Дотоод орчин дахь дэгдэмхий органик нэгдлүүдийг тодорхойлсон дүн

Г.Жаргалсайхан[1], Б.Буянтүшиг[1], Г.Энхжаргал[1], Д.Даваалхам[1]

[1]АШУҮИС, Нийгмийн Эрүүл Мэндийн Сургууль, Орчны Эрүүл Мэндийн Тэнхим
Цахим шуудан: jargalsaikhan@mnums.edu.mn, Утас: 88009879

Түлхүүр үг:

Агаар бохирдуулагч
Бензол
Цусны цагаан эсийн хорт хавдар
Сууцны дотоод орчин
Зөвшөөрөгдөх хэмжээ

Товч утга:

Үндэслэл: Сууцны дотоод орчны агаар үндсэн бохирдуулагчдад бензол, угаарын хий, формальдегид, нафтален, азотын давхар исэл, олон цагирагт нүүрсустөрөгчид, радон, трихлорэтилен, тетрахлорэтилен хамаарах ба эдгээрээс бензол, формальдегид, радон, трихлорэтилен бодисуудыг онцгойлон хүний эрүүл мэндэд хортой гэж үздэг. Улаанбаатар хотод гэр, орон сууц, байшин зэрэг дотоод орчинд PM2.5 тоосонцор, азотын давхар исэл, хүхрийн давхар исэл зэрэг зарим бохирдуулагчдыг хэмжсэн хэдий ч ДОН-ийн бохирдолд өртөх байдлыг тодорхойлох судалгаа харьцангуй цөөн хийгдсэн байна. **Зорилго:** Улаанбаатар хотын Чингэлтэй, Баянгол дүүргээс нийт 180 өрхийг санамсаргүй түүвэрлэн гэрийн дотоод орчинд дэгдэмхийн органик нэгдлийг хэмжиж үнэлэх. **Арга, аргачлал:** Бид дотоод орчны агаар дахь дэгдэмхий органик нэгдлийн агууламжийг талбайн сорьц цуглуулах аргаар ба орчны температур, харьцангуй чийглэгийг шууд хэмжилтийн аргаар тодорхойлон сорьц цуглуулж тэмдэглэл хөтөлсөн. Дотоод орчинд дэгдэмхий органик нэгдлийг шинжлэхдээ нийт 180 сорьц цуглуулсан ба үүнээс 136 (76%) сорьцонд бензолын агууламж илрүүлэх хязгаараас дээш агууламжтай шинжлэгдсэн. **Үр дүн:** Бензолын агууламжийг сууцны төрлөөр авч үзэхэд статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай (p утга <0.0022) илэрч дундаж агууламж орон сууцанд өндөр байсан. Бензолын агууламжийн хамгийн их утга өрхийн эрүүл мэндийн төвд (0.284 мкг/м^3) илэрсэн ба гэр, орон сууц, байшинд хамгийн бага (0.004 мкг/м^3) байв. Хэмжилт хийсэн сууцны өрөө хооронд харьцуулахад мөн статистик ач холбогдол бүхий ялгаа илэрч (p<0.0046) сууцны гал тогооны өрөөнд дундаж агууламж хамгийн өндөр (0.072 мкг/м^3) байв. **Дүгнэлт:** Сууцны дотоод орчинд агаарт бензолын бохирдлын түвшин зөвшөөрөх хэмжээнээс их байгаа нь хүн амын дунд цусны хорт хавдрын өвчлөлийн эрсдэлтэй нөхцөл үүсч буйг илтгэж байна. Сууцны дотоод орчинд бензолын агууламж сууцны төрөл, сууцны хэмжилт хийсэн өрөө хооронд ялгаатай байна. Бензолын агууламжийг бичил цаг уурын үзүүлэлттэй холбон судлахад агаарын харьцангуй чийглэгээс ач холбогдол бүхий хамаарч байв.

Үндэслэл: Дэгдэмхий органик нэгдэл (ДОН)-үүд нь 25^{0}C хэмд 10 Па-с дээш уурын даралттай, агаар мандлын даралтад 260^{0}C хэмд буцлах, 15 ба түүнээс доош нүүрстөрөгчийн атомтой нүүрстөрөгч, хүчилтөрөгч, устөрөгч, фтор, хлор гэх мэт элементийг агуулсан дэгдэмхий шинж чанартай органик бодисууд юм.[1] Дэгдэмхий органик нэгдлүүд нь олон төрлийн уусгагч шингэн, будаг, шахмал модон болон пластик материалаас дэгдэж дотоод орчны агаарыг бохирдуулж, хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлдэг.[2]

Олон улсын хавдар судлалын агентлагаас бензол, формальдегид зэрэг ДОН-ийг I бүлгийн буюу хүнд хавдар үүсгэдэг нь нотлогдсон бодист ангилсан. Түүнчлэн богино хугацаанд формальдегид, ДОН-д өртөхөд нүд, хамар, хоолойн салст цочрох, хэт мэдрэгшил, багтраа үүсгэх, толгой өвдөх, ханиалгах зэрэг шинж тэмдэг илэрдэг.[3]

Хөгжингүй ба хөгжиж буй улсад гэрийн

дотоод орчны агаарт ДОН-ийг бохирдлын агууламж зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэтэрсэн байдгийг судлан тогтоож, оршин суугчдын эрүүл мэндийг хамгаалах практикт нийцсэн, арга хэмжээнүүдийг хэрэгжүүлдэг.[4] Монгол улсад гэр, орон сууц, байшин зэрэг дотоод орчинд PM2.5 тоосонцор, азотын давхар исэл, хүхрийн давхар исэл зэрэг зарим бохирдуулагчдыг хэмжсэн хэдий ч ДОН-ийн бохирдолд өртөх байдлыг тодорхойлох судалгаа харьцангуй цөөн хийгдсэн байна. Тиймээс дотоод орчны агаар дахь дэгдэмхий органик бохирдуулагчдад өртөх байдал, эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөллийг тогтоох шаардлагатай байна.

Зорилго: Улаанбаатар хотын Чингэлтэй, Баянгол дүүргээс нийт 180 өрхийг санамсаргүй түүвэрлэн гэрийн дотоод орчны бохирдуулагчдыг хэмжиж үнэлэх.

Зорилт:

1. Сууцны дотоод орчинд агаар дахь бензолын агууламжийг тодорхойлж, эрүүл мэндийн эрсдлийг үнэлэх
2. Сууцны дотоод орчинд бензолын агууламж сууцны төрөл, сууцны хэмжилт хийсэн өрөө болон бичил цаг уурын үзүүлэлттэй холбон судлах

Арга, аргачлал: Судалгаанд оролцогч өрхийн сууцны ерөнхий мэдээлэл, дотоод орчинг бохирдуулах эх үүсвэр, зан үйлтэй холбоотой мэдээллийг асуумжаар судалсан.

Хавдар үүсгэгч бодисын эрсдэлийг амьдрах хугацааны турш хуримтлагдах хавдрын эрсдэл (ILCR)-ээр илэрхийлдэг ба дараах томъёогоор тооцов.

$$ILCR = Dose_{inhalation} \times SF_{inhalation} = 0.0007$$

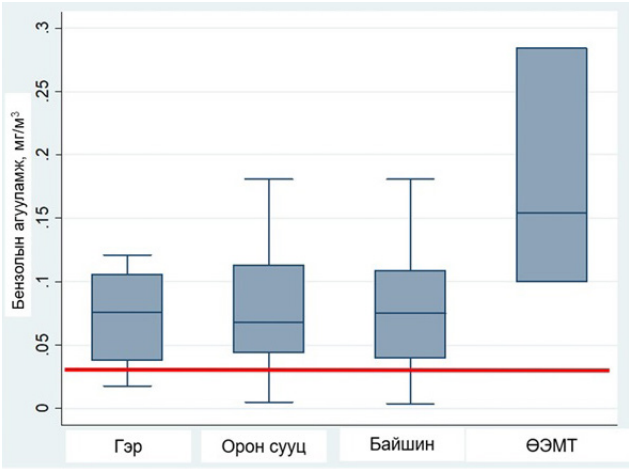
Судалгааны загвар: Судалгаанд аналитик судалгааны агшингийн загварыг ашигласан.

Судалгааны ёс зүйн зөвшөөрлийг Эрүүл Мэндийн Яам, Анагаах Ухааны Ёс Зүйн Хяналтын Хорооны хурлаар 2018 оны 11 дүгээр сарын 02-ны өдөр хэлэлцүүлэн ёс зүйн зөвшөөрөл авсан (№83 тогтоол).

Судалгааны үр дүнг STATA15 программыг ашиглан статистик дүн шинжилгээ хийсэн. Дескриптив тоон дүн шинжилгээний аргыг ашиглан бодит тоо, эзлэх хувь, дундаж, стандарт хазайлт, хамгийн их утга, хамгийн бага утгыг тодорхойлсон. Дунджийн утгыг Student ”t” test ба ANOVA–г ашиглан харьцуулж, үзүүлэлтийн үнэн магадыг 95 хувийн итгэлцлийн түвшинд тодорхойлсон. Дотоод орчны агаарын бохирдлын үзүүлэлт, бичил цаг уурын үзүүлэлтүүдийг сууцны төрөл, дүүрэг, хороогоор харьцуулахад ANOVA test ашигласан. АНУ-ын Хөдөлмөрийн эрүүл мэнд, аюулгүй байдлын үндэсний хүрээлэн (NIOSH) 1501, ISO 16017 аргуудыг ашиглаж дэгдэмхий органик нэгдлүүд (толуол, бензол, этилбензол, п.ксилол)-ийг ISO17025 магадлан итгэмжлэгдсэн “Ногоон титэм” ХХК Байгаль Орчны шинжилгээний лабораторид хувь хүний амьсгалын түвшинд сорьц цуглуулан шинжилсэн.

Үр дүн: Судалгаанд Чингэлтэй, Баянгол дүүргийн 176 өрх, Чингэлтэй дүүргийн 4 Өрхийн эрүүл мэндийн төв (ӨЭМТ)-ийн дотоод орчны агаарын чанарыг үнэлсэн. Тухайлбал, Чингэлтэй дүүргийн 4 дүгээр хороо (n=14), 5 дугаар хороо (n=10), 6 дугаар хороо (n=26), 12 дугаар хороо (n=28), Баянгол дүүргийн 10 дугаар хороо (n=16), 11 дүгээр хороо (n=24), 12 дугаар хорооны (n=24) өрхүүд хамрагдсан. Сууцны төрлөөр үзэхэд монгол гэр 31 (14.8%), орон сууц 85 (52.8%), байшин 60 (32.4%) тус тус хамруулсан.

Бензолын агууламжийг сууцны төрлөөр авч үзэхэд статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай ($p<0.0022$) илэрч дундаж агууламж орон сууцанд өндөр байсан. Бензолын агууламжийн хамгийн их утга өрхийн эрүүл мэндийн төвд (0.284 мкг/м^3) илэрсэн ба гэр, орон сууц, байшинд хамгийн бага (0.004 мкг/м^3) байв. Хэмжилт хийсэн сууцны өрөө хооронд харьцуулахад мөн статистик ач холбогдол бүхий ялгаа илэрч ($p<0.0046$) сууцны гал тогооны өрөөнд дундаж агууламж хамгийн өндөр (0.072 мкг/м^3) байв (Хүснэгт 1, Зураг 1).



Зураг 1. Дотоод орчинд бензолын агууламжийг тодорхойлсон дүн (сууцны төрлөөр)

Харин сууцны эзэлхүүн, сууцны насжилт буюу барилга баригдсан он, барилгын хана, шалыг хийсэн материалаар харьцуулж үзэхэд статистик ач холбогдол бүхий ялгаа илрээгүй (Хүснэгт 1).

Судалгаанд хамрагдсан өрхүүдэд сүүлийн 2 сард шинээр модон тавилга худалдаж авах, будгийн ажил, засвар, төв замтай ойр амьдрах зэргээр харьцуулахад ач холбогдол бүхий ялгаатай байдал ажиглагдаагүй.

Хүснэгт 1. Бензолын агууламжийг сууцны зарим үзүүлэлтээр харьцуулсан дүн

Үзүүлэлт	Бензолын концентрац, мг/м³						Р утга	БНСУ-ын дотоод орчны стандарт[1] 30 мкг/м³-аас хэтэрсэн хувь, (тоо)
	n	%	Дундаж	С.Х	ХБУ	ХИУ		
Сууцны төрөл							0.0022	
Гэр	19	14	0.064	0.039	0.004	0.121		68% (13)
Орон сууц	69	51	0.071	0.048	0.004	0.181		76% (53)
Байшин	45	33	0.065	0.049	0.004	0.181		73% (33)
ӨЭМТ	3	2	0.179	0.094	0.1	0.284		100% (3)
Нийт	136	100	0.079	0.048	0.004	0.284		75%(102)
Сууцны өрөө							0.0046	
Гал тогоо	25	18	0.072	0.056	0.004	0.181		68% (17)
Том өрөө	69	51	0.07	0.046	0.004	0.181		81% (56)
Унтлагын өрөө	19	14	0.061	0.05	0.004	0.18		68% (13)
ӨЭМТ-ийн үзлэгийн өрөө	3	2	0.179	0.094	0.1	0.284		100% (3)
Гэр	18	15	0.062	0.039	0.004	0.121		66% (12)
Нийт	134	100	0.07	0.051	0.004	0.284		75% (101)
Сууцны эзэлхүүн							0.4734	
35 м²	27	26	0.066	0.058	0.004	0.284		66% (18)
70 м²	19	18	0.057	0.054	0.004	0.181		68% (13)
100 м²	18	18	0.085	0.049	0.004	0.167		83% (15)
150 м²	48	48	0.07	0.051	0.004	0.181		73% (35)
Сууцны насжилт, баригдсан он							0.0981	
2000 оноос өмнө	49	49	0.058	0.044	0.004	0.18		69% (34)
2000-2010 он	29	30	0.078	0.045	0.006	0.161		83% (24)
2010 оноос хойш	18	21	0.054	0.042	0.004	0.13		61% (11)
Нийт	96	100	0.063	0.044	0.004	0.18		72% (69)
Барилгын ханыг хийсэн материал							0.4926	
Цемент	84	66	0.076	0.055	0.004	0.284		77% (65)
Мод	10	8	0.074	0.041	0.004	0.145		90% (9)
Тоосго	9	7	0.055	0.035	0.004	0.113		77% (7)
Блок	12	9	0.054	0.052	0.004	0.156		58% (7)
Гэр	13	10	0.061	0.039	0.004	0.112		69% (9)
Нийт	128	100	0.071	0.051	0.004	0.284		75% (97)
Барилгын шалыг хийсэн материал							0.6555	
Паркет	73	58	0.07	0.047	0.004	0.181		77% (56)
Хулдаас	27	22	0.058	0.04	0.004	0.143		70% (19)
Мод	2	2	0.058	0.014	0.048	0.069		100% (2)
Хивс	22	18	0.073	0.061	0.004	0.181		68% (15)
Нийт	124	100	0.068	0.048	0.004	0.181		74% (92)

Бензолын агууламжийг бичил цаг уурын үзүүлэлт, бусад бохирдуулагчтай холбон судлахад дотоод орчны агаарын харьцангуй чийглэгээс ач холбогдол бүхий хамаарч байв. Агаарын харьцангуй чийглэг 1 хувиар нэмэгдэхэд агаар дахь бензолын агууламж 0.0012 мг/м³-ээр буурч ($p<0.002$) байсан.

Хавдрын эрсдлийг тооцож үзэхэд 5-11 насны хүүхдүүд цаашдын амьдралын үлдсэн хугацаанд буюу ойролцоогоор 60 жилийн турш 0.284 мг/м³ бензол агуулсан агаараар амьсгалахад 10,000 хүн тутамд 7 хүн бензолд өртсөний улмаас цусны хорт хавдар тусах эрсдэлтэй байна.

Хэлцэмж: Суурьшил, боловсрол, үйлчилгээний зориулалтын 180 барилгын дотоод орчинд хийсэн судалгаагаар 44 агаарын сорьцонд дэгдэмхий органик нэгдлүүд болох толуол, этилбензол, о, м, п-ксилолын агууламж шинжилгээний багажийн илрүүлэх хязгаараас (0.024 мг/м³, 0.045 мг/м³, 0.043 мг/м³, 0.043 мг/м³) бага хэмжигдэв. Харин бүх сорьцонд

бензолын агууламж барилгын материалын эрүүл ахуйн аюулгүйн үзүүлэлтийн зөвшөөрөх дээд хэмжээ буюу 1 мкг/м^3-ээс (Эрүүл мэнд, Барилга хот байгуулалтын сайдын 2018 оны А105/08 дугаар тушаал) хэтэрсэн үзүүлэлттэй байна. Сууцны дотоод орчинд агаарт бензолын агууламж зөвшөөрөх хэмжээнээс их байгаа нь хүн амын дунд цусны хорт хавдрын өвчлөлийн эрсдэлтэй нөхцөл үүсч буйг илтгэж байна. Бензолын агууламжийг бичил цаг уурын үзүүлэлт болон бусад бохирдуулагчтай холбон судлахад агаарын харьцангуй чийглэгээс ач холбогдол бүхий хамаарч байв.

Бидний судалгаанд тамхи таталт ба бензолын агууламж хооронд ач холбогдол бүхий ялгаа ажиглагдаагүй хэдий ч Singer нарын судалснаар өдөрт 10 ширхэг янжуур тамхины утаанд өртсөнөөр цагт ойролцоогоор 80-90 мкг/м^3 бензолын агууламжид өртдөг талаар тооцоолсон байна.[5] Дотоод орчинд бензолын агууламжийг АНУ, Австрали, Европ зэрэг улсуудад өргөнөөр судалсан ба 2.6-5.8 мкг/м^3 хооронд хэмжигджээ.[6] Харин Азийн улс орнуудад дотоод орчинд бензолын агууламж харьцангуй өндөр байна. Жишээлбэл, Энэтхэг улсад айл өрхүүд керосин зуух ашигладаг ба бензолын агууламж 103 мкг/м^3 хүртэл илэрсэн байна.[6] Бидний хэмжилтээр илрүүлсэн бензолын агууламж БНХАУ-ын Гуанжоу зэрэг хотуудын дотоод орчин дахь агууламжтай (57.4 мкг/м^3) ойролцоо байв. Орон сууцны дотоод орчинд бензолын агууламж Сингапур улсад 18.4–35.4 мкг/м^3, БНСУ-д 23-35 мкг/м^3 тус тус хэмжигджээ.[6]

Jung нарын судалгааны үр дүнд агаарын харьцангуй чийглэг 1%-иар нэмэгдэхэд бензолын агууламж 0.37 мкг/м^3-ээр буурсан үзүүлэлт ажиглагдсан.[7] Бидний судалгааны дүнд агаарын харьцангуй чийглэг 1%-иар нэмэгдэхэд агаар дахь бензолын агууламж 1.2 мкг/м^3-ээр буурсан.

Сүүлийн жилүүдэд хүн амын дундаж наслалт нэмэгдэж байгаа ч нийслэлийн дотоод орчны агаарын бохирдол болон тамхи таталт их байгаа тул цаашид цусны хорт хавдар, уушгины хавдрын шинэ тохиолдлын тоо нэмэгдэж, нийгмийн эрүүл мэндийн тулгамдсан асуудал болж байна.

Дүгнэлт:

1. Сууцны дотоод орчинд агаарт бензолын бохирдлын түвшин зөвшөөрөх хэмжээнээс их байгаа нь хүн амын дунд цусны хорт хавдрын өвчлөлийн эрсдэлтэй нөхцөл үүсч буйг илтгэж байна.
2. Сууцны дотоод орчинд бензолын агууламж сууцны төрөл, сууцны хэмжилт хийсэн өрөө хооронд ялгаатай байна. Бензолын агууламжийг бичил цаг уурын үзүүлэлт болон бусад бохирдуулагчтай холбон судлахад агаарын харьцангуй чийглэгээс ач холбогдол бүхий хамаарч байв.

Ном зүй:

1. *Carpenter P, Ciccioli P, Goldstein A, et al. Volatile organic compounds in the atmosphere. Wiley Online Library; 2007. DOI:10.1002/9780470988657*
2. *Yu C, Crump D. A review of the emission of VOCs from polymeric materials used in buildings. Building and Environment. 1998;33(6):357-374. https://doi.org/10.1016/S0360-1323(97)00055-3*
3. *Du Z, Mo J, Zhang Y. Risk assessment of population inhalation exposure to volatile organic compounds and carbonyls in urban China. Environment international. 2014;73:33-45. https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.06.014*
4. *Settimo G, Manigrasso M, Avino P. Indoor air quality: A focus on the European legislation and state-of-the-art research in Italy. Atmosphere. 2020;11(4):370. https://doi.org/10.3390/atmos11040370*
5. *Singer B, Hodgson A, Nazaroff W. Effect of sorption on exposures to organic gases from environmental tobacco smoke (ETS). 2002. https://escholarship.org/uc/item/9h79z82b*
6. *Organization WH. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization. Regional Office for Europe; 2010.*
7. *Jung C, Alqassimi N, El Samanoudy G. The Comparative Analysis of the Indoor Air Pollutants in Occupied Apartments at Residential Area and Industrial Area in Dubai, United Arab Emirates. Frontiers in Built Environment.205. https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.998858*

Characterization of volatile organic compounds in indoor environment

Jargalsaikhan G[1], Buyantushig B[1], Enkhjargal G[1], Davaalkham D[1]

[1]Department of Environmental Health, School of Public Health, MNUMS
E-mail: jargalsaikhan@mnums.edu.mn, Tel: +976-88009879

Background: The main indoor air pollutants are benzene, carbon monoxide, formaldehyde, naphthalene, nitrogen dioxide, polycyclic hydrocarbons, radon, trichlorethylene, and tetrachlorethylene, and among these substances, benzene, formaldehyde, radon, and trichlorethylene are considered particularly harmful to human health. Although indoor pollutants including PM2.5 particles, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide have been measured in indoor environments namely as gers, apartments, and houses, relatively few studies have been conducted to determine the concentration of VOCs in Ulaanbaatar city.
Aim: We randomly recruited 180 households to measure VOCs in households of Chingeltei and Bayangol districts.
Materials and Methods: Area sampling method was used to measure the concentration of volatile organic compounds. Total 136 samples out of 180 households had been analyzed for volatile organic compounds due to its limit of detection.
Results: Taking into account household type, benzene concentration was measured highest in apartments ($p<0.0022$). In addition, the highest benzene concentration was measured in family health groups (0.284 $\mu g/m^3$) whereas the lowest amount was observed in houses (0.004 $\mu g/m^3$). There was a statistically significant difference ($p<0.0046$) among household room type, which was measured highest in the kitchen (0.072 $\mu g/m^3$).
Conclusion:

1. We found the excessive risk of having leukemia due to the high amount of benzene concentration in the recruited households.
2. Benzene concentration was differed by room types of the households and significantly correlated with air humidity among the micro-climate indicators.

Keywords: Air pollutant, Benzene, Leukemia, Indoor environment, Recommended level