Монгол хүүхдийн үсний чухал хэрэгцээт эрдэс минералуудын түвшинг судалсан дүн

(ICP-MS шинжилгээнд суурилсан нас, хүйс ба өсөлтийн муруйн хамаарал)

Д.Тодням[1], Д.Оюунчимэг[1], М.Туул[1], Yong Hyun Yoon[2], А.Аюурзана[3]

[1]Этүгэн их сургууль, Анагаах ухааны тэнхим
[2]БНСУ-ын Incheon Terminal Pain Clinic, АУ-ны доктор
[3]АШУҮИС, АУС, Өрхийн анагаах ухааны тэнхим
Цахим шуудан: dodi_2910@naver.com, Утас: 99062349

Түлхүүр үг:
Микроэлемент
Хоол тэжээл
Биомониторинг
Антропометр
Монгол

Товч утга:
Үндэслэл: Хүүхдийн өсөлтөд чухал хэрэгцээтэй эрдэс минералыг үсний эдийн минералын шинжилгээний тусламжтай түвшнийг тогтоож нас, хүйс, өсөлтийн үзүүлэлттэй холбон үнэлсэн судалгааны ажил манай улсад хомс байгаа нь энэхүү судалгааг хийх үндэслэл боллоо. **Зорилго:** Үсэнд агуулагдах Na, K, Ca, Mg, Zn, P, Fe, Cu, Se-ийн лабораторийн лавлах хэмжээнээс бага буюу дутагдалтай түвшний тархалтыг тодорхойлж, өсөлтийн муруй, нас, хүйстэй хамаарлыг үнэлэх. **Арга, аргачлал:** Бид "Тод-Эйч" хүүхдийн өсөлтийн клиник эмнэлэгт 2016 оны 6-р сараас 2022 оны 12-р сарын хооронд шинжилгээ хийлгэсэн 1–18 насны 1,000 хүүхдийн мэдээлэлд ретроспектив хөндлөн огтлолын шинжилгээ хийв. Хүүхдийн насыг 0–4 (n=138), 5–9 (n=276), 10–14 (n=390), 15–18 нас (n=196) гэж ангилав. Үсний эдийн минералын шинжилгээг БНСУ-ын "Мединекс" лабораторид ICP-MS аргаар тодорхойлж, лабораторийн лавлах хүрээнээс бага утгыг "Дутагдал" гэж үзэв. Нийт 1,000 хүүхдээс өндрийн хэмжилттэй 997 хүүхдийн өсөлтийн муруйг үнэлж, ≤3% (өсөлтийн хоцрогдолтой, n=154), 3%–50% (харьцангуй намхан, n=497), >50% (хэвийн өсөлттэй, n=346) гэсэн гурван бүлэгт ангилав. Аутизмын оношtой, өндрийг хэмжих боломжгүй 3 хүүхдийг өсөлттэй холбоотой шинжилгээнээс хассан. Эрдэс минералын дутагдлын тархалтыг n (%)-аар илэрхийлж, өсөлтийн муруйн бүлэг, нас, хүйсээр χ^2 тестээр харьцуулан Benjamini–Hochberg FDR засвар хийв. Өсөлтийн хоцрогдолтой болон харьцангуй намхан бүлгийг >50% буюу хэвийн өсөлттэй бүлэгтэй тус тус харьцуулсан нас, хүйсээр тохируулсан логистик регрессийн шинжилгээ хэрэглэв. **Үр дүн:** Судалгаан хамрагдсан нийт хүүхдийн үсний эрдсийн түвшинг тодорхойлоход 79.6%-д цайр (Zn), 76.6%-д фосфор (P), 73.3%-д селен (Se), 19.7%-д Кальции (Ca), 17.5%-д магни (Mg) тус тус байж лавлах хэмжээнээс бага буюу дутагдалтай байв. Харин өсөлтийн хоцрогдолтой хүүхдүүдийн бүлэгт цайр (Zn) 88.3%, фосфор (P) 85.7%, Кальции (Ca) 30.5% дутагдалтай байсан бол 3–50% буюу харьцангуй намхан хүүхдийн бүлэг (Zn 77.9%, P 73.8%, Ca 16.5%) болон >50% буюу хэвийн өсөлттэй хүүхдийн бүлгээс (Zn 78.0%, P 76.3%, Ca 19.7%) их байгаа нь тус тус тодорхойлогдлоо. Өсөлтийн муруйн гурван бүлгийн ялгаа FDR засварын дараа Zn (q=0.030), P (q=0.030), Ca-д (q=0.006) статистикийн хувьд ач холбогдолтой байв. Харин селен (Se)-ийн дутагдал өсөлтийн муруйн гурван бүлэгт ижил байлаа (73.4%, 73.4%, 73.4%; q=1.000). Судалгааны үр дүнгээр цайр, фосфор, кальцийн дутагдлын хооронд насны ялгаа хамгийн хүчтэй байгаа нь ажиглагдлаа. Цайр (Zn)-ийн дутагдал 0–4 ба 5–9 насанд тус бүр 99.3%, 10–14 насанд 93.6%, 15–18 насанд 10.2%; фосфор/P/-ын дутагдал харгалзан 93.5%, 92.8%, 90.8%, 13.8%; Кальции (Ca)-ийн дутагдал 33.3%, 37.0%, 9.5%, 6.1% тус тус байв ($p<0.001$). Түүнчлэн эмэгтэй хүүхдэд цайр (Zn) (84.6% ба 76.0%; q=0.007), төмөр (Fe) (5.5% ба 1.7%; q=0.007), селен (Se)-ийн (77.4% ба 70.4%; q=0.049) дутагдал эрэгтэй хүүхдийнхээс их байв. Нас, хүйсээр тохируулсан, FDR засвар хийсний дараа аль ч минералын дутагдал өсөлтийн хоцрогдолтой эсвэл харьцангуй намхан бүлэгтэй бие даасан хамааралгүй байгаа нь тус тус тодорхойлогдлоо. **Дүгнэлт:** Үсний минералын шинжилгээгээр цайр (Zn), фосфор (P), селен (Se)-ийн дутагдал хамгийн түгээмэл байв. Харин өсөлтийн хоцрогдолтой хүүхдүүдэд цайр (Zn), фосфор (P), Кальции (Ca)-ийн дутагдал харьцангуй их ба энэ нь насны бүтэцтэй холбоотой бөгөөд хүчин зүйлийн шинжилгээгээр бие даасан хамаарал батлагдсангүй. Харин селен (Se)-ийн дутагдал өсөлтийн муруйн бүлгүүдэд ялгаагүй байв.

Үндэслэл: Хүүхдийн өсөлт нь удамшил, хооллолт, архаг өвчин, дааврын зохицуулга, нийгэм-эдийн засаг болон орчны нөлөөллийн нийлмэл үр дүн бөгөөд нас, хүйст тохирсон өсөлтийн муруйгаар үнэлэгддэг болохыг судлаачид тогтоосон байна.[1,2] Кальции, магни, фосфор, цайр, төмөр, зэс, селен зэрэг элемент ясны эрдэсжилт, эсийн өсөлт, хүчилтөрөгчийн тээвэр болон антиоксидант хамгаалалтад оролцдог[12,14] төдийгүй үсний ICP-MS шинжилгээ нь олон элементийг нэг сорьцод найдвартай тодорхойлох боломжтой боловч гаднын бохирдол, үсний боловсруулалт, нас, хүйс болон лабораторийн лавлах хүрээнээс хамаарч тайлбарлагддаг байна.[3□6,8,9,13,15] Хүүхдийн өсөлтөд чухал хэрэгцээтэй эрдэс минералыг үсний эдийн минералын шинжилгээний тусламжтай түвшнийг тогтоож нас, хүйс, өсөлтийн үзүүлэлттэй холбон үнэлсэн судалгааны ажил манай улсад хомс байгаа нь энэхүү судалгааг хийх үндэслэл боллоо.

Зорилго: Үсэнд агуулагдах Na, K, Ca, Mg, Zn, P, Fe, Cu, Se-ийн лабораторийн лавлах хэмжээнээс бага буюу дутагдалтай түвшний тархалтыг тодорхойлж, өсөлтийн муруй, нас, хүйстэй хамаарлыг үнэлэх.

Арга, аргчлал: Бид "Тод-Эйч" хүүхдийн өсөлтийн клиник эмнэлэгт 2016 оны 6-р сараас 2022 оны 12-р сарын хооронд шинжилгээ хийлгэсэн 1–18 насны 1,000 хүүхдийн мэдээлэлд ретроспектив хөндлөн огтлолын шинжилгээ хийв. Хүүхдийн насыг 0–4 (n=138), 5–9 (n=276), 10–14 (n=390), 15–18 нас (n=196) гэж ангилав. Үсний эдийн минералын шинжилгээг БНСУ-ын "Мединекс" лабораторид ICP-MS аргаар тодорхойлж, лабораторийн лавлах хүрээнээс бага утгыг "Дутагдал" гэж үзэв. Нийт 1,000 хүүхдээс өндрийн хэмжилттэй 997 хүүхдийн өсөлтийн муруйг үнэлж, ≤3% (өсөлтийн хоцрогдолтой, n=154), 3%–50% (харьцангуй намхан, n=497), >50% (хэвийн өсөлттэй, n=346) гэсэн гурван бүлэгт ангилав. Аутизмын оноштой, өндрийг хэмжих боломжгүй 3 хүүхдийг өсөлттэй холбоотой шинжилгээнээс хассан.

Эрдэс минералын дутагдлын тархалтыг n (%)-аар илэрхийлж, өсөлтийн муруйн бүлэг, нас, хүйсээр χ^2 тестээр харьцуулан Benjamini–Hochberg FDR засвар хийв. Өсөлтийн хоцрогдолтой болон харьцангуй намхан бүлгийг >50% буюу хэвийн өсөлттэй бүлэгтэй тус тус харьцуулсан нас, хүйсээр тохируулсан логистик регрессийн шинжилгээ хэрэглэв.

Антропометр ба өсөлтийн ангилал: Өндөр, биеийн жин болон өсөлтийн муруйн мэдээллийг эмнэлгийн карт, "InBody J50" био цахилгаан эсэргүүцлийн оношилгооны хэмжилтийн үр дүнгээс авсан. Нас, хүйсэнд тохирсон өсөлтийн муруйн ангиллаар ≤3%-ийг өсөлтийн хоцрогдолтой, 3–50%-ийг харьцангуй намхан, >50%-ийг хэвийн өсөлттэй бүлэг гэж тодорхойлов. Өсөлтийн мэдээлэлгүй 3 хүүхдийг зөвхөн өсөлттэй холбоотой шинжилгээнээс хасав.

Үсний сорьц ба лабораторийн шинжилгээ: Толгойн дагзны хэсгийн хуйханд ойр ургасан үснээс 2–3 см урт сорьц авч, БНСУ-ын "Мединекс" лабораторид ICP-MS аргаар 16 нэр төрлийн (Na, K, Ca, Mg, Zn, S, P, Cr, Mn, Co, Fe, Cu, Se, Li, V, Mo) эрдэс минералын хэмжээг тодорхойлсон. Лабораторийн шинжилгээний хариу дахь элемент тус бүрийн лавлах хэмжээнээс бага түвшинг эрдэс минералын "Дутагдал" гэж үзэв.

Өгөгдлийн хяналт: Excel болон SPSS эх өгөгдлийг судалгааны ID-аар тулган шалгаж, лабораторийн эх хариутай зөрсөн тохиолдлуудыг зассан. Хүйсийн код болон огцом үсэрсэн зарим Кальци/Ca/, магни/Mg/, фосфор/P/-ын шинжилгээний утгыг эх баримтаар нягтлан[16] элементээс 9 элементийн ангиллын хариуг ашиглав.

Статистик боловсруулалт: Ангиллын хувьсагчийг n (%)-ээр илэрхийлэв. Минерал тус бүрийн лавлах хэмжээнээс бага буюу дутагдалтай түвшний тархалтыг өсөлтийн муруйн гурван бүлэг, насны дөрвөн бүлэг, хүйсээр χ^2 тестээр харьцуулсан. Эрдэс минерал бүрийн есөн зэрэгцээ харьцуулалтын p утгад Benjamini–Hochberg false discovery rate (FDR) засвар хийж, $q<0.05$-ыг статистикийн ач холбогдолтой гэж үзэв. Өсөлтийн хоцрогдолтой (≤3%) болон харьцангуй намхан (3–50%) хүүхдийн бүлгийг хэвийн өсөлттэй (>50%) хүүхдийн бүлэгтэй тус тус харьцуулж, эрдэс минералын дутагдлыг тайлбарлагч хувьсагч болгон нас, хүйсээр тохируулсан логистик регрессийн шинжилгээ хийв. Тохируулсан odds ratio (aOR), 95% итгэлцлийн интервал (CI), p болон FDR q утгыг тайлбарлав.

Ёс зүй: Судалгааг "Этүгэн" их сургуулийн Анагаах ухааны ёс зүйн хяналтын хорооны 2022 оны 9-р сарын 28-ны өдрийн хурлаар хэлэлцүүлэн зөвшөөрөл авч хийж гүйцэтгэсэн болно. Судалгаанд таних боломжтой мэдээлэл ашиглаагүй бөгөөд эцэг эх, асран хамгаалагчийн зөвшөөрөл бүхий судалгааны картыг ашиглав.

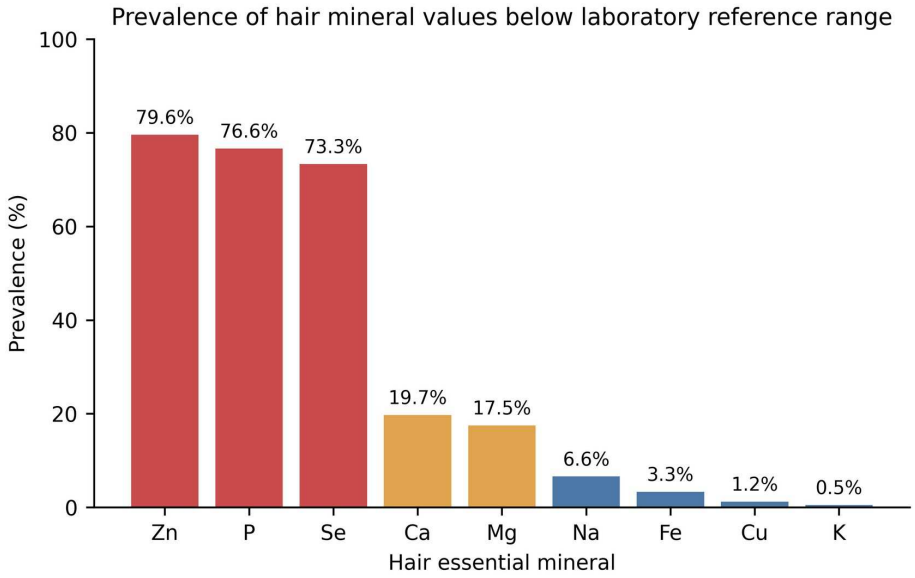
Үр дүн: Нийт 1,000 хүүхдийн дундаж нас 10.3±4.4 жил байсан бөгөөд 584 (58.4%) нь эрэгтэй, 416 (41.6%) нь эмэгтэй байв. Насны бүлгээр 0–4 насны 138 (13.8%), 5–9 насны 276 (27.6%), 10–14 насны 390 (39.0%), 15–18 насны 196 (19.6%) хүүхэд байлаа. Өсөлтийн муруйн үзүүлэлттэй 997 хүүхдээс 154 (15.4%) нь ≤3% буюу өсөлтийн хоцрогдолтой, 497 (49.8%) нь 3%–50% буюу харьцангуй намхан, 346 (34.7%) нь >50% буюу хэвийн өсөлттэй байв.

Хүснэгт 1. Судалгаанд хамрагдсан хүүхдийн үндсэн үзүүлэлт (Өсөлтийн ангиллаар, тоо, хувиар)

Үзүүлэлт	Нийт (n=997)	≤3% (n=154)	3%–50% (n=497)	>50% (n=346)	p утга
Нас, (жилээр), дундаж±СХ	10.3±4.4	8.8±4.1	11.0±4.2	10.1±4.7	<0.001
Эрэгтэй, n (%)	581 (58.3)	93 (60.4)	284 (57.1)	204 (59.0)	0.736
Эмэгтэй, n (%)	416 (41.7)	61 (39.6)	213 (42.9)	142 (41.0)	
Өндөр, (см), дундаж±СХ	135.7±25.8	117.0±20.4	137.2±23.1	141.8±27.7	<0.001
Жин, (кг), дундаж±СХ	37.3±18.8	24.3± 1.0	37.3±16.6	43.0±21.6	<0.001

Тайлбар: СХ-стандарт хазайлт.

Нийт түүвэрт Zn (79.6%), P (76.6%), Se (73.3%)-ийн дутагдал хамгийн түгээмэл, дараа нь Ca (19.7%), Mg (17.5%) байв (Зураг 1).



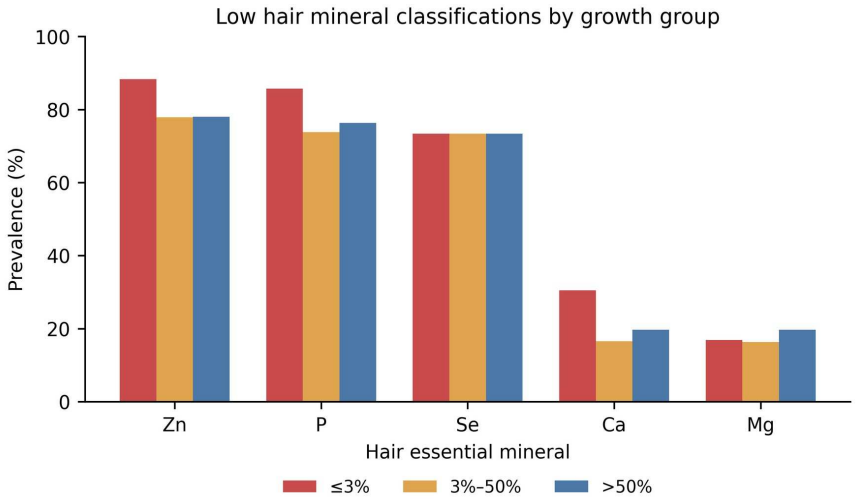
Зураг 1. Үсний минералын шинжилгээгээр үсний эрдсийн түвшинг тодорхойлсон дүн.

Өсөлтийн хоцрогдолтой бүлэгт Zn, P, Ca-ийн дутагдал хамгийн өндөр байсан бөгөөд гурван бүлгийн ялгаа FDR засварын дараа хадгалагдав: Ca q=0.006, P q=0.030, Zn q=0.030 (Хүснэгт 2, Зураг 2).

Хүснэгт 2. Үсний минералын бага түвшин өсөлтийн ангиллаар

Элемент	≤3% (n=154)	3%–50% (n=497)	>50% (n=346)	χ^2 p	FDR q
Na	12 (7.8)	27 (5.4)	27 (7.8)	0.323	0.534
K	1 (0.6)	1 (0.2)	3 (0.9)	0.388	0.534
Ca	47 (30.5)	82 (16.5)	68 (19.7)	<0.001	0.006
Mg	26 (16.9)	81 (16.3)	68 (19.7)	0.440	0.534
Zn	136 (88.3)	387 (77.9)	270 (78.0)	0.013	0.030
P	132 (85.7)	367 (73.8)	264 (76.3)	0.010	0.030
Fe	3 (1.9)	16 (3.2)	14 (4.0)	0.474	0.534
Cu	6 (3.9)	5 (1.0)	1 (0.3)	0.002	0.011
Se	113 (73.4)	365 (73.4)	254 (73.4)	1.000	1.000

Тайлбар: q<0.05-ыг *олон* харьцуулалтын дараах ач холбогдолтой гэж үзэв.



Зураг 2. Үсний зарим минералуудын дутагдлын түвшинг тодорхойлсон дүн (бүлгээр)

Судалгааны үр дүнгээр Zn, P, Ca, Mg, Na-ийн дутагдал бага насанд өндөр, Fe-ийн дутагдал 15–18 насанд нэмэгдэж насны ялгаа хамгийн хүчтэй байгаа нь тус тус тодорхойлогдлоо. (q<0.001; Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Үсний минералын шинжилгээний дутагдал насны бүлгээр

Элемент	0–4 нас (n=138)	5–9 нас (n=276)	10–14 нас (n=390)	15–18 нас (n=196)	χ^2 p	FDR q
Na	31 (22.5)	26 (9.4)	7 (1.8)	2 (1.0)	<0.001	<0.001
K	0 (0.0)	1 (0.4)	2 (0.5)	2 (1.0)	0.600	0.600
Ca	46 (33.3)	102 (37.0)	37 (9.5)	12 (6.1)	<0.001	<0.001
Mg	48 (34.8)	87 (31.5)	37 (9.5)	3 (1.5)	<0.001	<0.001
Zn	137 (99.3)	274 (99.3)	365 (93.6)	20 (10.2)	<0.001	<0.001
P	129 (93.5)	256 (92.8)	354 (90.8)	27 (13.8)	<0.001	<0.001
Fe	2 (1.4)	3 (1.1)	13 (3.3)	15 (7.7)	<0.001	<0.001
Cu	3 (2.2)	4 (1.4)	3 (0.8)	2 (1.0)	0.591	0.600
Se	101 (73.2)	207 (75.0)	291 (74.6)	134 (68.4)	0.363	0.467

Эмэгтэй хүүхдэд Zn, Fe, Se-ийн дутагдал эрэгтэй хүүхдээс өндөр бөгөөд FDR засварын дараа ач холбогдолтой хэвээр байв. Нас, хүйсээр тохируулсан шинжилгээнд Ca, Zn, P-ийн зарим aOR өссөн боловч нийт 18 загварын FDR засварын дараа өсөлтийн бүлэгтэй бие даасан хамаарал батлагдсангүй (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Минералын дутагдлын хүчин зүйлийн шинжилгээ (нас, хүйсээр)

Элемент	≤3% vs >50%, aOR (95% CI)	p	FDR q	3%–50% vs >50%, aOR (95% CI)	p	FDR q
Na	0.73 (0.35–1.52)	0.398	0.652	0.85 (0.48–1.52)	0.586	0.811
K	0.90 (0.09–8.91)	0.929	0.929	0.18 (0.02–1.75)	0.139	0.445
Ca	1.57 (1.00–2.48)	0.050	0.294	0.95 (0.65–1.38)	0.779	0.929
Mg	0.61 (0.35–1.03)	0.065	0.294	0.95 (0.65–1.40)	0.812	0.929
Zn	1.64 (0.84–3.19)	0.148	0.445	1.58 (1.03–2.43)	0.036	0.294
P	1.46 (0.82–2.60)	0.198	0.510	1.14 (0.79–1.66)	0.486	0.729
Fe	0.56 (0.16–2.02)	0.378	0.652	0.65 (0.31–1.37)	0.259	0.519
Cu	13.63 (1.61–115.28)	0.016	0.294	3.68 (0.42–31.92)	0.237	0.519
Se	0.98 (0.63–1.51)	0.910	0.929	1.03 (0.75–1.41)	0.858	0.929

Тайлбар: aOR: нас, хүйсээр тохируулсан odds ratio. Нийт 18 загварт FDR засвар хийв.

Хэлцэмж: Энэхүү судалгаагаар Монгол хүүхдийн үсэн дэх цайр, фосфор, селенийн агууламж лабораторийн лавлах хэмжээнээс доогуур байх тархалт хамгийн өндөр буюу тус тус 79.6%, 76.6%, 73.3% байв. Өсөлтийн хоцрогдолтой бүлэгт цайр, фосфор, Кальциийн доогуур түвшин хэвийн өсөлттэй бүлгээс тус тус 10.3, 9.4, 10.8 нэгж хувиар их байв.

Бидний судалгаанд цайрын доогуур түвшин 79.6% байсан нь өсөлт, хоол тэжээлийн дутагдалтай байсан бол Солонгосын судлаач “Han” нарын

тодорхойлсон 88% гэсэн үр дүнтэй ойролцоо байв. Энэхүү судалгаанд үс болон цусны ийлдсийн цайрын түвшин хоорондоо хамааралгүй (r=0.066; p=0.631), цайрын дутагдалтай болон дутагдалгүй хүүхдэд статистик ач холбогдол ажиглагдаагүй гэсэн байна.[18] Мөн судлаач Takyi EEK (2004) нар Гана улсын 344 хүүхдийг хамруулсан судалгаандаа үсний цайр ба өсөлтийн хоцрогдлын хооронд ач холбогдолтой хамаарал илрээгүй гэсэн нь бидний судалгаа дахь тохируулсан шинжилгээгээр цайр ба өсөлтийн бие даасан хамаарал батлагдаагүй үр дүнтэй ойролцоо байна.[19] Гэсэн хэдий ч урьдчилан сэргийлэх зорилгоор цайрын нэмэлт хэрэглээний талаарх судалгаануудыг нэгтгэсэн мета анализуудаар хүүхдийн шугаман өсөлтөд бага боловч эерэг нөлөө илэрсэн байдаг.[20,21] Иймээс энэхүү үр дүнг цайр хүүхдийн өсөлтөд ач холбогдолгүй гэж бус, харин үсэн дэх нэг удаагийн хэмжилт нь генетик, хоол шим тэжээл, архаг өвчлөл, үрэвсэл болон дотоод шүүрлийн зохицуулга бүхий өсөлтийн олон хүчин зүйлт үйл явцыг дангаар бүрэн илэрхийлэхгүй байж болох юм гэж бид үзэж байна.

БНСУ-ын судлаач Han нарын судалгаагаар үсний цайр нь магни (r=0.564; p<0.001) болон Кальциитай (r=0.339; p=0.011), үсний Кальции нь цусны ийлдэс дэх преальбуминтай эерэг хамааралтай гэсэн ба өсөлтийн хоцрогдолтой бүлэгт фосфор болон Кальциийн түвшин өндөр байсан нь эдгээр элемент ясны эрдэсжилт, шугаман өсөлтөд оролцдогтой биологийн хувьд нийцэж байж болох юм.[18] Харин “Kim” нар 55 хүүхдийг хамруулсан судалгаандаа хоол хүнсээр авч буй Кальциийн хэмжээ тооцоолсон дундаж хэрэгцээ (EAR)-нээс доогуур байсан хүүхдийн эзлэх хувь бага насны бүлэгт 37.8%, сургуулийн өмнөх насны бүлэгт 54.5% гэвч үсэн дэхь Кальци, төмөр, зэсийн агууламж бага насны болон сургуулийн өмнөх насны хүүхдэд нярай хүүхдийнхээс бага байсан боловч үсний цайр, Селен насны бүлгүүдээр ялгаагүй гэжээ.[12] Энэ нь хоолны хэрэглээ, цусны биомаркер болон үсний агууламж заавал ижил чиглэлээр өөрчлөгдөхгүйг харуулдаг. Иймээс бидний судалгаагаар илэрсэн фосфор, Кальциийн доогуур түвшнийг эмнэлзүйн дутагдал гэж шууд үзэх боломжгүй ба хооллолтын үнэлгээ, цусны ийлдсийн Кальци, фосфор, витамин D болон бусад ясны солилцооны үзүүлэлттэй хамтатган баталгаажуулах шаардлагатай гэж үзэж байна.

Цайр, фосфорын доогуур түвшин 0–14 насанд 90%-иас дээш байсан бол 15–18 насанд огцом буурч, Кальци, Магни, Натрийн доогуур түвшин мөн бага насанд өндөр байлаа. “На” нарын 0–89 насны 322 хүнийг хамруулсан ICP-MS судалгаагаар үсний хүхэр, Кальци, магни, цайр, зэсийн агууламж 25 хүртэлх насанд нэмэгдэх хандлагатай бөгөөд насны нөлөө Кальци, магнид хамгийн хүчтэй байжээ.[4] Мөн “Ruiz” нар хүүхдийн үсэн дэх 28 элементийн урьдчилсан лавлах утгыг тодорхойлж, үр дүнг тайлбарлахдаа нас, хүйсний ялгааг харгалзах шаардлагатайг тэмдэглэсэн байна.[3] Иймээс тус судалгаанд нас, хүйсээр тохируулсны дараа өсөлтийн хамаарал суларсан нь насыг чухал төөрөгдүүлэгч хүчин зүйл гэж үзэж байна.

Эмэгтэй хүүхдэд цайр, төмөр, Селенийн доогуур түвшин эрэгтэй хүүхдийнхээс өндөр бөгөөд ялгаа FDR засварын дараа хадгалагдсан. Төвөдийн 6–15 насны 155 хүүхдэд хийсэн судалгаагаар үсний Селенийн дундаж агууламж хөвгүүдэд 0.255 мкм/гр, охидод 0.222 μg/g байсан нь хүйсийн ялгаатай ижил чиглэлтэй байв.[22] Гэвч манай түүвэрт Селенийн доогуур түвшин өсөлтийн гурван бүлэгт ижил 73.4% байсан тул Селен нь өсөлтийн хоцрогдлыг ялган тодорхойлохгүй ба үсэн дэх Селен нь хооллолт, хүнсний бүтээгдэхүүний гарал үүсэл, хөрс болон газарзүйн нөхцөлөөс хамаарч болох тул нийтлэг өндөр тархалтыг цаашид бүс нутгийн өртөлттэй хамтатган судлах шаардлагатай гэж үзэж байна.

Зэсийн доогуур түвшин өсөлтийн бүлгүүдээр ялгаатай (q=0.011) байсан боловч нийт 12 тохиолдолтой, тохируулсан шинжилгээний итгэлцлийн интервал өргөн байсан энэ нь зэс ба өсөлтийн хамаарлыг баталсан нотолгоо биш учраас судалгааны ажлын хязгаарлагдмал тал гэж үзэж байна. Мөн бид хүүхдийн хооллолт, нэмэлт бүтээгдэхүүний хэрэглээ, архаг өвчлөл, үрэвсэл, бэлгийн бойжилт болон орчны өртөлтийг бүрэн хамтатган үнэлээгүй болно.

Үсний эрдсийн агууламжид үсний ургалт, угаалт, гоо сайхны бүтээгдэхүүн, гадаад бохирдол болон сорьц боловсруулалт нөлөөлж болох бөгөөд зарим элемент цус, шээсний биомаркертай сул хамааралтай байдаг.[23] Иймээс үсний эдийн минералын шинжилгээний үр дүнг эмнэлзүйн дутагдлын дан оношилгоо бус, нас, хүйс болон бусад биомаркертай хамтатган үнэлэх нэмэлт үзүүлэлт гэж авч үзэх нь зүйтэй гэж үзэж байна.

Дүгнэлт: Үсний минералын шинжилгээгээр цайр (Zn), фосфор (P), селен (Se)-ийн дутагдал хамгийн түгээмэл байв. Харин өсөлтийн хоцрогдолтой хүүхдүүдэд цайр (Zn), фосфор (P), Кальции (Ca)-ийн дутагдал харьцангуй их ба энэ нь насны бүтэцтэй холбоотой бөгөөд хүчин зүйлийн шинжилгээгээр бие даасан хамаарал батлагдсангүй. Харин селен (Se)-ийн дутагдал өсөлтийн муруйн бүлгүүдэд ялгаагүй байв.

Ном зүй:

1. *World Health Organization. WHO Child Growth Standards: Length/Height-for-Age, Weight-for-Age, Weight-for-Length, Weight-for-Height and Body Mass Index-for-Age: Methods and Development. WHO; 2006.*
2. *de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. Bull World Health Organ. 2007;85(9):660-667. doi:10.2471/BLT.07.043497*
3. *Ruiz R, et al. Reference values on children's hair for 28 elements (heavy metals and essential elements). Int J Environ Res Public Health. 2023;20:4916. doi:10.3390/ijerph20064916*
4. *Ha BJ, et al. Age- and sex-dependence of five major elements in the development of human scalp hair. Sci Rep. 2019;9:18606. doi:10.1038/s41598-019-55190-w*
5. *Pozebon D, Scheffler GL, Dressler VL. Elemental hair analysis: a review of procedures and applications. Anal Chim Acta. 2017;992:1-23. doi:10.1016/j.aca.2017.09.017*
6. *Astolfi ML, et al. Element levels and predictors of exposure in the hair of Ethiopian children. Int J Environ Res Public Health. 2020;17:8652. doi:10.3390/ijerph17228652*
7. *Bani Rashaid A, Alqhazo M, Newbury DF, et al. Evaluation of elements in hair samples of children with developmental language disorder. Nutr Neurosci. 2023;26(2):138-147. doi:10.1080/10284*

15X.2021.2022068
8. Batyrova G, et al. Association between hair trace element content and age, sex, and region among children in Kazakhstan. Int J Environ Res Public Health. 2025;22. PMC12485260.
9. Batyrova G, et al. Trace metal and metalloid profiles in hair samples from children: regional and sex-related differences. Biol Trace Elem Res. 2025. PMID:40710966.
10. Tinkov AA, et al. ICP-MS assessment of hair essential trace elements and minerals in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. Biol Trace Elem Res. 2020;199:618-627. PMID:31691190.
11. Ouisselsat M, et al. Hair trace elements and mineral content in Moroccan children with autism spectrum disorder. Biol Trace Elem Res. 2023;201:4614-4624. PMID:35896886.
12. Kim HY, Lee JY, Yang HR. Nutrient intake and hair mineral content of young children. Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr. 2016;19(2):123-129. doi:10.5223/pghn.2016.19.2.123
13. Yang M, et al. Cumulative effect and content variation of toxic trace elements in the hair of children from different age groups. Biol Trace Elem Res. 2021;199:3820-3829. PMC7924185.
14. Zhu Q, et al. Relationships between hair chemical elements and nutritional status in children. Nutrients. 2023;15:1807. PMC10153404.
15. Kusanagi E, et al. Levels of toxic and essential elements and associated factors in children. Int J Environ Res Public Health. 2023;20. PMID:36673943.
16. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. J R Stat Soc Series B. 1995;57(1):289-300.
17. von Elm E, Altman DG, Egger M, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement. Lancet. 2007;370(9596):1453-1457. doi:10.1016/S0140-6736(07)61602-X
18. Han TH, Lee J, Kim YJ. Hair zinc level analysis and correlative micronutrients in children presenting with malnutrition and poor growth. Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr. 2016;19(4):259-268. doi:10.5223/pghn.2016.19.4.259.
19. Takyi EEK. Hair zinc status and its correlation with height indicator in pre-school and school children from a mixed income, low density community in southern Ghana. East Afr Med J. 2004;81(1):42-46. doi:10.4314/eamj.v81i1.8794.
20. Brown KH, Peerson JM, Rivera J, Allen LH. Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: a meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Clin Nutr. 2002;75(6):1062-1071. doi:10.1093/ajcn/75.6.1062.
21. Mayo-Wilson E, Imdad A, Junior J, Dean S, Bhutta ZA. Preventive zinc supplementation for children, and the effect of additional iron: a systematic review and meta-analysis. BMJ Open. 2014;4(6):e004647. doi:10.1136/bmjopen-2013-004647.
22. Johns Hopkins University, Chen Z, Li H, Yang L, Wang W, Li Y, Gong H, et al. Hair selenium levels of school children in Kashin-Beck disease endemic areas in Tibet, China. Biol Trace Elem Res. 2015;168(1):25-32. doi:10.1007/s12011-015-0333-4.
23. Skröder H, Kippler M, Nermell B, Tofail F, Levi M, Rahman SM, et al. Major limitations in using element concentrations in hair as biomarkers of exposure to toxic and essential trace elements in children. Environ Health Perspect. 2017;125(6):067021. doi:10.1289/EHP1239.

Results of an investigation into the levels of essential minerals in the hair of Mongolian children

(age, sex, and growth percentiles based on ICP-MS analysis)

Todnyam D[1], Oyunchimeg D[1], Tuul M[1], Yoon YH[2], Ayuurzana A[3]

[1]Etugen University, Department of Medicine
[2]Incheon Terminal Pain Clinic, South Korea, MD, PhD
[3]Department of Family Medicine, School of Medicine, MNUMS
E-mail: dodi_2910@naver.com, Tel: +976-99062349

Abstract:

Background: There is a scarcity of research in Mongolia that assesses essential minerals—crucial for child growth—by analyzing their levels in hair tissue and correlating these findings with age, gender, and growth indicators. This gap serves as the rationale for the present study.

Aim: To determine the prevalence of deficient levels (below laboratory reference ranges) of Na, K, Ca, Mg, Zn, P, Fe, Cu, and Se in hair, and to evaluate their associations with growth curves, age, and gender.

Materials and Methods: We conducted a retrospective cross-sectional analysis of data from 1,000 children aged 1–18 years who underwent testing at the "Tod-H" Pediatric Growth Clinic between June 2016 and December 2022. The children were categorized into the following age groups: 0–4 (n=138), 5–9 (n=276), 10–14 (n=390), and 15–18 years (n=196). Mineral analysis of hair samples was conducted at the "Medinex" laboratory in South Korea using the ICP-MS method; values falling below the laboratory's reference range were classified as a "deficiency." Among the total of 1,000 children, the growth curves of 997 children with recorded height measurements were evaluated and categorized into three groups: ≤3rd percentile (growth retardation, n=154), 3rd–50th percentile (relatively short stature, n=497), and >50th percentile (normal growth, n=346). Three children diagnosed with autism, for whom height measurement was not possible, were excluded from the growth-related analyses. The prevalence of mineral deficiencies is presented as n (%), and comparisons across growth curve groups, age, and sex were performed using the χ^2 test, with adjustments made via the Benjamini–Hochberg false discovery rate (FDR) procedure. Logistic regression analysis, adjusted for age and sex, was employed to compare the growth-retarded and relatively short-stature groups against the >50th percentile (normal growth) group.

Results: An analysis of mineral levels in the hair of all children included in the study revealed deficiencies (levels below the reference range) in the following proportions: zinc (Zn) in 79.6%, phosphorus (P) in 76.6%, selenium (Se) in 73.3%, calcium (Ca) in 19.7%, and magnesium (Mg) in 17.5%. In the group of children with stunted growth, the prevalence of deficiencies was 88.3% for zinc (Zn), 85.7% for phosphorus (P), and 30.5% for calcium (Ca)—rates higher than those observed in the group of children with relatively short stature (3rd–50th percentiles; Zn 77.9%, P 73.8%, Ca 16.5%) and the group with normal growth (>50th percentile; Zn 78.0%, P 76.3%, Ca 19.7%). After applying the FDR correction, the differences among the three growth-curve groups were statistically significant for Zn (q=0.030), P (q=0.030), and Ca (q=0.006). In contrast, the prevalence of selenium (Se) deficiency was identical across all three growth-curve groups (73.4%, 73.4%, 73.4%; q=1.000). The study results indicate that age-related differences are most pronounced regarding deficiencies in zinc, phosphorus, and calcium. The prevalence of zinc (Zn) deficiency was 99.3% for the 0–4 and 5–9 age groups, 93.6% for the 10–14 age group, and 10.2% for the 15–18 age group. For phosphorus (P), the corresponding figures were 93.5%, 92.8%, 90.8%, and 13.8%, while for calcium (Ca), they were 33.3%, 37.0%, 9.5%, and 6.1%, respectively ($p<0.001$). Furthermore, the prevalence of deficiencies in zinc (Zn) (84.6% vs. 76.0%; q=0.007), iron (Fe) (5.5% vs. 1.7%; q=0.007), and selenium (Se) (77.4% vs. 70.4%; q=0.049) was higher in females than in males. After adjusting for age and sex and applying the False Discovery Rate (FDR) correction, it was determined that none of the mineral deficiencies showed an independent association with stunted growth or relatively short stature.

Conclusion: Hair mineral analysis revealed that deficiencies in zinc (Zn), phosphorus (P), and selenium (Se) were the most common. In children with growth retardation, deficiencies in zinc (Zn), phosphorus (P), and calcium (Ca) were relatively more prevalent; however, this was associated with age distribution, and factor analysis did not confirm an independent correlation. Conversely, selenium (Se) deficiency did not differ across the growth curve groups.

Keywords: trace elements, nutrition, biomonitoring, anthropometry, Mongolia