

# Kvikasilfur í hári barnshafandi kvenna

Edda Dufþaksdóttir<sup>1</sup> næringarfræðinemi\*

Eva Jacobsen<sup>1</sup> næringarfræðinemi\*

Ása Valgerður Eiríksdóttir<sup>2</sup> lífeindafræðingur

Óla Kallý Magnúsdóttir<sup>3</sup> næringarfræðingur

Kristín Ólafsdóttir<sup>2</sup> lífefnafræðingur og dósent í eiturefnafræði

Pórhallur Ingi Halldórsson<sup>1</sup> faraldsfræðingur og prófessor

\*framlag þessara höfunda var jafnt við ritun greinarinnar.

<sup>1</sup>Matvæla- og næringarfræðideild Háskóla Íslands, <sup>2</sup>Rannsóknastofu í lyfja- og eiturefnafræði, læknadeild Háskóla Íslands, <sup>3</sup>Próunarmiðstöð íslenskrar heilsugæslu.

Fyrirspurnum svarar Pórhallur Ingi Halldórsson, [tih@hi.is](mailto:tih@hi.is)

## Inngangur

Kvikasilfur er þungmálmur sem finnst náttúrulega í umhverfinu en losast einnig út í umhverfið meðal annars við eldgos, brennslu jarðefnaeldsneytis og námuvinnslu.<sup>1</sup> Kvikasilfur sem losað er með þeim hætti safnast á endanum fyrir í hafi og vötnum þar sem örverur umbreyta því í metýlkvikasilfur. Þetta lífræna form efnisins hvarfast auðveldlega við prótein og magnast því styrkur efnisins upp og verður mestur í tegundum sem eru hærra í fæðukeðjunni.<sup>2</sup> Metýlkvikasilfur frásogast greiðlega í mönnum (~90%), fer auðveldlega bæði yfir blóð-heila þröskuld og í gegnum fylgju.<sup>3</sup> Hærrí styrkur í naflastrengsblóði miðað við blóð móður bendir til meiri útsetningar hjá fóstri.<sup>3</sup>

Há tíðni greininga alvarlegra taugasjúkdóma í Minamata-flóa í Japan um miðja síðustu öld, sem rakin var til neyslu á sjávarfangi sem hafði mengast af kvikasilfri vegna losunar affallsvatns frá nærliggjandi verksmiðju, varpaði ljósi á mögulega skaðsemi kvikasilfurs í sjávarfangi. Rannsóknir á þessu slysi sýndu fram á greinileg áhrif á taugaproska fósturs í tilvikum þar sem lítil merki eitrunar voru sjáanleg hjá móður.<sup>4</sup> Síðari rannsóknir á áhrifum metýlkvikasilfurs á taugaproska barna hafa einkum beinst að útsetningu á meðgöngu á minna menguðum svæðum þar sem neysla sjávarfangs er algeng. Í framskyggnum ferilrannsóknnum frá Færeyjum á börnum sem fæddust í kringum 1990 komu fram

## ÁGRIP

### BAKGRUNNUR

Rannsóknir frá Færeyjum hafa sýnt fram á skýr tengsl milli útsetningar móður fyrir kvikasilfri á meðgöngu og taugaproska fósturs og hafa Matvælaöryggisstofnun Evrópu (EFSA) og Umhverfisstofnun Bandaríkjanna (US-EPA) lagt til mismunandi heilsuverndarmörk fyrir neyslu kvikasilfurs. Margar þjóðir hafa gefið út ráðleggingar um fiskneyslu barnshafandi kvenna og framkvæma reglulegt eftirlit með kvikasilfri í lífsýnum. Fáar slíkar mælingar hafa verið gerðar hér á landi.

### AÐFERÐIR

Slembidreifð íhlutandi rannsókn meðal 120 barnshafandi kvenna á höfuðborgarsvæðinu. Íhlutunarhópurinn fékk ítarlega fræðslu um fiskneyslu á meðgöngu en viðmiðunarhópurinn almenna fræðslu hjá mæðravend. Styrkur kvikasilfurs í hári var mældur við upphaf og lok rannsóknar, hann borinn saman við heilsuverndarmörk og tengsl við fiskneyslu voru metin.

### NIÐURSTÖÐUR

Meðalstyrkur (staðalfrávik) kvikasilfurs í hári við upphaf rannsóknar var 0,48 µg/g (0,33) sem er undir þeim styrk í hári sem heilsuverndarmörk EFSA byggja á (1,8 µg/g) en 5% þátttakanda var yfir þeim styrk í hári sem heilsuverndarmörk US-EPA byggja á (1,1 µg/g). Skýr tengsl ( $p < 0,001$ ) sáust milli fiskneyslu og styrks kvikasilfurs í hári sem var að meðaltali 0,25 µg/g hjá þeim sem borðuðu fisk  $\leq 3$ /mánuði en 0,80 µg/g hjá þeim sem borðuðu fisk 3-4 sinnum í viku. Þær konur sem sögðust hafa borðað hákarl nýlega (3%) mældust með tiltölulega há gildi. Íhlutunin leiddi ekki til marktækrar breytingar á styrk kvikasilfurs við lok rannsóknar.

### ÁLYKTUN

Styrkur kvikasilfurs í hári barnshafandi kvenna er innan þeirra heilsuverndarmarka sem gefin hafa verið út í Evrópu. Rétt væri að skerpa enn frekar á ráðleggingum varðandi neyslu mengaðra tegunda eins og hákarls.

skýr neikvæð tengsl á milli útsetningar fósturs fyrir kvikasílfri í móðurkviði og vitræns þroska,<sup>5</sup> sem var greinanlegur allt fram á fullorðinsaldur.<sup>6</sup> Svipuð tengsl sáust einnig hjá börnum frá öðrum sjávarsamfélögum, svo sem meðal frumbyggja í Norður-Kanada,<sup>7</sup> en veikari tengsl sáust í rannsóknum frá Seychelles-eyjum þar sem neysla sjávarfangs var einnig mikil.<sup>8</sup>

Ofangreindar rannsóknir<sup>5,8</sup> voru meðal annarra lagðar til grundvallar þeim heilsuverndarmörkum sem Matvælaöryggisstofnun Evrópu (EFSA)<sup>2</sup> og Umhverfisstofnun Bandaríkjanna (US-EPA)<sup>9,10</sup> hafa lagt fram. Mörk EFSA eru lögð til grundvallar fæðutengdum ráðleggingum um fiskneyslu barnshafandi kvenna sem mörg Evrópulönd hafa gefið út,<sup>12</sup> þar með talið Ísland.<sup>13</sup> Hér á landi miðast útfærslan við að barnshafandi konur forðist neyslu á hákarli, sverðfiski, stórlúðu og eggjum sjófugla, ásamt því að takmarka neyslu á túnfisksteik og búra við eitt skipti í viku og niðursoðnum túnfiski og hrefnukjöti við tvisvar í viku.<sup>13</sup>

Takmarkaðar upplýsingar liggja fyrir um útsetningu fólks á Íslandi en mælingar á kvikasílfri í blóði 50 barnshafandi kvenna frá 2014-2015 benda til þess að styrkur kvikasílfurs sé töluvert lægri en í Grænlandi, svipaður og í Noregi, en hærri en í mörgum öðrum Evrópulöndum þar sem fiskneysla er ekki eins algeng.<sup>14</sup> Engin athugun hefur farið fram á því hvort styrkur kvikasílfurs í barnshafandi konum sé undir eða yfir heilsuverndarmörkum hér á landi og hefur því ekki verið lagt mat á það hvort fæðutengdar ráðleggingar Embættis landlæknis um fiskneyslu fyrir barnshafandi konur frá 2018<sup>13</sup> hafi tilætluð áhrif.

## Markmið

Tilgangur rannsóknar var að kanna styrk kvikasílfurs í hári hjá barnshafandi konum á höfuðborgarsvæðinu og tengsl hans við fiskneyslu, ásamt því að leggja mat á það hvort núverandi ráðleggingar um fiskneyslu barnshafandi kvenna þarfnist endurskoðunar.

## Efniviður og aðferðir

Rannsóknin var hluti af slembidreifðri íhlutandi rannsókn sem gerð var árið 2021 á Íslandi, Spáni, Portúgal, Grikklandi og Kýpur, innan verkefnisins „Human Biomonitoring for Europe (HBM4EU)“ sem styrkt var af Horizon 2020, rannsókn- og nýsköpunaráætlun Evrópusambandsins (hbm4eu.eu/). Markmið rannsóknarinnar var að kanna hvort ítarleg fræðsla um opinberar ráðleggingar um fiskneyslu meðal barnshafandi kvenna í löndum þar sem fiskneysla er tiltölulega mikil hefði áhrif á styrk kvikasílfurs sem mældur er í hári. Viðmiðunarhópurinn fékk sömu fræðslu og aðrar konur sem sækja mæðravernd (það er „standard care“). Útreikningar sýndu fram á að 325 þátttakendur þyrfti í hvern hóp til að greina mælanlegan mun milli hópa á styrk kvikasílfurs (eða 650 samtals, 130 frá hverju landi). Áhrifa íhlutunarinnar í heild verða gerð skil annars staðar en þessi grein fjallar um mælingar á kvikasílfri í hári íslensku þátttakendanna og tengsl þess við fiskneyslu.

## Þátttakendur

Rannsóknin náði til heilsuhraustra barnshafandi kvenna á aldrinum 18-45 ára. Inntökuskilyrði voru einburameðgangi og bú-

seta á Íslandi síðastliðin þrjú ár. Konurnar voru skráðar til þátttöku í gegnum mæðravernd Heilsugæslu höfuðborgarsvæðisins og tóku 10 af 15 heilsugæslustöðvum þátt. Ljósmeður kynntu rannsóknina við reglulega skoðun í mæðravernd og sá um öflun upplýsts samþykkis. Þær tóku einnig hársýni til greiningar á kvikasílfri tvisvar á meðgöngu: við upphaf rannsóknar, sem miðaðist við meðgönguviku  $\leq 22$ , og við lok rannsóknar, sem miðaðist við að sýni væri tekið að minnsta kosti fjórum mánuðum síðar. Rannsóknin var samþykkt af vísindanefnd Heilsugæslu höfuðborgarsvæðisins og vísindasíðanefnd (VSNb2021020046/03.01).

## Gagnasöfnun

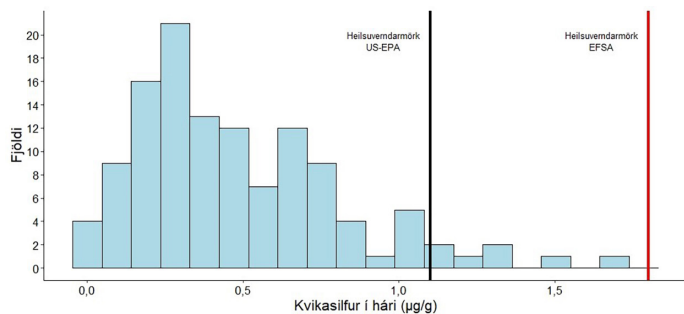
Strax eftir skráningu var íslensku þátttakendunum skipt tilviljunarkennt í íhlutunarhóp og viðmiðunarhóp (útfært með aðferðinni „proc plan“ í forritinu SAS v9.2: support.sas.com/en/documentation.html). Haft var samband við konur í íhlutunarhópnum nokkrum dögum eftir hársýnatöku og þær beðnar um að panta tíma fyrir viðtal við fyrsta tækifæri. Íhlutunin fólst í viðtalinu sem fór fram á fjarfundarforritinu Zoom með glærुकynningu. Farið var yfir ráðleggingar Embættis landlæknis um mataræði á meðgöngu,<sup>13</sup> með áherslu á fiskneyslu, sem þátttakendur fengu einnig sendar rafrænt. Kynntar voru forsendur ráðlegginga um fiskneyslu og ástæður þess að hvatt er til takmörkunar á neyslu ákveðinna tegunda sjávarfangs. Til skýringar var farið yfir magn kvikasílfurs í ólíkum fiskitegundum. Konunum gafst einnig færi á að spyrja almennra spurninga um mataræði á meðgöngu. Í heild tók viðtalið um 15 mínútur.

Allir þátttakendur voru einnig beðnir um að svara rafrænum spurningalista við upphaf og lok rannsóknar þar sem lögð var áhersla á fiskneyslu með tilliti til tíðni og tegundasamsetningar síðustu fjóra mánuði. Fyrri listinn innihélt einnig almennar spurningar sem sneru að hegðun og umhverfisþáttum sem gætu haft áhrif á styrk kvikasílfurs.

## Mælingar á kvikasílfri

Styrkur kvikasílfurs var mældur í hársýnum sem tekin voru við upphaf og lok rannsóknar. Að meðaltali liðu 150 og 143 dagar á milli fyrri og seinni sýnatöku í viðmiðunar- og íhlutunarhópnum, og var munur fjölda daga milli hópa ekki marktækur ( $p=0,77$ ). Notað var hár vegna þess að sú sýnatökuaðferð er einföld, er lítið inngrip og er algeng aðferð við eftirlit með fólki.<sup>15</sup> Það eykur möguleika á samanburði við aðrar rannsóknir og heilsuverndarmörk. Klipptur var þunnur hárlokkur upp við rót aftan á hnakka og honum haldið saman með límbandi. Á límbandið var teiknuð ör svo hægt væri að greina rótarendann. Fyrstu þrjú cm frá rót voru notaðir við greiningar, sem byggist á þeirri nálgun að hár vex um rúman einn cm á mánuði<sup>16</sup> og endurspeglar sá hluti sýnis því útsetningu síðastliðna þrjá til fjóra mánuði, sem er það tímabil sem spurningar okkar um fiskneyslu náðu yfir. Miðað var við að seinni sýnataka færi fram eigi skemur en að fjórum mánuðum liðnum.

Mælingar á kvikasílfri voru gerðar með atómgleypnimælingu á rannsóknarstofu Centro Nacional de Sanidad Ambiental (CNSA), Instituto de Salud Carlos III í Madrid á Spáni samkvæmt aðferð sem lýst hefur verið nánar annars staðar.<sup>17</sup> Magngrein- ingarmörk voru við 0,01  $\mu\text{g/g}$  af hári og 3 mg af sýni voru notuð



**Mynd 1.** Studlaritíð sýnir dreifingu á styrk kvikasilfurs í hári þátttakenda (µg/g) við upphaf rannsóknar (n=120), miðað við þau kvikasilfursgildi í hári sem heilsuverndarmörk EFSA og US-EPA byggja á.

við hverja greiningu. Vottuð viðmiðunarsýni voru greind með sýnunum.

### Tölfræði

Dreifingu á styrk kvikasilfurs í hári var lýst með meðaltali og staðalfrávik. Til að auðvelda samanburð við aðrar rannsóknir var magn kvikasilfurs í hári einnig gefinn upp sem margfeldis-meðaltal ( $\sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n}$ ). Notað var T-próf og F-próf til að meta hvort marktækur munur væri á styrk kvikasilfurs á milli tveggja eða fleiri hópa. Til að meta réttmæti notkunar þessara stikuðu prófa voru áhrif hugsanlegra einfara einnig metin með því að nota óstikuð próf (Mann-Whitney- og Kruskal-Wallis-próf) sem gáfu í öllum tilvikum sömu niðurstöðu.

Markmið tölfræðigreininganna var í fyrsta lagi að skoða hvaða bakgrunnur þátttakenda, sér í lagi fiskneysla, hefðu forspárgildi fyrir styrk kvikasilfurs í hári. Samhengi fiskneyslu við styrk kvikasilfurs í hári var sýnt myndrænt með kassaritum (box-plot).<sup>18</sup> Einnig var samband annarra þátta við styrk kvikasilfurs í hári skoðað, svo sem kvikasilfursfylling í tönnum, húðflúra og reykinga, sem hefur allt verið tengt við magn kvikasilfurs í lífsýnum í öðrum rannsóknum.<sup>19</sup> Áhrif íhlutunar voru skoðuð með tilliti til breytinga í styrk kvikasilfurs í hári frá upphafi til loka meðgöngu.

Styrkur kvikasilfurs í hári þátttakenda var einnig borinn saman við heilsuverndarmörk sem EFSA og US-EPA hafa lagt fram. Þau heilsuverndarmörk nefnast í tilvikum EFSA „tolerable weekly intake (TWI)“ sem miðast við að neysla kvikasilfurs fari ekki yfir 1,3 µg/kg líkamsþyngdar á viku. Í tilvikum US-EPA eru þessi mörk kölluð „reference dose (RfD)“ sem miðast við að neysla kvikasilfurs fari ekki yfir 0,1 µg/kg líkamsþyngdar á dag (eða 0,7 µg/kg líkamsþyngdar á viku). Bæði mörk eru ákvörðuð út frá sömu rannsóknum á tengslum kvikasilfurs í hári eða blóði barnshafandi kvenna og taugaþroska barna<sup>2,9</sup> og svara til styrks í hári upp á 1,8 µg/g í tilvikum EFSA<sup>2</sup> og 1,1 µg/g í tilvikum US-EPA.<sup>9,10</sup> Sá munur skýrist af því að þessar stofnanir meta misjafnlega óvissu í kringum þau mörk þar sem skaðleg áhrif sjást í rannsóknum.<sup>2,9</sup>

### Niðurstöður

Alls voru 120 konur á aldrinum 20-42 ára skráðar í rannsóknina frá 6. maí til 28. september 2021 og luku 106 konur við rannsóknina (88%) með því að gefa hársýni við lok meðgöngu. Allir þátttakendur tilgreindu upplýsingar um aldur og meðgöngulengd á

**Tafla I.** Bakgrunnur þátttakenda við upphaf rannsóknar (n=101-120)<sup>1</sup> og tengsl þeirra við styrk kvikasilfurs í hári.

	Meðaltal (SF) eða fjöldi (%)	Hg í hári (µg/g)	P gildi
<b>Aldur (ár) (SF)</b>	29,8 (5,2)	0,43 (0,32)	
20-25	22 (26)	0,39 (0,31)	0,03 <sup>2</sup>
26-30	37 (45)	0,43 (0,32)	
>30	41 (49)	0,57 (0,34)	
<b>Menntun</b>			
Lokið grunn- og/eða framhaldsskóla	27 (22)	0,42 (0,31)	0,27 <sup>2</sup>
Iðn- eða tækniskólaþróf	9 (8)	0,53 (0,33)	
Háskólanám	63 (53)	0,53 (0,36)	
Ekki svarað	21 (17)	0,39 (0,24)	
<b>Líkamsþyngdarstuðull (kg/m<sup>2</sup>)</b>	26,4 (5,1)		
<25	46 (46)	0,51 (0,33)	0,82 <sup>3</sup>
≥25	55 (54)	0,49 (0,37)	
Meðgöngulengd við skráningu (vika)	13,3 (4,1)		
<b>Fjöldi fyrri meðgangna</b>			
0	46 (46)	0,46 (0,34)	0,41 <sup>3</sup>
1+	55 (54)	0,51 (0,33)	
<b>Reykti fyrir meðgöngu</b>			
Já	3 (3)	0,50 (0,35)	0,47 <sup>3</sup>
Nei	98 (97)	0,35 (0,11)	
<b>Húðflúr</b>			
Já	52 (51)	0,50 (0,37)	0,90 <sup>3</sup>
Nei	49 (49)	0,49 (0,32)	
<b>Kvikasilfursfyllingar í tönnum</b>			
Já	28 (23)	0,60 (0,36)	0,10 <sup>2</sup>
Nei	71 (70)	0,48 (0,35)	
Veit ekki	7 (7)	0,29 (0,20)	
<b>Litað háir</b>			
Já	60 (59)	0,47 (0,34)	0,66 <sup>3</sup>
Nei	41 (41)	0,50 (0,36)	

<sup>1</sup>n=120 fyrir aldur og meðgöngulengd því þær upplýsingar voru gefnar upp við skráningu; n=101 fyrir aðrar breytur því það er sá fjöldi sem svaraði spurningalista við upphaf rannsóknar, <sup>2</sup>F-próf, <sup>3</sup>T-próf.

skráningarblaði en aðrar upplýsingar um þátttakendur við upphaf rannsóknar fengust með spurningalista sem 101 þátttakandi svaraði (84%).

Dreifing kvikasilfurmagns í hári þátttakenda er sýnd á mynd 1. Meðalstyrkur (staðalfrávik) kvikasilfurs í þeim 120 þátttakendum sem gáfu hársýni við upphaf rannsóknar var 0,48 µg/g (0,33) og miðgildi (hæsta - lægsta gildi) var 0,41 µg/g (0,01-1,66). Margfeldismeðaltal fyrir styrk kvikasilfurs í hári var 0,36 µg/g (95% öryggisbil 0,31, 0,42). Styrkur kvikasilfurs við upphaf rannsóknar var í öllum tilfellum undir heilsuverndarmörkum EFSA en hársýni 6 kvenna (5%) voru yfir heilsuverndarmörkum US-EPA.

Bakgrunnur þátttakenda við upphaf rannsóknar og tengsl þeirra við styrk kvikasilfurs í hári eru sýnd í töflu I. Styrkur kvikasilfurs í hári hækkaði marktækt með aldri (p=0,03) en engin

**Tafla II.** Tengsl fiskneyslu við magn kvikasilfurs í hári við upphaf rannsóknar (n=101).

	Fjöldi (%)	Hg í hári (µg/g) Meðaltal (SF)	P gildi
<b>Fiskur, allar tegundir</b>			
≤ 3 sinnum í mánuði	24 (24)	0,25 (0,19)	<0,0011
1 sinni í viku	42 (41)	0,45 (0,24)	
2 sinnum í viku	19 (19)	0,65 (0,41)	
3-4 sinnum í viku	16 (16)	0,80 (0,39)	
<b>Lúða, steinbítur/hlýri, skötuselur eða túnfiskur (steik)</b>			
Aldrei	56 (55)	0,38 (0,26)	0,00081
<1 mánuði	36 (36)	0,60 (0,33)	
≥1 mánuði <sup>3</sup>	9 (9)	0,72 (0,57)	
<b>Túnfiskur í dós</b>			
Aldrei	48 (47)	0,46 (0,34)	0,621
Minna en vikulega	44 (44)	0,51 (0,35)	
Vikulega eða oftar	9 (9)	0,58 (0,37)	
<b>Hákarl</b>			
Nei	98 (97)	0,48 (0,33)	<0,0012
Já <sup>4</sup>	3 (3)	1,15 (0,27)	

<sup>1</sup>F-próf, <sup>2</sup>T-próf.

<sup>3</sup>samanlögð neysla þessara tegunda var undir einni máltíð á viku hjá öllum þátttakendum.

<sup>4</sup>Styrkur kvikasilfurs í hári þeirra sem sögðust borða hákarl var á bilinu 0,84 til 1,32 µg/g og uppgæfin tíðni neyslu hákarls var „sjaldnar en einu sinni í mánuði“ sem var lægsta tíðni sem hægt var að tilgreina (fyrir utan „aldrei“).

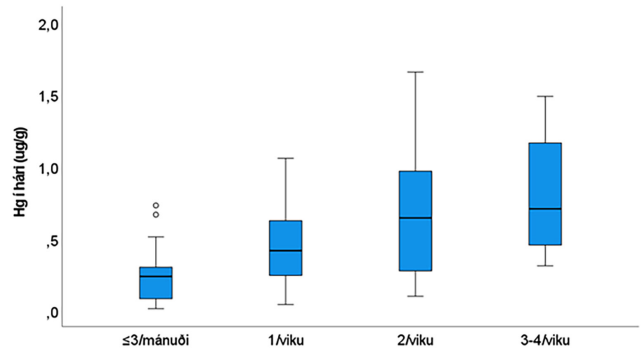
tengsl fundust við önnur einkenni, svo sem líkamsþyngdarstuðul, menntun eða kvikasilfursfyllingar í tönnum.

Tengsl fiskneyslu við styrk kvikasilfurs í hári við upphaf rannsóknar eru sýnd í töflu II. Meðalstyrkur kvikasilfurs þeirra kvenna sem borðuðu fisk ≤3 í mánuði var 0,25 µg/g en hækkaði svo línulega upp í 0,80 µg/g hjá þeim konum sem borðuðu fisk 3-4 sinnum í viku (mynd 2). Þegar skoðaðar voru algengar fisktegundir sem eru hærra í fæðukeðjunni, það er lúða, steinbítur, skötuselur og túnfiskur, sáust einnig tengsl (mynd 3). Þó þau tengsl séu veikari verður að hafa í huga að neysla þessara tegunda var mun lægri miðað við tíðni heildarfiskneyslu. Þær fáu konur (3%) sem sögðust hafa borðað hákarl sjaldnar en mánaðarlega (sem var lægsti valmöguleiki fyrir utan „aldrei“) voru með mun hærri meðalstyrk kvikasilfurs í hári (1,15 µg/g) miðað við þær sem höfðu ekki borðað hákarl (0,48 µg/g). Gildi þeirra sem höfðu borðað hákarl lágu á bilinu 0,84 til 1,32 µg/g. Engin fylgni var á milli neyslu túnfisks í dós og styrks kvikasilfurs í hári.

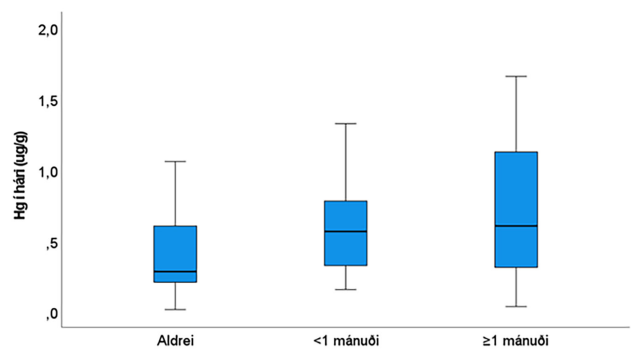
Ekki var munur á einkennum þátttakenda sem lentu í íhlutunarhóp og viðmiðunarhóp við upphaf rannsóknar (tafla III) og íhlutunin hafði ekki áhrif á styrk kvikasilfurs við lok rannsóknar.

### Umræða

Niðurstöður þessarar rannsóknar á barnshafandi konum af höfudborgarsvæðinu árið 2021 sýna að styrkur kvikasilfurs í hári er undir þeim mörkum sem Matvælaöryggisstofnun Evrópu (EFSA) hefur sett sem heilsuverndarmörk fyrir neyslu úr matvælum.<sup>2</sup> Samanburður við sambærileg mörk Umhverfistofnunar Bandaríkjanna (US-EPA),<sup>9</sup> leiddi í ljós að 5% þátttakenda voru yfir mörkum við fyrstu hársýnatöku. Skýr tengsl voru á milli fiskneyslu og styrks kvikasilfurs í hári. Ekki mældist marktækur munur á styrk kvikasilfurs í hári við upphaf og lok íhlutunar.



**Mynd 2.** Tengsl heildarfiskneyslu (allar tegundir) við styrk kvikasilfurs í hári þátttakenda við upphaf rannsóknar (n=101). Svarta línan innan hvers kassa sýnir miðgildið. Efri og neðri mörk kassanna svara til 25. og 75. hlutfallsmark. Línurnar út frá kössunum eða punktarnir sýna hæsta og lægsta gildi.



**Mynd 3.** Tengsl neyslu á lúðu, steinbít/hlýra, skötusel eða túnfisk (steik) við styrk kvikasilfurs í hári þátttakenda við upphaf rannsóknar (n=101). Svarta línan innan hvers kassa sýnir miðgildið. Efri og neðri mörk kassanna svara til 25. og 75. hlutfallsmarks og línurnar út frá kössunum sýna hæsta og lægsta gildi.

Heilsuverndarmörk EFSA<sup>2</sup> upp á 1,3 µg/kg líkamsþyngdar á viku kallast *tolerable weekly intake* (TWI) og mörk US-EPA<sup>9,10</sup> upp á 0,1 µg/kg líkamsþyngdar á dag (eða 0,7 µg/kg á viku) kallast *reference dose*. Bæði mörk miðast við neyslu kvikasilfurs úr matvælum og eru skilgreind þannig að neysla undir þessum mörkum hafi hverfandi áhættu í för með sér (það er *without an appreciable risk*). Þessi mörk eru ákvörðuð út frá rannsóknum á styrk kvikasilfurs í hári sem réttlætir okkar samanburð. Í tilvikum EFSA<sup>2</sup> voru notaðar tvær rannsóknir frá Færeyjum<sup>5</sup> og Seychelles-eyjum<sup>8</sup> þar sem merki um skaðleg áhrif kvikasilfurs á fósturþroska sáust fyrst við styrk í hári við 11,0 µg/g annars vegar og 12,0 µg/g hins vegar. Meðaltalið (11,5 µg/g) var notað til að ákvarða heilsuverndarmörk en til að taka tillit til óvissu vegna breytileika í frásogi og við að bakreikna inntöku frá hárgildum var deilt með óvissuþætti upp á 6,4. Það kvikasilfurgildi í hári sem EFSA leggur til grundvallar er því 1,8 µg/g. Sama aðferðafræði var notuð af US-EPA<sup>9,10</sup> og notuð gildi í hári upp á 11,0 µg/g, sem var leitt út frá sömu rannsókn<sup>5</sup> og EFSA notaði. US-EPA notaði hins vegar óvissuþátt upp á 10 og þeirra mörk miðast því við styrk í hári upp á 1,1 µg/g.

Mikilvægt er að hafa ofangreinda umfjöllun í huga við túlkun niðurstaðnanna. Styrkur kvikasilfurs í hári þátttakenda var innan ráðlagðra heilsuverndarmarkna EFSA<sup>2</sup> og er því hægt að álykta að hætta á skaðlegum áhrifum kvikasilfurs meðal þeirra sé sáralítill. Sé miðað við mörk US-EPA<sup>9,10</sup> fæst svipuð niðurstaða ef horft er til þess að mörk þeirra eru ákvörðuð út frá þeim forsendum

**Tafla III.** Bakgrunnur þátttakenda við upphaf rannsóknar og samanburður á styrk kvikasilfurs í hári, í íhlutunarhópnum og viðmiðunarhópnum, við upphaf og lok rannsóknar. Íhlutunin fólst í ítarlegu viðtali um fæðutengdar ráðleggingar um fiskneyslu fyrir barnshafandi konur, en viðmiðunarhópurinn fékk sína fræðslu eingöngu í gegnum mæðravernd.

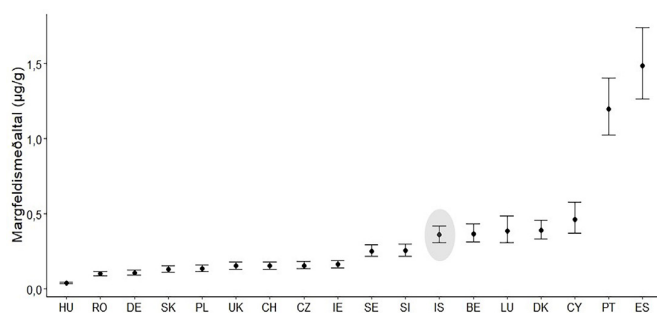
	Íhlutunarhópur (n=62)	Viðmiðunarhópur (n=58)	P
<b>Bakgrunnur við upphaf rannsóknar, meðaltal (SF)</b>			
Aldur (ár)	29,1 (4.9)	30,4 (5,4)	0,17 <sup>1</sup>
Líkamsþyngdarstuðull (kg/m <sup>2</sup> )	26,2 (4.3)	26,7 (5,7)	0,60 <sup>1</sup>
Meðgöngulengd við skráningu (vika)	13,0 (4.7)	13,6 (3,4)	0,41 <sup>1</sup>
<b>Fiskur, allar tegundir, fjöldi (%)</b>			
≤ 3 sinnum í mánuði	27 (27)	21 (21)	0,67 <sup>2</sup>
1-2 sinni í viku	57 (56)	65 (64)	
>2 sinnum í viku	17 (17)	15 (15)	
<b>Kvikasilfur í hári (µg/g), fjöldi (%)</b>			
Við upphaf rannsóknar	0,48 (0,35)	0,48 (0,32)	0,92 <sup>1</sup>
Við lok rannsóknar <sup>3</sup>	0,48 (0,37)	0,44 (0,27)	0,53 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>T-próf, <sup>2</sup>Kí-kvaðrat próf, <sup>3</sup>vegna brottfalls var fjöldi þátttakenda við lok rannsóknar 56 í viðmiðunarhóp og 50 í íhlutandi hóp.

að skaðleg áhrif kvikasilfurs geri fyrst mælanlega vart við sig við gildi sem liggja ofar en 11,0 µg/g í hári, sem er um það bil sjöfalt hærra en hæsta gildi kvikasilfurs í hári sem mældist í þessari rannsókn. Notkun ólíkra óvissupátta, sem er ástæða þess að mörk EFSA og US-EPA eru misjöfn, er sjaldan byggð á áreiðanlegum gögnum. Notkun óvissupátta er einfaldlega tæki til að lágmarka þá áhættu sem efninu fylgir þegar tekið er tillit til vafa í gögnunum sem áhættumatið er byggt á. Ekki er óalgengt að stofnanir meti slíka óvissu á ólíkan hátt.

Til samanburðar við áþekkar rannsóknir í öðrum löndum má nefna samhæft eftirlit með kvikasilfri í hári sem fór fram í 17 Evrópulöndum árið 2015, þar sem kvikasilfur í hári kvenna (n=60/land) og barna þeirra var mælt.<sup>15</sup> Á mynd 4 má sjá samanburð niðurstaða þessarar rannsóknar og okkar. Þar sést að af þessum 17 Evrópulöndum er styrkur kvikasilfurs í hári aðeins yfir meðaltali í okkar rannsókn, en svipaður og í Danmörku, Belgíu, Kýpur og Litháen. Athyglisvert er að kvikasilfursgildi á Spáni og Portúgal eru meira en tvöfalt hærri, sem gæti skýrt af því að fiskneysla kvenna þar er heldur meiri (~450g/viku)<sup>20</sup> en hér á landi (~300g/viku)<sup>21</sup> og neysla tegunda sem innihalda mikið magn kvikasilfurs líklega meiri.<sup>22</sup>

Það að fiskneysla hafi sterk tengsl við styrk kvikasilfurs í hári er vel þekkt<sup>2</sup> og það að sérstök tengsl séu við tegundir eins og lúðu, steinbít, skötusel og túnfisk (jafnvel þó þeirra sé neytt sjaldan) skýrist sennilega af því að þær innihalda meira af kvikasilfri en algengari neyslutegundir eins og lax, þorskur og ýsa.<sup>23</sup> Hvað sem því líður sýna niðurstöður okkar nokkuð skýrt að kvikasilfursgildi í hári þeirra sem segjast borða fisk þrisvar til fjórum sinnum í viku var innan marka EFSA. Miðað við þær upplýsingar sem gefnar voru í spurningalista var neysla á túnfisksteik og búra (ráðlagt hámark einu sinni í viku), niðursoðnum túnfiski og hrefnukjöti (ráðlagt hámark tvisvar í viku) í öllum tilvikum innan ráðlagðra marka. Af tegundum sem ráðlagt er að forðast sögðust 7% kvennanna hafa borðað stórlúðu og 3% hafa borð-



**Mynd 4.** Samanburður margfeldismeðaltals (geometric mean) kvikasilfurs í hári (µg/g) barnshafandi kvenna frá 18 Evrópulöndum frá 2015<sup>15</sup>. Niðurstöður hvers lands eru táknaðar með tveggja stafa landskóða. Niðurstöður þessarar rannsóknar (þ.e. frá 2021) eru merktar með skyggðum hring (HU: Ungverjaland; RO: Rúmenía; DE: Þýskaland; SK: Slóvakía; PL: Pólland; UK: Bretland; CH: Sviss; CZ: Tékkland; IE: Írland; SE: Svíþjóð; SI: Slóvenía; IS: Ísland; BE: Belgía; LU: Luxemburg; DK: Danmörk; CY: Kýpur; PT: Portúgal; ES: Spánn)

að hákarl nýlega. Eftir nánari samanburð við tilgreinda neyslu á lúðu (sem smálúðu) er grunur um að sú spurning hafi valdið misskilningi. Athyglisvert er að kvikasilfursmagn í hári þeirra fáu kvenna sem sögðust borða hákarl var í öllum tilfellum í efri hluta dreifingar. Hákarl er meðal fisktegundanna sem mest eru mengaðar af kvikasilfri og geta algengar tegundir sem borðaðar eru hér, eins og grænlandshákarl<sup>24</sup> og gljáháfur,<sup>25</sup> innihaldið á bilinu 2000-5000 ng/g miðað við sirka 5-10 ng/g í algengari neyslutegundum,<sup>23</sup> sem er allt að þúsundfaldur munur. Til að setja það í samhengi geta tveir til þrjú hákarlsbitar (~10 g) því svarað til þess magns kvikasilfurs sem fæst úr 10 kg af venjulegum fiski og þar sem helmingunartími methýlkvikasilfurs er ~80 dagar<sup>26</sup> geta áhrif slíkrar neyslu varað lengi. Sennilega mætti uppfæra nógildandi ráðleggingar til barnshafandi kvenna til að gera skýrari skil á því hvers vegna forðast beri neyslu hákarls.

Konurnar voru almennt áhugasamar um þá fræðslu sem þær fengu og við teljum jákvætt að íhlutunin virðist ekki hafa fælt þær frá því að borða fisk, sem nær óbreytt gildi í hári við lok rannsóknar virtist staðfesta. Sambærileg íhlutun hefur verið gerð í Danmörku sem hafði það að markmiði að koma styrk kvikasilfurs í hári barnshafandi kvenna niður fyrir ~0,6 µg/g í hári.<sup>27</sup> Miðað við okkar gögn þyrfti að takmarka fiskneyslu við um það bil eitt skipti í viku til að ná því marki. Þó tölur okkar bendi til þess að styrkur kvikasilfurs sé innan heilsuverndarmarka, sýna tölur frá Spáni og Portúgal að ekki má mikið út af að bera. Mikilvægt er að fylgjast með þróun neyslu og halda ráðleggingum á lofti. Hér skiptir samsetning tegunda mestu máli, en hugsanlegt er að með breytingum á loftslagi verði fisktegundir sem eru hærra í fæðukeðjunni (svo sem túnfiskur og makrill) algengari neyslufiskur. Einnig ferðast fólk meira í dag en áður og getur því óafvitandi neytt tegunda með meira magn kvikasilfurs ef það þekkir ekki til ráðlegginga. Dæmi um kvikasilfurseitrun vegna mikillar neyslu slíkra fisktegunda eru vel þekkt.<sup>28-30</sup>

Að lokum: Í rannsókn á kvikasilfri í hári sem var framkvæmd árið 2021 var útsetning 120 barnshafandi kvenna undir þeim gildum sem heilsuverndarmörk EFSA miðast við, en í nokkrum tilfellum var styrkurinn yfir þeim mörkum sem US-EPA hefur lagt til. Sterk tengsl fundust á milli fiskneyslu fyrir meðgöngu og styrks kvikasilfurs í hári. Rannsóknin bendir til þess, þrátt fyrir takmarkanir, að ráðleggja eigi þunguðum konum að forðast neyslu tiltekinna tegunda sjávarfangs. Vegna þess hve helm-

ingunartími kvikasilfurs er langur má færa rök fyrir því að rétt sé að kynna slíkar ráðleggingar fyrir konum á barneignaraldri.

## Þakkir

Við viljum þakka ljósmæðrum Heilsugæslu höfuðborgarsvæðisins fyrir gott samstarf við framkvæmd rannsóknarinnar sem,

þrátt fyrir miklar annir á tímum heimsfaraldurs, gáfu sér tíma í þetta verkefni og leystu það af metnaði. Við viljum einnig þakka þátttakendum sem gáfu sér tíma til að sitja undir fræðslu, svara spurningalistum og gefa hársýni. Án þeirra hefði þessi rannsókn ekki verið möguleg.

Greinin barst til blaðsins 28. ágúst 2022,  
samykkkt til birtingar 3. febrúar 2023.

## Heimildir

1. Environment U. GLOBAL MERCURY ASSESSMENT 2018 UN .Environment Programme Chemicals and Health Branch. Genf, Sviss 2019.
2. EFSA. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA J 2012; 10 (12).
3. Stern AH, Smith AE. An assessment of the cord blood:maternal blood methylmercury ratio: implications for risk assessment. Environ Health Perspect 2003; 111: 1465-70.
4. Harada M. Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. Crit Rev Toxicol 1995; 25: 1-24.
5. Grandjean P, Weihe P, White RF, et al. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. Neurotoxicol Teratol 1997; 19: 417-28.
6. Debes F, Weihe P, Grandjean P. Cognitive deficits at age 22 years associated with prenatal exposure to methylmercury. Cortex 2016; 74: 358-69.
7. Jacobson JL, Muckle G, Ayotte P, et al. Relation of Prenatal Methylmercury Exposure from Environmental Sources to Childhood IQ. Environ Health Perspect 2015; 123: 827-33.
8. Davidson PW, Myers GJ, Cox C, et al. Effects of prenatal and postnatal methylmercury exposure from fish consumption on neurodevelopment: outcomes at 66 months of age in the Seychelles Child Development Study. JAMA 1998; 280: 701-7.
9. US-EPA. Integrated Risk Information System. Methylmercury (MeHg). Chemical Assessment Summary 2001; (CASRN 22967-2-6). - desember 2022.
10. Toxicological Effects of Methylmercury. Washington (DC) 2000.
11. National Board of Health D. Healthy habits before, during and after pregnancy. 2015. sst.dk/-/media/Udgifter/2017/Sunde-vaner-for-under-og-efter-graviditet/Sunde\_vaner\_ashx - desember 2022.
12. National Health Service. Foods to avoid in pregnancy. 2020. nhs.uk/pregnancy/keeping-well/foods-to-avoid/ - desember 2022.
13. Mataraði á meðgöngu: Fróðleikur fyrir konur á barneignaraldri. Embætti landlæknis í samstarfi við Matvælastofnun, Mæðraværd Prúunarstofu heilsugæslu höfuðborgarsvæðisins og Rannsóknastofu í næringarfræði, Reykjavík 2018.
14. Adlard B, Lemire M, Bonafeld-Jorgensen EC, et al. MercuNorth - monitoring mercury in pregnant women from the Arctic as a baseline to assess the effectiveness of the Minamata Convention. Int J Circumpolar Health 2021; 80: 1881345.
15. Den Hond E, Govarts E, Willems H, et al. First steps toward harmonized human biomonitoring in Europe: demonstration project to perform human biomonitoring on a European scale. Environ Health Perspect 2015; 123: 255-63.
16. Packull-McCormick S, Ratelle M, Lam C, et al. Hair to blood mercury concentration ratios and a retrospective hair segmental mercury analysis in the Northwest Territories, Canada. Environ Res 2022; 203: 111800.
17. Castano A, Pedraza-Diaz S, Canas AI, et al. Mercury levels in blood, urine and hair in a nation-wide sample of Spanish adults. Sci Total Environ 2019; 670: 262-70.
18. Jónsdóttir AH, SH Lund. Tölfræði frá grunni. Háskóli Íslands, Reykjavík 2022.
19. McKelvey W, Jeffery N, Clark N, et al. Population-based inorganic mercury biomonitoring and the identification of skin care products as a source of exposure in New York City. Environ Health Perspect 2011; 119: 203-9.
20. Partearroyo T, Samaniego-Vaesken ML, Ruiz E, et al. Current Food Consumption amongst the Spanish ANIBES Study Population. Nutrients 2019; 11: 2663.
21. Gunnarsdóttir S, Þorgeirsdóttir H, Torfadóttir JE, et al. Hvað borða Íslendingar? Embætti landlæknis og Rannsóknastofa í næringarfræði við Háskóla Íslands, Reykjavík 2022.
22. Sanzo JM, Dorronsoro M, Amiano P, et al. Estimation and validation of mercury intake associated with fish consumption in an EPIC cohort of Spain. Public Health Nutr 2001; 4: 981-8.
23. Reykdal Ó, Desnica N, Hauksdóttir S, et al. Næringargildi sjávarafurða. Meginefni, steinefni, snefilefni og fitusýrur í lokaafurðum. Mátis, Reykjavík 2011.
24. McMeans BC, Arts MT, Fisk AT. Impacts of food web structure and feeding behavior on mercury exposure in Greenland Sharks (Somniosus microcephalus). Sci Total Environ 2015; 509-10: 216-25.
25. Newman MC, Xu X, Cotton CF, et al. High mercury concentrations reflect trophic ecology of three deep-water chondrichthyans. Arch Environ Contam Toxicol 2011; 60: 618-25.
26. Jo S, Woo HD, Kwon HJ, et al. Estimation of the Biological Half-Life of Methylmercury Using a Population Toxicokinetic Model. Int J Environ Res Public Health 2015; 12: 9054-67.
27. Kirk LE, Jorgensen JS, Nielsen F, et al. Public health benefits of hair-mercury analysis and dietary advice in lowering methylmercury exposure in pregnant women. Scand J Public Health 2017; 45: 444-51.
28. Bhandare D, Ruchi R. Unusual complication of an Alaskan cruise: thinking outside the box. BMJ Case Rep 2019; 12: e227727.
29. Risher JF. Too much of a good thing (fish): methylmercury case study. J Environ Health 2004; 67: 9-14, 28.
30. Knobloch LM, Ziarnik M, Anderson HA, et al. Imported seabass as a source of mercury exposure: a Wisconsin case study. Environ Health Perspect 1995; 103: 604-6.

## ENGLISH SUMMARY

doi 10.17992/ibl.2023.03.733

### Levels of mercury in hair among pregnant women in Iceland

\*Edda Dufþaksdóttir<sup>1</sup>

\*Eva Jacobsen<sup>1</sup>

Ása Valgerður Eiríksdóttir<sup>2</sup>

Óla Kallý Magnúsdóttir<sup>3</sup>

Kristín Ólafsdóttir<sup>2</sup>

Þórhallur Ingi Halldórsson<sup>1</sup>

\*These authors contributed equally to this work

<sup>1</sup>Faculty of Food Science and Nutrition, University of Iceland, <sup>2</sup>Department of Pharmacology and Toxicology, University of Iceland, <sup>3</sup>Development Centre for Primary Health Care in Iceland.

Correspondence: Þórhallur Ingi Halldórsson, [tih@hi.is](mailto:tih@hi.is)

Key words: mercury, seafood, pregnancy, hair, biomonitoring.

**INTRODUCTION:** To limit exposure to methylmercury several countries have implemented specific advice on fish intake to pregnant women as well as a measuring compliance through regular human biomonitoring. Despite fish intake being relatively high in Iceland, human biomonitoring data on mercury is scarce.

**MATERIALS AND METHODS:** We measured mercury in hair from 120 pregnant women recruited in 2021 from the Reykjavik Capital area. At recruitment, information on fish intake during the past four months was recorded. Hair mercury concentrations were compared to existing health based guidance values and associations with fish intake was explored.

**RESULTS:** Mean (standard deviation) mercury concentration in hair was 0.48 µg/g (0.33). All participants had concentrations in hair below 1.8 µg/g, which corresponds to the hair value that the tolerable daily intake set by the European Food Safety Authority is derived from, while 5% had concentrations above 1.1 µg/g, which corresponds to the hair value that the US-EPA reference dose is derived from. Mean mercury concentrations in hair increased in a dose dependent manner (p for trend <0.001) from 0.25 µg/g among women who consumed fish ≤ 3/month (n=24) and up to 0.80 mg/g among those consuming fish 3-4/ week (n=16). The few (n=3) women who reported to have eaten shark (<1/month) were all at the higher end of the exposure distribution.

**CONCLUSION:** Our results suggest that exposure is generally below the tolerable daily intake set by EFSA but may in some women exceed the reference dose established by the US-EPA.