- 18 Kolb DA. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall 1984.
- 19 Jonassen DH, Peck KL, Wilson BG. *Learning with technology: a constructivist perspective*. Upper Saddle River, N.J.: Merrill 1999.
- 20 Feinstein AH, Mann S, Corsun DL. Charting the experiential territory: clarifying definitions and uses of computer simulation, games, and role play. *Journal of Management Development* 2002;21:732–44.
- 21 Kolb AY, Kolb DA. The learning way: meta-cognitive aspects of experiential learning. *Simulation & Gaming* 2009;40:297–327.
- 22 Dankelman J, Chmarra MK, Verdaasdonk EG, Stassen LP, Grimbergen CA. Fundamental aspects of learning minimally invasive surgical skills. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2005;14:247–56.
- 23 Schaafsma BE, Hiemstra E, Dankelman J, Jansen FW. Feedback in laparoscopic skills acquisition: an observational study during a basic skills training course. *Gynecol Surg* 2009;6:339–43.

TAULUKKO 1.

**Katsauksen valitut satunnaistetut tutkimukset.**

LCC = laparoskooppinen kolekystektomia, VR = virtual reality, BB = black box.

Tutkimus	Tutkimusasetelma ja harjoittelu	Osallistujat, n (verrokkit/harjoitelleet)	Intervention kesto ja seuranta-aika	Tulokset
				Tekniset mittarit
Hogle 2009 (työ 1)	Perustestauksen jälkeen ei harjoitusta tai 7-osainen harjoitusohjelma LapSim:llä (kamerakäsittely, instrumentaatio, koordinaatio, tarttuminen, nosto ja tarttuminen, leikkaaminen, klipsaus). Loppuarviona 2 LCC:n videoarviointi.	1. vuoden sairaalalääkärit 12 (6/6)	1 kk, perustestausta seuraavat 2 LCC videoitiin	Pisteytys videon perusteella (syvyyksikäsitys, kaksikäisyys, tehokkuus). Seniorin ja sokkoutetun arvioijan pisteet yhdistettiin. Ei eroa ryhmien välillä
Seymour 2002, mukana ASERNIP-S 2007 -katsauksessa	Perustestauksen jälkeeni harjoitusta tai MIST-VR-harjoittelu ("manipulate and diathermy" -tehtävä, kunnes saavutettiin vaadittu osaamisen taso). Loppuarviona LCC:n irrotusvaiheen videoarvio.	1.-4. vuoden sairaalalääkärit, 16 (8/8)	Kunnes vaadittu tasosaavutettiin. Kesto 3-8 harjoittelukertaa Aikaa ei kerrota	
Scott 2000, mukana ASERNIP-S 2007 -katsauksessa	Perustestauksena viikolla 1 BB-testi (kirjainten asettelu, papujen siirto, langan kelaus, neulan käyttö ja suturaatio) ja arvioitu LCC. Harjoitusryhmälle samat BB-harjoitukset vk 2-3. BB-testit ja LCC arviointi uudestaan kaikille vk 4.	2.-3. vuoden sairaalalääkärit, 27 (14/13), analysoitiin 22 (13/9)	10 pv, 30 min/pv (viikot 2-3), loppuarvio vk 4	BB-tehtävät ja LCC leikkaussalissa arvioituna (3 arvioitsiaa) vk 1 ja 4
Ahlberg 2008	LapSim VR:llä 10 peräkkäistä leikkausta, joista 3 (1., 5. ja 10.) potilastmp:n onnistuminen	1.-2. vuoden sairaalalääkärit 13 (6/7), vertailukelpoisuus testattu	Viikon harjoittelu kunnes vaadittu taso saavutettiin, 2 viikon kuluessa alusta 10 leikkausta/6 kk	Piti ylittää tietty taso, moniportainen, dissektio, parempi kuin vertailuryhmä, ero säilyi 10. leikkaukseen saakka
Hogle 2008	Perusteoria kaikille, LAPSIM: basic skills -ohjelma, lopuksi pussulla LCC	1. vuoden sairaalalääkärit 21 (11/10), arvioitu nopeat oppijat ja videopelaajat	Loppukoe 1 x videot arvioitu	GOALS-kriteerit, videopelaajat saavuttavat tason nopeammin
Lucas 2008	Alkuopettelu "palikkatesti" 6 ei-ohjattua 30 min sessiota laparoskooppista sappileikkausta, loppukoe LapMentorilla nefrektomia	Lääketieteen opiskelijoita, joilla ei aiempaa koulutusta 32 (16/16)	Loppukoe	Total score sappileikkauksessa ei eroa, nefrektomiassa parempi instrumenttien käsiteltävyys
Aggarwal 2007	1 pv perustestaus ja teoriaopetus kaikille, verrokeille 5 pussun maksablokin LCC:tä, harjoitusryhmällä LapSim VR -harjoitus vaadittuun tasoon ja 3 pussun LCC:tä. 10 senioria validoi suoriutumistason tekemällä 2 pussun LCC:tä kukin, loppuarvion maksapreparaatilla	Aloittelijoita, joilla ei laparoskopiokokemusta 20 (10/10), lähtötaso vastaava	VR-harjoitukset kunnes vaadittu taso saavutettiin. Maksapreparaattileikkaukset 4 vk kuluessa perusopetuksesta (verrokkit) tai VR-harjoituksen loppumisesta (harjoitusryhmä)	Liikeanturit pussun LCC-leikkauksissa. Mitattiin kätsyyttä, liikeratoja ja liikkeiden määrää. Ero säilyi koko ajan
Grantcharov 2004, mukana ASERNIP-S 2007 -katsauksessa	Mist-VR, yleislaparoskopia. Ensin toimenpide, koulutus, uusi arvio, LCC potilaalla	Aloittelevia laparoskopisteja 16 (8/8)	10 toistoa, 2 viikon kuluessa alusta	

		Kommentit
Aikamittarit	Laatmittarit	
	Pisteytys videon perusteella, kudoskäsittely ja autonomia. Seniorin ja sokkoutetun arvioijan pisteeyhdistettiin. Ei eroa ryhmien välillä	Pieni ryhmä. Toinen arvioija oli leikkauksessa mukana. Nämä vaikuttivat kirjoittajien mielestä tulokseen.
Loppuarviossa sappirakon irrotus oli 29 % nopeampi harjoitteleilla	2 kirurgia arvioi videon 8-kohtaisella virhelistalla (leikkauksen eteneminen, sappirakkovaurio, väärä poltto, repiminen, maksavaurio, väärä kerros, instrumentti näkökentästä, seniorin "take over"). Harjoitteleilla merkittävästi parempi eteneminen leikkauksessa, vähemmän sappirakko- ja polttovaurioita	VR-harjoittelu paransi leikkaussuoritusta.
Molemmissa ryhmissä parannus BB-suorituksessa. Harjoitteleilla merkittävästi nopeampi suoriutuminen kaikissa 5 BB-tehtävässä	LCC ihmisellä: mitattiin laatua Global Rating Scalella (1-5 pisteet). Kudoskäsittely, aika ja liike, instrumentaatio, instrumenttien tuntemus, flow, assistentin käyttö, tieto toimenpiteestä, kokonaisuus). Harjoitteleilla merkittävästi parempi suoriutuminen 4/8 osa-alueessa (kudoskäsittely, instrumentaatio, assistentin käyttö, kokonaisuus)	Harjoittelu BB:llä paransi suoritusta leikkaussalissa.
58 %:n ero, ei tilastollisesti		Saman ryhmän seuranta 100 tmp
	Käsittely parani merkittävästi, taustalla ollut "fast learner" ei vaikuttanut lopputulokseen	6 seurattiin pitempään
	Simulaattorioppijat parempia, osaaminen siirtyi toiseen toimenpiteeseen	Urologisen mallin puuttuessa kokeiltu laparoskooppista sappileikkausta
Mitattiin käytetty aika. tmp ero ei tilastollisesti merkittävä, suosi interventioryhmää	Ei ilmoitettu	
merkittävä ero	Toimenpiteen kestossa kudoskäsittely parani	Liikkeiden taloudellisuus,

harjoitteleiden ryhmä suoriutui toimenpiteestä virheettömämmin ja nopeammin (30,31). Päättelmänä oli, että sappileikkauksen harjoittelu toimenpidettä mallintavalla simulaattorilla parantaa valmiuksia suoritua potilaalle tehtävästä sappileikkauksesta ja pienentää leikkauksen aikaista komplikaatioriskiä teknisten virheiden vähentyessä.

Kaikissa tutkimuksissa simulaattorilla harjoitteleiden ryhmä suoriutui yleensä paremmin kuin ne, jotka eivät harjoitelleet. Ahlbergin ym. tutkimuksessa ryhmien välinen ero säilyi harjoitteleiden eduksi ainakin 10 perättäisen laparoskooppisen sappileikkauksen ajan (31). Tulos tuki havaintoa, että harjoitteluryhmän parempi suoritus ei johtunut sattumasta tai potilaista (sappisairaudesta).

Erillinen kirjallisuushaku harjoituslaatikoida ja VR-simulaattoreita vertaavista tutkimuksista löysi seitsemän kriteerit täyttävää satunnaistettua tutkimusta (Liitetäulukko 5), joiden harjoitukset liittyvät laparoskooppiseen sappileikkaukseen (9,39–44). Tutkittavat olivat pääosin lääketieteen opiskelijoita, kirurgikoulutettavia ei ollut mukana. Harjoitteet olivat laparoskooppiseen tekniikkaan liittyviä perustehtäviä, eikä yhdessäkään tutkimuksessa harjoiteltu tai arvioitu koko sappileikkauksen läpivientiä. Toteutus ja mittaustavat vaihtelivat huomattavasti, joten yhteneviä päätelmiä on vaikea tehdä. Päätelmäksi jäi kuitenkin se, että tekniset taidot ja instrumenttien käsittelytaito kehittyvät myös harjoituslaatikoida käyttäen.

## Laadun arviointi

Tutkimusten laadun arvioinnissa käytettiin ASERNIP-S-katsauksen kriteereitä. Laatu oli vaihtelevaa. Laadukkaiksi arvioituja tutkimuksia löytyi sappisimulaattoreita käsitelleistä artikkeleista 6 ja laatikkomalleja ja VR-simulaattoreita arvioineista tutkimuksista 3 (Liitetäulukko 6).

## Pohdinta

Kaikesta mielekkäästä harjoittelusta on hyötyä taitoja opittaessa. Leikkaussimulaattorien vaikutusten arvioimista vaikeuttaa tutkimustiedon puutteellisuus ja laitteiden käyttö erisisältöisissä koulutusohjelmissä. Toisaalta myös potilastyön ohessa tapahtuvan perinteisen opetuksen vaikutukset ja kustannukset ovat vain arvioita. Työaikasäädokset ja tehokkuusvaatimukset hankaloittavat leikkausharjoittelua oppipoikamallilla. Li-

- 24 Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills--changes in the wind. *N Engl J Med* 2006;355:2664-9.
- 25 Arora S, Sevdalis N, Nestel D, Woloshynowych M, Darzi A, Kneebone R. The impact of stress on surgical performance: a systematic review of the literature. *Surgery* 2010;147:318,30, 330.e1-6.
- 26 Surgical simulation for training: skills transfer to the operating room: a systematic review. Adelaide, South Australia: ASERNIP-S; 2007. Report nr 61.
- 27 Hogle NJ, Chang L, Strong VE ym. Validation of laparoscopic surgical skills training outside the operating room: a long road. *Surg Endosc* 2009;23:1476-82.
- 28 Hogle NJ, Widmann WD, Ude AO, Hardy MA, Fowler DL. Does training novices to criteria and does rapid acquisition of skills on laparoscopic simulators have predictive validity or are we just playing video games? *J Surg Educ* 2008;65:431-5.
- 29 Lucas S, Tuncel A, Bensalah K ym. Virtual reality training improves simulated laparoscopic surgery performance in laparoscopy naive medical students. *J Endourol* 2008;22:1047-51.
- 30 Aggarwal R, Ward J, Balasundaram I, Sains P, Athanasiou T, Darzi A. Proving the effectiveness of virtual reality simulation for training in laparoscopic surgery. *Ann Surg* 2007;246:771-9.
- 31 Ahlberg G, Enochsson L, Gallagher AG ym. Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. *Am J Surg* 2007;193:797-804.
- 32 Grantcharov TP, Kristiansen VB, Bendix J, Bardram L, Rosenberg J, Funch-Jensen P. Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *Br J Surg* 2004;91:146-50.
- 33 Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA ym. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg* 2002;236:458-63, discussion 463-4.
- 34 Scott DJ, Bergen PC, Rege RV ym. Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg* 2000;191:272-83.
- 35 Aggarwal R, Grantcharov TP, Eriksen JR ym. An evidence-based virtual reality training program for novice laparoscopic surgeons. *Ann Surg* 2006;244:310-4.
- 36 Ayodeji ID, Schijven M, Jakimowicz J, Greve JW. Face validation of the simbox LAP mentor virtual reality training module and its applicability in the surgical curriculum. *Surg Endosc* 2007;21:1641-9.

säksi on vaikea taata koulutuksen tasalaatuisuus, koska potilastapaukset ovat erilaisia ja leikkaustilanteissa suurin huomio kohdistuu hoitotapahtumaan, ei leikkaajan kouluttamiseen. Hyviä, simulaattoreita toisiinsa vertailevia tutkimuksia on vähän, eikä potilaiden hoitotilanteisiin ulottuvia pitkäaikaistutkimuksiakaan ole.

Tähystysleikkauksessa tarvittavien perustaitojen harjoittelussa näyttävät toimivan yksinkertaiset harjoituslaitteet. Nämä laitteet ovat teknisesti kestäviä ja halpoja, mutta ne sopivat parhaiten teknisten suoritteiden harjoitteluun opetteluun alkuvaiheessa. Koska vaativampien toimenpideharjoitusten logistinen rakentaminen ja tekninen toteutus harjoituslaitteilla on työlästä (eläinpreparaattien hankinta ja jatkuva ohjaus), ne soveltuvat parhaiten kurssimuotoiseen opiskeluun. Kadaaveri- ja eläinmallien käyttö on lisäksi kallista ja luvanvaraista.

Tietokonepohjaiset tähystysleikkaussimulaattorit soveltunevat parhaiten jatkuvaan harjoitteluun osana ohjattua opetusohjelmaa ja asiantuntijoiden ohjausta siten, että tähän vielä yhdistyy systemaattinen ja strukturoitu arviointi (13,45,46). Tutkimukset osoittavat, että simulaattoriharjoittelu vähentää teknisten virheiden määrää, jolloin kirurgi voi keskittyä paremmin suorituksen muihin keskeisiin seikkoihin (leikkauksen läpivienti ja päätöksenteko), ja myös leikkauksaika saattaa lyhentyä. Simulaattorien käytölle potilasturvallisuutta lisäävinä sekä taitojen oppimista tehostavina ja tukevinä oppimisvälineinä on teoreettinen perusta.

Tähystysleikkaussimulaattorilla opittujen taitojen siirtymisestä leikkaustyöhön on olemassa alustavaa tutkimusnäyttöä (13,26,31,45). Sappileikkauksista on vasta muutamasta pienestä koeasetelmasta havaintoja, miten ja missä määrin motoristen taitojen oppiminen siirtyy hyödyksi aitoihin leikkaustilanteisiin. Varmuudella ei tiedetä, mitä teknisiä ominaisuuksia simulaattorissa tulisi vähintään olla, jotta toivottuja koulutusvaikutuksia saadaan. Taitotason kehittymisen seuraamiseksi laitteissa on oltava automaattinen rekisteröinti- ja palautejärjestelmä.

Simulaattorien kliinistä hyötyä on vaikea tutkia, sillä leikkaustekniikan oppimiseen vaikuttavat monet seikat ja koulutusvaihe kestää kauan. Tutkimusasetelmien vakioimisyrityksistä huolimatta eri muuttujien keskinäistä merkitystä ja painoarvoa on vaikea tietää tarkasti. Suurin osa

tutkimustiedosta tukee oletusta, että simulaattorin avulla motorinen suoritus voi parantua erityisesti opetteluun alkuvaiheessa. Tämä puolestaan voi vähentää leikkausriskejä, kuten myös se, että simulaattoreilla voidaan taata samansäiltöinen harjoitus kaikille. Laitteistoja tarvitaan siellä, missä alkuvaiheen koulutusta annetaan – suomalaisessa koulutusjärjestelmässä keskussairaaloissa. Nykyään säännöllisen simulaattorikoulutuksen saatavuus ei jakaudu Suomessa tasaisesti. Kurssitarjontaa tosin on sekä kotimaassa että ulkomailla.

Simulaattoreista on esitetty aloittelijoiden koulutuksen lisäksi muitakin etuja. Harvakseltaan tähystyskirurgiaa tekevät lääkärit voisivat laitteilla ylläpitää tähystyskirurgian taitojaan. Kirurgien osaamista voitaisiin säännöllisesti myös valvoa (suunnitelmassa ainakin Yhdysvalloissa). Esimerkiksi tähystyskirurgiaa tekevältä lääkäriltä vaadittaisiin voimassa oleva tähystyskirurgian näyttökortti. Lisäksi on jopa ehdotettu, että simulaattoreilla suoritettavilla testeillä voitaisiin ennalta valita vaativampaan tähystyskirurgiaan erityisesti sopivat henkilöt.

Leikkaussimulaattorien kustannusvaikutavuudesta ei ole tietoa. Simulaattorilaitteiston hankintahinnan ja ohjelmistojen lisäksi kuluja muodostuu simulaattorin käytöstä ja ylläpidosta. Harjoittelu ohjaajan kanssa työaikana aiheuttaa palkkakustannusten verran lisäkuluja. Toisaalta mikäli harjoittelu johtaa nopeampaan ja virheettömämpään leikkaussalityöskentelyyn, menojen vastapainoksi voi koitua säästöjä. Esimerkiksi vaikea sappitievaurio saattaa johtaa maksansiirtoon, jolloin ylimääräisiä kustannuksia kertyy arviolta 100 000 euroa (47).

Uusia laitevalmistajia sekä kehittyneempiä simulaattorimalleja ilmaantuu jatkuvasti ja koulutuskäyttö näyttää lisääntyvän. Oletuksena on ilmailualan kokemuksen perusteella, että motivaation ja oppimisen kannalta on eduksi, jos simulaattori mahdollisimman paljon jäljittelee todellisuutta. Tutkimusten perusteella emme tiedä, miten paljon ja missä suhteissa oppimistulokset paranevat, kun simulaattorin kehitysaste ja ominaisuudet (sekä hinta) kasvavat. Vielä vaikeampi on päätellä, onko kalliimmasta laitteesta mahdollisesti saatava hyöty oppimistulokseen sellainen, että suurempi hankintahinta on perusteltavissa. Simulaattoriharjoittelun paikka erikoislääkäriopintojen kokonaisuudessa on yhä ratkaisematta. ■

- 37 Aggarwal R, Crochet P, Dias A, Misra A, Ziprin P, Darzi A. Development of a virtual reality training curriculum for laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 2009;96:1086–93.
- 38 Schijven MP, Jakimowicz JJ, Broeders IA, Tseng LN. The Eindhoven laparoscopic cholecystectomy training course—improving operating room performance using virtual reality training: results from the first E.A.E.S. accredited virtual reality trainings curriculum. *Surg Endosc* 2005;19:1220–6.
- 39 Kehara C, Aschwanden C, Burgess L, Montgomery K, Mok DK. Evaluating a virtual reality motor-skills simulator. *Stud Health Technol Inform* 2009;142:128–32.
- 40 Chmarra MK, Dankelman J, van den Dobbelaar JJ, Jansen FW. Force feedback and basic laparoscopic skills. *Surg Endosc* 2008;22:2140–8.
- 41 Madan AK, Frantzides CT. Prospective randomized controlled trial of laparoscopic trainers for basic laparoscopic skills acquisition. *Surg Endosc* 2007;21:209–13.
- 42 Madan AK, Frantzides CT, Tebbitt C, Quiros RM. Participants' opinions of laparoscopic training devices after a basic laparoscopic training course. *Am J Surg* 2005;189:758–61.
- 43 Youngblood PL, Srivastava S, Curet M, Heinrichs WL, Dev P, Wren SM. Comparison of training on two laparoscopic simulators and assessment of skills transfer to surgical performance. *J Am Coll Surg* 2005;200:546–51.
- 44 Munz Y, Kumar BD, Moorthy K, Bann S, Darzi A. Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other? *Surg Endosc* 2004;18:485–94.
- 45 Ahlberg G, Kruuna O, Leijonmarck CE ym. Is the learning curve for laparoscopic fundoplication determined by the teacher or the pupil? *Am J Surg* 2005;189:184–9.
- 46 van Dongen KW, van der Wal WA, Rinkes IH, Schijven MP, Broeders IA. Virtual reality training for endoscopic surgery: voluntary or obligatory? *Surg Endosc* 2008;22:664–7.
- 47 Helsingin ja uudenmaan sairaanhoitopiiri, DRG-hinnasto.

#### SIDONNAISUUDET:

Teuvo Antikainen, Minna Silvennoinen, Jaana Isojärvi, Eeva Mäkinen, Tuija S. Ikonen: Ei sidonnaisuuksia.

Tom Scheinin on toiminut lääkeyritysten ja laitevalmistajien (Aesculap Academy B. Braun, Leiras) tilaisuuksissa esiintyjänä ja osallistunut lääkeyritysten ja laitevalmistajien (B. Braun, Covidien Finland, Ethicon Endosurgery, Olympus Finland) kustannuksella ulkomaisiin kongresseihin.

## ENGLISH SUMMARY

# Training surgical skills with computer-based virtual reality simulators

## Background

Simulators are widely used for educational purposes in many occupations where practice in authentic environments would involve high human or economic risks (e.g. aviation, nuclear power energy production). Several potentially harmful medical procedures can be simulated by increasingly complex and at the same time more expensive techniques and equipment. This review gives an update on computer-based virtual reality (VR) simulators and their use in training for laparoscopic cholecystectomies.

## Methods

A systematic literature review involved gathering relevant publications from leading databases (Medline, Cochrane, Embase). We accepted randomized or controlled trials and the newest systematic reviews (ASERNIP-S 2007).

## Results

Research on the use of simulators for training laparoscopic cholecystectomies is scant. In addition to three studies reported in the ASERNIP-S review, five randomized trials involving VR-simulators were analysed. Furthermore, seven studies comparing black boxes and simulators were included. The results indicated simulator training to be beneficial to novice surgeons. Novices seemed to be able to perform their first real patient cholecystectomies with fewer errors. There are no publications that provide clinical follow-up data following the use of simulators. The computer-based simulators enabled data from training sessions to be stored for later evaluation or monitoring purposes. Even though more independent training with these simulators is possible, optimal learning requires skills training to be conducted as part of a systematic training program. No data on the cost-benefit of simulators exist. In Finland, the price of a VR-simulator begins at EUR 60 000.

## Conclusions

The theoretical background to learning supports the use of simulators, while the limited research data available also support their use in the early phases of surgical training. The cost of buying and using simulators is justified if the risk of injuries and complications to patients can be reduced. Developing surgical skills requires repeated training, something made possible by simulators. In order to achieve optimal learning a validated training programme is needed.

TEUVO ANTIKAINEN, MINNA SILVENNOINEN, TOM SCHEININ, JAANA ISOJÄRVI, EEVA MÄKINEN

#### TUIJA S. IKONEN

Senior Medical Officer, Specialist in Thoracic and Cardiovascular Surgery  
National Institute for Health and Welfare (THL)  
E-mail: tuija.ikonen@thl.fi

English revision: Mark Phillips THL



**LIITETAULUKKO 1.****Tehokkaan simulaattorioppimisen edellytykset.**

High fidelity medical simulations lead to effective learning under following conditions. BEME systematic review. Medical Teacher 2005.

BEME = Best Evidence Medical Education

Ominaisuudet ja käyttö	Tutkimuksia katsauksessa n (%)	Selitys
Palaute oppimisen aikana	51 (47)	Itsearviointi, ohjaajapalaute, laitteen arviointi
Mahdollisuus toistuvaan harjoitteluun	43 (39)	Taitojen automatisoituminen ja siirtyminen oikeisiin tilanteisiin
Integraatio opetusohjelmaan	27 (25)	Kirurgisten perustaitojen oppiminen
Harjoitteen vaikeusasteen kasvattaminen	15 (14)	Kasvattaa taidon hallinnan tasoa
Sopivuus usean oppimisstrategian kanssa	11 (10)	Moninaiset käyttötavat, pienryhmä, yksilöharjoittelu, ohjaus
Kliininen variaatio	11 (10)	Moninaiset oireet, potilastapaukset
Kontrolloitu ympäristö	10 (9)	Virheiden tekeminen sallittua, opetukseen keskittyminen
Yksilöllinen oppiminen	10 (9)	Yksilöllisyys ja vastuu omasta oppimisesta
Selkeät tulokset ja tavoitteet	7 (6)	Tavoitteiden selkeä määrittely ja sopivuus oppijan taitotasolle edistävät oppimista
Validit simulaatiot	4 (3)	Validi ja realistinen simulaatio edistää taitojen kehittymistä ja -siirtymistä

## LIITETAULUKKO 2.

### Hakustrategia.

#### Leikkaussimulaattori

EBM Reviews - Health Technology Assessment <4th Quarter 2009> 5.10.2009

- 1 virtual reality.tw. (0)
- 2 Computer Simulation/ (6)
- 3 Computer-Assisted Instruction/ (6)
- 4 User-Computer Interface/ (1)
- 5 (lapsim or lap mentor or mist-vr).mp. [mp=title, text, subject heading word] (0)
- 6 or/1-5 (11)
- 7 cholecyst\*.mp. or Cholecystectomy, Laparoscopic/ or Cholecystectomy/ (16)
- 8 6 and 7 (1)

EBM Reviews - Cochrane Central Register of Controlled Trials <3rd Quarter 2009> 5.10.2009

- 1 User-Computer Interface/ (469)
- 2 Computer Simulation/ (605)
- 3 Computer-Assisted Instruction/ (490)
- 4 virtual realit\*.ti.ab. (210)
- 5 virtual simulat\*.ti.ab. (15)
- 6 virtual train\*.ti.ab. (4)
- 7 lapsim.ti.ab. (5)
- 8 "lap mentor".ti.ab. (1)
- 9 or/1-8 (1491)
- 10 Cholecystectomy, Laparoscopic/ (608)
- 11 (laparoscop\* adj2 cholecystect\*).ti.ab. (862)
- 12 cholecystect\*.ti.ab. (1603)
- 13 or/10-12 (1627)
- 14 9 and 13 (9)

Ovid MEDLINE(R) <1950 to September Week 4 2009> 5.10.2009

- 1 (lapsim or "lap mentor" or "mist-vr").ti.ab. (107)
- 2 user-computer interface/ (18618)
- 3 Computer Simulation/ (90108)
- 4 Computer-assisted instruction/ (7017)
- 5 virtual realit\*.ti.ab. (2369)
- 6 virtual simulat\*.ti.ab. (166)
- 7 virtual train\*.ti.ab. (42)
- 8 or/1-7 (111688)
- 9 Cholecystectomy, Laparoscopic/ (7549)
- 10 (laparoscop\* adj cholecyst\*).ti.ab. (7500)
- 11 or/9-10 (9301)
- 12 8 and 11 (83)
- 13 limit 12 to yr="2004-current" (47)
- 14 Randomized Controlled Trials as Topic/ (63595)
- 15 Randomized Controlled Trial/ (281115)
- 16 Random allocation/ (66197)
- 17 Double blind method/ (104065)
- 18 Single blind method/ (13453)
- 19 Clinical trial/ (458492)
- 20 Controlled clinical trial/ (80608)
- 21 exp Clinical Trials as Topic/ (222495)
- 22 or/14-21 (725377)
- 23 (clinic\$ adj trial\$1).ti.ab. (135964)
- 24 ((singl\$ or doubl\$ or treb\$ or tripl\$) adj (blind\$3 or mask\$3)).ti.ab. (101094)
- 25 Placebos/ (28490)
- 26 Placebo\$.ti.ab. (119788)
- 27 Randomly allocated.ti.ab. (11429)
- 28 (allocated adj2 random).ti.ab. (639)
- 29 or/23-28 (295713)
- 30 22 or 29 (811389)
- 31 (news or letter or comment or editorial or historical article).pt. (1351760)
- 32 30 not 31 (769985)
- 33 32 and 13 (8)
- 34 Meta-Analysis/ (22822)
- 35 (metaanaly\$ or meta analy\$).ti.ab. (26929)
- 36 meta-analysis as topic/ (9658)
- 37 (systemat\* adj2 (review\$1 or overview\$1)).ti.ab. (21144)
- 38 limit 13 to systematic reviews (1)
- 39 37 and 13 (2)
- 40 39 or 38 (2)
- 41 Curriculum/ (47297)
- 42 13 and 41 (7)
- 43 42 not (40 or 33) (6)

Ovid MEDLINE(R) Daily Update, Ovid MEDLINE(R) In-Process October 05, 2009 5.10.2009

- 1 (lapsim or "lap mentor" or "mist-vr").ti.ab. (3)
- 2 (virtual adj2 (realit\* or train\* or simulat\*)).ti.ab. (262)
- 3 or/1-2 (263)
- 4 (laparoscop\* adj2 cholecys\*).ti.ab. (286)
- 5 3 and 4 (1)

ClinicalTrials.gov 5.10.2009

(virtual reality OR lapsim OR lap mentor OR mist-vr OR computer simulation)  
AND cholecystectomy (3 viitettä)

EMBASE - 1996 to date (EMED) 5.10.2009

- 1 Virtual-Reality.DE (4183)
- 2 Computer-Interface.DE. (4184)
- 3 (MIST-VR OR LAP ADJ MENTOR OR LAPSIM).AB. (37)
- 4 1 OR 2 OR 3 (8210)
- 5 Cholecystectomy.W-.DE. (10407)
- 6 (LAPAROSCOP\$ ADJ CHOLECYST\$).AB. (3877)
- 7 5 OR 6 (10667)
- 8 4 AND 7 (38)
- 9 CLINICAL-TRIAL# (248835)
- 10 (RANDOMIZ\$ OR RCT\$ OR CLINICAL ADJ TRIAL).AB. (120694)
- 12 9 OR 10 (294989)
- 13 8 AND 12 (9)
- 14 META-ANALYSIS.DE. (18598)
- 15 (SYSTEMATIC\$ ADJ REVIEW\$).AB. (10330)
- 16 14 OR 15 (26451)
- 17 8 AND 16 (1)
- 24 Curriculum.W-.DE. OR Curriculum-Development.DE. (7028)
- 25 8 AND 24 (6)
- 26 25 NOT (17 OR 13) (3)

#### Leikkaussimulaattori, VR vs. Black box

Cochrane Central Register of Controlled Trials <4th Quarter 2009> 27.1.2010

- 1 User-Computer Interface/ (497)
- 2 Computer Simulation/ (631)
- 3 Computer-Assisted Instruction/ (509)
- 4 virtual realit\*.ti.ab. (234)
- 5 virtual simulat\*.ti.ab. (15)
- 6 virtual train\*.ti.ab. (4)
- 7 lapsim.ti.ab. (5)
- 8 "lap mentor".ti.ab. (1)
- 9 or/1-8 (1570)
- 10 ((box adj2 trainer\*) or "LS 2000" or "black box").ti.ab. (32)
- 11 9 and 10 (10)
- 12 Laparoscopy/ (1892)
- 13 11 and 12 (7)
- 14 limit 13 to yr="2000-current" (7)

Ovid MEDLINE(R) In-Process, Ovid MEDLINE(R) Daily Update <January 26, 2010> 27.1.2010

- 1 (lapsim or "lap mentor" or "mist-vr" or "box trainer\*" or "LS 2000" or "black box").ti.ab. (102)
- 2 (virtual adj2 (realit\* or train\* or simulat\*)).ti.ab. (225)
- 3 or/1-2 (320)
- 4 ((box adj2 trainer\*) or "LS 2000" or "black box").ti.ab. (97)
- 5 laparoscop\*.ti.ab. (2121)
- 6 and/3-5 (0)
- 7 (random? or rct or compar\*).ti.ab. (127078)
- 8 6 and 7 (0)

Ovid MEDLINE(R) <1950 to January Week 2 2010> 27.1.2010

- 1 (lapsim or "lap mentor" or "mist-vr").ti.ab. (105)
- 2 user-computer interface/ (18733)
- 3 Computer Simulation/ (91309)
- 4 Computer-assisted instruction/ (7088)
- 5 virtual realit\*.ti.ab. (2407)
- 6 virtual simulat\*.ti.ab. (171)
- 7 virtual train\*.ti.ab. (43)
- 8 or/1-7 (112972)
- 9 ((box adj2 trainer\*) or "LS 2000" or "black box").ti.ab. (996)
- 10 Laparoscopy/ (43084)
- 11 and/8-10 (28)
- 12 limit 11 to yr="2000-current" (27)
- 13 Randomized Controlled Trials as Topic/ (63584)
- 14 Randomized Controlled Trial/ (278973)
- 15 Random allocation/ (66268)
- 16 Double blind method/ (103038)
- 17 Single blind method/ (13368)
- 18 Clinical trial/ (452229)
- 19 Controlled clinical trial/ (79853)
- 20 exp Clinical Trials as Topic/ (221791)
- 21 or/13-20 (721276)
- 22 (clinic\$ adj trial\$1).ti.ab. (135690)
- 23 ((singl\$ or doubl\$ or treb\$ or tripl\$) adj (blind\$3 or mask\$3)).ti.ab. (100025)
- 24 Placebos/ (28229)
- 25 Placebo\$.ti.ab. (118601)
- 26 Randomly allocated.ti.ab. (11354)
- 27 (allocated adj2 random).ti.ab. (631)
- 28 or/22-27 (293789)
- 29 21 or 28 (806987)
- 30 (news or letter or comment or editorial or historical article).pt. (1338018)
- 31 29 not 30 (765302)
- 32 12 and 31 (7)
- 33 limit 12 to comparative study (5)
- 34 limit 11 to evaluation studies (5)
- 35 32 or 33 or 34 (13)

**LIITETAULUKKO 3.**
**ASERNIP-S-menetelmänarviointiraportissa systemaattisesti tutkitut tulosuuttajat laparoskooppisten sappileikkausten simulaatio-opetuksen mittaamiseksi.**

VR = virtual reality, VT = video trainer

Tulosuuttaja	Grantcharov 2004	Seymour 2002	Scott 2000 ja 1999
Suoriutuminen simulaattorilla	ei raportoitu	VR-ryhmässä parani alkutasosta	saavuttivat ennalta asetetun tason
Opittujen taitojen sovellettavuus potilastyössä, kokonaisarvio	ei raportoitu	ei raportoitu	ei raportoitu
Leikkauksaika	merkittävästi lyhyempi VR-ryhmällä	lyhyempi VR-ryhmällä (p = n.s.)	ei raportoitu
Onnistuneitten toimenpiteitten osuus	ei raportoitu	ei eroa ryhmien välillä	ei raportoitu
Toimenpiteen toteutus itsenäisesti	ei raportoitu	ei raportoitu	parempi VT-ryhmässä
Valvovan kirurgin puuttuminen leikkauksen kulkuun	ei raportoitu	vertailuryhmässä useammin	ei raportoitu
Assistenttien käyttö	ei raportoitu	ei raportoitu	parempi VT-ryhmässä
Virhetoiminnot	vähenevät VR-ryhmässä	vähemmän VR-ryhmässä	ei raportoitu
Leikkauksen sujuvuus	ei raportoitu	ei raportoitu	ei eroa
Aika ja liikkeet, liikkeiden taloudellisuus ja tehokkuus	parani VR-ryhmällä vs. verrokkit	ei raportoitu	parani VT-ryhmän sisällä, ei eroa ryhmien välillä
Toimenpiteen tunteminen	ei raportoitu	ei raportoitu	ei eroa ryhmien välillä
Instrumenttien tunteminen	ei raportoitu	ei raportoitu	ei merkittävä eroa ryhmien välillä
Instrumenttien käsittely	ei raportoitu	ei raportoitu	parempi VT-ryhmällä
Kudosten käsittely	ei raportoitu	ei raportoitu	parempi VT-ryhmällä
Anatomisten rakenteiden tunnistaminen	ei raportoitu	ei raportoitu	ei raportoitu
Morbideetti ja mortaliteetti	ei raportoitu	ei eroa	ei raportoitu
Tekninen varmuus	ei raportoitu	ei raportoitu	ei merkittävä eroa
Simulaatiokoulutuksen kustannukset	ei raportoitu	ei raportoitu	USD 270 / koulutettava

**LIITETAULUKKO 4.**
**Kontrolloidut tutkimukset.** VR = virtual reality

Tutkimus	Tutkimusasetelma	Osallistujat (n)	Tavoitteet	Menetelmä	Tulokset
Aggarwal 2006	Pyritään kehittämään koulutusohjelma aloittelijoille	Kokeneet skopistit / noviisit (19/21)	Oppimiskäyrän tunnistaminen	Etsittiin mittareita, joilla noviiseja verrataan kokeneisiin	Oppimisjakso pitempi noviiseilla. Koulutusohjelman sisällön tuottamiseksi hyödyllistä tietoa.
Ayodeji 2007	Kyselytutkimus VR-esittelyyn osallistuneille	Ekspertit/aloittelijat (21/28)	Mitata asenteita VR-oppimista kohtaan	Hands on lap sim -laitteeseen (20 min) ja kysely	Molemmat ryhmät pitivät VR-opettelua hyödyllisenä, 84 % arvioi, että se parantaa laparoskopiavalmiuksia.
Aggarwal 2009	Laparoskooppisen sappileikkauksen VR-ohjelma	Aloittelijat/kehittyvät/kokeneet skopistit (31/11/16)	Harjoitusohjelman edelleen kehittäminen	Testattiin 9 perustaito- ja 4 leikkaustehtävää + 1 sappileikkaus	Eri tehtävien oppimiskäyrät vaihtelivat (2-9 toistoa).
Schjieven 2005	VR-koulutus, tapaus-verrokki, loppuarviona leikkauksen potilaalle	VR-kurssin osallistujat/osallistumattomat aloittelevat skopistit (12/12)	Selvittää kurssin vaikutus käytännön suoritukseen	MIST, 4 pv kurssi, luento ja tmp:n simulointia, lopuksi 2 eksperttiä arvioi videon	Kurssi paransi toimimista leikkaustilanteessa.

**LIITETAULUKKO 5.**

**Simulaattoreita ja harjoituslaatikoita vertailevat satunnaistetut tutkimukset.**

VR = virtual reality

Tutkimus	Tutkimusasetelma	Osallistujat, n	Menetelmä ja vertailumenetelmä	Intervention kesto ja vaikutusten seuranta-aika
Ikehara 2009 Havaiji	Alku- ja loppuarvio LapSim-laitteella, kolme tehtävää.	Osallistujia ei kuvata tarkemmin. 57 osallistujaa, 3 ryhmää, n/ryhmä ei käy ilmi.	VRMSS, Box trainer, ei harjoittelua (kirjallisen materiaalin lukeminen)	Kaikille sama harjoittelu-aika, kesto ei kerrota.
Chmarra 2008 Hollanti	Kolme motorista perustehtävää VR- ja Box-laitteella, yksi suorituskerta kummallakin laitteella.	Gynekologiaan erikoistuvat laparoskopiakursseilla, osalla laparoskooppista kokemusta (0–60 tnp). 19 osallistujaa, 2 ryhmää: box-VR 9, VR-box 10.	VR SIMENDO, Box trainer	Ei harjoittelua. Yksi suorituskerta molemmilla laitteilla vastakkaisessa järjestyksessä (box-VR tai VR-box), samalla mittaukset. Edeltävästi video ja tutkijan suullinen opastus tehtävään.
Madan 2007 (SurgEndosc) USA	Alku- ja loppuarvio sialla, neljä tehtävää: preparaatin pussitus, maksabiopsia, staplerointi, suolen kelaus.	1.–2. vuoden lääketieteen opiskelijat, ei operatiivista kokemusta. 65 osallistujaa, 4 ryhmää: VR 17, Box 14, VR+Box 18, verrokkit 16.	MIST-VR, Box (LTS 2000), MIST-VR + Box, ei harjoittelua	10 x 20 min harjoitukset (VR+Box-ryhmällä 10+10 min/krt), etukäteen määrätyt tehtävät. Edeltävästi videoesittely.
Madan 2007 (JSocLaparoendosc) USA	Alku- ja loppuarvio Box-laitteella (harjoituskerrat 1. ja 10.)	1.–2. vuoden lääketieteen opiskelijat 32 osallistujaa, 2 ryhmää: Box 14, VR+box 18.	Box (LTS 2000), MIST-VR + Box	10 krt 20 min harjoitukset (VR+box-ryhmällä 10+10 min/krt), etukäteen määrätyt tehtävät. Edeltävästi ohjaus.
Madan 2005 USA	Alku- ja loppuarvio sialla, neljä tehtävää. Mieliopidekartoitus, ilmeisesti sama aineisto kuin kahdessa muussa Madan ym. julkaisussa.	Prekliinisen vaiheen lääketieteen opiskelijat. 50 osallistujaa, 3 ryhmää: VR 18, Box 14, VR+Box 18	MIST-VR, Box (LTS 2000), MIST-VR + Box	10 x 20 min harjoitukset, etukäteen määrätyt tehtävät.
Youngblood 2005 USA	Vain post-test-mittaus, loppuarvio sialla, kolme tehtävää (tarttuminen ja asetus, suolen kelaus, klipsaus ja katkaisu)	1.–2. vuoden lääketieteen opiskelijat 46 osallistujaa, 3 ryhmää: VR 17, Box 16, verrokkit 13	LapSim, Box (Tower Trainer), ei harjoittelua	4 x 45 min harjoitus tutkijan ohjaamana. Jokaisella kerralla samat 3 tehtävää 10 krt toistettuna. Harjoitukset ja loppuarvio 12 pv aikana.
Munz 2004 Englanti	Alku- ja loppuarvio Box-laitteella, 3-vaiheinen tehtävä vesitäytteisellä kumihanskalla.	Lääketieteen opiskelijat. 24 osallistujaa, 3 ryhmää: VR 8, Box 8, verrokkit 8.	LapSim, Box (Simulations Trainer), ei harjoittelua	30 min ohjattu harjoitus viikoittain kolmena perättäisenä viikkona.

LIITETAULUKKO 5. (JATKOA)

Tulokset	Kommentit	Laatuarvio (pisteet)
<p>Kolme tehtävää, tulokset esitetään ainoastaan yhden tehtävän osalta.</p> <p><b>Tekniset mittarit:</b> Koordinaatiotehtävän läpäisseiden osuus harjoiteryhmissä suurempi (VR 75%, Box 70 %, verrokkit 40 %).</p> <p><b>Aikamittarit:</b> Koordinaatiotehtävään kulunut aika lyhyempi kuin verokkiryhmällä, ei merkitsevää eroa harjoiteryhmiä kesken.</p>	<p>VRMS ja Box-ryhmillä yhtä hyvät tulokset. Kirjoittajat pitivät VRMS:n etuna sitä, että harjoitteita voidaan tehdä itsenäisesti ja laite pisteyttää suoritukset (aika, virheiden määrä, liikkeiden määrä).</p>	Heikko (1)
<p><b>Tekniset mittarit:</b> Kolme tehtävää, kustakin neljä teknistä mittaria (instrumentin kärjen kulkumatka ja syvyyskäsitteily oikealla ja vasemmalla kädellä). Kahdessa tehtävässä ei todettu merkitseviä eroja. Kolmannessa (elastic band) tehtävässä Box-VR-ryhmä parempi sekä Box- että VR-laitteella.</p> <p><b>Aikamittarit:</b> Kahdessa tehtävässä ei todettu merkitseviä eroja. Kolmannessa (elastic band) tehtävässä Box-VR-ryhmä 50 % nopeampi Box-laitteella.</p>	<p>Tavoitteena oli selvittää, auttaako voimapalaute ("force feedback") laparoskooppisten osatehtävien oppimisessa. Kirjoittajien mukaan voimapalaute on hyödyksi opeteltaessa voiman säätelyä vaativia tehtäviä (stretching, grasping). Box-trainer antoi paremmat valmiudet voiman hallintaa vaativiin tehtäviin.</p>	Keskinkertainen (6)
<p><b>Tekniset mittarit:</b> Virhepisteissä ei merkitseviä eroja ryhmien välillä.</p> <p><b>Aikamittarit:</b> 2/4 tehtävässä VR+Box-ryhmällä merkitsevästi nopeampi suoritus kuin vertailuryhmällä. VR- ja Box-ryhmien välillä ei merkitsevä eroa.</p> <p><b>Laatumittarit:</b> Taitojen pisteytys: 1/4 tehtävässä kudosten käsittely ja yleisvaikutelma VR+Box-ryhmällä merkitsevästi parempi kuin muilla ryhmillä.</p>	<p>Tutkimuksessa haluttiin selvittää, tuottaako yhdistetty harjoittelu VR- ja Box-laitteella paremman tuloksen kuin kumpikaan laite yksinään. Kirjoittajien mielestä optimaalisen laparoskooppisen harjoittelun tulisi tapahtua molemmilla laitetyypeillä.</p>	Hyvä (8)
<p><b>Tekniset mittarit:</b> Virhepisteissä ei merkitseviä eroja ryhmien välillä.</p> <p><b>Aikamittarit:</b> Suorituksen kestossa ei merkitseviä eroja ryhmien välillä.</p>	<p>Kirjoittajien mukaan VR-laitteen lisääminen harjoitusohjelmaan ei vaikuttanut tuloksiin (harjoittelun kokonaiskesto siis sama!). Optimaalisen laparoskooppisen harjoittelun tulisi tapahtua molemmilla laitetyypeillä.</p>	Keskinkertainen (5)
<p><b>Laatumittarit:</b> Opiskelijoiden vastaukset: VR- ja Box-ryhmien välillä ei merkitsevä eroa. VR+Box-ryhmässä Box-laitetta pidettiin realistisempänä välineenä, ja 89% koki siitä enemmän apua, 56% piti sitä mielenkiintoisempana ja 83 % valitsisi mieluummin Box-laitteen ko. harjoittelua varten. Molemmilla laitteilla yksittäisen tehtävän vaikeusaste korreloi positiivisesti siitä koettuun hyötyyn.</p>	<p>Tutkimus kartoitti opiskelijoiden mielipiteitä kahdesta eri laitteesta. Box oli vertailussa parempi, mutta kirjoittajilla sama päätelmä kuin edellä: optimaalisen laparoskooppisen harjoittelun tulisi tapahtua molemmilla laitetyypeillä, koska kummallakin on etunsa.</p>	Keskinkertainen (4)
<p><b>Tekniset mittarit:</b> Kokonaispisteet: LapSim paras. Tarkkuus: 1 tehtävässä LapSim paras, 2 tehtävässä ei merkitseviä eroja. Aikamittarit: Ryhmien välinen merkitsevä nopeusero kolmessa tehtävässä (nopeampi &gt; hitaampi, tehtävän nro): Box &gt; verrokkit (3.), LapSim &gt; verrokkit (3.), LapSim &gt; Box (2.)</p>	<p>Kirjoittajat arvioivat liian pienen otoskoon selittävän sitä, ettei ryhmien välille saatu enempää merkitseviä eroja.</p>	Hyvä (6)
<p><b>Tekniset mittarit:</b> Kuusi teknistä mittaria. Box-ryhmällä selkein parannus harjoittelua edeltäneeseen tilanteeseen (Box 6/6, LapSim 2/6, verrokkit 1/6). Harjoiteryhmiä välillä ei merkitsevä eroa.</p> <p><b>Aikamittarit:</b> Tehtävään kulunut aika ei lyhentynyt merkitsevästi kummallakaan harjoitteluun osallistuneella ryhmällä.</p>	<p>Kirjoittajat arvioivat, että molemmat laitteet ovat yhtä tehokkaita laparoskooppisten perustaitojen opetuksessa noviiseille. Arviointi tehtiin Box-laitteella, jolla toinen ryhmä harjoitteli.</p>	Hyvä (7)

**LIITETAULUKKO 6.**
**Satunnaistettujen tutkimusten laatu. Hyvätasoisen tutkimuksen rajana vähintään 5 pistettä ja piste kohdasta 2.**

1 = kyllä, 0 = ei/ei raportoitu/epäselvä, maksimipistemäärä 9 pistettä.

Tutkimus	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	Summa
Hogle 2009	1	1	0	0	1	1	1	1	0	6
Hogle 2008 <sup>1</sup>	0	0	1	0	1	1	1	1	0	5
Lucas 2008	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7
Aggarwal 2007	1	1	0	1	1	0	1	0	1	6
Ahlberg 2007	1	1	0	0	1	1	1	1	1	7
Grantcharov 2004	1	1	0	0	1	1	1	1	1	7
Seymour 2002	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3
Scott 2000 <sup>2</sup>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
<b>VR-simulaattori vs. black box -simulaattori</b>										
Ikehara 2009	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Chmarra 2008	0	0	1	0	1	1	1	1	1	6
Madan 2007 (SurgEndosc) <sup>3</sup>	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Madan 2007 (JSocLaparoendosc)	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5
Madan 2005	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4
Youngblood 2005	0	1	1	0	1	1	1	1	0	6
Munz 2004	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7
<b>Laatuarvointikriteerit:</b>										
(1) Tehtiinkö satunnaistaminen asianmukaisesti?										
(2) Oliko hoidon päätetapahtumien arvioija sokkoutettu intervention suhteen?										
(3) Analysoitiinko tulokset hoitoaikeen mukaan?										
(4) Oliko voimalaskenta tehty?										
(5) Kerrottiinko tutkimuksesta poisjääneiden määrä ja oliko se hyväksyttävä?										
(6) Oliko päätetapahtumien arvioinnin ajoitus samanlainen kaikissa ryhmissä?										
(7) Olivatko tulostittarit validoituja?										
(8) Oliko mukaanottokriteerit kerrottu?										
(9) Olivatko ryhmät samanlaiset merkittävien prognostisten tekijöiden osalta?										
<sup>1</sup> Tulokset ilmoitettu osittain eri tavalla Hogle 2009 artikkelissa, vähentää luotettavuutta.										
<sup>2</sup> Sama aineisto julkaistu kongressiabstractimuodossa 1999.										
<sup>3</sup> Kolme julkaisua, joissa ilmeisesti sama tutkimusaineisto eri tavoin analysoituna.										