



Alvarlegir hryggáverkar vegna hestaslysa og mögulegar forvarnir

Edda Pálsdóttir

**Ritgerð til B.S gráðu
Háskóli Íslands
Læknadeild
Heilbrigðisvísindasvið**



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Alvarlegir hryggáverkar vegna hestaslysa og mögulegar forvarnir

Edda Pálsdóttir 3.árs læknanemi

Lokaverkefni til B.S gráðu í læknisfræði

Leiðbeinandi: Halldór Jónsson Jr.

Meðleiðbeinandi: Paolo Gargiulo

Læknadeild

Heilbrigðisvísindasvið Háskóla Íslands

Júní 2013

Ritgerð þessi er til B.S gráðu í læknisfræði og er óheimilt að afrita ritgerðina á nokkurn hátt nema með leyfi rétthafa.

© Edda Pálsdóttir

Prentun: Pixel prentþjónusta

Reykjavík, Ísland 2013

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	5
Ágrip	7
Myndaskrá.....	8
Töfluskrá	9
Listi yfir skammstafanir	10
Inngangur	11
Faraldsfræði slysa tengdum reiðmennsku.....	11
Tíðni slysa.....	11
Tímasetning slysa á Íslandi	12
Tildrög slysa.....	12
Áhættuþættir.....	12
Eðli áverka.....	13
Alvarlegir áverkar	13
Höfuð og innankúpuáverkar.....	13
Hryggáverkar, mænuskaðar og úttaugaskaðar	14
Forvarnir	15
Samskipti hesta og manna	15
Öryggisbúnaður	16
Hjálmar	16
Öryggisvesti	16
Líffærafræði hryggsúlunnar	17
Líffærafræði mænunnar	21
Aflfræði hryggsúlunnar	24
Bein.....	24
Hryggþófar.....	24
Liðbönd.....	24
Vöðvar.....	25
Áverkaferli hryggsúlunnar.....	26
Flokkun hryggbrota	28
Myndgreining hryggbrota	30
Aflfræði mænunnar.....	30
Áverkaferli mænunnar	31
Flokkun mænuáverka	31
Markmið.....	33

Efni og aðferðir	34
Rannsóknarþýði	34
Brotaflokkun	35
Flokkun mænuskaða	36
Orsakir slysa og kraftatilgátur	36
Þrívíddarmódel og kraftaprófanir	37
Tölfræðiaðferðir	37
Leyfi	37
Niðurstöður	38
Rannsóknarúrtak	38
Árlegur fjöldi og árstími slysa	38
Orsakir slysa	39
Höfuðáverkar	40
Brotaflokkun hryggbrota	40
Staðsetning og stöðugleiki brota með eða án mænu-eða taugaskaða	41
Kraftaprófanir	42
Umræða	43
Faraldsfræði hryggáverka vegna hestaslysa á Íslandi	43
Tíðni slysa	43
Tímasetning slysa	43
Tildrög slysa	44
Höfuðáverkar	45
Áhættuþættir	46
Brotaflokkun og staðsetning brota	47
Mænuskaði	47
Kraftaprófanir	48
Mögulegar forvarnir	48
Tillögur um hvernig koma má í veg fyrir slys	49
Öryggisbúnaður	49
Veikleikar rannsóknarinnar	50
Lokaorð	51
Þakkir	52
Heimildaskrá	53

Ágrip

Alvarlegir hryggáverkar vegna hestaslysa

Edda Pálsdóttir¹, Paolo Gargiulo^{2,3}, Halldór Jónsson Jr⁴

¹Læknadeild Háskóla Íslands, ²Rannsókn- og þróunarstofa, HTS, Landspítali - háskólasjúkrahús,

³Heilbrigðisverkfræðiskor Tækni-og verkfræðideildar Háskólans í Reykjavík, ⁴Bæklunarskurðeild

Landspítalans

Inngangur

Hestamennska er vinsæl hjá Íslendingum og hefur iðkendum hennar farið fjölgandi síðasta áratug. Tíðni slysa tengdum hestamennsku hefur aukist í takt við þetta. Höfuð- og hryggáverkar eru taldir alvarlegustu áverkarnir sem hljóttast af hestaslysum. Með aukinni hjálmanotkun hefur dregið úr tíðni höfuðáverka en búnaður til verndar hryggnum er ekki í almennri notkun. Markmið rannsóknarinnar er að kortleggja faraldsfræði hryggáverka við hestaslys á Íslandi. Einnig er leitast við að kortleggja eðli og tilurð hryggáverkanna með mögulegar forvarnir í huga.

Efni og aðferðir

Gerð var afturskyggn rannsókn til að finna einstaklinga sem hlutu hryggáverka vegna hestaslysa á tímabilinu 1995-2012. Í raun var um tvö þýði að ræða. Fyrri þýðið samanstóð af einstaklingum sem komu á Landspítala vegna hryggbrota á árunum 1995-1998. Í seinna þýðinu voru einstaklingar sem komu á Landspítala vegna hestaslysa á árunum 1999-2012. Úrtökin úr báðum þýðunum voru þeir sem hlutu alvarlega áverka á háls-, brjóst-, eða lendahrygg vegna hestaslysa. Úrtökin úr þýðunum tveimur voru sameinuð og upplýsingar um einstaklinga í þeim skráðar. Skráð var kyn, fæðingarár, staðsetning hryggáverka með eða án mænu- eða úttaugaskaða, tími árs við óhapp og orsök slyssins. Af CT myndum af hryggsúlu var gerð áverka- og stöðugleikaflokkun samkvæmt AO flokkuninni. Þá voru forritin Mimics og Ansys notuð til að teikna upp þrívíddarmódel og kortleggja eitt af óstöðugu hryggbrotnum. Út frá upplýsingum um hvernig slys átti sér stað voru settar fram tilgátur um álagsstefnur og brotakrafta. Tilgáturnar voru svo sannreyndar með því að prófa þær á þrívíddarmódeli af heilbrigðri hryggsúlu.

Niðurstöður

Á tímabilinu 1995-2012 komu 49 einstaklingar (37 kvk og 12 kk) á Landspítala vegna alvarlegra hryggáverka eftir hestaslys. Meðalaldur kvennanna var rúm 36 ár en karlanna tæpt 51 ár en marktækt fleiri konur hlutu alvarlega hryggáverka á tímabilinu 1999-2012 ($p=0.02$). 35% aukning var á tíðni slysa á tímabilinu 2003-2006 miðað við 1999-2012 ($p=0.05$). Flest slysin áttu sér stað í maí. Alls greindust 71 hryggbrot á þessum 49 einstaklingum. Engar upplýsingar fundust um tvö þessara brota og var því ekki hægt að flokka þau. Um 84% flokkanlegu brotanna heyrðu til flokks A í AO flokkuninni. Af þeim voru um 57% fleyg-samfallsbrot (*wedge-compressions fracture*) sem tilheyra undirflokki A1. Rúm 10% reyndust vera af flokki B. Tæplega 6% brotanna voru á efri hálsliðum og lenda því utan AO flokkunarinnar. Af flokkanlegu hryggbrotnum voru 11 óstöðug, 4 þeirra leiddu til mænuskaða og önnur 4 til úttaugaskaða. Með forritinu Mimics tókst að teikna upp þrívíddarmódel af brotinni og heilbrigðri hryggsúlu og voru brotakraftar og stefnur prófaðar á heilbrigðu hryggsúlunni með forritinu Ansys.

Ályktanir

Hestaslys valda hryggbrotnum sem sum hver eru óstöðug og valda mænu-eða úttaugaskaða. Hryggbrotnin valda verulegu og stundum óafturkræfu heilsutjóni hjá hópi einstaklinga sem flestir eru hraustir fyrir og á besta aldri. Fleiri konur verða fyrir alvarlegum hryggáverkum vegna hestaslysa en karlar. Bundnar eru vonir við að aðferðin sem notuð var við útreikninga á álagsstefnum og brotakröftum geti orðið hornsteinn í þróun búnaðar sem verndar hryggsúlu hestamanna.

Myndaskrá

Mynd 1. <i>Skipting og sveigjur hryggsúlunnar</i>	17
Mynd 2. <i>Bygging dæmigerðs hryggjarliðar</i>	18
Mynd 3. <i>Hreyfieining</i>	19
Mynd 4. <i>Ytri og innri bakvöðvar</i>	19
Mynd 5. <i>Liðbönd hryggsúlunnar</i>	20
Mynd 6. <i>Bygging mænunnar</i>	22
Mynd 7. <i>Æðanæring mænunnar</i>	23
Mynd 8. <i>Hreyfingar hryggsúlu</i>	25
Mynd 9. <i>Spennu/aflögunar kúrfa</i>	27
Mynd 10. <i>Árlegur fjöldi hestaslysa</i>	38
Mynd 11. <i>Dreifing hestaslysa eftir mánuðum á tímabilinu 1995-2012</i>	39
Mynd 12. <i>Staðsetning 69 hryggbrota, þar af óstöðug brot með eða án mænu- eða taugaskaða</i>	41
Mynd 13. <i>Equivalent Elastic Strain test</i>	42

Töfluskrá

Tafla 1: Tegundir og helstu flokkar AO brotaflokkunarinnar	29
Tafla 2: ASIA/Frankel flokkun á taugafræðilegum skaða.	32
Tafla 3: Stigun á vöðvastyrk skamkvæmt ASIA flokkuninni.....	32
Tafla 4: ICD9 og ICD10 greiningarstaðlarnir.....	34
Tafla 5: AO flokkun á hryggbrotum.....	35
Tafla 6: Orsakir og kraftfræði slysa	36
Tafla 7: Heildarfjöldi einstaklinga með alvarlega hryggáverka vegna hestaslysa.....	38
Tafla 8: Orsakir slysa í úrtaki.	39
Tafla 9: Brotaflokkun 69 brota á 47 einstaklingum.....	40

Listi yfir skammstafanir

Skammstöfun	Enskt/alþjóðlegt heiti	Íslenskt heiti
ALL	Anterior longitudinal ligament	Fremra langa liðbandið
PLL	Posterior longitudinal ligament	Aftara langa liðbandið
CSF	Cerebrospinal fluid	Heila-og mænuvökvi
A./a.	Arteria	Slagæð
FEA	Finite Element Analysis	
ÍSí		Íþróttá- og Ólympíusamband Íslands
ASIA	American Spinal Injury Association	
MRI	Magnetic Resonance Imaging	Segulómrannsókn

Inngangur

Faraldsfræði slysa tengdum reiðmennsku

Tíðni slysa

Reiðmennska hefur verið mikið stunduð á Íslandi frá alda öðli og var hesturinn um langt skeið okkar helsti fararskjóti. Um aldamótin 1900 má segja að Íslendingar hafi stigið af baki og sest undir bílstýri. Með tilkomu bifreiðarinnar og betri vega um landið hefur dregið úr vægi hestsins sem samgöngutækis. Þrátt fyrir þetta hefur reiðmennska haldið áfram að vera órjúfanlegur þáttur af menningu íslenskrar þjóðar og hefur frægð íslenska hestsins borist langt út fyrir landsteinana. (1) Ljóst er að vinsældir reiðmennsku hafa farið vaxandi síðustu áratugi en á landinu öllu voru 11.270 skráðir í hestamannafélög í árslok 2011. (2) Landsamband hestamannafélaga telur raunfjölda iðkenda þó vera nær 35.000. (3) Sérstaklega hefur verið mikill vöxtur í reiðmennsku á höfuðborgarsvæðinu. (2) Einnig fjölgar erlendum ferðamönnum sem koma hingað í lengri eða styttri hestaferðir ár frá ári. (4)

Þó að fátt sé skemmtilegra en að þeysast um á góðum hesti í fallegu landi og í góðu veðri þá fylgja því ýmsar hættur. William Kristjánsson et al. gerðu faraldsfræðilega rannsókn á hestaslysum sem náði yfir tímabilið 2000-2008. Á tímabilinu öllu komu 1849 sjúklingar á bráðamóttöku vegna hestaslysa. (5) Í safnrannsókn sem birt var í Bandaríkjunum 2010 kemur fram að um það bil 30 milljón manns stunda hestamennsku þar í landi og að 1 af hverjum 5 hestamönnum hljóti alvarlega áverka á reiðmennskuferli sínum. Með alvarlegum áverka er átt við áverka sem krefjast læknishjálpar og jafnvel innlagnar. (6) Tíðni hestaslysa á landsvísu hefur ekki verið mikið rannsökuð í Evrópulöndum. Þó kemur fram í finnskri rannsókn frá árinu 2011 að þar í landi eru slys tengd reiðmennsku næst algengasta orsök frístunda- og íþróttatengdra áverka. (7) Í danskri rannsókn kemur fram að árlegur fjöldi slysa tengdum reiðmennsku í Danmörku er 8500-8900 og þar af eru 1-2 dauðaslys. (8) Í Ástralíu er talið að tíðni slysa tengdum reiðmennsku sé 1 á 350 klst – 1 á 1000 klst í reið. (9)

Þó að erfitt sé að meta tíðni slysa tengdum reiðmennsku á landsvísu hafa verið gerðar rannsóknir á slysum tengdum reiðmennsku víða um heim. Þær taka yfirleitt til eins eða nokkura afmarkaðra svæða sem þjónað er af einum spítala.

Hér eftir í ritgerð þessari verður talað um slys tengd hestamennsku sem „hestaslys“. Er þá átt við hvers konar slys á mönnum sem verða vegna umgengni þeirra við, eða notkun þeirra á, hestum.

Tímasetning slysa á Íslandi

Í faraldsfræðirannsókn Williams Kristjánssonar et al. á hestaslysum á Íslandi kemur fram að flest slysin áttu sér stað um helgar í mars, apríl og maí. (5)

Tildrög slysa

Ýmsar erlendar rannsóknir sýna að flest slysin eiga sér stað þegar reiðmennska er stunduð í frístundum en ekki sem keppnisíþrótt. (6, 9, 10) Bandarísk safnrannsókn sem tók saman upplýsingar um hestaslys á heimsvísu, sýnir að langalgengasta orsök slysa er þegar knapinn fellur af hestinum, eða í 60-80% tilvika, en næstalgengasta orsök slysa er þegar hestur sparkar í reiðmann. (6) Aðrar rannsóknir hafa sýnt svipaðar tölur. (11-14) Sumar rannsóknir hafa greint nánar orsakir þess að knapar falla af hesti. Dæmi um orsakir sem sáust í svissneskri rannsókn voru að hestur hræddist, hrekkti, neitaði að stökkva, hrasaði eða kæmi of nálægt öðrum hesti. Í öðrum tilfellum missti knapinn jafnvægið eða var ekki að einbeita sér. (15)

Tildrög og orsakir slysa hafa ekkert verið rannsökuð á Íslandi.

Áhættuþættir

Rannsóknir hafa sýnt fram á að hestamennska er hættulegri íþrótt en margar aðrar vinsælar íþróttir og má þar nefna fótbolta, akstur mótorhjóla og skíðasport. (5, 16-18). Í erlendum rannsóknum er hæð, þyngd og hraði hesta sett í samhengi við að miklir kraftar verka á knapa ef hann dettur af baki eða ef hestur sparkar í hann. (6, 9, 12) Nánari rannsóknir á stærð og stefnu krafta sem verka á knapa virðast ekki hafa verið gerðar.

Íslenski hesturinn vegur á bilinu 350-450kg, getur náð allt að 50km/klst og er 121-134cm á hæð á herðakamb. (1)

Rannsóknir hafa sýnt að þeim sem hafa minni reynslu af reiðmennsku er hættara við slysum en þeim reyndari. Sýnt hefur verið fram á öfugt orsakasamband milli reynslu knapa og tíðni slysa. (9, 19, 20) Þrátt fyrir að vanari knöpum sé síður hætt við slysum hafa rannsóknir sýnt fram á að slysin sem þeir verða fyrir eru yfirleitt alvarlegri. (19, 20)

Rannsóknir benda til þess að konur séu í meiri hættu en karlar á að verða fyrir hestaslysum en benda jafnframt til þess að líklega skýrist þessi munur af því að reiðmennska er mun meira stunduð af konum en körlum víða í heiminum. (6, 10) Í svissneskri tilfella – viðmiða rannsókn (*case control study*), þar sem meðal annars var leiðrétt fyrir því að fleiri konur iðka hestamennsku, var kvenkyn samt áhættuþáttur fyrir að slasast í hestaslysi. (15) Íþrótta- og Ólympíusamband Íslands (ÍSÍ) heldur skrá yfir félagsmenn í hestamannafélögum á Íslandi, en nýjustu tölur frá 2011 sýna að fleiri karlar eru skráðir í hestamannafélög en konur. (2) Í

faraldsfræðirannsókn Williams Kristjánssonar et al. á hestaslysum á Íslandi kemur fram að konur voru meirihluti slasaðra, eða um 59% þeirra tilfella sem komu inn á bráðamóttöku Landspítalans á rannsóknartímabilinu. (5)

Erlendar rannsóknir hafa sýnt að hestaþróttir eru vinsælar meðal barna 18 ára og yngri og að iðkun hestaþróttar leiðir til alvarlegra slysa hjá þessum hópi. (12, 14, 20, 21) Í einni þessara rannsókna var áverkastig (*injury score*) barna eftir hestaslys borið saman við áverkastig barna vegna annarra slysa. Áverkastig barna sem hafði verið ekið á var hæst en næsthæst var áverkastig barna sem lent höfðu í hestaslysum. (14)

Eðli áverka

Í miðlægri rannsókn sem tekur til rannsókna á hestaslysum á heimsvísu kemur fram að nokkuð misjafnt er hvaða líkamspartar verða helst fyrir hnjaski. Rannsóknnum ber þó saman um að höfuðáverkum hefur fækkað. Einnig ber flestum rannsóknunum saman um að efri útlimir verði hvað oftast fyrir hnjaski en neðri útlimir hvað síst. Í flestum rannsóknum voru áverkar á bol og kvið þriðju algengustu áverkarnir á eftir áverkum á útlimum og höfði/hálsi. (6) Í rannsókn Williams Kristjánssonar et al. á faraldsfræði hestaslysa á Íslandi kom fram að algengast var að neðri útlimir yrðu fyrir hnjaski eða í 40% tilfella, næstalgengstir voru höfuðáverkar en áverkar á efri útlimum sjaldgæfastir. (5) Í rannsókn Williams var grind (*pelvis*) talin til neðri útlima en í erlendu rannsóknunum var litið á grindina sem hluta af bolnum (*trunk*). (5, 6)

Alvarlegir áverkar

Rannsóknir sýna að höfuð og hryggáverkar eru alvarlegustu áverkar sem hljóttast af hestaslysum (22-24). Höfuðáverkar eru töluvert algengari en hryggáverkar (15). Rannsókn Silver sýndi að tíðni höfuðáverka á móti tíðni hryggáverka væri 5:1. (22) Svissnesk rannsókn sýndi hins vegar hlutfallið 2:1. (15)

Höfuð og innankúpuáverkar

Ýmsar rannsóknir hafa sýnt að höfuð- og innankúpuáverkar (heilaáverkar) verða við hestaslys. Í bandarískri rannsókn á hestaslysum frá 2013, á einstaklingum sem voru meðhöndlaðir á *Oregon Health & Science University*, kemur fram að 41% sjúklinganna hlutu höfuðáverka og af þeim höfðu 82% innankúpuáverka. (23) Önnur bandarísk rannsókn, sem tók til allra koma á bráðamóttöku vegna hestaslysa í Bandaríkjunum, sýndi að 23,2% slösuðust á höfði og að 11,2% hlutu heilaáverka (*traumatic brain injury*). (11) Í svissneskri

rannsókn á hestaslysum frá 2011 var hlutfall höfuðáverka 24% af öllum áverkum en af þeim voru 60% minniháttar með AIS (*Abbreviated Injury Scale*) minna en 3. (15)

Í íslensku faraldsfræðirannsókninni voru höfuðáverkar 16% þeirra áverka sem greindust hjá einstaklingum sem komu á bráðamóttöku eftir hestaslys. (5)

Hryggáverkar, mænuskaðar og úttaugaskaðar

Í rannsókn sem gerð var í Suður Alberta í Bandaríkjunum og tók til 6 ára tímabils voru skoðuð 156 hestaslys. Þrettán prósent þeirra leiddu til mænuskaða en megnið af slysunum, eða 81%, urðu við frístundatengda reiðmennsku. Ellefu einstaklingar létust og var skráð dánarorsök hjá þeim höfuðáverki þrátt fyrir að í sumum tilfellum hafi einnig verið um mænuskaða að ræða. (25)

Siebenga et al. gerðu rannsókn á hryggáverkum vegna hestaslysa í Hollandi. Í rannsókninni voru skoðaðar sjúkraskrár og röntgenmyndir einstaklinga sem komu inn á *Vrije Universiteit medisch centrum* yfir 13 ára tímabil. Alls fundust 36 brot í 32 einstaklingum. Brotin voru flokkuð eftir AO brotaflokkuninni og reyndust öll nema tvö brotanna vera af tegund A. Í rannsókninni kom einnig fram að flest brotin, eða 78%, voru á brjóst-lendahryggs mótunum T11-L2 (*thoracolumbar junction*). Ekki var um mænuskaða að ræða í neinum tilfellanna. (26)

Silver vann safnrannsókn (*metanalysis*) á faraldsfræði mænuskaða vegna hestaslysa og tók saman rannsóknarniðurstöður frá Bretlandi, Bandaríkjunum, Ástralíu, Kanada og Hollandi. Þar kom fram að algengast var að hestaslys leiddu til mænuskaða á brjóst- eða lendahluta mænu. Við mænuskaða af völdum annarra íþróttá, svo sem ruðnings og mótorsports, er algengast að hálshluti mænu skaðist. (22)

Í ástralskri rannsókn voru öll tilfelli sem komu inn á *Prince of Wales* sjúkrahúsið vegna hestaslysa skoðuð yfir þriggja ára tímabil. Í rannsókninni var þeim sem komu inn á sjúkrahúsið vegna hestaslysa skipt í tvo hópa eftir því hve mikla reynslu þeir höfðu af hestum. Í hópi minna reyndra reiðmanna reyndist marktækt hærri tíðni höfuð- og hryggáverka en í hópi reyndra hestamanna (*professional group*). (9)

Írsk rannsókn sýndi fram á að hestaíþróttir eru algengasta orsök mænuskaða vegna íþróttaiðkunar þar í landi. (18)

Faraldsfræði hryggáverka, mænu- eða úttaugaskaða vegna hestaslysa hefur ekki verið rannsökuð sérstaklega hér á landi. Þó kemur fram í rannsókn Sigrúnar Knútsdóttur á faraldsfræði mænuáverka á Íslandi á árunum 1975-2009, að hestaslys voru algengasta orsök frístundatengdra mænuáverka á tímabilinu. (27)

Forvarnir

Samskipti hesta og manna

Hestar eru flóttadýr og því að mörgu leyti óútreiknanlegar skepnur. Samt er það svo að með reynslunni getur knapinn farið að sjá fyrir við hverju hesturinn bregst hverju sinni, hvort sem það er plastpoki sem kemur fjúkandi eftir reiðveginum, reiðhjólamaður eða óvænt hljóð. Með því að vera á varðbergi og vera fyrri til að greina aðstæður en hesturinn er hægt að koma í veg fyrir mörg slys. Einnig er mikilvægt að venja hesta við hluti sem gætu hrætt þá og á þetta sérstaklega við um hesta sem hafðir eru á húsi, þar sem þeir munu sjá og upplifa ýmislegt sem þeir þekkja ekki úr sínum heimahögum. (28, 29)

Ýmsar rannsóknir hafa verið gerðar á greind og atferli hesta bæði hérlendis og erlendis. Hrefna Sigurjónsdóttir hefur rannsakað atferli íslenska hestsins með tilliti til félagslegrar hegðunar. Í rannsóknum Hrefnu kemur fram að hestar eru hjarðdýr sem læra af hinum í hópnum, velja sér vini og berjast fyrir sínu plássi í goggunarröðinni. (29) Ekki er hægt að kalla hesta gæludýr í sama skilningi og hunda því hestar lifa mikið til sjálfstæðu lífi og spjara sig ágætlega án afskipta mannsins. Þetta á sérstaklega við um hesta á útigangi en einnig hesta á húsi, því yfirleitt eru eigendur þeirra bara brot sólarhrings í hesthúsinu. Hestar fá því fyrst og fremst svölun fyrir sína félagsþörf með öðrum hestum en ekki eigandanum. (28, 29)

Hestum getur liðið illa, til dæmis vegna þess að þeir eru einangraðir í hópnum, eða út af lágri stöðu í goggunarröðinni sem leiðir til þess að þeir verða afétnir af hinum hestunum. Önnur uppspretta vanlíðunar hjá hestum er of mikil eða lítil þjálfun, léleg umhirða vegna hirðuleysis eiganda eða óyndi vegna þess að þeim er ekki hleypt nógu mikið út þegar þeir eru hafðir á húsi. (28-30)

Hall og félagar gerðu rannsókn á hegðun hesta í reið. Þar kemur fram að hestar sýna ákveðna hegðun í reið sem endurspeglar hvernig þeim líður líkamlega og andlega. Sem dæmi um þetta má nefna að þegar hestur er hræddur eða reiður er dæmigert að hann sé sperrtur, stari fram fyrir sig, þenji nasirnar og stundum gefur hann frá sér einkennandi hljóð. Einnig er í greininni bent á ýmis konar merki sem hestar gefa frá sér þegar þeir finna fyrir sársauka í reið. (30)

Þegar hestum er riðið eru þeir hafðir á skeifum sem vernda hófa þeirra. Lélegar eða úr sér gengnar járnningar geta meitt hestinn og aukið líkurnar á að hann hrasi. (31-33) Á Íslandi ber nú talsvert á því að hófar séu hafðir langir og þyngdir með því að steypa í þá. Þetta á sérstaklega við um keppnishross og er þetta gert í þeim tilgangi að ná fram meiri fótalyftu. (33)

Öryggisbúnaður

Í bæklingi sem Vátryggingafélag Íslands gerði í samstarfi við Landssamband hestamannafélaga er fjallað um öryggisbúnað fyrir hestamenn. Þar eru reiðhjálmar, öryggisvesti, reiðskór, endurskinsmerki, hanskar og öryggisstöð talin upp sem lágmarksöryggisbúnaður hestamanna. (32) Hér verður fjallað sérstaklega um hjálma og öryggisvesti en hlutverk þeirra er að koma í veg fyrir alvarlegustu áverkana. (19, 22)

Hjálmar

Í rannsókn Hamilton sem var birt í Kanada 1993 voru rannsökuð 156 hestaslys en einungis tveir reiðmenn voru með hjálm þegar slys varð. (25) Margt hefur breyst frá þessum tíma og hafa fjölmargar rannsóknir sýnt að dregið hefur úr tíðni höfuðáverka við hestaslys og er það rakið til aukinnar notkunar hjálma. (6, 9, 11, 25, 34-36).

Þrátt fyrir þetta virðist einhver hluti reiðmanna enn þverskallast við að nota hjálma. Í bandarískri afturskyggnri rannsókn á alvarlegum hestaslysum sem birt var 2007 og náði yfir 10 ára tímabil, kom fram að einungis 9% þeirra sem lentu í hestaslysum voru með hjálm þegar slysið varð. (16) Önnur bandarísk rannsókn á hestaslysum sem birtist 2013 sýndi að 20% þeirra sem slösuðust höfðu notað hjálm. (23) Í þýskri rannsókn á hestaslysum sem var birt 2013 höfðu 33.3% verið með hjálm þegar slysið varð. Í annarri þýskri rannsókn sem birtist 2012 voru hins vegar mun fleiri, eða 86%, með hjálm þegar slys varð. (10) Engar rannsóknir hafa verið gerðar á hjálmanotkun reiðmanna á Íslandi. Hjálmanotkun við reiðmennsku er ekki lögbundin á Íslandi. Því er ekki gott að fullyrða um hvernig málum er háttað hér.

Öryggisvesti

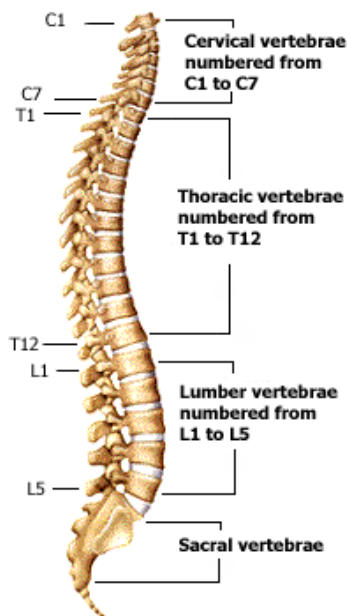
Gagnsemi öryggisvesta hefur verið mun minna rannsökuð en hjálma og að sama skapi eru þau almennt lítið notuð. (21, 32) Í þeim rannsóknum sem þó hafa verið gerðar hefur ekki tekist að sýna fram á að öryggisvesti dragi úr áverkum á bol við hestaslys. Í rannsókn Hessler er bent á að líklega hafi einhver gruggandi þáttur (*confounder*) haft áhrif á niðurstöðurnar sem og það að hönnun vestanna sé ábótavant. (37) Fjölmargar rannsóknir benda á að boláverkar, að meðtöldum áverkum á hryggsúlu, séu mikið áhyggjuefni og kemur það enn betur í ljós nú þegar dregið hefur úr tíðni höfuðáverka. Því benda rannsakendur á að nauðsynlegt sé að finna leiðir til að draga úr boláverkum, bæði með betri forvörnum en einnig með hönnun öryggisvesta. (16, 21, 24, 26, 37, 38)

Líffærafræði hryggsúlunnar

Mikið er um latnesk og engilsaxnesk orð í þessxari umfjöllun sem ekki er hægt að íslenska án þess að textinn verði óskiljanlegur; þau eru skáletruð í textanum. Þar sem heiti og hugtök eru íslenskuð, er alþjóðlega/enska heitið skáletrað í sviga fyrir aftan.

Hryggsúlan samanstendur af 33 hryggjarliðum. Þar af eru 7 háls hryggjarliðir, 12 brjóst hryggjarliðir, 5 lendaliðir, 5 spjaldhryggjarliðir og 3-4 rófubeinsliðir. Spjaldhryggjarliðirnir renna saman í einn beinstrúktúr, spjaldbeinið og sama á við um rófubeinsliðina sem mynda rófubeinið. (39, 40)

Á hryggsúlunni eru sveigjur sem eru henni eðlislægar. Fyrstu gráðu sveigjur er að finna á brjóst- og spjaldhrygg og vísar nafnið til þess að sveigjurnar koma fram á fósturskeiði og haldast þegar barn vex úr grasi. Annarrar gráðu sveigjur er hins vegar að finna á háls og lendahrygg en þær myndast þegar barn fer að halda haus og standa. (39, 40) (mynd 1)

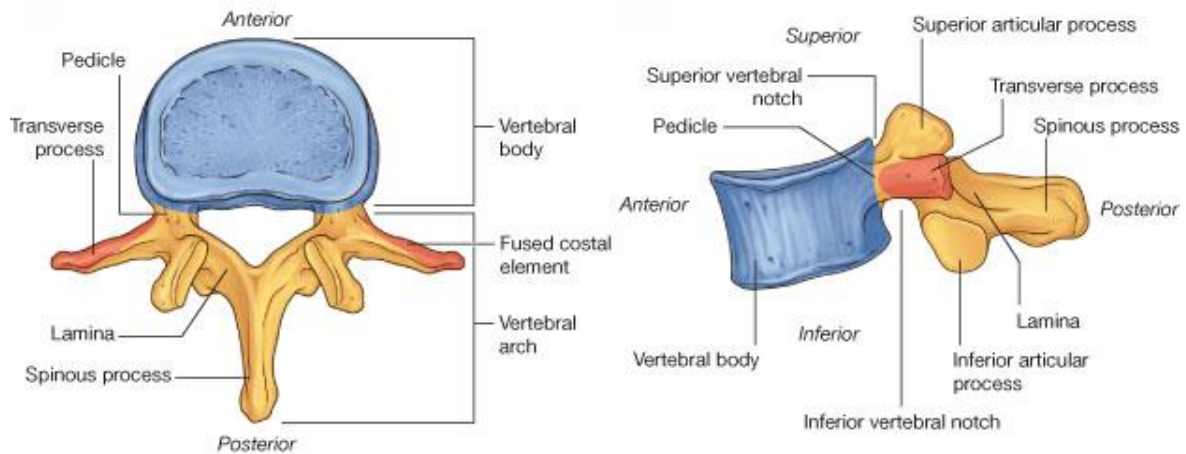


Mynd 1. Skipting hryggsúlunnar í háls-, brjóst-, lenda-, spjaldhrygg og rófubein og sveigjur hryggsúlunnar. Mynd tekin af vefslóð 23. apríl: <http://www.all-about-car-accidents.com/car-accident-neck-injuries.html>

Bygging einstakra hryggjarliða er mismunandi á milli svæða, en ákveðin byggingareinkenni eru sameiginleg. Dæmigerður hryggjarliður samanstendur af hryggjarbol (*corpus vertebrae*) og hryggjarbrú (*arcus vertebrae*). Hryggjarbolir vísa fram og sjá um að bera þyngd. Þeir fara stækkandi frá C1 að L5. Hryggþófar (*discus intervertebralis*) úr trefjabrjóski liggja á milli aðlægra hryggjarliða. Hryggjarbrúin er tengd við hryggjarbolinn með tveimur stilkum (*pediculus*). Skarð er í stilkum hryggjarliðanna bæði að ofan og neðan. Milli aðlægra hryggjarliða myndast því taugaop (*foramina intervertebralia*) en út um það op

ganga úttaugar. Smá- eða stýriliðir (einnig kallaðir zygapophyseal eða facettuliðir) sem tengja saman liðtinda (*processus articularis*) aðlægra hryggjarliða afmarka taugaopið baklægt en hryggþófi og hryggjarbolir afmarka opið framantil. Tvær þynnur (*laminae*) ganga frá stilkunum og renna saman í miðlínu aftan til. (39, 40) (mynd 2)

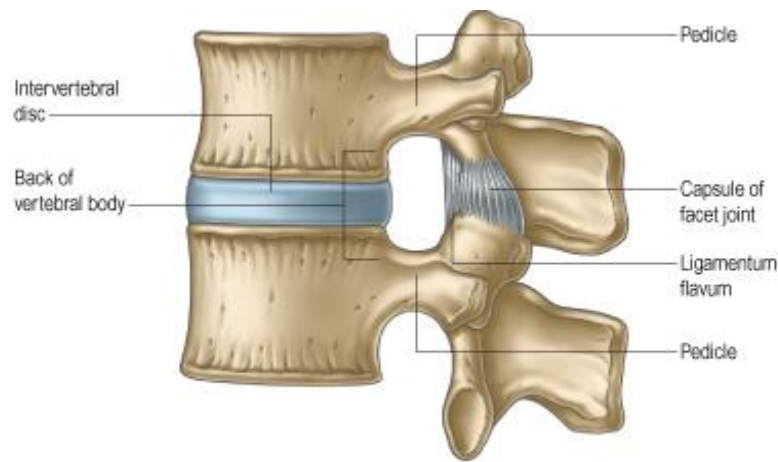
Hryggjarbrýrnar mynda saman hliðlæga og baklæga hluta mænuganganna (*canalis vertebralis*) sem ná frá fyrsta hálshryggjarliðnum, C1, til síðasta spjaldhryggjarliðarins, S5. Þessi beingöng innihalda mænuna og himnurnar sem vernda hana, ásamt æðum, bandvef, fitu og mænutaugum. Á hryggjarbrúnni eru byggingareiningar sem gegna ýmsum hlutverkum. Hryggjindur (*processus spinosus*) gengur aftan úr hryggjarbrúnni (nema á C1) og veitir festingu fyrir vöðva og liðbönd. Þvertindar (*processus transversus*) ganga út frá brúnni til hliðar, þar sem stilkur og þynna mætast, og mynda tengingu við rifbein á brjóstsvæði. Frá þessum sömu mótum ganga einnig efri og neðri liðtindar (*processus articularis superior et inferior*) sem tengja saman aðlæga hryggjarliði. (39, 40) (mynd 2)



Mynd 2. Bygging dæmigerðs hryggjarliðar

Mynd tekin af vefslóð 23. apríl: <http://medicinexplained.blogspot.com/2011/06/vertebra-diagram-of-typical-vertebra.html>

Það eru tvær megingundir af liðum milli hryggjarliða, annarsvegar sambryskjur (*symphyses*) milli hryggjarbola og hins vegar hálaliðir (*synovial joints*) milli liðtinda. Á dæmigerðri hreyfieiningu tveggja hryggjarliða eru því þrjú liðir, tveir hálaliðir og ein sambryskja. Sambryskjur eru úr glærbrjóski á hvorum hryggjarbolnum og hryggþófa sem liggur þar á milli. Hryggþófinn samanstendur af innri kjarna sem kallast þófakjarni (*nucleus pulposus*) sem er umlukinn ytri hring sem kallast trefjabaugur (*annulus fibrosus*). Hálaliðirnir eru zygapophyseal liðir. Þunnur liðpoki umlykur hvern lið og inn í þeim eru litlir liðþófar (*meniscoides*) og slímhúð (*synovia*) sem framleiðir liðvökva. (39-42) (mynd 3)

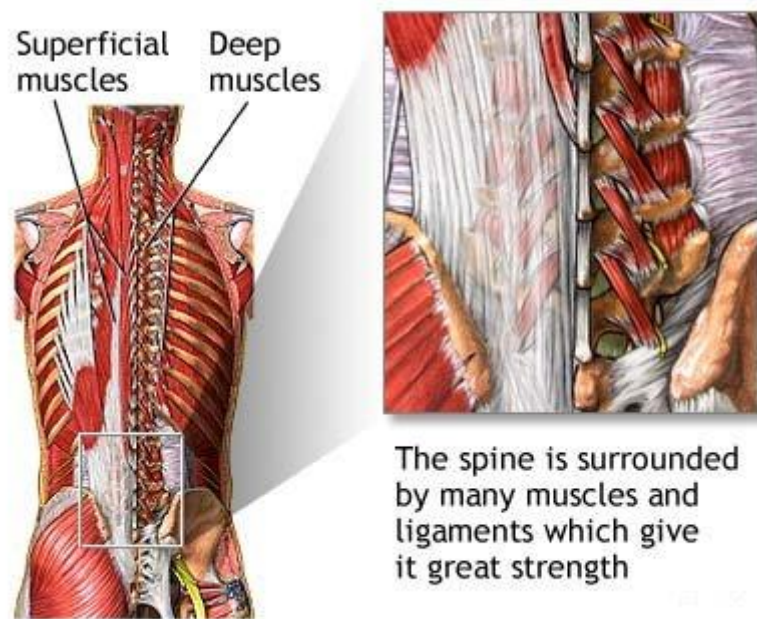


© Elsevier Ltd 2005. Standing: Gray's Anatomy 39e - www.graysanatomyonline.com

Mynd 3. Liðir milli tveggja hryggjarliða sem saman mynda svokallaða hreyfieiningu.

Mynd tekin af vefsslóð 23. apríl <http://www.cixip.com/index.php/page/content/id/1323>

Vöðvar í bakinu eru oft flokkaðir sem ytri (*extrinsic*) og innri (*intrinsic*) og byggir sú flokkun á fósturfræðilegum uppruna þeirra og tegund ítaugunar. Ytri vöðvarnir eru ítaugaðir af fremri kvísl (*anterior ramus*) mænuúttauga. Þeir koma að hreyfingu efri útlima og brjóstkassa. Innri vöðvarnir eru ítaugaðir af aftari kvísl (*posterior ramus*) mænuúttauga. Hlutverk þeirra er að hreyfa, styðja við og vernda hryggsúluna. Þeir koma einnig að hreyfingu höfuðs og rifja. Innri vöðvarnir ná allt frá grindinni (*pelvis*) upp að höfuðkúpunni. (mynd 4) (39, 40)



Mynd 4. Ytri og innri bakvöðvar.

Mynd tekin af vefslóð 27. maí: http://www.disabled-world.com/artman/publish/spine_picture.shtml

Ýmis liðbönd styrkja og styðja liði milli hryggjarliða. Þau liggja milli hryggjarbola og tengja einingar beinbrúanna saman. Fremra langa liðbandið (*ligamentum longitudinale anterius-ALL*) gengur frá kúpubotni niður að frambrún spjaldbeins (*sacrum*). Liðbandið tengist hryggþófum og hryggjarbolum þar sem það liggur eftir lengd hryggsúlunnar. (39, 40) (mynd 5)

Aftara langa liðbandið (*ligamentum longitudinale posterius - PLL*) liggur frá C2 og tekur í raun við af þekjuhimnu (*tectorial membrane*) sem tengir C2 við kúpubotn (*base of skull*). Liðbandið tengist hryggþófum og hryggjarbolum með sama hætti og ALL. (39, 40) (mynd 5)

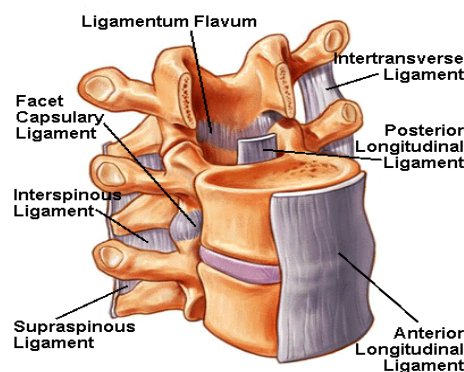
Tvö gulu liðböndin (*ligamentum flavum*), eitt á hvorri hlið, liggja milli þynna (*laminae*) aðlægra hryggjarliða. Liðböndin liggja frá baklægu yfirborði neðri hryggjarliðarins að framlægu yfirborði hryggjarliðarins að ofan. Þau eru hluti af bakhlið mænuganganna. (39, 40) (mynd 5)

Ligamentum supraspinale liggur baklægt milli hryggstinda (*processus spinosus*) frá hryggjarlið C7 að spjaldhrygg (*sacrum*). Frá hryggjarlið C7 að höfuðkúpu ber liðbandið nafnið *ligamentum nuchae*. (39, 40) (mynd 5)

Ligamentum interspinale liggur frá grunni (*base*) að toppi (*apex*) hvers hryggstindar. Framantil rennur það saman við *ligamentum flavum*, en bakatil við *ligamentum supraspinale*. (39, 40) (mynd 5)

Ligamentum intertransversarium liggur milli þvertinda tveggja aðlægra hryggjarliða. (39, 40) (mynd 5)

Gulu liðböndin (*ligamentum flavum*), *ligamentum interspinale*, *ligamentum supraspinale*, *ligamentum nuchae* og *ligamentum intertransversarium* mynda saman aftari liðbandaflækju (*posterior ligamentous complex*). (43)



Mynd 5. Liðbönd hryggsúlunnar

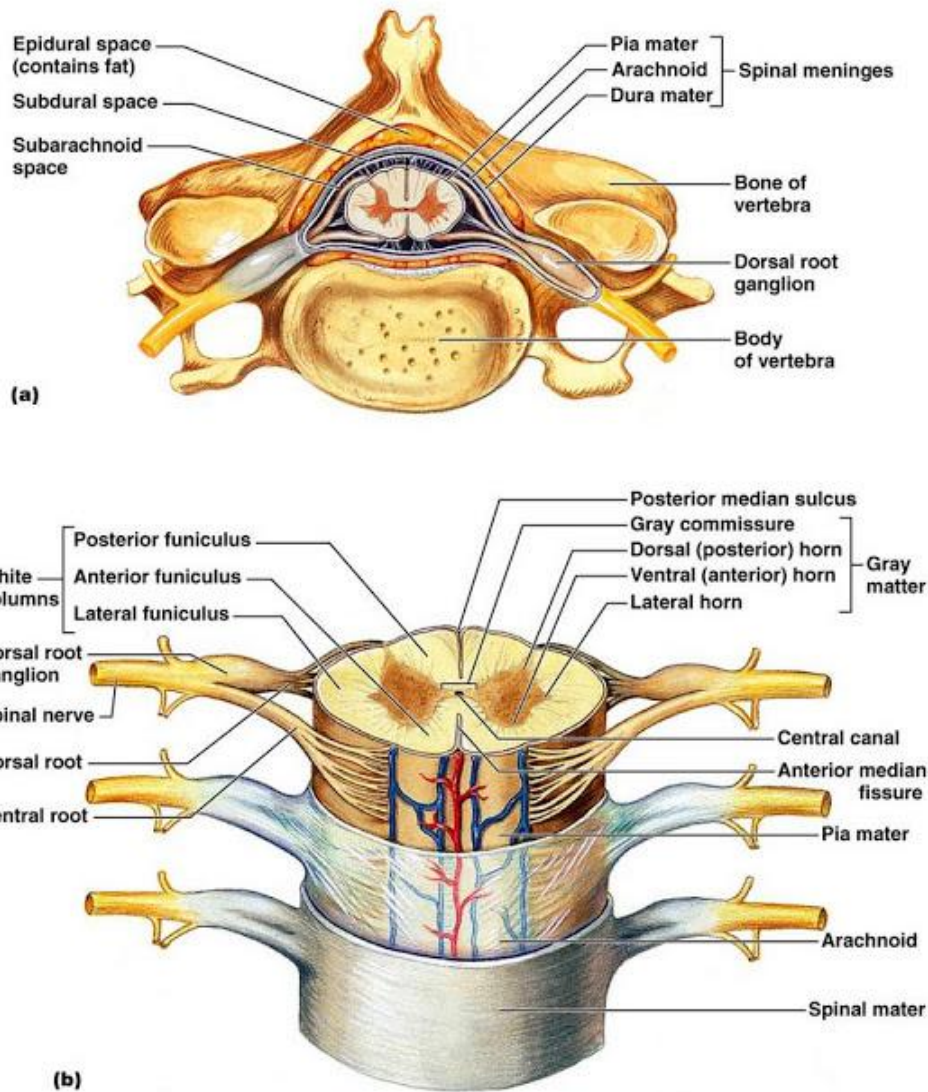
Mynd tekin af vefslóð 23. apríl: <http://www.spineuniverse.com/anatomy/lumbar-spine>

Líffærafræði mænunnar

Mænan liggur innan í mænugöngum sem eru mynduð úr hryggjarliðum og mjúkvefjabáttum. Framveggur mænuganganna er myndaður úr hryggjarbolum, hryggþófum og tengdum liðböndum. Hliðlægu veggirnir og þakið eru úr hryggjarbrúm og liðböndum. Þrjár himnur umlykja og verja mænuna. Innst eru reifar (*pia mater*), *arachnoid mater* er í miðið og yst er bast (*dura mater*). *Ligamentum denticulatum* er framhald af mænureifum (*pia mater*). Liðbandið er á pörtum laust til hliðanna en inn á milli festir það mænuna við miðhimnuna, *arachnoid mater*, og fer einnig í gegnum hana og festist í ystu himnuna, *dura mater*. Bil er á milli *pia mater* og *arachnoid mater* sem kallast subdural bil (*spatium subarachnoideum*) og er fyllt heila og mænuvökva (*cerebrospinal fluid* - CSF). Ysta himnan, *dura mater*, er sterk trefjahimna sem umlykur mænuna lauslega. *Dura* er aðskilin frá beinvegg mænuganganna með bili sem kallast epidural bil (*spatium epiduralis*) og er fyllt lausgerðum bandvef, fitu og bláæðflækjum. (39, 40, 44) (mynd 6a)

Mænan er nokkurn veginn eins og sívalningur í laginu og er tengd við mænukylfuna (*medulla oblongata*) ofan til. Mænan er misbreið eftir lengd sinni niður mænugöngin og er sérstaklega breið á tveimur stöðum, á háls og lendasvæði. Þessar útvíkkarir kallast armflækja (*brachial plexus*) og spjaldhryggsflækja (*sacral plexus*) en þaðan koma taugar til efri útlíma annars vegar og neðri útlíma hins vegar. Rétt neðan við spjaldhryggsflækjuna verður mænan keilulaga (*conus medullaris*) og markar keilan enda mænunnar. Frá broddi keilunnar gengur þráður af bandvef, endapvengur (*filum terminale*), niður á við og festist við rófubeinið. (40, 44)

Í byrjun fósturlífs nær mænan eftir allri lengd mænuganganna en það breytist þegar þriðja mánuði fósturlífs er náð. Eftir þann tíma verður lenging hryggsúlu hraðari en mænu. Mænan er því mun styttri en hryggsúlan í fullorðnum og endar hún yfirleitt í hæð við L1-L2, en það er þó breytilegt. Því ganga mænutaugarnar út frá mænunni undir vaxandi halla og er leið þeirra innan mænuganganna lengri því sem neðar dregur. (39, 44)



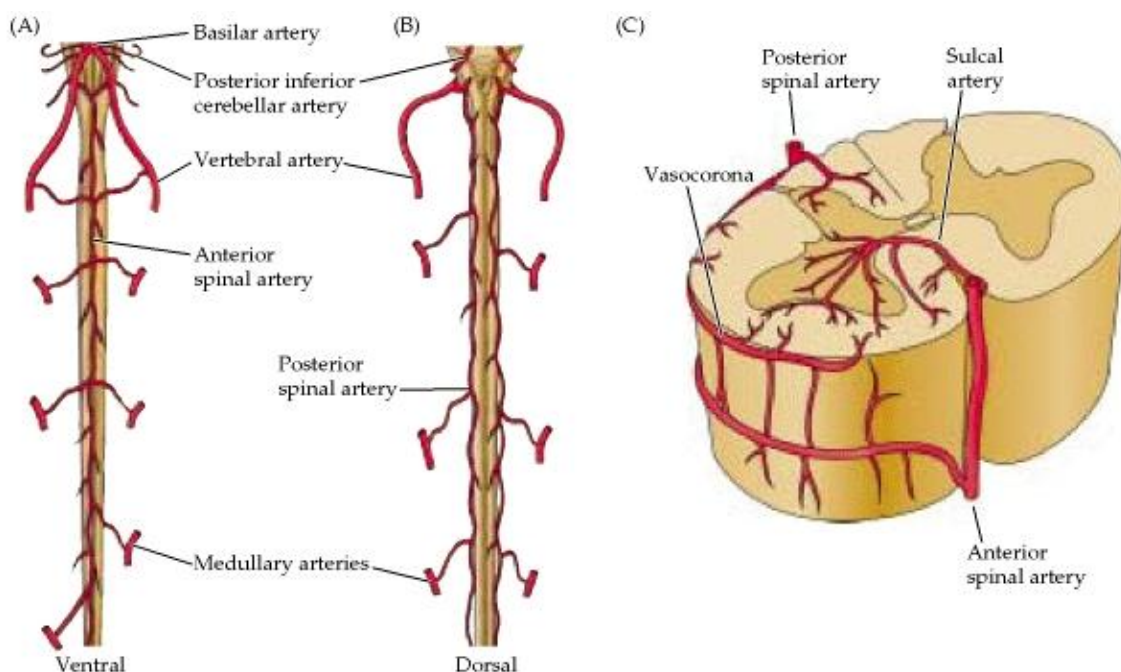
Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Mynd 6. (a) Himnur sem vernda mænu og bil milli þeirra. **(b)** Innri bygging mænu og úttaugar frá mænu. Mynd tekin af vefslóð 23. apríl: <http://dla-by411.blogspot.com/2011/04/neuroanatomy-post-3-development-spinal.html>

Mænan er úr hvítu efni (*white matter*) og gráu efni (*gray matter*). Hvíta efnið samanstendur af taugabrotum sem bera boð um hreyfingu og skyn. Gráa efnið samanstendur af frumuból taugafruma. Út frá mænunni gengur 31 par af mænutaugum, 8 frá hálshluta, 12 frá brjósthluta, 5 frá lendahluta, 5 frá spaldbeinshluta og 1 frá rófubeinshluta. Uppruni mænutauganna er frá taugabúntum (*nerve fascicles*) sem ganga hliðlægt frá fram- og afturhluta mænunnar sitt hvoru megin. Sex til átta taugabúnt sameinast í baklæggar og kviðlæggar taugarætur (*nerve roots*). Þessar rætur renna síðan saman þegar mænutaugarnar ganga út úr mænugöngunum gegnum taugaop (*foramina intervertebralia*). Þrátt fyrir að taugaræturnar sameinist í eina mænutaug halda taugabúntin áfram að vera aðskilin innan mænutaugarinnar þar sem þau gegna ólíku hlutverki. Baklægu mænuræturnar eru úr aðfærandi taugungum (*afferent neurons*) sem bera skynboð frá líkamanum til miðtaugakerfis en framlægu ræturnar

er úr fráfarandi taugungum (*efferent neurons*) sem bera boð frá miðtaugakerfinu til líkamans. Rétt eftir að mænutaugin hefur gengið út um taugaopið skiptist hún í þunna aftari grein (*ramus*) og þykka fremri grein. Aftari grein mænutaugarinnar ítaugar húð og vöðva í baki en fremri greinin, sem er mun þykkari, ítaugar vöðva og húð framan á líkamanum auk þess að ítauga útlimina. Þegar taugaræturnar ganga frá mænunni draga þær með sér hluta af verndandi himnum mænunnar, *dura mater* og *arachnoid mater*, og koma sér þannig upp eigin varnarslíðri. (39, 40, 44) (mynd 6b)

Blóðflæði til mænunnar er frá þremur slagæðum sem liggja eftir henni endilangri. Tvær slagæðar liggja eftir bakhlið mænunnar, *arteria spinalis posterior*, en ein eftir framhliðinni, *arteria spinalis anterior*. *A. spinalis anterior* myndast við samruna tveggja greina frá *a. vertebralis* í hæð við mænukylfu (*medulla oblongata*) og gengur niður miðlínu á kviðlæggi hlið mænu. *A. spinalis posterior* eiga uppruna sinn frá annað hvort *a. vertebralis* eða *a. inferior posterior cerebelli*. Þær ganga svo niður eftir bakhlið mænunnar sitt hvoru megin við miðlínu. Þegar komið er niður fyrir hálshluta mænu bætist í blóðflæði *a. spinalis anterior* og *a. spinalis posterior* með æðamótum við *a. radicularis* sem ganga frá *a. cervicalis ascendens*, *a. intercostales* og *a. lumbalis*. *A. radicularis* ganga í gegnum taugaop (*foramina intervertebralia*) og skiptast í fremri og aftari greinar sem fylgja svo fremri og aftari greinum mænutauganna. Bláæðarnar fylgja svipuðu mynstri og því sem lýst er hjá slagæðunum. (40, 44, 45) (mynd 7)



Mynd 7. Æðanæring mænunnar

Mynd 2. Tekin af netinu 29. apríl: <http://thepainsource.com/complications-of-cervical-transforaminal-epidural-steroid-injections/>

Aflfræði hryggsúlunnar

Hægt er að útskýra hlutverk beinagrindar og vöðva sem við hana festast út frá grunnlögmálum aflfræðinnar (*mechanics*). Lífaflfræði (*biomechanics*) skoðar áhrif orku og krafta á líffræðilegt kerfi. Kraftar sem verka á hryggsúluna eru annaðhvort línulegir eða hringlaga. Ef kraftur er hringlaga er talað um vægi (*moment*) og veldur það snúningi um tiltekinn ás. Vægi er jafnt stærð kraftsins sem verkar á hryggsúlu margfaldað með þverstæðri fjarlægð kraftsins frá henni. (46)

Þegar hryggsúlan og mjúkvefir sem henni tengjast eru skoðaðir út frá lögmálum lífaflfræðinnar fæst betri skilningur á hlutverki hryggsúlunnar og hvað gerist þegar hún getur ekki lengur gengt því. (42)

Bein

Hryggjarbolir eru aðallega úr frauðbeini og bera áslægt álag (*axial load*) á hryggsúlu. Frauðbein er teygjanlegt og þolir því talsverða bjögun (*strain*). Með vaxandi hæð og breidd hryggjarbolanna niður eftir hryggjarsúlu vex hæfni þeirra til að bera áslægt álag. (42)

Facettuliðir hryggsúlunnar eru sérstaklega hannaðir til að bera samþjöppunarkrafta sem myndast við beygingu (*flexion*) og snúning (*rotation*). Lega facettuliða ákvarðar hreyfigetu hryggsúlunnar og er hún misjöfn eftir svæðum hryggsúlu. Hreyfanleikinn er hvað mestur á háls- og lendasvæði en minni á brjóstsvæði. (42, 46, 47)

Rifbein veita efri og miðhluta brjósthryggjar aukinn stöðugleika með rif-hryggjarliðum (*costovertebral*) og rif-brjóstbeinsliðum (*costosternal*).

Hryggþófar

Hryggþófar eru úr sterkum trefjabaug (*annulus fibrosus*) sem umlykur mjúkan og hlaupkenndan þófakjarna (*nucleus pulposus*) sem virkar eins og höggvörn (*shock absorber*). Styrkur trefjabaugsins liggur í því að hann er úr þéttum kollagenvöndlum sem raðast upp á gormlaga hátt. Þessi uppröðun leiðir til þess að sammiðja áslægt álag dreifist jafnt um hryggþófann. Ef álagið er utan miðju verður samþjöppun á trefjabaugnum á þeirri hlið sem krafturinn verkar með hliðrun á þófakjarna til mótlægrar hliðar. Lega þráða í trefjabaugi er breytileg milli laga hans en veitir það honum viðnám gegn skerkröftum (*shear force*) og snúningskröftum (*rotational force*). (42) (mynd 3)

Liðbönd

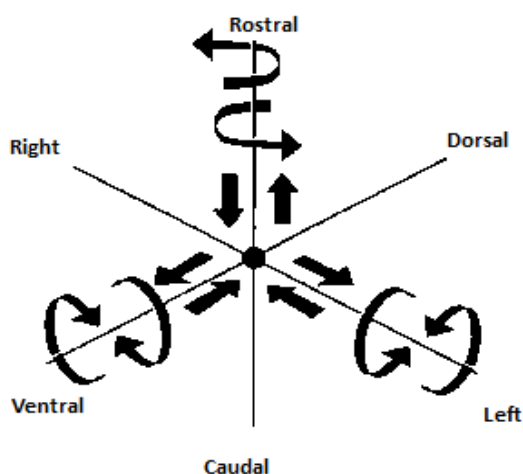
Liðbönd hryggsúlu tengja saman hreyfieiningar og búa þau yfir seigju og teygjanleika (*viscoelasticity*). Liðböndin veita hryggsúlunni hlutlausan stöðugleika með vægi (*moment*) vegna legu þeirra með tilliti til snúningsáss hryggsúlu. Fremra langa liðbandið (ALL) veitir

viðnám gegn réttingu (*extension*). Aftari liðbandaflækjan veitir viðnám gegn beygingu (*flexion*). Aftara langa liðbandið (PLL) veitir eitthvert viðnám gegn beygingu en vegna innri byggingareiginleika og styttri fjarlægðar frá snúningsási hryggsúlu er viðnámið mun minna en viðnám ALL. (42) (mynd 5)

Vöðvar

Ýmsir vöðvar hreyfa hryggsúluna en aðrir veita henni stöðugleika. Ytri bakvöðvar, öndunar og millirifjavöðvar, kviðvöðvar, vöðvar í neðri hluta bols (*transversus abdominis*) og réttivöðvar hryggsúlu (*erector spinae*) hreyfa hryggsúluna. Djúpu bakvöðvarnir veita hryggsúlunni stöðugleika. (42) Vöðvar sem verka á hryggsúlu og utanaðkomandi kraftar valda vægi á hryggsúluna. Sem dæmi má nefna þegar haldið er á hlut með útréttum örmum. Djúpu bakvöðvarnir þurfa þá að veiga upp á móti þessu vægi til að hryggsúlan geti haldist upprétt. Ef djúpu bakvöðvarnir virka ekki sem skyldi, eins og sést í sjúklingum sem orðið hafa fyrir mænuskaða eftir hryggbrot, tapast hæfnin til að halda uppréttri stöðu. (46)

Bein hryggsúlu og mjúkvefir sem henni tengjast eru mismunandi eftir svæðum hryggsúlu og ákvarðar þessi munur hreyfanleika hryggsúlunnar. Hálshryggur, brjósthryggur og lendahryggur eru hreyfanleg svæði hryggsúlunnar. Þau hafa sex frelsisgráður (*degrees of freedom*) því hryggsúlan getur hreyfst á sex vegu eftir þremur ásum. (42) (mynd 8)



Mynd 8. Hreyfingar hryggsúlu

Mynd tekin af vefslóð 30. maí:

<http://www.fizioterapeutom.pl/materialy/artykuly/biomechanika/32-biomechanics-of-the-spine>

Hálshryggurinn er hreyfanlegasta svæði hryggsúlu, þá lendahryggur en brjósthryggur er minnst hreyfanlegur.

Áverkaferli hryggsúlunnar

Hryggáverkar eru algengastir á skilunum milli minna og meira hreyfanlegra svæða: efsti háls hryggjarliðurinn, skilin milli háls- og brjóstliða og skilin milli brjóst- og lendaliða. (47-49)

Farhad Pirouzmand er al. gerðu afturvirka faraldsfræðirannsókn á hrygg- og mænuáverkum eftir alvarlega áverka (*trauma*), sem náði yfir 20 ára tímabil. Á tímabilinu komu 12.192 sjúklingar inn á stærsta *trauma center* í Kanada en af þeim voru 23.2% með hryggáverka. Í rannsókninni var hryggáverki (*spine injury*) skilgreindur sem öll hryggbrot og/eða tilfærsla með eða án mænuskaða. Í rannsókninni kemur fram dreifing hryggáverkanna niður eftir hryggnum. Á háls hrygg voru 29% áverkanna, 21% á brjósthrygg og 50% á lenda- og spjaldhrygg. Tuttugu prósent sjúklinganna höfðu marga hryggáverka. Í 79% tilfella reyndust einstaklingar með hryggáverka einnig vera með höfuðáverka. (50)

Í evrópskri ferilrannsókn (*cohort study*), sem gerð var til að meta líkur á hryggáverkum með eða án mænuskaða eftir alvarlega áverka, komu fram svipaðar tölur varðandi dreifingu hryggáverka, eða að lendahryggur varð oftast fyrir áverka, þá háls hryggur en síst brjósthryggur. (13)

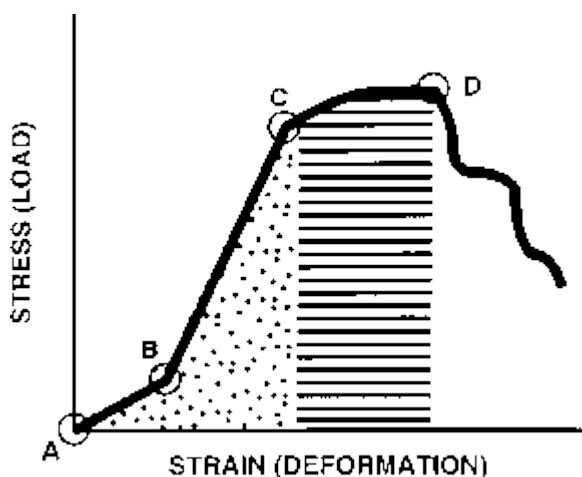
Þó að orsakir hryggáverka séu margvíslegar hafa Magerl et al. sýnt fram á að þrjú kraftar eru að verki við þessa áverka. (51) Þetta eru:

1. Samþjöppunarkraftur (*compressive force*) sem veldur samþjöppunar áverka (*compression injuries*) og sprungum (*bursts*).
2. Togkraftur (*tensile force*) sem veldur skaða með þverstæðri sundrun (*transverse disruption*).
3. Áslægt snúningsátak (*axial torque*) sem veldur snúnings áverka (*rotational injuries*).

Flatarmál þess svæðis sem skemmist við hryggáverka fer eftir stærð og stefnu kraftsins sem veldur skemmdunum og viðkvæmum svæðum hryggjarins. Hversu viðkvæm svæði innan hryggsúlunnar eru fer eftir efniseiginleikum vefjanna á viðkomandi svæði og því hvernig vefirnir á svæðinu vinna saman. Baklægir þættir hryggsúlu standast til dæmis vel togkrafta en þola illa samþjöppunarkrafta. Þessu er öfugt farið um kviðlæga þætti hryggsúlunnar sem standast vel samþjöppun. Það er samlegðaráhrifum þessara svæða að þakka að hryggsúlan getur staðist krafta sem valda beygingu (*flexion*) sem hefur bæði tog- og samþjöppunarþætti. Hryggsúlan hefur minni hæfni til að standast hliðlæga beygingu (*lateral flexion*), réttingu (*extension*) og vindingu (*torsion*). (42)

Hægt er að spá fyrir um skemmdir á vefjum hryggsúlu með spennu/aflögunar kúrfu (*stress/strain curve*). Kúrfan skiptist í þrjú svæði: svæði hlutlausrar aflögunar, svæði

teygjanlegrar aflögunar og svæði varanlegrar aflögunar. Stærsti hlutinn af upphaflegri aflögun sem hryggsúlan verður fyrir þegar kraftur verkar á hana leggst á liðböndin og hryggþófana og er aflögunin innan hlutlausa svæðisins. Þegar þanmörkum hlutlausa svæðisins er náð aflagast vefirnir samkvæmt lögmáli Hooke's. Aflögun af þessu tagi er innan teygjanlega svæðisins (*elastic zone*) og er stærð þess háð teygjueiginleikum vefjanna sem byggja upp svæðið og er því stærra fyrir liðbönd en bein. Þegar þanmörkum teygjanlega svæðisins er náð leiðir allt viðbótar álag (*stress*) til varanlegra skemmda (*plastic zone*). (42, 46) (mynd 9)



Mynd 9. Spennu/aflögunar kúrfa. AB er hlutlausa svæðið, BC er teygjanlega svæðið og CD er svæði varanlegra skemmda. Punktarnir undir línunni gefa til kynna styrk en strikin fjáðurmagn. Mynd tekið af vefslóð 9. maí: <http://www.fizjoterapeutom.pl/materialy/artykuly/biomechanika/32-biomechanics-of-the-spine>

Ef skemmd á sér stað við efri mörk teygjanlega svæðisins slaknar á þeim hluta hryggsúlunnar með tilheyrandi stækkun á hlutlausa svæðinu. Þessi stækkun á hlutlausa svæðinu er samnefnari fyrir óstöðugleika innan viðkomandi svæðis hryggsúlu. (42)

Hægt er að spá fyrir um afstöðu og feril hryggbrota með því að skilja stærð og stefnu kraftvigursins miðað við snúningsás hryggsúlu. Hversu alvarlegur áverki á hryggsúlu verður veltur á stærð kraftsins og beygjuvægi (*bending moment*) hans. (42)

Með Finite Element Analysis (FEA) eru þessi fræði notuð til að skoða hvernig kraftar verka á hryggsúlu án þess að gera prófanir á mönnum. Þá eru búin til þrívíddarmódel af hryggsúlum eftir upplýsingum sem grágildi (*grayvalue*, *Hounsfield unit*) frá CT myndum gefa af hryggsúlu. Hver myndeyning (*pixel*) á CT myndinni hefur ákveðið grágildi en beint samband er á milli grágildis sem efni tekur og eðlismassa þess. Út frá grágildunum er hægt að gera svokallaða hlutun (*segmentation*) og skilja þannig hryggsúlu frá aðlægum byggingareiningum. Yfirborði módelisins er lýst á STL (*STereoLithography*) formi sem byggir á þríhyrningum sem hver um sig hefur þrjú hnit og ákveðna stefnu. Hægt er að nota þessa

þríhyrninga sem mót fyrir ferflötunga sem lýsa þá öllu rúmmáli móðelsins. Þegar lýsing á rúmmáli móðelsins liggur fyrir er hægt að gefa vefjum í móðelinu ákveðna efniseiginleika. Það er gert með því að gefa ákveðnum grágildum þekktu efniseiginleika ákveðinna vefja byggt á formúlum. Þá er orðið til þrívíddarmóðel sem er ekki bara eftirlíking af lögum hryggsúlu heldur líkir móðelið einnig eftir innri eiginleikum hryggsúlu og mismunandi vefjasamsetningu hennar (brjósk, bein, liðbönd osfrv). Á móðelinu er svo hægt að gera verkfræðilegar prófanir og skoða hvers konar spennu og aflögun það veldur á móðelinu af hryggsúlunni. (52, 53)

Flokkun hryggbrota

Til eru margar flokkanir á hryggbrotum sem byggja ýmist á mögulegri orsök (*origin*) brotsins eða líffærameinafræði (*pathoanatomy*). Hér verður stuðst við AO (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*) *comprehensive classification* sem Magerl og Aebi settu fram eftir rannsókn á 1445 hryggbrotum á brjóst- og lendahrygg. (51) Sú flokkun byggir að sumu leyti á hugmyndum sem áður höfðu verið settar fram. Þar ber helst að nefna framlag Holdsworth, Whiteside og Denis.

Holdsworth benti á mikilvægi aftari liðbandaflækjunnar (*posterior ligamentous complex*) fyrir stöðugleika hryggsúlu. (43)

Whiteside kynnti tveggja dálka hugtakið (*two column concept*) þar sem hryggsúlunni er líkt við krana. Hugmyndin er að hryggsúlan skiptist í tvo dálka. Fremri dálkurinn samanstendur af hryggjarbolum og hryggjarþófum sem bera þyngdina, rétt eins og burðarás krana. Aftari dálkurinn er úr baklægum einingum hryggsúlu ásamt liðböndum, sem hafa togkrafta svipað og reipin á krana. (54).

Denis þróaði hugmynd Whiteside um skiptingu hryggsúlunnar í dálka enn frekar og skipti henni í þrjá dálka. Aftari dálkurinn er í samræmi við lýsingu Holdsworth á aftari liðbandaflækjunni. Miðdálkurinn tekur til aftara langa liðbandsins (*ligamentum longitudinale posterius*), aftari hluta trefjabaugis (*posterior annulus fibrosus*) og aftari hluta hryggjarbola. Fremri dálkurinn tekur til fremri hluta hryggjarbola, fremri trefjabaugis (*anterior annulus fibrosus*) og fremra langa liðbandsins (*anterior longitudinal ligament*). (55) Þessi skipting í dálka er sett fram til að meta óstöðugleika hryggbrota. Ef aðeins einn dálkur verður fyrir skaða er áverki talinn stöðugur og krefst ekki meiri meðferðar en hvíldar og verkjastillingar. Ef tveir dálkar verða fyrir skaða er áverki talinn óstöðugur og krefst viðgerðar með stöðgun (*immobilization*). Þriggja dálka skaði veldur yfirleitt taugafræðilegum skaða og þarfnast viðgerðar til að koma í veg fyrir frekari skaða. (39, 55)

Eins og Margerl, einn höfunda AO flokkunarinnar bendir á, er erfitt að hugsa um stöðugleika hryggsúlu sem allt eða ekkert fyrirbæri og er hugtakið stöðugleiki í raun einskis virði ef það er ekki sett í samhengi við kraftana sem leiddu til áverkans. (51) Ástæðan fyrir þessu er að áverkar á hryggsúlu geta verið stöðugir með tilliti til einnar hreyfingar en óstöðugir með tilliti til annarrar og er því réttara að hugsa um óstöðugleika sem einhverskonar róf á bilinu nokkuð stöðugt til mjög óstöðugt. (42, 51) Óstöðugleiki getur verið bersýnilegur (*ovid*) eða takmarkaður (*limited*). Við bersýnilegan óstöðugleika hættir hryggsúlan að geta veitt bolnum stuðning við eðlilegar athafnir. Þá hefur hryggbolur eða hryggþófi skemmt auk baklægrar liðbandaflækju og stöðugleiki hryggsúlu er þá rofinn allan hringinn. Takmarkaður óstöðugleiki er skilgreindur sem skemmd á annaðhvort kviðlægum eða baklægum byggingareiningum. (42)

Í AO flokkuninni er öllum hryggbrotum skipt í þrjár tegundir (*type*), A-C, sem skilgreinast út frá áverkaferli hryggsúlunnar af völdum þeirra þriggja krafta sem áður voru nefndir: samþjöppunarkraftur (*compressive force*), togkraftur (*tensile force*) og áslægt snúningsátak (*axial torque*). Hverri tegund er skipt upp í þrjá flokka en í tegund A bættest síðar við flokkur A0 þegar gerðar voru endurbætur á AO flokkuninni. (41) Enn frekari sundurliðun er svo gerð á hverjum þessara þriggja flokka til að gefa sem nákvæmasta lýsingu á brotunum. Alvarleiki áverkanna fer vaxandi frá A-C, 1-3 og niður eftir sundurliðuninni. Ef brot er af tegund A og B er það flokkað sem brot af tegund B með broti af tegund A. Sama á við um flokk C en hann tekur einnig yfir brot af tegund A og B. Vægisröðun skaðanna var fyrst og fremst ákvörðuð eftir því hversu óstöðugt brotið er en einnig var tekið tillit til horfa (*prognosis*). (51)

Tafla 1: Tegundir og helstu flokkar AO brotaflokkunarinnar. (51) *Flokkur A0 er viðbótarflokkur sem Izzo et al. settu fram við endurbætur á AO flokkuninni. (41)

Type A	Type B	Type C
A0 minor*	_____	_____
A1 impaction fractures	B1 Posterior disruption predominantly ligamentous	C1 Type A injury with rotation
A2 Split fractures	B2 Posterior disruption predominantly osseous	C2 Type B injury with rotation
A3 Burst fractures	B3 Anterior disruption through the disk	C3 Rotational – shear injuries

Myndgreining hryggbrota

Greining hryggbrota og flokkun byggði á röntgenmyndum þar til CT (*computerized tomography*) gerði frekari greiningu og flokkun nákvæmari. Í dag er einnig mögulegt að gera segulómrannsókn (MRI) en hún er fyrst og fremst notuð við nánari greiningu á óljósum áverkum á mjúkvefjum hryggsúlunnar sem og taugavef. (26)

Aflfræði mænunnar

Mænan er varin af ýmsum byggingareiningum svo sem innri vöðvum baks, hryggsúlu og liðböndum sem tengjast hryggsúlunni. Auk þess gera byggingareiginleikar mænunnar sjálfrar og himnanna sem hana umlykja, mænunni kleift að laga sig að aflfræðilegum aflögunum (*mechanical deformations*). (47)

Stífir kollagenþræðir sem liggja utan við mænureifar (*epipial*) hringa sig um alla mænuna í tígullaga mynstri. Þetta net af kollagenþráðum veitir mikilvægan byggingarlegan stuðning fyrir mænuna og gerir töluverða áslæga hliðrun hennar mögulega án starfsemisskerðingar. *Ligamentum denticulatum* tjóðra *epipial* lagið við mænubast (*dura mater*). Liðböndin verja mænuna fyrir skaða þegar hún verður fyrir spennu (*stress*), hvort sem er í áslægu eða langlægu plani, með því að endurraða kollagenþráðum sínum. Á hinn bóginn geta þau einnig valdið togi á mænuna því kraftar sem verka á *dura mater* geta breiðst til mænunnar um liðböndin. (42, 47)

Mýelínslíður umlykja sívalningslaga taugaþræði mænunnar. Gormlaga (*spiral*) þynnur (*lamella*) úr tvöföldu lípíðlagi eru uppistaðan í mýelínslíðrinu. Þegar mænan lengist við beygingu (*flexion*) er talið að þessar þynnur verndi hana gegn skemmdum með því að gera áslæga lengingu hennar mögulega. (42, 47)

Æðarnar í mænunni þurfa einnig að geta staðist aflfræðilega aflögun (*mechanical deformation*). Smásæ skoðun á mænunni í þverlægu plani leiðir í ljós að í mænunni er töluvert af glufum (*clefts*) sem innihalda æðar. Veggirnir í glufunum hafa sömu tígullaga uppröðun á kollagenþráðum og sést í *epipial* laginu. Þræðirnir vernda æðarnar sem liggja í glufunum með því að leyfa hreyfingu upp að vissu marki en standa á móti kröftum sem myndu valda of mikilli hreyfingu. Þegar mænan styttest halda þessar glufur áfram að vera til staðar vegna stuðnings kollagenþráðanna í veggnum. Hins vegar þegar mænan lengist, til dæmis við beygingu (*flexion*), hafa áslægir taugungar og taugatróðsfrumur (*glial cells*) tilhneigingu til að loka þessum glufum. Fósturbandvefur (*mesenchymal network*) sem liggur þverlægt eða samhliða glufunum veitir þá viðnám gegn því að glufurnar lokist. (47)

Áverkaferli mænunnar

Faraldsfræði mænuáverka hefur verið rannsökuð töluvert víða um heim. Ackery et al. gerðu tilraun til að henda reiður á faraldsfræði mænuáverka í heiminum með stórrí miðlægri rannsókn. Þar kemur fram að í flestum löndum þar sem faraldsfræðin hefur verið rannsökuð er algengast að hálshluti mænu skaðist. Hlutfall hálsmænuskaða af öllum mænuskaða var á bilinu 41,6%-76,0% í mismunandi löndum. Í rannsókninni var einnig skoðað hlutfall fullkomins og ófullkomins skaða en gögnum milli landa bar ekki saman um það hlutfall. (56)

Í faraldsfræðirannsókn Sigrúnar Knútsdóttur á mænuskaða á Íslandi á árunum 1975-2009 kemur fram að skaði á hálshluta mænu var algengastur eða 57% allra mænuskaða, en skaði á brjósthluta eða lendahluta mænu var í 43% tilfella. Skaðinn var fullkominn í 39% tilfella. (27)

Í rannsókn sem gerð var á faraldsfræði mænuskaða eftir hestaslys í Bandaríkjunum kemur fram að algengast var að skaðinn væri á bilinu C4-C6, T12 og L1. Þar kemur einnig fram að ófullkomin ferlömum (*incomplete tetraplegia*) var algengust. (38)

Mænuskaðar eftir hestaslys hafa ekki verið sérstaklega rannsakaðir á Íslandi.

Við alvarlega áverka er mænan útsett fyrir ýmis konar álagi. Þar á meðal eru beinir samþjöppunarkraftar, skerkraftar, togkraftar og beygjukraftar. Oft myndast álagið við samspil þessara krafta. Þegar mænuskaði á sér stað verður mænan fyrir það miklum rúmfræðilegum breytingum að hæfni vefjanna til að laga sig að þeim dugir ekki til. Við skemmd þar sem aflögun mænu er minni en 1mm hagar hún sér eins og gormur og sést þá línulegt samband milli kraftsins sem er beitt og tilfærslunnar sem hann leiðir til. Stærri tilfærslur (yfir 1mm) leiða til ólínulegrar aflögunar mænu. Þol taugavefjarins og einstakra frumna getur verið mismunandi milli svæða mænu og skiptir afstaða taugafrumanna, millifrumuefni og hversu mikið blóðflæði er á viðkomandi svæði máli. (42)

Æðarnar sem næra mænuna þola misvel tog á mænu, eftir því hver lega þeirra er. Þverlægar æðar í mænunni þola illa að það togni á mænunni og geta þær þá þrengst umtalsvert eða lokast með tilheyrandi skaða á taugavef. Þverlægar æðar þola einnig illa samþjöppun á mænu eins og sést við ofréttingu (*hyperextension*).

Flokkun mænuáverka

Hér verður stuðst við ASIA (American Spinal Injury Association) flokkun við mat á taugafræðilegum skaða. Þessi skali byggir á eldri flokkun kenndri við Frankel og er nú mest notaða flokkunin við mat á taugafræðilegum skaða í Evrópu og Norður-Ameríku. (56, 57)

Tafla 2: ASIA/Frankel flokkun á taugafræðilegum skaða. (58)

A	Fullkominn. Ekkert skyn eða hreyfivirkni er varðveitt í spjaldhlutum S4-S5.
B	Ófullkominn. Skyn en engin hreyfivirkni er varðveitt neðan við hæð taugaáverka.
C	Ófullkominn. Hreyfivirkni en ekki skyn er varðveitt neðan við hæð taugaáverka.
D	Ófullkomin. Hreyfivirkni er varðveitt neðan við neurological level og meira en helmingur af helstu vöðvum neðan við hæð taugaáverka hafa vöðvastyrk minni en 3 (Stig 0-2)
E	Eðlilegt. Bæði hreyfivirkni og skyn er eðlilegt.

Tafla 3: Stigun á vöðvastyrk samkvæmt ASIA skalanum. (58)

0	Fullkomin lömum
1	Þreifanlegur eða sjáanlegur samdráttur.
2	Virk hreyfing, fullt hreyfisvið (<i>range of motion</i>), hreyfingar yfirvinna ekki þyngdaraflíð.
3	Virk hreyfing, fullt hreyfisvið, hreyfing yfirvinnur þyngdaraflíð.
4	Virk hreyfing, fullt hreyfisvið, hreyfing yfirvinnur þyngdarafl og veitir eitthvert viðnám.
5	Virk hreyfing, fullt hreyfisvið, yfirvinnur þyngdaraflíð og veitir eðlilegt viðnám.
5*	Ekki hægt að prófa. Sjúklingur getur ekki framkvæmt prófið með áreiðanlegum hætti, vegna þátta eins og sársauka við áreynslu og fleira.

Nokkur hugtök er mikilvægt að hafa á takteininum við notkun ASIA flokkuninnar: (58)

Ferlömum (*tetraplegia*)

Þetta hugtak vísar til skerðingar eða taps á hreyfivirkni og eða skyni í hálshluta mænu vegna skemmda á taugaþætti (*neural element*) innan í mænugöngum. Ferlömum hefur í för með sér skerta virkni handa, bols, fóta og grindarlíffæra. Tekur ekki til upparmsflækju (*plexus brachialis*) eða skaða á úttaugum utan mænuganga. (58)

Tvílömum (*paraplegia*)

Þetta hugtak vísar til skerðingar eða taps á hreyfivirkni og/eða skyni í brjóst-, lenda- eða spjaldhluta mænu vegna skemmda á taugaþætti innan í mænugöngum. Þverlömum getur haft í för með sér skerta virkni bols, fóta og grindarlíffæra, eftir því hvar skemmdin verður, en höndunum er hlíft. Þetta hugtak er notað um mænutagls (*cauda equina*) og mænukeilu (*conus medullaris*) skaða en ekki um skemmdir á *lumbosacral plexus* eða skaða á úttaugum utan við mænugöng. (58)

Ófullkominn skaði (*incomplete injury*)

Ef eitthvert skyn eða hreyfivirkni er til staðar neðan við *neurological level* og tekur til neðstu spjaldliðanna er talað um ófullkominn skaða. (58) Mismunandi tegundir eru til af ófullkomnum skaða og hefur þeim verið skipt í *central cord*, *Brown-Séquard*, *anterior cord*, *posterior cord*, *cauda equina* og *conus medullaris* eftir því hvernig skaðinn lýsir sér. (59)

Hæð taugaáverka (*neurological level*), skynhæð (*sensory level*) og krafthæð (*motor level*)

Hæð taugaáverka vísar til neðsta hluta mánu með eðlilega skyn og hreyfivirkni á báðum hliðum líkamans. Við mænuskaða getur hæð skaðans verið misjöfn hvað varðar skyn, hreyfivirkni og hliðar sjúklings. Því er í rauninni hægt að skilgreina fjóra hluta mánu með tilliti til skaðans: *R-sensory*, *L-sensory*, *R-motor* og *L-motor*. Skynhæð vísar til neðsta hluta mánu með eðlilegt skyn á báðum hlutum líkamans. Krafthæð vísar til neðsta hluta mánu með eðlilega hreyfivirkni í báðum hlutum líkamans. Hæðirnar eru ákvarðaðar út frá tvennu: 1) einum skynpunkti á hinum 28 húðgeirum (*dermotome*) hægra megin og 28 húðgeirum vinstra megin í líkamanum og 2) einum vöðva á hinum 10 vöðvageirum (*myotome*) hægra megin og 10 vöðvageirum vinstra megin í líkamanum. (58)

Áverkahæð (*skeletal level*)

Þetta hugtak vísar til þess staðar hryggsúlu þar sem mestur skaði greinist við myndgreiningu. (58)

Markmið

Þær rannsóknir sem gerðar hafa verið á hestaslysum á Íslandi hafa ekki kannað hryggáverka eða taugaáverka sem af þeim geta hlotist eða hvernig hryggáverkarnir verða til. Markmið rannsóknarinnar er því að varpa ljósi á faraldsfræði alvarlegra hryggáverka við hestaslys á Íslandi. Með alvarlegum hryggáverkum er átt við hryggbrot sem eru óstöðug samkvæmt skilgreiningu Denis (55) eða hryggáverka sem valda mænuskaða eða úttaugaskaða. Annað markmið rannsóknarinnar er að kortleggja eðli hryggbrota, kraftstefnu og styrk, með forvarnir í huga. Ekki er vitað til þess að slíkar rannsóknir hafi verið gerðar áður, hvorki héraendis né erlendis.

Efni og aðferðir

Rannsóknarþýði

Rannsóknin er afturvirk og nær yfir allra einstaklinga sem greindust með hryggbrot á háls-, brjóst- eða lendahrygg vegna hestaslysa á tímabilinu 1995-2012.

Farið var yfir tölvuskrár einstaklinga í tveimur þýðum. Í fyrra þýðinu voru allir þeir sem greindust með hryggbrot á Landspítalanum á tímabilinu 1995-1998 og voru í þýðinu 537 skráðar greiningar. Frá árinu 1999 var farið að flokka komur á Landspítala vegna hestaslysa sérstaklega. Í seinna þýðinu voru því allar greiningar þar sem skráð ástæða komu var reiðmennska á tímabilinu 1999-2012 en heildarfjöldi greininga var 3412. Í sumum tilfellum fylgdi greining ekki með tilfellum í tölvuskránni og var greiningin þá fundin í Sögukerfi Landspítalans.

Til að ganga úr skugga um orsakir hryggbrota í fyrra þýðinu voru sjúkraskrár viðkomandi einstaklinga skoðaðar og orsök hryggbrota fundin. Í nokkrum tilfellum var orsök ekki skráð. Í þessum tilfellum var sjúkrasaga og aldur einstaklinganna skoðuð. Byggt á þeim upplýsingum var ákveðið að undanskilja alla þessa einstaklinga þar sem aldur og/eða sjúkrasaga þeirra gaf til kynna að viðkomandi einstaklingar hafi ekki haft getu til að stunda reiðmennsku á þeim tíma sem hryggbrotið átti sér stað. Í þessum hópi voru til dæmis einstaklingar sem voru vistaðir á dvalar og hjúkrunarheimilum fyrir aldraða þegar slys átti sér stað.

Stuðst var við ICD 9 greiningarstaðalinn fyrir tímabilið 1995-1996 en frá 1997-2012 var stuðst við ICD10 greiningarstaðalinn (tafla 1).

Tafla 4: ICD9 og ICD10 greiningarstaðlarnir. Einstaklingar í úrtakinu höfðu kóða og áverka skráða samkvæmt þeim.

Tímabil	Staðall	Kóði	Áverki
1995- 1996	ICD9	805	<i>Brot á hryggsúlu, án taugaeinkenna</i>
		805.0	Lokað brot á háls hrygg
		805.1	Opið brot á háls hrygg
		805.2	Lokað brot á brjóst hrygg
		805.3	Opið brot á brjóst hrygg
		805.4	Lokað brot á lendahrygg
		805.5	Opið brot á lendahrygg
		806	<i>Brot á hryggsúlu með rofi á mænu</i>
		806.0	Lokað brot á háls hrygg
		806.1	Opið brot á háls hrygg
		806.2	Lokað brot á brjóst hrygg
		806.3	Opið brot á brjóst hrygg
		806.4	Lokað brot á lendahrygg
		806.5	Opið brot á lendahrygg

1997-2012	ICD10	S12.0	Brot á fyrsta hálslið
		S12.1	Brot á öðrum hálslið
		S12.2	Brot á öðrum tilgreindum hálsliðum
		S12.7	Mörg brot á háls hrygg
		S12.8	Brot á öðrum hlutum háls
		S12.9	Hálsbrot, hluti ótilgreindur
		S22.0	Brot á brjóstlið
		S22.1	Mörg brot á brjóst hrygg
		S22.9	Brot á brjóstgrind, hluti ótilgreindur
		S32.0	Brot á lendalið
		S32.7	Mörg brot á lendahrygg og mjaðmagrind
		S32.8	Brot á öðrum og ótilgreindum hlutum lendahryggs og mjaðmagrindar

Úrtökin tvö voru sameinuð og upplýsingar um einstaklinga í þeim skráðar. Úr sjúkraskrá (Sögukerfi og röntgenkerfi) var skráð kyn, fæðingarár, staðsetning hryggáverka með eða án taugaeinkenna, tími árs við óhapp, orsök slyssins og hvort einnig var um höfuðáverka að ræða.

Þar sem þýði tvö samanstóð af öllum skráðum greiningum vegna hestaslysa á tímabilinu 1999-2012 var ákveðið að skoða hversu mörg hestaslys urðu í heildina á því tímabili. Einstaklingar sem höfðu nokkrar skráðar greiningar voru skoðaðir sérstaklega til að athuga hvort um eitt eða fleiri hestaslys hafi verið að ræða.

Brotaflokkun

Af CT myndum af hryggsúlu (*traumascann*) varð gerð áverka- og stöðugleikaflokkun samkvæmt AO (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*) flokkunarkerfinu sem nær yfir hryggbrot á C3-L5. (51) Við upphaflegu flokkunina var bætt flokki A0 sem nær yfir brot á þvertindum og hrygg-tindum samkvæmt bæklingi frá *AOSpine* um endurbætur á upphaflegu flokkuninni. (60) (tafla 5)

Tafla 5: AO flokkun á brotum. Einungis eru sýndir flokkar þeirra brota sem greindust í rannsókninni.

Type A	Compression injuries. Failure of anterior structures under compression.
A0	Minor, nonstructural fractures
A1	Impaction fractures
A3	Burst fractures
Type B	Anterior and posterior element injuries with distraction.
B1.1	Posterior disruption predominantly ligamentous. With transverse disruption of the disk.
B1.2	Posterior disruption predominantly ligamentous. With type A fracture.
B3	Anterior disruption through the disk.

Brot á C1 og C2 féllu utan AO flokkunarinnar og voru þau brot því flokkuð saman sem brot á efri hálsliðum.

Við mat á stöðugleika brotanna var gengið út frá skilgreiningu Denis á þremur dálkum hryggsúlunnar. (55) Óstöðug brot voru þau sem höfðu tveggja dálka skemmdir og auk þess öll brot sem leiddu til mænuskaða eða úttaugaskaða.

Brotin voru einnig flokkuð eftir staðsetningu frá C1-L5.

Flokkun mænuskaða

Stuðst var við ASIA (*American Spinal Injury Association*) flokkunina við mat á mænuskaða. (58)

Orsakir slysa og kraftatilgátur

Leitað var að lýsingu á orsökum slysanna í Sögukerfinu. Upplýsingarnar sem þar fundust voru annaðhvort úr viðtölum við einstaklinginn sem lenti í hestaslysi eða úr viðtölum við einstakling sem varð vitni að slysi. Orsökunum sem greindust var skipt upp í fimm flokka. Flokkunin á sér ekki fyrirmynd í öðrum rannsóknum en var henni ætlað að flokka saman tilfelli þar sem svipaðir kraftar voru að verki. (tafla 6)

Tafla 6: Orsakir slysa flokkaðar út frá stærð og stefnu krafta sem verka á knapann við fallið

Orsök	Lýsing
Hestur hnýtur	Hestinum verður fótaskortur og fellur niður á hnén, fellur flatur í jörðina eða fer kollhnís og knapinn kastast fram af.
Fall fram af hesti	Hesturinn snarstoppar eða beygir svo knapinn kastast fram af.
Hestur hrekkir	Hesturinn stingur sér eða þrjónar til að henda knapanum af sér.
Hestur rýkur	Hesturinn tekur á rás, knapinn getur ekki stöðvað hann og fellur af.
Mistök knapa	Knapi gleymir að herða gjörð eða missir jafnvægið og fellur til hliðar af hestinum.

Út frá upplýsingum um orsakir slysanna og AO flokkun brotanna voru gerðar tilgátur um stefnur og stærð krafta sem voru að verki.

Eitt tilfelli var valið úr úrtakinu og kraftatilgátur sem settar höfðu verið fram um það prófaðar á heilbrigðri hryggsúlu. Valið var að skoða óstöðugt hryggbrot af AO flokki B1.2

(brot af flokki B með broti af tegund A3) á T7. Brotið leiddi til mænuskaða af flokki B samkvæmt ASIA flokkuninni í hæð við T7.

Prívíddarmódel og kraftaprófanir

Þrjú forrit, Mimics, 3-matic og Ansys, voru notuð við gerð þrívíddarmódelna af hryggsúlum og kraftaprófanir á heilbrigðri hryggsúlu.

Forritið Mimics (www.materialise.com) var notað við gerð þrívíddarmódelna af einni heilbrigðri og einni brotinni hryggsúlu úr rannsóknarúrtakinu. Gerð var hlutun (*segmentation*) á báðum hryggsúlunum og þannig búið til þrívíddarmódel af þeim með yfirborðslýsingu á STL (*StereoLithography*) formi. Heilbrigða hryggsúlan var svo flutt yfir í forritið 3-matic (<http://biomedical.materialise.com/3-matic>). Þar var unnið með upplýsingarnar úr STL forminu, þríhyrningum fækkað og þeir fínstilltir. Þá var búin til rúmmálslýsing á heilbrigðu hryggsúlunni í forritinu 3-matic með ferflötungum sem fengust út frá þríhyrningunum úr STL yfirborðslýsingunni. Að lokum var verkfræðilega forritið Ansys (www.ansys.com) notað til að sannreyna kraftatilgátur um T7 brotið sem valið var úr úrtakinu á hluta af heilbrigðu hryggsúlunni. Kraftatilgáturnar voru settar inn í Ansys og gert svokallað *Equivalent (von-Mises) Elastic strain test*. Þá reiknar forritið út spennu (*stress*) og aflögun (*strain*) fyrir hvern ferflötung á heilbrigðu hryggsúlunni.

Tölfræðiaðferðir

Upplýsingar voru skráðar í Excel en tölfræðiforritið R var notað við tölfræðilega úrvinnslu. Fisher's exact próf eða kí-kvaðrat próf voru notuð á flokkabreytur. Marktæknimörk miðuðust við $p \text{ gildi} \leq 0,05$.

Leyfi

Leyfi fyrir rannsókninni lágu fyrir áður en hún hófst frá Vísindasiðanefnd, Persónuvernd og framkvæmdastjóra lækninga á Landspítala.

Niðurstöður

Rannsóknarúrtak

Alls komu 49 einstaklingar á Landspítala háskólasjúkrahús með alvarlega hryggáverka vegna hestaslysa á rannsóknartímabilinu. (tafla 7)

Tafla 7: Heildarfjöldi karla og kvenna sem komu á Landspítala með alvarlega hryggáverka eftir hestaslys á árunum 1995-2012, meðalaldur þeirra og aldursbil.

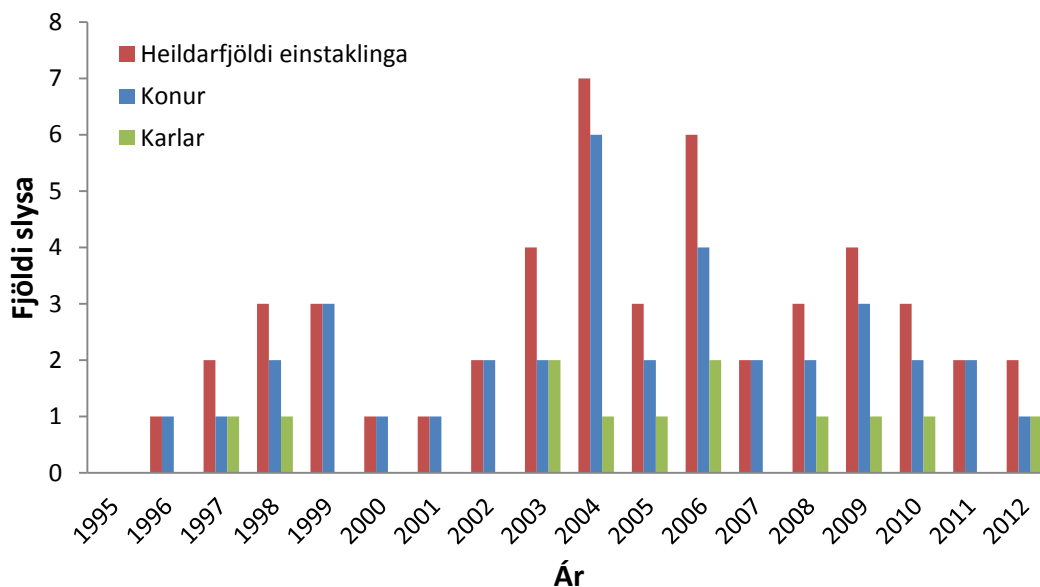
	Fjöldi (N=49)	Meðalaldur [ár]
Karlar	12(24%)	51(27-81)
Konur	36(76%)	36(12-63)

Á tímabilinu 1999-2012 komu 2429 einstaklingar, 1000 karlar og 1429 konur, á Landspítala vegna hestaslysa. Af þeim hlutu marktækt fleiri konur en karlar alvarlega hryggáverka ($p=0.02$).

Árlegur fjöldi og árstími slysa

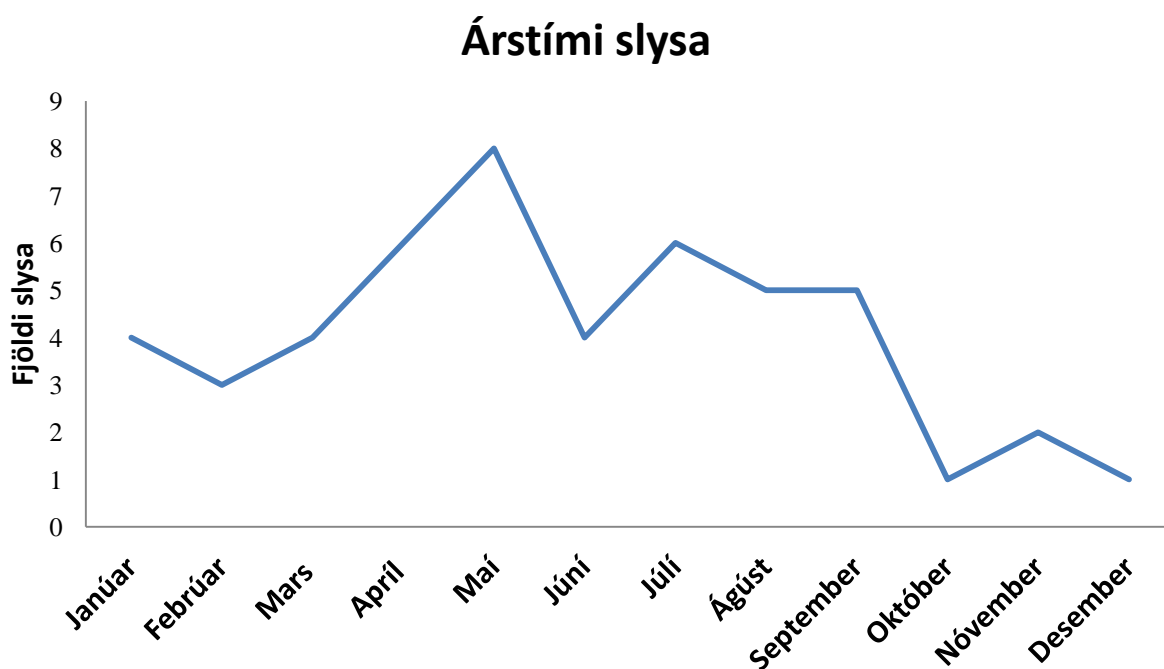
Rannsóknin náði yfir 18 ára tímabil og var dreifing slysa misjöfn milli ára. Á fjögurra ára tímabili, 2003-2006, urðu 20 slys sem leiddu til alvarlegra hryggáverka og voru það marktækt fleiri tilfelli en urðu á fjögurra ára tímabili þar á undan, 1999-2002 ($p=0.05$).

Hryggbrot við hestaslys



Mynd 10. Árlegur fjöldi hestaslysa - heildarfjöldi einstaklinga, fjöldi kvenna og fjöldi karla sem hlutu hryggbrot við hestaslys á tímabilinu 1995-2012.

Flest slysin urðu í maí en fæst í október og desember.



Mynd 11. Dreifing hestaslysa eftir mánuðum á tímabilinu 1995-2012.

Orsakir slysa

Í 34 tilfellum lágu orsakir slysa fyrir en í 15 tilfellum voru orsakir ekki þekktar. Munur var á fjölda óstöðugra hryggbrota milli orsaka en hann var þó ekki marktækur.

Tafla 8: Orsakir slysa, fjöldi slysa og fjöldi óstöðugra hryggbrota af þeirra völdum.

Orsök slyss	Fjöldi slysa	Óstöðug hryggbrot	Hlutfall	P-gildi
Hestur hnýtur	10(20%)	4	40%	>0.1
Fall fram af hesti	2(4%)	0	0%	>0.1
Hestur hrekkir	11(22%)	1	9%	>0.1
Hestur rýkur	5(10%)	2	40%	>0.1
Mistök knapa	6(12%)	1	17%	>0.1
<i>Engar upplýsingar</i>	<i>15(31%)</i>	<i>3</i>	<i>20%</i>	<i>>0.1</i>
Heildarfjöldi	49(100%)	11		

Höfuðáverkar

Höfuðáverkar voru skráðir hjá 13 (27%) einstaklinga í úrtakinu. Getið var um hjálmanotkun í níu tilfellum.

Brotaflokkun hryggbrota

Alls greindust 71 hryggbrot á 49 einstaklingum en flokkanleg brot voru 69 í 47 einstaklingum. Flest hryggbrotin voru af flokki A. Innan flokks A voru fleyg-samfallsbrot (*wedge-compressions fracture*) sem heyra til flokks A1 algengust. Sjö hryggbrot voru af flokki B og fjögur á efri hálsiðum.

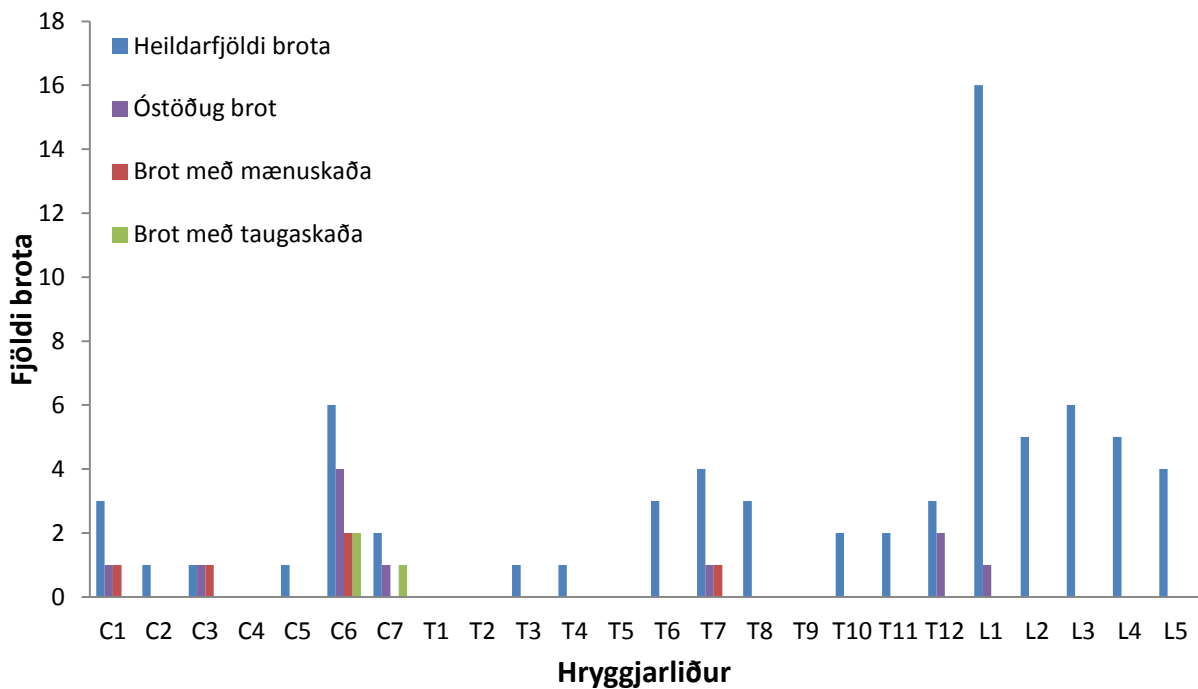
Tafla 9: Brotaflokkun 69 brota á 47 einstaklingum.

	Brot	Prósenta af heild [%]	Prósenta innan flokks [%]
<i>Tegund A</i>	58	84%	
A0	21	30%	36%
A1	33	48%	57%
A3	4	6%	7%
<i>Tegund B</i>	7	10%	
B1.1	5	7%	71%
B1.2	1	1%	14%
B3	1	1%	14%
<i>Brot á efri hálsiðum</i>	4	6%	
Alls	69	100%	

Staðsetning og stöðugleiki brota með eða án mænu- eða taugaskaða

Á hálsliðum greindust 16 brot, á brjóstliðum 12 og 36 á lendaliðum. Fjöldi brota á brjóstlendarhryggsmótunum (T11-L2) voru 26. Flest brotin voru á L1, eða 16, en aðeins eitt þeirra var óstöðugt. Sex brot voru á C6 en þar af voru fjögur óstöðug og leiddu tvö þeirra til mænuskaða en önnur tvö til úttaugaskaða. Alls voru 4 tilfelli mænuskaða. Í þremur tilfellum var skaðinn ófullkomin tvílömun af ASIA flokki B en í einu tilfelli fullkomin ferlömumun af ASIA flokki A.

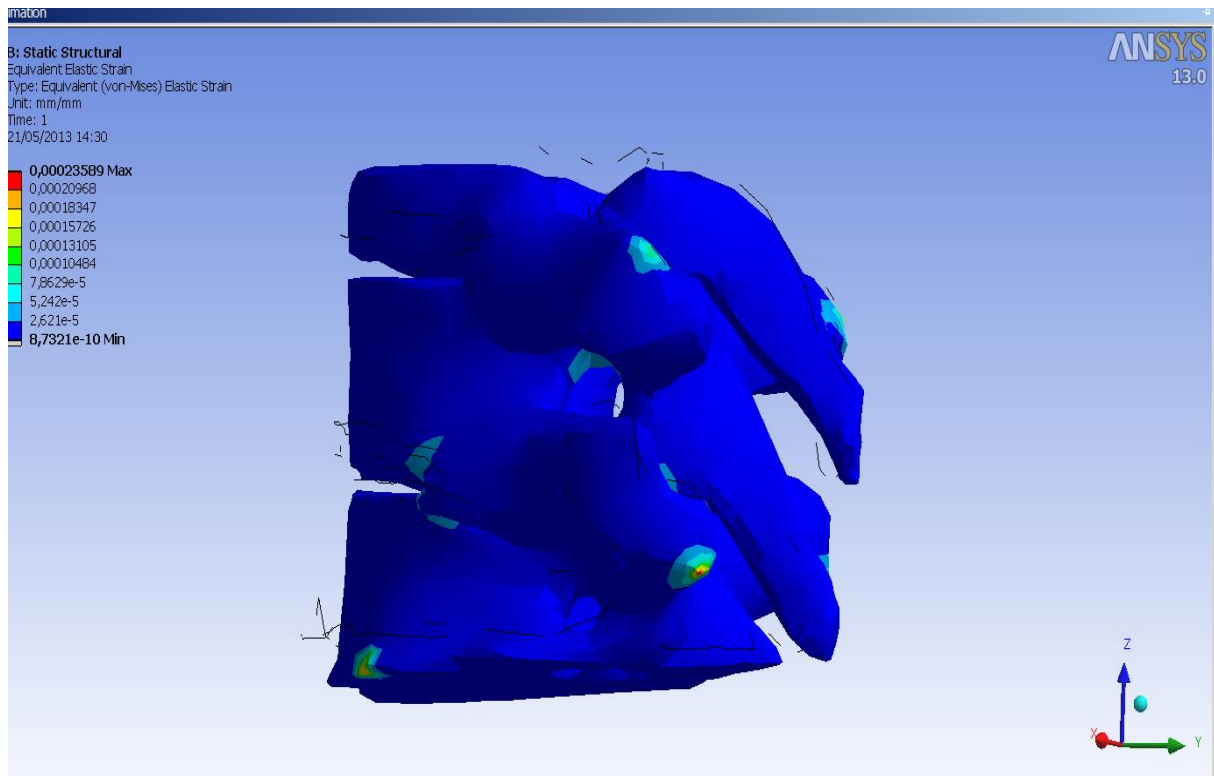
Staðsetning og stöðugleiki hryggbrota



Mynd 12. Staðsetning 69 hryggbrota og þar af óstöðug brot með eða án mænu- eða taugaskaða.

Kraftaprófanir

Með kraftaprófunum tókst að prófa tilgátur um krafta sem voru að verki við eitt hryggbrotanna í úrtakinu á heilbrigðri hryggsúlu.



Mynd 13. Equivalent Elastic Strain test á T6-T8 á heilbrigðri hryggsúlu. Litirnir gefa til kynna mismunandi spennu (strain) en svörtu línurnar sýna lögun hryggarliðanna áður en kröftunum var beitt á þá.

Umræða

Faraldsfræði hryggáverka vegna hestaslysa á Íslandi

Með rannsókninni hefur tekist að henda reiður á faraldsfræði alvarlegra hryggáverka vegna hestaslysa á Íslandi yfir 18 ára tímabil, frá 1995-2012. Ekki er vitað til þess að áður hafi verið gerð faraldsfræðirannsókn á hryggáverkum vegna hestaslysa sem gefur nokkuð heildstæða mynd af tíðni og eðli áverkanna hjá heilli þjóð. Á öllu rannsóknartímabilinu urðu 49 hestaslys sem leiddu til alvarlegra hryggáverka.

Tíðni slysa

Ef tíðni slysa væri jöfn milli ára mætti búast við 2-3 hestaslysum sem hefðu alvarlega hryggáverka í för með sér á ári. Eins og sést á mynd 10 var tíðnin hins vegar nokkuð mismunandi. Sérstaka athygli vekur að á fjögurra ára tímabili frá 2003-2006 áttu sér stað 20 af þessum 49 tilfellum. Borið saman við fjögurra ára tímabil á undan, 1999-2002, urðu marktækt fleiri hestaslys sem leiddu til alvarlegra hryggáverka á tímabilinu 2003-2006 ($p=0,05$). Á þessum tíma var mikill uppgangur í íslensku efnahagslífi og á sama tíma umtalsverð fjölgun á iðkendum reiðmennsku samkvæmt tölum frá Íþróttá- og Ólympíusambandi Íslands. (2) Hluti af skýringunni á þessari aukningu á alvarlegum hryggáverkum gæti verið að þeir sem byrjuðu í hestamennsku hafi keypt sér hesta umfram eigin getu. Samkvæmt Bændasamtökum Íslands er ræktunarmarkmið fyrir íslenska hrossakynið að rækta fjölhæfan, taktfastan og öruggan, viljugan og geðprúðan hest sem fer glæsilega í reið – hinn íslenska gæðing. Varðandi sköpulag er ræktunarmarkmiðið léttbyggðari gerð íslenska hestsins með mikilli áherslu á styrk, skrokkmýkt og vöðvastælt líkamsbyggingu. (61) Hugsanlega er of mikil áhersla lögð á vilja og glæsileik, sem meðal annars birtist í mikilli fótalyftu. Fyrir byrjendur í hestamennsku gæti þéttbyggðari, minna viljugur og mjúkgengur hestur verið betri og öruggari kostur en vöðvastæltur, sprengviljugur gæðingur.

Tímasetning slysa

Á mynd 11 sést í hvaða mánuðum slysin á rannsóknartímabilinu öllu áttu sér stað. Flest slysin urðu í maí, eða átta, en næstflest í apríl og júlí, eða sex. Fæst slys urðu í október, eða eitt. Þessar niðurstöður samræmast vel því sem kom fram í rannsókn Williams (5) og í rauninni endurspeglar línuritið ágætlega á hvaða árstíma reiðmennska er mest stunduð. Athyglisvert er að velta aðeins fyrir sér líklegum skýringum á því hvers vegna flest slysin urðu í maí. Reiðmennska er mikið stunduð á vormánuðum áður en hestum er sleppt út í sumarhagana en það er yfirleitt gert kringum mánaðarmótin maí-júní. Síðla vors er oft komið mikið fjör í hesta og sjást hestar á útigangi kljást og hlaupa um á harðaspretti. (29, 62) Hestar á húsi þurfa hins vegar að húka inni mest allan daginn meðan allt iðar af lífi fyrir utan og vorlyktin berst þeim

inn um glugga hesthúsanna og kitlar þá í nefið. Þegar eigendurnir skella sér síðan á bak er hesturinn að springa úr vilja. (62) Á vorin er því ekki óalgeng sjón að sjá knapa hangandi um hálsinn á hestinum sínum á harðaspretti eða þá að þeir ganga sneypulegir á tveimur jafnfljóttum við hlið hans því þeir treysta sér ekki til að vera á baki. (63)

Tildrög slysa

Í öllum tilfellum úrtaksins voru tildrög slysanna þær að knapinn datt af hestinum og kemur það heim og saman við algengustu tildrög slysa í erlendum rannsóknum. (6, 11, 14, 15) Erlendar rannsóknir sýna að næstalgengasta orsök slysa var að hestur sparkaði í knapa og leiddi það til allt að 30% slysanna. (6, 11, 14, 15) Í okkar rannsókn var aðeins eitt dæmi um að hestur sparkaði í knapa og gerðist það í kjölfar þess að knapinn féll af hestinum. Íslenski hesturinn þykir með geðprúðari hestakynum. (1) Það gæti útskýrt hvers vegna aðeins eitt slys hlaut af því að hestur sparkaði í knapa. Einnig gæti þó spilað inn í að erlendu rannsóknirnar sem nefndar eru tóku til allra áverka vegna hestaslysa, en hugsanlega valda hestaspörk frekar öðrum tegundum áverka en hryggáverkum.

Orsakir þess að knapinn datt af hestinum fundust í Sögukerfi í 38 af tilfellunum 49. Orsökunum var skipt í flokka (tafla 8). Eins og sést á p-gildinu er ekki hægt að sjá marktæka fylgni milli ákveðinna orsaka og fjölda óstöðugra hryggbrota.

Flest tilfelli urðu við það að hestur hrekkti eða um 22%. Til samanburðar sást þessi orsök í 13% tilfella í svissneskri rannsókn á hestaslysum. (15) Innan þessa flokks falla öll þau tilfelli þegar hestur gerir markvissa tilraun til að ná knapanum af sér. Dæmi um þetta er þegar hestur stingur sér. Þá stekkur hann fyrst upp með framfætur en svo fylgja afturfæturnir þannig að úr verður eins konar bylgjuhreyfing eins og þekkist úr *rodeo*. (12) Annað dæmi um það þegar hestur hrekkir er þegar hann þrjónar eða lyftir sér upp á afturfæturnar. Galli á þessum flokki er að kraftar innan hans eru ekki alltaf líkir, en ákveðið var að hafa þá saman því í sumum tilfellum kom einungis fram að hesturinn hefði kastað knapanum af en ekki var greint nánar frá því hvaða brögðum hann hafði beitt til þess. Í þessum flokki var aðeins eitt óstöðugt hryggbrot og gæti það verið vegna þess að hestar eru ekkert endilega á mikilli ferð þegar þeir hrekkja svo neikvæða hröðunin sem knapinn fær á sig er mögulega minni hér en í öðrum tilfellum.

Næstflest, eða um 20% tilfella, urðu þegar hestur hnaut og fylgdu einnig flest óstöðug hryggbrot, eða fjögur, orsökum í þessum flokki. Í svissnesku rannsókninni voru 13% tilfella vegna þess að hestur hnaut. (15) Neikvæð hröðun á knapanum getur verið umtalsverð í þessum tilfellum ef hesturinn er á mikilli ferð þegar hann hrasar. Sigurður Torfi Sigurðsson, formaður Járningamannafélags Íslands, segir að nú tíðkist í auknum mæli að hafa hófa lengri og þyngja

þá, ýmist með því að steypa í hófana eða setja hlífar á fætur hestanna. Þetta er gert til að fá fram stærri hreyfingar og meiri fótalyftu hjá hestinum. Sigurður bendir á að þetta geti leitt til þess að hesturinn hreyfi sig á hátt sem er honum ekki eðlilegur, sem geti jafnvel skaðað fætur hestsins og aukið líkurnar á að hann hrasi. Einnig ber töluvert á að hestaeigendur láti leggjast undir höfuð að endurnýja járnringar á hestunum sínum. (33, 64)

Í fimm tilfellum rauk hestur með knapa. Rannsóknir hafa sýnt að hestar eru flóttadýr og að þeirra náttúrulegu viðbrögð eru að taka til fótanna þegar þeir hræðast. (28, 29) Því getur verið að í þessum tilfellum hafi hestarnir séð, heyrt eða fundið eitthvað sem hefur hrætt þá. Sigurbjörn Bárðarson nefnir í bók sinni að auk hræðslu sé sársauki, til dæmis vegna særinda undan reiðtygjum, algeng orsök þess að hestar rjúki. Sigurbjörn minnst einnig á rokuhesta og að þegar þeir rjúki séu þeir kaldir og yfirvegaðir og geri það af óþverraskap. (62) Í þessum flokki verður einnig mikil neikvæð hröðun á knapann og sjást hér tvö óstöðug brot. Til samanburðar urðu 33% slysa vegna þess að hestur var hræddur í svissnesku rannsókninni. (15)

Hvað varðar flokkinn mistök knapa eru tilgátur um að minni kraftar séu að verki í þessum flokki en í flokkunum hestur hnýtur og hestur rýkur.

Hér skal tekið fram að einungis er um vangaveltur að ræða sem þarf að staðfesta með frekari kraftaprófunum og fleiri tilfellum. Flokkunin var einungis hugsuð sem hugmynd um hvernig megi flokka brotin. Þegar nánari kraftaprófanir verða gerðar munu örugglega koma í ljós vankantar á flokkuninni sem þá þarf að sníða til. Einnig er viss skekkja í því fólgin að upplýsingarnar um slysa eru háðar huglægu mati þeirra sem urðu fyrir því eða háð upplifun vitna að slysi.

Höfuðáverkar

Þrettán (27%) einstaklingar í úrtakinu voru með höfuðáverka sem skráða greiningu auk hryggbrotsins. Í kanadískri rannsókn á hryggáverkum eftir alvarlega áverka (*trauma*) höfðu 79% þeirra sem hlutu hryggáverka einnig höfuðáverka. (50) Erlendar rannsóknir hafa sýnt fram á að meirihluti alvarlegra hryggáverka sem verða við hestaslysa eru á brjóst- og lendahrygg (22, 26) og voru niðurstöður okkar í samræmi við það (mynd 12). Það má því velta fyrir sér hvort möguleg skýring á lágu hlutfalli höfuðáverka sé hvernig knapar detta af baki. Í þeim tilfellum þar sem brotið er neðarlega á hryggsúlunni getur verið að við fallið af hestinum hafi knapi komið fyrst niður á hliðina eða í sitjandi stöðu en ekki á höfuðið. Þetta væri hægt að rannsaka nánar til dæmis með því að setja fram kraftatilgátur um orsakir slysa og prófa þær á þrívíddarmódelum.

Önnur líkleg skýring er að þeir sem lentu í slysum hafi verið með hjálm sem verndaði þá fyrir höfuðáverkum. Það er þó ekki hægt að fullyrða um hjálmanotkun út frá þessari rannsókn því einungis var skráð í níu tilfellum í Sögukerfi að viðkomandi hafi verið með hjálm þegar slys varð. Það væri áhugavert að rannsaka betur tengsl höfuð- og hryggáverka vegna hestaslysa sem og hjálmanotkun hestamanna. Það væri til dæmis hægt með því að senda spurningalista til hestamanna sem lent hafa í slysum þar sem spurt væri út í hjálmanotkun en best væri ef hjálmanotkun yrði í framtíðinni skráð með hestaslysum í Sögukerfinu.

Áhættuþættir

Ekki voru nægar upplýsingar í Sögukerfinu um reynslu reiðmanna sem voru í úrtakinu til að hægt væri að skoða hvort reynsla væri sérstakur áhættuþáttur eins og sést hefur í erlendum rannsóknum. (9, 19, 20) Tölur frá Íþrótt- og Ólympíusambandi Íslands (ÍSí) sýna þó að töluverð aukning var á fjölda hestamanna sem skráðir voru í félög á tímabilinu. Nýjustu tölur eru frá 2011 og séu þær bornar saman við tölur frá 1995 fjölgaði skráðum hestamönnum úr 6.161 í 11.270 og var aukningin því um 83%. (2) Líklegt er því að töluvert hafi verið um byrjendur eða minna vana hestamenn á rannsóknartímabilinu. Áhugavert væri að skoða nánar í annarri rannsókn hvort reynsla hafi verið áhættuþáttur á tímabilinu.

Fleiri konur hryggbrotnuðu en karlar vegna hestaslysa á rannsóknartímabilinu og var munurinn marktækur fyrir tímabilið 1999-2012. Ekki var hægt að reikna út marktækni fyrir fyrra þýðið því heildarfjöldi hestaslysa á þeim tíma er ekki þekktur. Möguleg skýring á þessum mun milli kynjanna er að konum í hestamennsku fjölgaði meira en körlum á rannsóknartímabilinu samkvæmt ÍSí. Konum á tímabilinu fjölgaði um 3050 (131% hlutfallsleg aukning) en körlum um 2008 (52% hlutfallsleg aukning). (2) Ekki er þó víst að það skýri allan muninn, en ýmsar erlendar rannsóknir hafa bent til þess að fleiri konur verði fyrir hestaslysum en karlar. (6, 10, 15) Ein þessara rannsókna var tilfella-viðmiða rannsókn (*case-control study*) þar sem gerð var fjölþátta aðhvarfsgreining (*multiple logistic regression*) og meðal annars var leiðrétt fyrir því að fleiri konur stunda hestamennsku og fyrir reynslu reiðmanna. Niðurstaðan eftir leiðréttingu var sú að konur væru líklegri til að slasast í hestaslysum en karlar. (15) Mögulega skýrir munur á beinabyggingu kvenna og karla muninn að einhverju leyti, en konur hafa veikbyggðari bein en karlar. (65) Það þyrfti að rannsaka ástæður þess að konur hryggbrotna frekar en karlar við hestaslys nánar.

Í úrtakinu voru þrjú börn 18 ára eða yngri sem hryggbrotnuðu. Erlendar rannsóknir hafa sýnt að hestaíþróttir eru vinsælar meðal barna og leiðir iðkun hestaíþróttar til alvarlegra slysa hjá þessum hópi. (12, 14, 20, 21) Í hollenskri rannsókn á hryggbrotum vegna hestaslysa kom

fram að hryggbrotn valda langvarandi örorku (*disability*) jafnvel þó ekki sé um mænu-eða úttaugaskaða að ræða. (26) Það er því til mikils að vinna að koma í veg fyrir slys hjá þessum hópi sem og öðrum.

Brotaflokkun og staðsetning brota

Alls greindust 69 flokkanleg hryggbrot í 47 einstaklingum. Í tveimur tilfellum var hryggbrot skráð í Sögukerfinu en engar nánari upplýsingar um slysið. Í öðru tilfallinu lést viðkomandi stuttu eftir komu á Landspítalann svo ekki voru teknar myndir af brotinu. Ekki er vitað hvers vegna engar upplýsingar voru skráðar um hitt tilfallið.

Eins og sést í töflu 9 voru langflest eða 84% brotanna af flokki A sem eru samþjöppunarbrot (*compressions fractures*). Það gefur ákveðna vísbendingu um að svipaðir kraftar séu að verki við hryggbrot af völdum hestaslysa. Af brotunum 58 í flokki A voru 54 stöðug. Í flokki A0 voru stöðug brot á þvertindum og hryggþindum. Í flokki A1 voru fleygsamfallsbrot og voru þau einnig öll stöðug. Brotin í flokki A3 eru sprengibrot (*burst fracture*) og voru þau öll óstöðug. Einungis sjö brot voru af tegund B og einu þeirra fylgdi einnig brot af tegund A3. Mögulega voru brot af flokki B vangreind vegna þess að segulómmyndir (*Magnetic Resonance Imaging, MRI*) voru ekki skoðaðar, enda eru þær ekki gerðar nema sérstök ábending sé fyrir þeim. MRI rannsóknir eru þó besta leiðin til að meta skaða á liðböndum. Þessar niðurstöður eru í samræmi við niðurstöður hollenskrar rannsóknar á hryggáverkum vegna hestaslysa þar sem einnig var stuðst við AO flokkunina. (26)

Á mynd 12 sést að flest brotin voru á lendahrygg og samræmist það vel því sem aðrar rannsóknir hafa sýnt fram á. (22, 26) Einnig sést að 26 brot, eða um 38% af öllum flokkanlegu brotunum voru á brjóst-lendahryggsmótunum (T11-L2). Þekkt er að brot verði á þessum mótum því þarna mætist lítt hreyfanlegur brjósthryggur og vel hreyfanlegur lendahryggur og safnast spennan (*stress*) því upp á mótunum. (47, 48, 51) Sé miðað við hollensku rannsóknina á hryggáverkum eftir hestalslys þar sem 78% hryggbrotnanna voru á brjóst-lendahryggsmótunum urðu færri brot á svæðinu en búast mætti við. (26)

Mænuskaði

Fjögur tilfelli leiddu til mænuskaða og voru þrjú þeirra vegna brota á háls hrygg en eitt vegna brots á brjósthrygg (mynd 12). Þetta kemur ágætlega heim og saman við faraldsfræðirannsóknir á mænuskaða almennt, en þær sýna að mænuskaði er algengastur á háls hluta mænu. (27, 56) Rannsókn Silver á mænuskaða vegna hestaslysa sýndi fram á að

algengara var að lenda- og brjósthloti mænu yrðu fyrir skaða við hestaslys en háls hluti. (22) Bandarísk rannsókn frá 2011 sem tók til mænuskaða eftir hestaslys í Bandaríkjunum og náði yfir 35 ára tímabil sýndi að algengustu svæði mænuskaða voru C4-C6, T12 og L1. Í rannsókninni kom einnig fram að algengasta tegund mænuskaða var ófullkomin tvílömun (*incomplete paraplegia*) en því næst fullkomin tvílömun (*complete paraplegia*). (38) Í okkar rannsókn var í þremur tilfellum um ófullkomna tvílömun að ræða en í einu tilfelli var fullkomin ferlömun.

Kraftaprófanir

Á Íslandi er aðeins eitt hestakyn, íslenski hesturinn, og auðveldar það gerð kraftatilgáta. (1) Ef rannsóknin væri gerð erlendis þar sem mörg mismunandi hestakyn eru til staðar væri til dæmis mun erfiðara að geta sér til um úr hvaða hæð knapinn féll, hversu miklum hraða hesturinn var á, hve mikil þyngd færi ofan á knapann ef hesturinn dytti á hann og svo framvegis.

Ekki er vitað til þess að áður hafi verið gerð þrívíddarmódel af hryggsúlum í þeim tilgangi að færa þau yfir í verkfræðileg forrit á borð við Ansys og prófa á þeim kraftatilgátum um áverka. Þrívíddarteikningin sem Mimics og 3-matic bjóða upp á hefur þó lengi verið notuð við gerð módelna af hryggsúlu og gefið góða raun. Hingað til hafa þrívíddarmódel af hryggsúlu verið gerð við sneiðmyndarannsókn til að meta áhrif aðgerðar á hryggsúlu, til dæmis við lagfæringu brota eða meðfæddra galla. Þá hafa forritin verið notuð til að reikna út spennuna (*stress*) sem ígræðlingur (*implant*) mun valda á hryggsúluna. (52, 66, 67) Í okkar rannsókn kveður við nýjan tón því ekki er verið að nota tæknina til undirbúnings fyrir aðgerðir heldur með forvarnir í huga. Með rannsókninni tókst að sýna fram á að hægt er að gera prófanir á kraftatilgátum á hryggsúlum. Margt þarf þó að bæta við aðferðina og stendur til að gera það í framhaldinu.

Markmiðið er að gera þá kraftaprófanir á heilli hryggsúlu og einnig þeim þáttum sem skipta máli varðandi stöðugleika mænu, svo sem liðbönd og vöðvar, eftir því sem við á. Til að fá sem nákvæmastar upplýsingar um kraftana sem eru að verki þyrfti að prófa kraftatilgátum sem settar voru fram um öll brotin í þessu úrtaki á heilbrigðri hryggsúlu. Mögulega fengjust þá nægilegar upplýsingar til að hefja hönnun öryggisbúnaðar en þó gæti verið að stækka þyrfti úrtakið.

Mögulegar forvarnir

Markmið rannsóknarinnar var í fyrsta lagi að rannsaka faraldsfræði alvarlegra hryggáverka við hestaslys á Íslandi en í öðru lagi að skoða mögulegar forvarnir. Til þess eru helst tvær

leiðir færar, annars vegar að koma í veg fyrir að slysin verði en hins vegar að vernda knapann ef slys verður samt sem áður.

Tillögur um hvernig koma má í veg fyrir slys

Eins og kom fram í innganginum eru góð samskipti knapa og hests lykilatriði í að koma í veg fyrir slys. Það er á ábyrgð eiganda hestsins að hugsa vel um hann og kynna sér hvernig aðbúnaði hans og umhirðu sé best háttað. Að lýsa kjöraðbúnaði og umhirðu hesta var ekki markmið þessarar rannsóknar þó viðfangsefnið sé vissulega spennandi. Þó er ekki úr vegi hér að benda á nokkur atriði varðandi samskipti manna og hesta sem betur mættu fara og tengjast niðurstöðum þessarar rannsóknar.

Þegar tíðni slysa er skoðuð vakna upp spurningar um hvort byrjendur í reiðmennsku séu að velja sér hesta við sitt hæfi. Ganggóður fjölskylduhestur er líklega oft betri kostur en keppnishestur fyrir þá sem eru að byrja í hestamennsku.

Þegar tímasetning slysa er skoðuð er hugsanlegt að hægt væri að koma í veg fyrir hluta af þeim slysum sem verða á vorin með því að sjá til þess að hesturinn fái að vera nægilega mikið úti og fái reglulega hreyfingu. (62)

Þegar orsakir slysa eru skoðaðar er hægt að benda á nokkrar leiðir til að draga úr líkum á slysum. Með því að passa upp á að járnningar hesta séu í lagi væri mögulega hægt að fækka slysum sem verða við það að hestur hrasar. Einnig skiptir máli að knapinn kunni að bregðast rétt við ef hestur hrasar með því að halla sér aftur á bak í hnakknum og toga í tauminn. Með þessu léttir knapinn þyngdina á herðar hestsins svo hann á auðveldara með að koma aftur undir sig fótunum. Ef knapinn bregst við á þennan hátt minnkar hann einnig líkurnar á því að steypast sjálfur fram af hestinum. Ef knapinn þekkir hvernig hestur lætur í ljós hræðslu og reiði getur hann greint aðstæður áður en komið er í óefni. (30) Mikilvægt er að knapinn geri greinarmun á hræddum hesti og því að hestur sýni óþverraskap. Þegar hestar rjúka eða hrekkja er orsakanna oftast að leita hjá knapa en hesti og þýðir lítið að skamma hræddan hest. Hestar hlusta eftir og læra að þekkja rödd knapans. Róandi rödd sem hestur þekkir getur haft mikið að segja í aðstæðum sem hesturinn hræðist. (62) Einnig gæti góð leið verið að venja hest við hluti sem vekja með honum ótta. (28, 29) Svo þarf knapi að hafa grundvallaratriði, eins og að gjörðin sé hert og ístöð mátulega löng, á hreinu.

Öryggisbúnaður

Erlendar rannsóknir hafa þegar bent á að hanna þurfi öryggisbúnað til verndar hryggsúlu hestamanna. (16, 21, 24, 26, 37, 38) Þessi rannsókn staðfestir þá þörf og bendir á leið til að hanna öryggisbúnað út frá aflfræðilegum rannsóknum. Vonir standa til að kraftatilgáturnar

leiði í ljós hvaða svæði hryggjarins verða verst úti þegar knapi fellur af baki. Þá væri hægt hanna búnað sem verndar viðkvæm svæði sérstaklega en íþyngir ekki knapanum.

Þrátt fyrir að öll umræða í þessari rannsókn hafi snúist um hryggáverka og mögulegar forvarnir, þá myndu öryggisvesti einnig vernda aðra hluta bols. Þannig gætu þau veitt vörn gegn fleiri áverkum sem hljótast af reiðmennsku svo sem rifbrotum og áverkum á innri líffærum svo eitthvað sé nefnt. Fróðlegt væri að gera rannsókn sem næði yfir alla boláverka vegna hestaslysa.

Veikleikar rannsóknarinnar

Rannsóknin hafði sínar takmarkanir. Dánarskýrslur frá rannsóknartímabilinu voru ekki skoðaðar. Því getur verið að einhver tilfelli alvarlegra hryggáverka vegna hestaslysa hafi ekki verið tekin inn í rannsóknina. Ákveðið var að leita ekki í dánarskýrslum því af þeim brotum hefðu ekki verið til CT myndir, en brotaflokkun og kraftaprófanir byggja á þeim. Einnig getur verið að í einhverjum tilfellum hafi einstaklingar með hryggbrot leitað til sjúkrahúsa eða heilsugæslustöðva á landsbyggðinni og ekki þótt ástæða til að senda viðkomandi til Reykjavíkur til nánari rannsókna. Í þessum tilfellum verður þó að teljast ólíklegt að um óstöðuga hryggáverka hafi verið að ræða. Einnig er veikleiki að rannsóknin er afturskyggn en því lágu ekki allar upplýsingar, svo sem um orsakir slysa, fyrir.

Lokaorð

- Alvarlegir hryggáverkar verða við hestaslys og valda verulegu og stundum óafturkræfu heilsutjóni hjá einstaklingum sem yfirleitt voru hraustir fyrir og á besta aldri.
- Sýnt hefur verið fram á í þessari rannsókn að hægt er að nota forritin Mimics, 3-matic og Ansys til að gera kraftaprófanir á hryggsúlum. Þessar kraftaprófanir geta seinna orðið hornsteinn í þróun öryggisbúnaðar til verndar hryggsúlu og bols hestamanna.
- Til að þróun öryggisbúnaðar út frá aflfræðilegum rannsóknum geti orðið að veruleika þarf þó að bæta þær aðferðir sem hér hefur verið lýst og prófa fleiri kraftatilgátur.

Það er við hæfi að ljúka þessari umfjöllun á erindi úr ljóði Einars E. Sæmundsen „Hestaminni“

Frá þjóðarinnar allra elztu dögum
og Íslandsbygð var treyst á góðan hest.
Sú saga er skráð í hraun og heiðardrögum
og hvar sem annars nokkur gata sést.
Því hann var sá, er sigraði allar þrautir,
jók sæmd og virðing góða húsbóndans.
Á slíka sigra benda ótal brautir,
sem blasa við í auðnum þessa lands.

Höfundur: Einar E. Sæmundsen

Þakkir

Sérstakar þakkir fær Halldór Jónsson Jr. fyrir að hafa tekið að sér að leiðbeina mér við framkvæmd þessarar rannsóknar. Einnig fær Paolo Gargiulo sérstakar þakkir fyrir takmarkalaus þolinmæði við að kenna mér á forritin sem notuð voru í rannsókninni. Einnig vil ég þakka Pétri Sólvari Guðjónssyni fyrir aðstoð við tölfræðilega úrvinnslu gagna og yfirlstur ritgerðar. Auk þess vil ég þakka öllum þeim hestamönnum sem ég hafði samband við fyrir að hafa sýnt rannsókninni áhuga og komið með gagnlegar ábendingar. Að lokum vil ég þakka fjölskyldu og vinum fyrir að hafa stutt við bakið á mér á rannsóknartímabilinu.

Heimildaskrá

1. Björnsson GG, Sveinsson HJ. Íslenski hesturinn. Reykjavík: Mál og menning; 2004.
2. Guðbrandsson ÓÓ. Tölfræði 2011. Reykjavík: Oddi ehf; 2013.
3. Garðarsdóttir HK. Munnleg heimild. Reykjavík: Landssamband hestamannafélaga; 2013.
4. Bollason EG. Munnleg heimild. Reykjavík; 2013.
5. Kristjánsson JM K, W, Mogensen B. Horseback riding accidents in Iceland 2000-2008 Scand J Trauma Resus Emerg Med. 2010(2010):14.
6. Havlik HS. Equestrian sport-related injuries: a review of current literature. Current sports medicine reports. 2010;9(5):299-302. Epub 2010/09/10.
7. Bensch FV, Koivikko MP, Koskinen SK. MDCT findings in sports and recreational accidents. Acta radiologica (Stockholm, Sweden : 1987). 2011;52(10):1107-12. Epub 2011/10/21.
8. Gimsing S. [Horse-related accidents 1989-1999]. Ugeskrift for læger. 2001;163(43):5979-82. Epub 2001/11/09. Hesterelaterede fritidsulykker 1989-1999.
9. Lim J, Puttaswamy V, Gizzi M, Christie L, Croker W, Crowe P. Pattern of equestrian injuries presenting to a Sydney teaching hospital. ANZ journal of surgery. 2003;73(8):567-71. Epub 2003/07/31.
10. Puschel V, Michaelsen U, Giensch M, Lockemann U, Meenen NM, Hessler C. [The question of safety in horse-riding sports]. Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin. 2012;26(3):159-63. Epub 2012/07/13. Zur Frage der Sicherheit im Reitsport.
11. Thomas KE, Annest JL, Gilchrist J, Bixby-Hammett DM. Non-fatal horse related injuries treated in emergency departments in the United States, 2001-2003. British journal of sports medicine. 2006;40(7):619-26. Epub 2006/04/14.
12. Cuenca AG, Wiggins A, Chen MK, Kays DW, Islam S, Beierle EA. Equestrian injuries in children. Journal of pediatric surgery. 2009;44(1):148-50. Epub 2009/01/23.
13. Hasler RM, Exadaktylos AK, Bouamra O, Benneker LM, Clancy M, Sieber R, et al. Epidemiology and predictors of spinal injury in adult major trauma patients: European cohort study. European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society. 2011;20(12):2174-80. Epub 2011/06/07.
14. Jagodzinski T, DeMuri GP. Horse-related injuries in children: a review. WMJ : official publication of the State Medical Society of Wisconsin. 2005;104(2):50-4. Epub 2005/04/29.
15. Hasler RM, Gyssler L, Benneker L, Martinolli L, Schotzau A, Zimmermann H, et al. Protective and risk factors in amateur equestrians and description of injury patterns: A retrospective data analysis and a case - control survey. Journal of trauma management & outcomes. 2011;5:4. Epub 2011/02/08.
16. Ball CG, Ball JE, Kirkpatrick AW, Mulloy RH. Equestrian injuries: incidence, injury patterns, and risk factors for 10 years of major traumatic injuries. American journal of surgery. 2007;193(5):636-40. Epub 2007/04/17.
17. Boran S, Lenehan B, Street J, McCormack D, Poynton A. A 10-year review of sports-related spinal injuries. Irish journal of medical science. 2011;180(4):859-63. Epub 2011/07/28.
18. Lenehan B, Boran S, Street J, Higgins T, McCormack D, Poynton AR. Demographics of acute admissions to a National Spinal Injuries Unit. European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society. 2009;18(7):938-42. Epub 2009/03/14.
19. Mayberry JC, Pearson TE, Wiger KJ, Diggs BS, Mullins RJ. Equestrian injury prevention efforts need more attention to novice riders. The Journal of trauma. 2007;62(3):735-9. Epub 2007/04/07.
20. Rathfelder FJ, Klever P, Nachtkamp J, Paar O. [Injuries in horseback riding--incidence and causes]. Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin. 1995;9(3):77-83. Epub 1995/09/01. Verletzungen im Reitsport--Häufigkeit und Entstehungsursachen.
21. Hessler C, Eckert V, Meiners J, Jurgens C, Reicke B, Matthes G, et al. [Causes, injuries, therapy and possibilities of prevention of equine-related accidents : Results of a 2-center-study.]. Der Unfallchirurg. 2013. Epub 2013/01/12. Ursachen, Verletzungen, Therapie und Präventionsmöglichkeiten von Unfällen im Reitsport : Ergebnisse einer 2-Center-Studie.
22. Silver JR. Spinal injuries resulting from horse riding accidents. Spinal cord. 2002;40(6):264-71. Epub 2002/05/31.
23. Guyton K, Houchen-Wise E, Peck E, Mayberry J. Equestrian injury is costly, disabling, and frequently preventable: the imperative for improved safety awareness. The American surgeon. 2013;79(1):76-83. Epub 2013/01/16.

24. Hessler C, Namislo V, Kammler G, Lockemann U, Puschel K, Meenen NM. [Spine injuries due to horse riding accidents - an analysis of 30 cases]. *Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*. 2011;25(2):93-6. Epub 2011/05/26. Reitunfallbedingte Wirbelsäulenverletzungen - eine Analyse von 30 Fällen.
25. Hamilton MG, Tranmer BI. Nervous system injuries in horseback-riding accidents. *The Journal of trauma*. 1993;34(2):227-32. Epub 1993/02/01.
26. Siebenga J, Segers MJ, Elzinga MJ, Bakker FC, Haarman HJ, Patka P. Spine fractures caused by horse riding. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2006;15(4):465-71. Epub 2006/01/13.
27. Knutsdottir S, Thorisdottir H, Sigvaldason K, Jonsson H, Jr., Bjornsson A, Ingvarsson P. Epidemiology of traumatic spinal cord injuries in Iceland from 1975 to 2009. *Spinal cord*. 2012;50(2):123-6. Epub 2011/09/29.
28. Ladewig J. Human safety and horse welfare - two sides of the same coin. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 2011;6(5):292-3.
29. Sigurjonsdottir H. Equine learning behaviour: the importance of evolutionary and ecological approach in research. *Behavioural processes*. 2007;76(1):40-2; discussion 57-60. Epub 2007/04/07.
30. Hall C, Huws N, White C, Taylor E, Owen H, McGreevy P. Assessment of ridden horse behavior. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 2013;8(2):62-73.
31. O'Grady SE, Poupard DA. Proper physiologic horseshoeing. *The Veterinary clinics of North America Equine practice*. 2003;19(2):333-51. Epub 2003/10/25.
32. Masetti P, Albertsdóttir E, Þórarinnsson H, Sturluson G. Öryggi í hestamennsku. 2013; Available from: http://vis.is/library/Auglysingar/Baeklingar/Hestavernd_A5.indd.pdf.
33. Sigurðsson ST. *Hófar íslenskra hrossa*2011.
34. Newton AM, Nielsen AM. A review of horse-related injuries in a rural Colorado hospital: implications for outreach education. *Journal of emergency nursing: JEN : official publication of the Emergency Department Nurses Association*. 2005;31(5):442-6. Epub 2005/10/04.
35. Chitnavis JPG, C. L.Hirigoyen, M.Lloyd Parry, J.Simpson, A. H. Accidents with horses: what has changed in 20 years? *Injury*. 1996;27(2):103-5. Epub 1996/03/01.
36. Moss PS, Wan A, Whitlock MR. A changing pattern of injuries to horse riders. *Emergency medicine journal : EMJ*. 2002;19(5):412-4. Epub 2002/09/03.
37. Hessler C, Eckert V, Vettorazzi E, Meenen N, Jurgens C, Schult M, et al. Effectiveness of safety vests in pediatric horseback riding. *Klinische Padiatrie*. 2012;224(7):443-7. Epub 2012/10/17.
38. Lin CY, Wright J, Bushnik T, Shem K. Traumatic spinal cord injuries in horseback riding: a 35-year review. *The American journal of sports medicine*. 2011;39(11):2441-6. Epub 2011/08/23.
39. Richard L. Drake AWV, Adam W. M. Mitchell. *Gray's Anatomy for Students*. Canada: Churchill Livingstone; 2010. 56-118 p.
40. Sobotta J. *Sobotta Atlas of Human Anatomy*. 14. edition ed. München: Urban & Fischer Verlag 2009.
41. Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability. *European journal of radiology*. 2013;82(1):118-26. Epub 2012/10/24.
42. Miele VJ, Panjabi MM, Benzel EC. Anatomy and biomechanics of the spinal column and cord. *Handbook of clinical neurology*. 2012;109:31-43. Epub 2012/10/27.
43. Holdsworth F. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1970;52(8):1534-51. Epub 1970/12/01.
44. A R Crossman DN. *Neuroanatomy*. Third edition ed: Elsevier Limited; 2005.
45. Kiernan JA. *BARR'S The Human Nervous System: An Anatomical Viewpoint United States of America*: Lippincott Williams & Wilkins 2005.
46. Aebi MBWJM. *Biomechanics of the Spine and Spinal Instrumentation. AO ASIF Principles in Spine Surgery*. Heidelberg: Springer-Verlag; 1998. p. 3-12.
47. Apuzzo MLJ, Watkins RG, Dobkin WR. *The unstable spine*. United Kingdom: Grune & Stratton, Inc; 1986.
48. Urban Lindegren OS. *Ortopedia*2007. 703-... p.
49. M. A, J.S. T, J.K W. *AO ASIF Principles in Spine Surgery*1998.
50. Pirouzmand F. Epidemiological trends of spine and spinal cord injuries in the largest Canadian adult trauma center from 1986 to 2006. *Journal of neurosurgery Spine*. 2010;12(2):131-40. Epub 2010/02/04.
51. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 1994;3(4):184-201. Epub 1994/01/01.

52. Gargiulo P, Petursson T, Magnusson B, Bifulco P, Cesarelli M, Izzo GM, et al. Assessment of Total Hip Arthroplasty by Means of Computed Tomography 3D Models and Fracture Risk Evaluation. *Artificial organs*. 2013. Epub 2013/04/05.
53. Gargiulo P, Helgason T, Reynisson PJ, Helgason B, Kern H, Mayr W, et al. Monitoring of muscle and bone recovery in spinal cord injury patients treated with electrical stimulation using three-dimensional imaging and segmentation techniques: methodological assessment. *Artificial organs*. 2011;35(3):275-81. Epub 2011/03/16.
54. Whitesides TE, Jr. Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. *Clinical orthopaedics and related research*. 1977(128):78-92. Epub 1977/10/01.
55. Denis F. Spinal instability as defined by the three-column spine concept in acute spinal trauma. *Clinical orthopaedics and related research*. 1984(189):65-76. Epub 1984/10/01.
56. Ackery A, Tator C, Krassioukov A. A global perspective on spinal cord injury epidemiology. *Journal of neurotrauma*. 2004;21(10):1355-70. Epub 2005/01/28.
57. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, Melzak J, Michaelis LS, Ungar GH, et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I. Paraplegia. 1969;7(3):179-92. Epub 1969/11/01.
58. Maynard FM, Jr., Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF, Jr., Donovan WH, Ducker TB, et al. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. *Spinal cord*. 1997;35(5):266-74. Epub 1997/05/01.
59. Hayes KC, Hsieh JT, Wolfe DL, Potter PJ, Delaney GA. Classifying incomplete spinal cord injury syndromes: algorithms based on the International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury Patients. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2000;81(5):644-52. Epub 2000/05/12.
60. Aarabi B BC, Chapman J, Dvorak M, Fehlings M, Kandziora F, Kepler C, Oner C, Rajasekaran S, Reinhold M, Schnake K, Vialle L, Vaccaro A. . AOSpine Classification and Injury Severity System for Traumatic Fractures of the Thoracolumbar Spine. In: AOSpine, editor. 2013.
61. Bændasamtök-Íslands. Ræktunarmarkmið fyrir íslenska hrossakynið. Ísland2013 [cited 2013 26. maí]; Available from: <http://bondi.is/Pages/475>.
62. Bárðarson S. Á fákaspori: umhirða, þjálfun og keppni. Reykjavík: Eiðfaxi; 1982.
63. Svansson PK. Munnleg heimild. Reykjavík; 2013.
64. Sigurðsson ST. Hestaslys og járningar. In: Pálsdóttir E, editor. Reykjavík2013.
65. Tuck SP, Pearce MS, Rawlings DJ, Birrell FN, Parker L, Francis RM. Differences in bone mineral density and geometry in men and women: the Newcastle Thousand Families Study at 50 years old. *The British journal of radiology*. 2005;78(930):493-8. Epub 2005/05/19.
66. Salmingo RA, Tadano S, Fujisaki K, Abe Y, Ito M. Relationship of forces acting on implant rods and degree of scoliosis correction. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 2013;28(2):122-8. Epub 2013/01/01.
67. Alizadeh M, Kadir MR, Fadhli MM, Fallahiarezoodar A, Azmi B, Murali MR, et al. The Use of X-Shaped Cross-Link in Posterior Spinal Constructs Improves Stability in Thoracolumbar Burst Fracture: A Finite Element Analysis. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*. 2013. Epub 2013/05/04.