

Sárasogsmeðferð

– yfirlitsgrein

Ingibjörg Guðmundsdóttir¹ hjúkrunarfræðingur, Steinn Steingrímsson¹ læknir, Elsa Valsdóttir^{1,2} læknir, Tómas Guðbjartsson^{1,2} læknir

ÁGRIP

Sárasogsmeðferð til að örva ságræðslu var fyrst lýst í núverandi mynd árið 1997. Meðferðin byggir á því að undirþrýstingur er myndaður staðbundið í sárbeðnum með umbúðum og sárasugu sem tengd er við umbúðirnar. Með þessu er sárið hreinsað og flýtt fyrir ságræðslu. Sárasogsmeðferð hefur verið notuð hér á landi í rúman áratug en um er að ræða nýja nálgun í meðferð sára sem hefur nýst í meðferð ýmissa sjúk-

lingahópa, meðal annars sjúklinga með útlímasár en einnig djúpar sýkingar í kviðar- og brjóstholi. Í þessari yfirlitsgrein er farið yfir ábendingar og árangur sárasogsmeðferðar. Greinin er skrifuð með breiðan hóp lækna og hjúkrunarfræðinga í huga og byggð á nýjustu heimildum þar sem meðal annars er vísað til nýlegra íslenskra rannsókna.

Inngangur

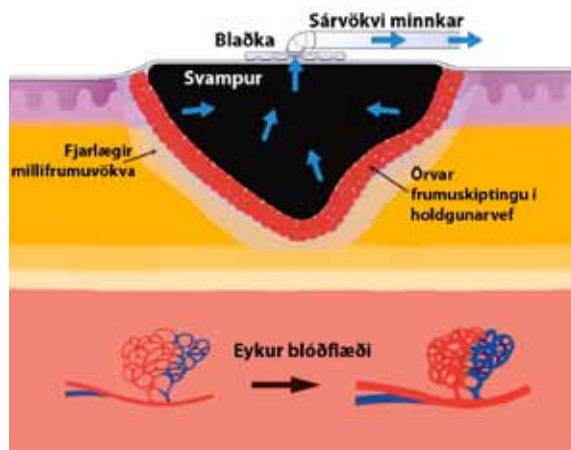
¹Skurðsviði Landspítala,
²Læknadeild Háskóla Íslands.

Sár eru stórt heilbrigðisvandamál en talið er að allt að 1,5% fólks á Vesturlöndum glími við einhvers konar sár á hverjum tíma.¹ Kostnaður vegna sára og sáraumbúða er mikill, eða sem nemur 2-4% af útgjöldum til heilbrigðismála í Skandinavíu.² Á síðustu árum hafa orðið miklar framfarir í meðferð sára og gerð sáraumbúða. Ein helsta nýjungin er sárasogsmeðferð (*negative pressure wound therapy*, NPWT). Sárasogsmeðferð var fyrst lýst í núverandi mynd árið 1997 og kom í stað vættra saltvatnsgrisja sem löngum hafa verið uppistaðan í hefðbundinni sárameðferð.³ Á síðustu árum hefur sárasogsmeðferð rutt sér til rúms um allan heim og telja margir að það sé bylting í sárameðferð. Meðferðin byggir á því að myndaður er undirþrýstingur staðbundið í sárbeðnum með loftþéttum umbúðum og sárasugu sem tengd er við umbúðirnar. Með þessu móti er sárið hreinsað og um leið flýtt fyrir ságræðslu. Sárasogsmeðferð er hægt að nota á flestar tegundir sára en þó sérstaklega við sýkt skurðsár og langvinn sár sykursýkissjúklinga.^{4,12} Meðferðin er dýrari en hefðbundnar sáraumbúðir en á móti kemur að ságræðsla er hraðari sem getur stýtt legutíma og minnkað kostnað.^{5,7}

Virgni sárasogsmeðferðar

Að örva gróningu sára með undirþrýstingi er gamalt ráð, til dæmis voru á miðöldum sett hituð glös á húðsár til að örva blóðflæði í þeim. Upp úr 1980 hófust rannsóknir á því að nota sogkera með lokuðum umbúðum til að græða langvinn sár og sárafistla.¹³ Áratug síðar var farið að reyna meðferðina við venjuleg sár þar sem beitt var samtímis svampi í sárinu og undirþrýstingi.¹⁴ Það var síðan 1997 að Frakkarnir Argenta og Morykwas lýstu fyrstir sárasogsmeðferð eins og hún þekkist í dag.³

Sárasogsmeðferð hefur fjölþætt áhrif á gróningu sára eins og sýnt er á mynd 1. Með því að beita neikvæðum



Mynd 1. Teikning sem sýnir verkun sárasogsmeðferðar. Sjá nánari útskýringar í texta. Myndin er birt með leyfi KCI® Medical.

þrýstingi í sárinu eru gróftur og millifrumuvökvi fjarlægðir úr sárinu en þeir geta tafið gróningu sára.³ Auk þess veldur neikvæður þrýstingur tugi á frumur í sárbeðnum. Togið örvar myndun vaxtarþátta sem hvetja til nýmyndunar æða og auka þannig blóðflæði til sársins. Auk þess örvast myndun holdgunarvefs sem flýtir fyrir gróningu sársins.^{3,15} Loks dregur neikvæður þrýstingur sárkantana saman og minnkar sárið.¹⁶ Í eldri rannsóknum var talið að sárasogsmeðferð hefti vöxt baktería í sárinu en nýrri rannsóknir hafa ekki getað staðfest það.¹⁷

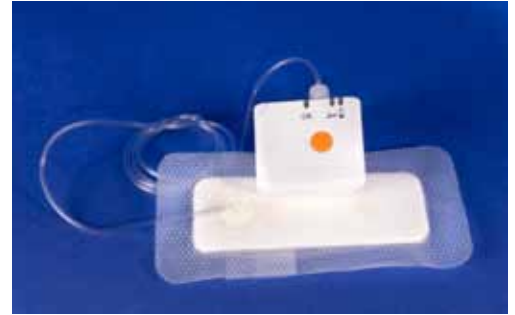
Við sárasogsmeðferð er algengast að beita 125 mmHg neikvæðum þrýstingi.³ Nýrri rannsóknir benda hins vegar til þess að árangur sé ekki síðri þegar beitt er lægri undirþrýstingi, eða allt að 50 mmHg,^{17,18} en blóðflæði við sárkanta er svipað við 50 mmHg og 175 mmHg undirþrýsting.¹⁹ Sami þrýstingur er notaður við grisjur og svampa. Oft ræðst af verkjum sjúklings hversu miklum undirþrýstingi er beitt þar sem mikið sog getur aukið verki. Við stór sár og sár sem vessa mikið er þó oft

Fyrirspurnir:
Tómas Guðbjartsson

tomasgud@landspitali.is

Greinin barst
23. október 2013,
samþykkt til birtingar
4. mars 2014.

Engin hagsmunatengsl
gefin upp.



Mynd 2. Þrjár mismunandi tegundir sárasugu: - fyrir stór sár, til dæmis þau sem mikið vessar úr, - fyrir minni sár, til dæmis þau sem hægt er að meðhöndla á göngudeild eða heima hjá sjúklingi, - fyrir grunn sár, hægt er að koma tækinu fyrir í buxnavasa.

beitt kröftugra sögi, en minni undirþrýstingi frá 70 til 100 mmHg þegar meðferðinni er beitt við opið kviðarhol.¹⁹

Umbúðir og sárasugur

Aðallega er notast við tvær tegundir sáraumbúða; svampa eða grisjur. Fjöldi rannsókna hefur sýnt fram á sambærilegan árangur þessara umbúða, óháð stærð sársins.²⁰⁻²² Grisjur mynda þó þéttari örvef en svampar.²³ Svamparnir eru úr pólýúretani með 400-600 µm stórum götum sem jafna undirþrýstinginn í sárinu. Grisjurnar eru hins vegar gerðar úr léttofnum trefjum sem svipar til hefðbundinna sáragrisja. Auðvelt er að sníða svampinn til í sárið með skærum, í einu eða fleiri lögum, en grisjur eru vættar í saltvatni og lagðar í nokkrum lögum í sárið. Plastfilma er síðan límd yfir sárið og hún látin ná út á húðbarmana þannig að sárið sé loftþétt. Síðan er slanga, sem tengd er sárasugu, fest við umbúðirnar í gegnum 1-2 cm gat á filmunni. Vökvanum úr sárinu er safnað í sérstakt hólfi á sárasugunni sem hægt er að skipta um sérstaklega.

Í dag eru í boði sárasugur af mismunandi stærðum (mynd 2). Stærri tækin eru ætluð sjúklingum á sjúkrahúsum með stór og vessandi sár, en minni tækin fyrir sár sem hægt er að meðhöndla á göngudeild eða í heimahjúkrun. Nýlega kom á markað tæki sem rúmast í buxnavasa. Á því er ekkert safnhólf heldur safnast sáravessi í umbúðir sem hafðar eru í sárinu í allt að viku. Þessi litlu tæki geta nýst við minni og grynri sár en einnig til að styðja við húðágræði.²⁴

Yfirleitt er skipt á umbúðum annan til þriðja hvern dag en þegar hraður gróandi er í sárum getur vefur fest í umbúðunum og er þá skipt oftar um umbúðir.²⁵ Stundum eru umbúðir hafðar lengur, eða í allt að 5 daga eins og við bringubeinssýkingar eftir opnar hjartaskurðaðgerðir.²⁶

Hvort sem notast er við svamp eða grisjur er oftast beitt stöðugu sögi. Þó er hægt að stilla tækin þannig að þau sögi í 5 mínútur með tveggja mínútna hvíld á milli. Ósamfellt sog getur flýtt sárgæðslu en verkir eru meiri og það hentar síður við sár sem mikið vessar úr.^{25,27}

Ábendingar og árangur sárasogsmeðferðar

Árangur sárasogsmeðferðar hefur verið rannsakaður við flestar tegundir sára. Algengustu ábendingar eru langvinn sár og sýkt skurðsár en meðferðinni er einnig oft beitt við opið kviðarhol og undirbúning húðágræðslu.⁴⁻¹²

Sýkt skurðsár

Við grunnar skurðsýkingar nægir yfirleitt meðferð með sýklalyfjum, auk þess sem yfirborð sársins er stundum opnað. Við dýpri sýkingar, sérstaklega þegar gröftur og drep eru til staðar, er sárið opnað frekar og það látið gróa frá botni (*secondary healing*). Ef holrýmið er stórt og vessamyndun mikil, er hefðbundið að beita meðferð með saltvatnsgrisjum sem skipt er um nokkrum sinnum á sólarhring. Í slíkum tilvikum kemur sárasogsmeðferð einnig til greina, en hún getur flýtt fyrir gróanda sársins og auðveldað síðbúna lokun á því (*delayed primary closure*).^{3,28} Ótvíræður kostur sárasogsmeðferðar er að ekki þarf að skipta á sárinu oft á dag og er jafnvel hægt að stýra meðferðinni á göngudeild eða í heima-hjúkrun.²⁹

Bringubeinssýkingar

Skurðsýkingar eru algengt vandamál eftir opnar hjartaaðgerðir (mynd 3). Oftast er um yfirborðssýkingar að ræða, annaðhvort á ganglim þar sem bláæð er tekin fyrir kransæðahjáveitu, eða í bringubeinsskurði.^{30,31} Tíðni yfirborðssýkinga í þessum skurðsárum er í kringum 10% hér á landi, sem er svipað og í framskygnum rannsóknum erlendis.^{30,32,33} Í 1-5% tilfella ná sýkingar í bringubeinsskurði dýpra og geta þá valdið lífshættulegri miðmætisbólgu (*mediastinitis*). Jafnframt eru lífsgæði sjúklinga sem lifa sýkinguna af oft verulega skert.³⁴⁻³⁶

Fyrir tilkomu sárasogsmeðferðar var dánartíðni eftir djúpar bringubeinssýkingar allt að 43%.¹⁰ Hér á landi var þetta hlutfall lægra, eða 4 af 41 sjúklingi (10%) sem meðhöndlaðir voru á tímabilinu 1997-2004.^{34,37} Frá 2005 hafa allar þessar sýkingar verið meðhöndlaðar með sárasogsmeðferð og hefur enginn af rúmlega 20 sjúklingum sem greinst hafa síðan látist úr slíkri sýkingu.³⁷ Erlenlis hefur einnig verið lýst mjög góðum árangri og dánartíðni eftir sárasogsmeðferð er oftast undir 1%, þótt hærra hlutfalli hafi verið lýst.³⁸ Íslensku rannsóknirnar hafa ekki aðeins bent til lægri dánartíðni eftir sárasogsmeðferð heldur hefur endurkomutíðni djúpra sýkinga lækkað marktækt, eða úr 35% í 5% ($p=0,02$).³⁷ Áhrif á lengd legutíma eru hins vegar eru ekki jafn skýr og niðurstöður rannsókna misvísandi.³⁸

Sárasogsmeðferð hefur einnig verið beitt við langvinnar sýkingar eins og sýkta fistla í bringubeini en þær krefjast oft tíðra endurinnlagna og langvarandi meðferðar með sýklalyfjum. Langvinnar sýkingar í bringubeinsskurði eru þó mun sjaldgæfari en bráðar sýkingar sem greinast oftast á fyrsta mánuði eftir aðgerð.^{39,40}

Opið kviðarhol

Við vissar aðstæður getur verið ómögulegt eða óráðlegt að loka kviðarholi, eins og eftir stórar kviðarholsaðgerðir þegar mikill þjúgur hefur myndast í kviðarholslíffærum. Við alvarlega áverka, sýkingar, blóðþurrð og fyrirferðir í kviðarholi eða aftanskinu (*retroperitoneal*) getur þrýstingur í kviðarholi einnig hækkað það mikið að blóðflæði til líffæra skerðist. Þetta kallast kviðarholþrýstingsheilkenni (*abdominal compartment syndrome*) og er lífs-hættulegt ástand.⁴¹ Við slíkar aðstæður er oft gripið til þess að opna kviðarholið og skilja það eftir opið. Sárásogsmeðferð hefur gefist vel hjá þessum sjúklingum og þá í stað blautra saltvatns-grisja sem skipta þarf um daglega.^{42,43} Þessir sjúklingar eru oft mjög veikir, fylgikvillar eru algengir og tíðni fylgikvilla há.^{44,45} Í afturskyggnri rannsókn DeFranzo og félagar voru fylgikvillar marktækt færri eftir sárásogsmeðferð en hefðbundna meðferð og tíðni sýkinga í kviðarholi lægri.⁹ Einnig hefur verið sýnt fram á að auðveldara er að loka kviðarholi sjúklinga sem fengu sárásogsmeðferð í stað hefðbundinnar meðferðar og tíðni kviðslita, sem annars er mjög há, er lægri.^{44,45}

Húðágræðslur og flippaðgerðir

Sárásogsmeðferð hefur verið beitt við lýtalækningar, til dæmis við undirbúning sára fyrir húðágræðslu, við flippaðgerðir og til að styðja við húðágræði.^{6,46} Í slembaðri rannsókn Llanos og félagar var þörf á endurteknum húðágræðum eftir brunasár marktækt lægri, eða 17% (5 af 30 sjúklingum) borið saman við 40% í viðmið-unarhópi (12/30), auk þess sem legutími styttest um fjóra daga.⁶ Í annarri slembaðri rannsókn sást aukinn þekjuvefur hjá þeim sem fengu sárásogsmeðferð og gæði húðágræðanna voru oftast meiri.⁴⁶

Langvinn sár

Stórar slembaðar rannsóknir hafa sýnt að sárásogsmeðferð reynist vel á ýmsar tegundir langvinnra sára.⁵⁷ Í rannsókn Vuerstaek og félagar gréru langvinn fótasár að meðaltali á 29 dögum borið saman við 45 daga með hefðbundinni sármeðferð.⁷ Langvinn sár sykursýkissjúklinga gróa oft illa en þessi sár gróa hraðar með sárásogsmeðferð og sérstaklega hjá þeim sem þurfa aflimun.⁵ Í rannsókn Blume og félagar gréru 43% (79/169) sára hjá sykursýkissjúklingum með sárásogsmeðferð en 29% (48/166) eftir hefðbundna sármeðferð. Auk þess voru aflimanir rúmlega helmingi færri í sárásogshópnum, eða 4% (7/169) samanborið við 10% (17/166).⁴ Sárásogsmeðferð hefur einnig gagnast vel hjá sjúklingum með þrýstingsár (*pressure ulcers*). Í rannsókn De Laat og félagar gréru þessi sár marktækt hraðar ($p=0,001$) og náðist að minnka sárin um helming á tveimur vikum í sárásogsmeðferð borið saman við þrjár vikur í samanburðarhópi.⁴⁷

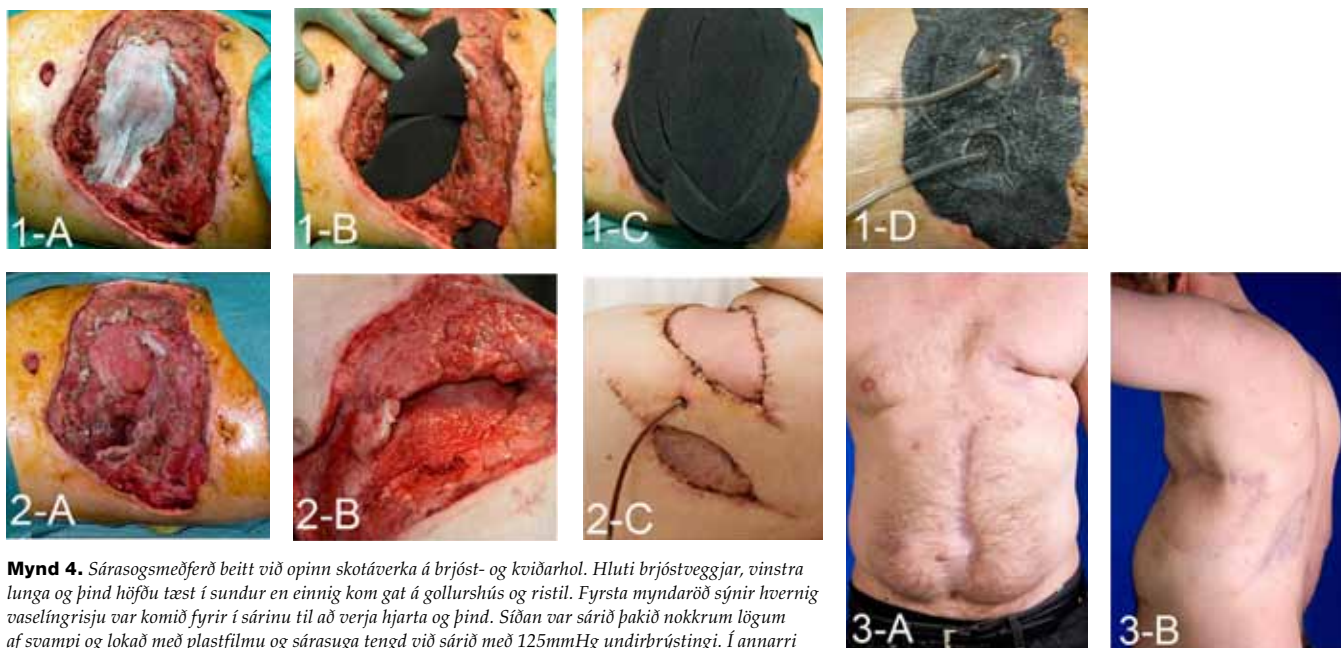
Aðrar ábendingar

Sárásogsmeðferð hefur verið notuð við ýmsa sjaldgæfa sjúkdóma og eftir áverka. Oftast er þá um flókin tilfelli að ræða þar sem önnur meðferð hefur ekki dugað til. Til dæmis hefur leki frá samtengingu eftir vélindabrottnám verið meðhöndlaður með sárásogi sem komið var fyrir með speglunartæki í gegnum vélindað.^{48,49} Svipaðri aðferð var beitt við leka eftir hlutabrottnám á endaparmi þar sem einnig var notast við sérhannaða sárásogu.⁵⁰ Þá hefur sárásogsmeðferð reynst vel við opna háorkuáverka, eins og eftir sprengjuárásir á stríðssvæðum í Írak og Afganistan.⁵¹ Hér á landi



Mynd 3. Djúp sýking í bringubeinsskurði eftir hjartaáðgerð sem meðhöndluð var með sárásogsmeðferð. Sárið er sýnt áður en meðferð var hafin með sárásogsmeðferð (a), meðan á meðferð stóð (b), og eftir tveggja vikna meðferð (c).
Myndir: Tómas Guðbjartsson.

hefur sárásogsmeðferð verið beitt með góðum árangri við alvarlega áverka, til dæmis eftir skotáverka á brjóst- og kviðarhol⁵² (mynd 4). Sárásogsmeðferð hefur einnig verið notuð hjá börnum, til dæmis



Mynd 4. Sáragsmeðferð beitt við opin skotáverka á brjóst- og kviðarhol. Hluti brjóstveggjar, vinstra lunga og þind höfðu tæst í sundur en einnig kom gat á gollurshús og ristil. Fyrsta myndaröð sýnir hvernig vaselíngrisju var komið fyrir í sárinu til að verja hjarta og þind. Síðan var sárið þakið nokkrum lögum af svampi og lokað með plastfilmu og sárásuga tengd við sárið með 125mmHg undirþrýstingi. Í annarri myndaröð sést áverkinn á brjóstakassann tveimur og 7 vikum síðar og eftir flípaferlu og húðágræðslu 7 vikum frá áverka. Síðustu tvær myndirnar sýna sárið 18 mánuðum eftir áverka. Myndirnar eru birtar með leyfi *European Journal of Trauma*.⁵²

við sýkt sár og opin kviðarhol og eru helstu ábendingar svipaðar og hjá fullorðnum en undirþrýstingurinn er þó oft hafður lægri.⁵³

Frábendingar og fylgikvillar

Enda þótt ábendingar fyrir sáragsmeðferð séu fjölmargar á meðferðin ekki alltaf við og dauðsföllum hefur verið lýst.⁵⁴ Helstu frábendingar eru þegar sáragsmeðferð er notuð á óvarin líffæri, blæðandi sár og sár hjá sjúklingum með blæðingavandamál. Sama á við um illkynja sár, flóknar beinsýkingar og sár með umfangsmiklu drepri.^{3,55,56}

Alvarlegustu fylgikvillar sáragsmeðferðar eru blæðingar, sérstaklega frá hjarta þegar meðferðinni er beitt við djúpum sýkingum í bringubeinsskurði. Tíðni blæðinga frá yfirborði hjartans við þessar sýkingar er allt að 21% en reyndist 10% í nýlegri íslenskri rannsókn.^{37,57} Oftast eru blæðingar frá hjarta saklausar yfirborðsblæðingar en rof á hægri slegli er einnig vel þekktur og lífshættulegur fylgikvilli.^{58,59} Rof er hægt að fyrirbyggja með því að verja yfirborð hjartans með vaselíngrisjum sem komið er fyrir undir svampinum. Þá ná beinkantarnir síður að skera sig inn í vöðvang þegar sog er sett á svampinn.^{57,58} Blæðingum hefur einnig verið lýst við sáragsmeðferð annarra sára en í bringubeinsskurði, en sjaldgæft er að þær valdi lífshættulegu blóðtapi.⁶⁰ Þó hefur verið lýst tilfellum þar sem óvarðar æðar hafa rofnað og sjúklingum blætt út.^{61,62} Einnig þarf sérstaka aðgæslu við sáragsmeðferð hjá sjúklingum með blæðingavandamál og hjá sjúklingum sem taka blóðþynnandi lyf.^{55,56}

Ekki er mælt með sáragsmeðferð á stór sár þar sem vefjadrep er til staðar vegna hættu á sýkingum af völdum loftfælinna baktería. Sama á við um ómeðhöndlaðar beinsýkingar (*osteomyelitis*)⁵⁵ eða á illkynja sár, enda meðferðin jafnvel talin geta örvað skiptingu krabbameinsfrumna.³ Sáragsmeðferð getur þó reynt vel við líknandi meðferð illkynja sára, sérstaklega þar sem hægt er að fækka sáraskiptingum.⁶³

Við sáragsmeðferð er mælt gegn því að nota hefðbundið sog í vegg sjúkrafstofu í stað sárásugu þegar sogtæki er ekki tiltækt. Annars geta myndast óæskilegar sveiflur í undirþrýstingi og viðvörðunarkerfi eru ekki til staðar eins og á sárásugum.⁵⁶ Minniháttar blæðingar eru algengar þegar skipt er um umbúðir, til dæmis þegar örvefur í sárbotnum vex inn í svampinn og svampurinn festist í sárinu. Mælt er með því að láta ekki líða of langan tíma á milli umbúðaskipta til að forðast að svampurinn festist í sárinu.²⁷ Einnig er komið fyrir sérstakri filmu í sárbotnum, til dæmis vaselíngrisju.^{25,64}

Vandamál tengd sárbotnum eru algeng en húðin getur soðnað undan umbúðunum og sárin jafnvel stækkað.⁵⁷ Verkir eru annað algengt vandamál, sérstaklega þegar sog er sett á umbúðirnar eða þegar beitt er ósamfelldu sozi. Verkir líða oftast hjá og eru mestir við umbúðaskipti.³ Oftast má slá á verki með því að minnka sozið.²⁷

Við sýkingar í kviðarholi eða kviðvegg er alltaf hættu á myndun garnafistla en einnig þegar kviðarhol er skilið eftir opið.³ Í slembaðri rannsókn Bee og félagar var tíðni garnafistla 21% hjá þeim sem fengu sáragsmeðferð borið saman við 5% hjá þeim sem lokað var með nælonneti.⁶⁵ Í annarri rannsókn var tíðni garnafistla eftir sáragsmeðferð aðeins 7%.⁴⁴ Hættu á garnafistlum er aukin hjá sjúklingum með undirliggjandi sjúkdóma, sömuleiðis hjá sjúklingum með sýkingu í kvið en síður við kviðarholáverka. Óljóst er hvort tíðni garnafistla er hærri við sáragsmeðferð borið saman við aðrar meðferðir sem beitt er við opnu kviðarholi.⁶⁶

Kostnaður

Sáragsmeðferð er kostnaðarsöm, enda tækjabúnaður og umbúðir dýrari en þegar notast er við hefðbundnar sáraumbúðir. Þó hafa slembaðar samanburðarrannsóknir sýnt að heildarkostnaður eykst ekki við sáragsmeðferð. Skýrist það af styttri legutíma vegna hraðari gróningar sára sem vegur upp á móti auknum umbúðakostnaði.^{5,67} Sáragsmeðferð krefst færra starfsfólks⁷ og

heildartími sem fer í sáraskiptingar er marktækt styttri.^{5, 68} Þetta er ótvíræður kostur, ekki síst þegar meðferðinni er beitt í heima-hjúkrun.⁶⁷

Sárasogsmeðferð hérlendis

Sárasogsmeðferð hefur verið notuð á Íslandi í rúman áratug og notkun hennar fer stöðugt vaxandi, sérstaklega innan almennra skurðlækninga. Brjóstholsskurðlækningar og lýtalækningar hafa notað meðferðina mest en einnig æðaskurðlækningar í vaxandi mæli. Í nýlegri grein í *Læknaþláðinu* var farið yfir notkun sárasogsmeðferðar hér á landi á 12 mánuða tímabili árið 2008, bæði innan sjúkrahúsa og utan.⁶⁹ Á þessu 12 mánaða tímabili fengu 56 sjúklingar samtals 65 meðferðir. Oftast var meðferðinni beitt við sýkt skurðsár (40%) og til að örva gróanda (42%). Fullur gróandi náðist í 68% meðferða sem telst mjög góður árangur,⁶⁹ en samkvæmt erlendum rannsóknnum næst gróandi í 29-39% sára með hefðbundinni sárasogs-

meðferð.^{4, 12} Auk þess hefur sárasogsmeðferð verið töluvert rannsókuð við sykingar í bringubeinsskurði eftir opnar hjartaaðgerðir hér á landi. Hefur árangur verið mjög góður og á við það besta sem þekkist erlendis.^{3, 7}

Sárasogsmeðferð er mikilvæg nýjung í sárameðferð sem helst nýtist sjúklingum með langvinn sár og sýkt skurðsár. Mikilvægt er að lækna og hjúkrunafræðingar þekki til helstu ábendinga og frábendinga meðferðarinnar, enda hefur notkun sárasogsmeðferðar farið hratt vaxandi víða um heim.

Þakkir

Þakkir fær Þorkell Jóhannesson ljósmyndari fyrir aðstoð við gerð ljósmynda, Þórunn Edda Bjarnadóttir og Guðrún Berglind Sigurðardóttir fyrir myndvinnslu og Sigfríður Guðjónsdóttir fyrir yfirlestur handrits og ábendingar.

Heimildir

- Gottrup F, Jørgensen B, Karlsmark T. News in wound healing and management. *Curr Opin Support Palliat Care* 2009; 3: 300-4.
- Gottrup F, Holstein P, Jørgensen B, Lohmann M, Karlsmark T. A new concept of a wound healing center and a national expert function of wound healing. *Arch Surg* 2001; 136: 765-72.
- Argenta LC, Morykwas MJ. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: clinical experience. *Ann Plast Surg* 1997; 38: 563-7; discussion 77.
- Blume PA, Walters J, Payne W, Ayala J, Lantis J. Comparison of negative pressure wound therapy using vacuum-assisted closure with advanced moist wound therapy in the treatment of diabetic foot ulcers: a multicenter randomized controlled trial. *Diabetes Care* 2008; 31: 631-6.
- Braakenburg A, Obdeijn MC, Feitz R, van Rooij JA, van Griethuysen AJ, Klinkenbijn JH. The clinical efficacy and cost effectiveness of the vacuum-assisted closure technique in the management of acute and chronic wounds: a randomized controlled trial. *Plast Reconstr Surg* 2006; 118: 390-7; discussion 8-400.
- Llanos S, Danilla S, Barraza C, Armijo E, Piñeros JL, Quintas M, et al. Effectiveness of negative pressure closure in the integration of split thickness skin grafts: a randomized, double-masked, controlled trial. *Ann Surg* 2006; 244: 700-5.
- Vuerstaek JD, Vainas T, Wuite J, Nelemans P, Neumann MH, Veraart JC. State-of-the-art treatment of chronic leg ulcers: A randomized controlled trial comparing vacuum-assisted closure (V.A.C.) with modern wound dressings. *J Vasc Surg* 2006; 44: 1029-37; discussion 38.
- Armstrong DG, Lavery LA, Consortium DFS. Negative pressure wound therapy after partial diabetic foot amputation: a multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2005; 366: 1704-10.
- DeFranzo AJ, Pitzer K, Molnar JA, Marks MW, Chang MC, Miller PR, et al. Vacuum-assisted closure for defects of the abdominal wall. *Plast Reconstr Surg* 2008; 121: 832-9.
- Petzina R, Hoffmann J, Navasardyan A, Malmjö M, Stamm C, Unbehauen A, et al. Negative pressure wound therapy for post-sternotomy mediastinitis reduces mortality rate and sternal re-infection rate compared to conventional treatment. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010; 38: 110-3.
- Bloemen MC, van der Wal MB, Verhaegen PD, Nieuwenhuis MK, van Baar ME, van Zuijlen PP, et al. Clinical effectiveness of dermal substitution in burns by topical negative pressure: a multicenter randomized controlled trial. *Wound Repair Regen* 2012; 20: 797-805.
- Armstrong D, Lavery L. Negative pressure wound therapy after partial diabetic foot amputation: a multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2005; 366: 1704-10.
- Chariker M, Jeter K, Tintle T, Ottford J. Effective management of incisional and cutaneous fistulae with closed suction wound drainage. *Contemporary Surgery* 1989; 34: 59-63.
- Fleischmann W, Strecker W, Bombelli M, Kinzl L. [Vacuum sealing as treatment of soft tissue damage in open fractures]. *Unfallchirurg* 1993; 96/99: 488-92.
- Malmjö M, Ingemansson R, Sjögren J. Mechanisms governing the effects of vacuum-assisted closure in cardiac surgery. *Plast Reconstr Surg* 2007; 120: 1266-75.
- Malmjö M, Ingemansson R, Martin R, Huddleston E. Negative-pressure wound using gauze or open-cell polyurethane foam: similar early effects on pressure transduction and tissue contraction in an experimental porcine wound model. *Wound Repair Regen* 2009; 17: 200-5.
- Birke-Sorensen H, Malmjö M, Rome P, Hudson D, Krug E, Berg L, et al. Evidence-based recommendations for negative pressure wound therapy: Treatment variables (pressure levels, wound filler and contact layer) – Steps towards an international consensus. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011; 64, Supplement S1-S16.
- Borgquist O, Anesäter E, Hedström E, Lee CK, Ingemansson R, Malmjö M. Measurements of wound edge microvascular blood flow during negative pressure wound therapy using thermomodification and transcutaneous and invasive laser Doppler velocimetry. *Wound Repair Regen* 2011; 19: 727-33.
- Malmjö M, Ingemansson R, Martin R, Huddleston E. Wound edge microvascular blood flow: effects of negative pressure wound therapy using gauze or polyurethane foam. *Ann Plast Surg* 2009; 63: 676-81.
- Malmjö M, Ingemansson R. Effects of green foam, black foam and gauze on contraction, blood flow and pressure delivery to the wound bed in negative pressure wound therapy. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011; 64: e289-96.
- Dorafshar AH, Franczyk M, Gottlieb LJ, Wroblewski KE, Lohman RF. A prospective randomized trial comparing subatmospheric wound therapy with a sealed gauze dressing and the standard vacuum-assisted closure device. *Ann Plast Surg* 2012; 69: 79-84.
- Albert NM, Rock R, Sammon MA, Bena JF, Morrison SL, Whitman A, et al. Do patient and nurse outcome differences exist between 2 negative pressure wound therapy systems? *J Wound Ostomy Continence Nurs* 2012; 39: 259-66.
- Borgquist O, Gustafsson L, Ingemansson R, Malmjö M. Micro- and macromechanical effects on the wound bed of negative pressure wound therapy using gauze and foam. *Ann Plast Surg* 2010; 64: 789-93.
- Hudson DA, Adams KG, Huyssteen AV, Martin R, Huddleston EM. Simplified negative pressure wound therapy: clinical evaluation of an ultraportable, no-canister system. *Int Wound J* 2013. doi: 10.1111/iwj.12080
- Malmjö M, Borgquist O. NPWT setting and dressing choices. *Wounds Int* 2010; 1: 1-6.
- Sjögren J, Malmjö M, Gustafsson R, Ingemansson R. Poststernotomy mediastinitis: a review of conventional surgical treatments, vacuum-assisted closure therapy and presentation of the Lund University Hospital mediastinitis algorithm. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; 30: 898-905.
- Malmjö M, Gustafsson L, Lindstedt S, Gesslein B, Ingemansson R. The effects of variable, intermittent, and continuous negative pressure wound therapy, using foam or gauze, on wound contraction, granulation tissue formation, and ingrowth into the wound filler. *Eplasty* 2012; 12: e5.
- Obdeijn MC, de Lange MY, Lichtendahl DHE, de Boer WJ. Vacuum-assisted closure in the treatment of poststernotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 2358-60.
- Yu AW, Rippel RA, Smock E, Jarral OA. In patients with post-sternotomy mediastinitis is vacuum-assisted closure superior to conventional therapy? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013; 17: 861-5.
- Berg TC, Kjørstad KE, Akselsen PE, Seim BE, Løwer HL, Stenvik MN, et al. National surveillance of surgical site infections after coronary artery bypass grafting in Norway: incidence and risk factors. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011; 40: 1291-7.
- El Oakley RM, Wright JE. Postoperative mediastinitis: classification and management. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1030-6.
- Manniën J, Wille JC, Kloek JJ, van Benthem BH. Surveillance and epidemiology of surgical site infections after cardiothoracic surgery in The Netherlands, 2002-2007. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011; 141: 899-904.
- Hallgrímsdóttir H, Kristjánssdóttir Á, Guðbjartsson T. Framsýn gæðarannsókn á tíðni skurðsýkinga eftir opnar hjartaaðgerðir. *Læknaþláðið* 2013; 99/fylgirit 76: 26.
- Steingrímsson S, Gottfredsson M, Kristinnsson KG, Guðbjartsson T. Deep sternal wound infections following open heart surgery in Iceland: a population-based study. *Scand Cardiovasc J* 2008; 42: 208-13.
- Alasmari FA, Tleyjeh IM, Riaz M, Greason KL, Barbari EF, Virk A, et al. Temporal trends in the incidence of surgical site infections in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: a population-based cohort study, 1993 to 2008. *Mayo Clin Proc* 2012; 87: 1054-61.
- Jidéus L, Liss A, Ståhle E. Patients with sternal wound infection after cardiac surgery do not improve their quality of life. *Scand Cardiovasc J* 2009; 43: 194-200.
- Steingrímsson S, Gottfredsson M, Gudmundsdóttir I, Sjögren J, Guðbjartsson T. Negative-pressure wound therapy for deep sternal wound infections reduces the rate of surgical interventions for early re-infections. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2012; 15: 406-10.

38. Falagas ME, Tansarli GS, Kapaskelis A, Vardakas KZ. Impact of Vacuum-Assisted Closure (VAC) Therapy on Clinical Outcomes of Patients with Sternal Wound Infections: A Meta-Analysis of Non-Randomized Studies. *PLoS One* 2013; 8: e64741.
39. Steingrímsson S, Gustafsson R, Gudbjartsson T, Mokhtari A, Ingemansson R, Sjögren J. Sternotaneous fistulas after cardiac surgery: incidence and late outcome during a ten-year follow-up. *Ann Thorac Surg* 2009; 88: 1910-5.
40. Steingrímsson S, Sjögren J, Gudbjartsson T. Incidence of sternotaneous fistulas following open heart surgery in a nationwide cohort. *Scand J Infect Dis* 2012; 44: 623-5.
41. Carr JA. Abdominal compartment syndrome: a decade of progress. *J Am Coll Surg* 2013; 216: 135-46.
42. Kirkpatrick AW, Roberts DJ, De Waele J, Jaeschke R, Malbrain ML, De Keulenaer B, et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the World Society of the Abdominal Compartment Syndrome. *Intensive Care Med* 2013; 39: 1190-206.
43. Carlson GL, Patrick H, Amin AI, McPherson G, MacLennan G, Afolabi E, et al. Management of the open abdomen: a national study of clinical outcome and safety of negative pressure wound therapy. *Ann Surg* 2013; 257: 1154-9.
44. Bjarnason T, Montgomery A, Ekberg O, Acosta S, Svensson M, Wanhainen A, Björck M, Petersson U. One-year follow-up after open abdomen therapy with vacuum-assisted wound closure and mesh-mediated fascial traction. *World J Surg* 2013; 37: 2031-8.
45. Roberts DJ, Zygun DA, Grendar J, Ball CG, Robertson HL, Ouellet JF, et al. Negative-pressure wound therapy for critically ill adults with open abdominal wounds: a systematic review. *J Trauma Acute Care Surg* 2012; 73: 629-39.
46. Moisisidis E, Heath T, Boorer C, Ho K, Deva AK. A prospective, blinded, randomized, controlled clinical trial of topical negative pressure use in skin grafting. *Plast Reconstr Surg* 2004; 114: 917-22.
47. de Laat EH, van den Boogaard MH, Spauwen PH, van Kuppevelt DH, van Goor H, Schoonhoven L. Faster wound healing with topical negative pressure therapy in difficult-to-heal wounds: a prospective randomized controlled trial. *Ann Plast Surg* 2011; 67: 626-31.
48. Wedemeyer J, Schneider A, Manns MP, Jackobs S. Endoscopic vacuum-assisted closure of upper intestinal anastomotic leaks. *Gastrointest Endosc* 2008; 67: 708-11.
49. Weidenhagen R, Hartl WH, Gruetzner KU, Eichhorn ME, Spelsberg F, Jauch KW. Anastomotic leakage after esophageal resection: new treatment options by endoluminal vacuum therapy. *Ann Thorac Surg* 2010; 90: 1674-81.
50. Arezzo A, Miegge A, Garbarini A, Morino M. Endoluminal vacuum therapy for anastomotic leaks after rectal surgery. *Tech Coloproctol* 2010; 14: 279-81.
51. Leininger BE, Rasmussen TE, Smith DL, Jenkins DH, Coppola C. Experience with VAC and delayed primary closure of contaminated soft tissue injuries in Iraq. *J Trauma* 2006; 61: 1207-11.
52. Gudbjartsson T, Sigurdsson H, Sigurdsson E, Kjartansson J. Vacuum-assisted closure for successful treatment of a major contaminated gunshot chest-wound: A case report. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2008; 34: 508-10.
53. Contractor D, Amling J, Brandoli C, Tosi LL. Negative pressure wound therapy with reticulated open cell foam in children: an overview. *J Orthop Trauma* 2008; 22 (10 Suppl): S167-76.
54. Sartipy U, Lockowand U, Gäbel J, Jidéus L, Dellgren G. Cardiac rupture during vacuum-assisted closure therapy. *Ann Thorac Surg* 2006; 82: 1110-1.
55. Vowden K, Téot L, Vowden P. Selecting topical negative pressure therapy in practice. *European Wound Management Association (EWMA). Position Document: Topical negative pressure in wound management.* MEP Ltd, London 2007: 10-4.
56. Argenta LC, Morykwas MJ, Marks MW, DeFranzo AJ, Molnar JA, David LR. Vacuum-assisted closure: state of clinic art. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117 (7 Suppl): 127s-42s.
57. Sjögren J, Gustafsson R, Nilsson J, Lindstedt S, Nozohoor S, Ingemansson R. Negative-pressure wound therapy following cardiac surgery: bleeding complications and 30-day mortality in 176 patients with deep sternal wound infection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2011; 12: 117-20.
58. Petzina R, Malmjö M, Stamm C, Hetzer R. Major complications during negative pressure wound therapy in post-sternotomy mediastinitis after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 140: 1133-6.
59. Thorsteinsson DT, Valsson F, Geirsson A, Gudbjartsson T. Major cardiac rupture following surgical treatment for deep sternal wound infection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013; 16: 708-9.
60. Jones GA, Butler J, Lieberman I, Schlenk R. Negative-pressure wound therapy in the treatment of complex post-operative spinal wound infections: complications and lessons learned using vacuum-assisted closure. *J Neurosurg Spine* 2007; 6: 407-11.
61. White RA, Miki RA, Kazmier P, Anglen JO. Vacuum-assisted closure complicated by erosion and hemorrhage of the anterior tibial artery. *J Orthop Trauma* 2005; 19: 56-9.
62. Malli S. Keep a close eye on vacuum-assisted wound closure. *Nursing* 2005; 35: 25.
63. Ford-Dunn S. Use of vacuum assisted closure therapy in the palliation of a malignant wound. *Palliat Med* 2006; 20: 477-8.
64. Attinger CE, Janis JE, Steinberg J, Schwartz J, Al-Attar A, Couch K. Clinical approach to wounds: debridement and wound bed preparation including the use of dressings and wound-healing adjuvants. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117(7 Suppl): 72s-109s.
65. Bee TK, Croce MA, Magnotti LJ, Zarzaur BL, Maish GO, Minard G, et al. Temporary abdominal closure techniques: a prospective randomized trial comparing polyglactin 910 mesh and vacuum-assisted closure. *J Trauma* 2008; 65: 337-42; discussion 42-4.
66. National Institute for Health and Care Excellence. Negative pressure wound therapy for the open abdomen. IPG467. National Institute for Health and Care Excellence, London 2009. nice.org.uk/nicemedia/live/14315/65841/65841.pdf. – febrúar 2014.
67. Apelqvist J, Armstrong DG, Lavery LA, Boulton AJ. Resource utilization and economic costs of care based on a randomized trial of vacuum-assisted closure therapy in the treatment of diabetic foot wounds. *Am J Surg* 2008; 195: 782-8.
68. Mouës CM, van den Bemd GJ, Meerding WJ, Hovius SE. An economic evaluation of the use of TNP on full-thickness wounds. *J Wound Care* 2005; 14: 224-7.
69. Guðmundsdóttir I, Steingrímsson S, Guðbjartsson T. Sáragsmeðferð á Íslandi - notkun og árangur. *Læknablaðið* 2012; 98: 149-53.

ENGLISH SUMMARY

Negative pressure wound therapy – review

Ingibjörg Guðmundsdóttir¹, Steinn Steingrímsson¹, Elsa Valsdóttir^{1,2}, Tomas Gudbjartsson^{1,2}

Negative pressure wound therapy (NPWT) is a new therapeutic option in wound healing and was first described in its present form in 1997. A vacuum source is used to create sub-atmospheric pressure in the local wound environment to promote healing. This is achieved by connecting a vacuum pump to a tube that is threaded into a wound gauze or foam filler dressing covered with a drape. This concept in wound treatment

has been shown to be useful in treating different wound infections, including diabetic wounds as well as complex infections of the abdomen and thorax. NPWT has been used in Iceland for over a decade and its use is steadily increasing. This review describes the indications and outcome of NPWT and is aimed at a broad group of doctors and nurses where recent Icelandic studies on the subject are covered.

Key words: Negative pressure wound therapy (NPWT), vacuum assisted closure, wound infection, treatment, outcome, review.

Correspondence: Tomas Guðbjartsson, tomasgud@landspitali.is

¹Department of Surgery, Landspítali University Hospital, ²Faculty of Medicine, University of Iceland.