Улаанбаатар, Дархан хотын сууцны доторх орчны PM2.5 тоосонцор уушгины үйл ажиллагаанд үзүүлэх нөлөөг судалсан дүн (2023-2024 оны өвлийн үр дүн)

Э.Маралмаа[1,2], М.Еркебулан[3], Х.Сэр-Од[3], Ш.Шатар[3], Д.Гантуяа[3], Л.Мөнх-Эрдэнэ[4], Г.Энхжаргал[1], С.Мягмарчулуун[1], Грегори Ч.Грэй[5], Жунфэнг Жанг[6], Д.Өлзиймаа[7], Б.Дамдиндорж[7], Д.Даваалхам[2,8], Г.Дарамбазар[9]

[1]АШУҮИС, НЭМС, Орчны эрүүл мэндийн тэнхим
[2]Монголын Хүрээлэн буй Орчин, Хөдөлмөрийн Эрүүл Мэндийн Төв
[3]АШУҮИС, НЭМС, Эпидемиологи Биостатистикийн тэнхим
[4]АШУҮИС, Монгол-Япон Сургалтын Эмнэлэг
[5]АНУ, Техасын Их Сургууль - Анагаахын салбар сургууль
[6]АНУ, Дьюк Их Сургууль
[7]АШУҮИС
[8]АШУҮИС, Нийгмийн эрүүл мэндийн сургууль
[9]АШУҮИС, Био-Анагаахын сургууль
Цахим шуудан: darambazar@mnums.edu.mn, Утас:88088081

Түлхүүр үг:
PM2.5
Спирометр
Агаарын бохирдол
Уушгины үйл ажиллагаа

Товч утга:
Үндэслэл: Аэродинамик голч 2.5 микрометр ба түүнээс бага голчтэй тоосонцор (PM2.5) нь амьсгалын замаар дамжин уушгины цулцангийн гүнд нэвтэрч, исэлдэлтийн стресс, системийн болон судасны үрэвслийг өдөөх нөлөө бүхий онцлогтой юм. Монгол Улс нь агаарын бохирдлын түвшин их орнуудын тоонд ордог бөгөөд нийт хүн амын тал хувиас илүү хувь нь амьдардаг Улаанбаатар хотод өвлийн улиралд PM2.5-ын агууламж 200 мкг/м³-аас давж, ДЭМБ-ын зөвлөмжийн хэмжээнээс 8 дахин ихэсдэг байна. Улаанбаатар хотын 1,200 насанд хүрэгчдийг хамруулсан судалгаагаар агаарын бохирдол өндөр байдаг улиралд амьдралын чанар эрс муудсан ба өмнө нь амьсгалын замын үйл ажиллагааны алдагдалтай байсан хүмүүсийн илүүтэй илэрч байсан. **Зорилго:** Улаанбаатар, Дархан хотын насанд хүрэгчдийн сууцны доторх орчны PM2.5 тоосонцрын агууламжийг уушгины үйл ажиллагааны үзүүлэлтүүдтэй харьцуулан судлах. **Арга аргачлал:** Судалгааг аналитик судалгааны агшингийн загвараар зорилтот түүврийн аргаар Улаанбаатар, Дархан хотын насанд хүрэгчдийг хамруулан хийж гүйцэтгэсэн. Судалгааны мэдээлэл цуглуулахад судалгаанд оролцогчдийн сууцны доторх орчны агаарын чанарыг хэмжих PurpleAir багаж 1 сарын турш байршуулан хэмжилтийг хийж, үүний дараа спирометрийн шинжилгээгээр уушгины үйл ажиллагааг үнэлсэн ба SPSS-25.0 программыг ашиглан тооцоолол хийж үр дүнг тооцсон. **Үр дүн:** Нийт 236 оролцогчдын 114 (48.3%) Улаанбаатар, 122 (51.7%) Дархан хот, хүйсийн хувьд 111 эрэгтэй (47.0%), 125 эмэгтэй (53.0%) байсан оролцогчид байв. Сууцны доторх PM2.5-ийн дундаж агууламж 66.24 мкг/м³ байсан (СХ 44.87 мкг/м**³**) ба хамгийн бага нь 7.79 мкг/м³, хамгийн их нь 264.55 мкг/м³ байв. Орон сууцны төрлөөр ангилан үзэхэд гэрт PM2.5-ийн дундаж агууламж 82.34 мкг/м³ байсан нь байшинд (67.34 мкг/м³) болон орон сууцанд (32.24 мкг/м³) тодорхойлогдсон агууламжаас харьцангуй их байсан. Хамаарлын шинжилгээгээр Генслерийн индекс (FEV1/FVC харьцаа), амьсгал гаргалтын дээд хурд (PEF) ба эзэлхүүний дундаж хурд (FEF25–75)-ыг илтгэх үзүүлэлтүүд PM2.5-ийн агууламжтай урвуу хамаарал бүхий тогтоогдсон нь статистикийн хувьд ач холбогдол бүхий байв. Оролцогчдын 9.4%-д уушгины хүчилсэн амьдралын багтаамж (FVC), 15.3%-д эхний 1 секунд дэх хүчлэн гаргах агаарын эзлэхүүн (FEV1), харин 3.8% нь FEV1/FVC харьцаа буурсан байв. **Дүгнэлт:** Сууцны доторх орчны PM2.5 агууламж нь гэр сууцанд өндөр илэрсэн бөгөөд уушгины үзүүлэлтүүдээс амьсгал гаргалтын бууралтыг илтгэх үзүүлэлтүүд нь сөрөг хамаарал бүхий статистикийн хувьд ач холбогдолтой байв.

Үндэслэл: Дэлхийн өвчний дарамтын судалгаагаар 2015 онд агаарын бохирдлын тоосонцорт өртсөний улмаас жил бүр 4.2 сая хүн цаг бусаар нас барж байгаа бөгөөд энэ нь дэлхийн өвчлөлийн дарамтын тэргүүлэх эрсдэлийн нэг болж байгааг тодорхойлсон[1]. Мөн уг судалгааны 2019 оны үр дүнгээр агаарын бохирдол нь 204 оронд нас баралт болон хөдөлмөрийн чадвар алдсан амьдралын жилүүдэд нөлөөлж буй тэргүүлэх таван эрсдэлийн нэг хэвээр байгааг дахин тогтоосон[2].

Аэродинамик голч 2.5 микрометр ба түүнээс бага голчтой тоосонцор (PM2.5) нь амьсгалын замаар дамжин уушгины цулцангийн гүнд нэвтэрч, исэлдэлтийн стресс, системийн болон судасны үрэвслийг өдөөх нөлөө бүхий онцлогтой юм. Түүнчлэн 2021 онд Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (ДЭМБ) PM2.5-ын жилийн дундаж өртөлтийн зөвлөмж хэмжээг 5 мкг/м³ болгон өөрчилсөн ба өмнө нь аюулгүйд тооцогдож байсан уг хэмжээс эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлдэг болохыг онцолсон байна[3].

Сууцны доторх орчны агаарын бохирдол нь бага болон дунд орлоготой орнуудад тулгамдсан асуудал хэвээр байна. Дэлхий дахинд ойролцоогоор 3 тэрбум хүн хатуу түлш (мод, аргал, газар тариалангийн хог хаягдал, нүүрс гэх мэт) болон энгийн зууханд хоол хийх, сууцаа халаах зорилгоор ашигладаг хэвээр байгаа нь агааржуулалт муутай орчинд PM2.5-ын агууламж өндөр байх нөхцөл болж байна[4]. Энэ нь жил бүр ойролцоогоор 3.8 сая хүн цаг бусаар нас барах шалтгаан болж байгаа бөгөөд ихэнх нь амьсгалын болон зүрх судасны шалтгаант нас баралт эзэлж байна[4]**.** Сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн судалгаагаар гэрийн нөхцөлд хатуу түлш (нүүрс гэх мэт) түлэх нь амьсгалын замын ноцтой үр дагаварт хүргэж буй талаар мэдээлсэн. Thorax сэтгүүлд нийтлэгдсэн системчилсэн тойм судалгаагаар хатуу түлшний утаанд өртөх нь уушгины архаг бөглөрөлт өвчнөөр өвчлөх эрсдэлийг 2-3 дахин нэмэгдүүлдэг болохыг тогтоосон байна[5]. Мөн өөр нэгэн мета-анализ судалгаагаар нүүрсний утаанд өртөх нь уушгины хорт хавдрын эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг бөгөөд энэ нь зүүн азийн орнуудад тамхи татдаггүй эмэгтэйчүүдийн дунд илүү өндөр хувиар илэрсэн байна[6].

Тархвар судлалын судалгаануудын үр дүнгүүд агаарын бохирдлын тоосонцорт удаан хугацаанд өртсөн хүн амын дунд уушгины үйл ажиллагааны алдагдал тогтвортой илэрч байгааг онцолсоор байна. Европын олон төвт, ESCAPE төслийн хүрээнд хийгдсэн 7,000 гаруй насанд хүрэгчдийг хамруулсан судалгаагаар PM10-ийн агууламж 10 мкг/м³-аар нэмэгдэхэд уушгины үйл ажиллагааны үзүүлэлтүүд болох FEV1 1.4%, FVC 1.5% тус тус буурч байгааг тогтоосон7 Монгол Улс нь агаарын бохирдлын түвшин их орнуудын тоонд ордог бөгөөд нийт хүн амын тал хувиас илүү хувь нь амьдардаг Улаанбаатар хотод өвлийн улиралд PM2.5-ын агууламж 200 мкг/м³-аас давж, ДЭМБ-ын зөвлөмжийн хэмжээнээс 8 дахин ихэсдэг болохыг тогтоосон байна[8].

Мөн Улаанбаатар хотын 1,200 насанд хүрэгчдийг хамруулсан судалгаагаар агаарын бохирдол өндөр байдаг улиралд амьдралын чанар эрс муудсан ба өмнө нь амьсгалын замын үйл ажиллагааны алдагдалтай байсан хүмүүсийн дунд илүү тод илэрч байсан[9]. Улаанбаатар хотын бага насны хүүхдүүдийг хамруулан хийгдсэн когорт судалгаагаар сууцны доторх орчны агаарын бохирдлын түвшин өндөр байх нь хүүхдийн эрүүл мэндэд олон сөрөг үр дагавар учруулж буйг тогтоосон. Үүнд хатгалгаагаар өвчлөх эрсдэл нэмэгдэх, танин мэдэхүйн болон сэтгэц-хөдөлгөөний хөгжлийн оноо буурах, мөн өсөлт удааширч, нас-өндөр ба нас-жингийн z-үзүүлэлтээр биеийн хөгжил буурах зэрэг нөлөөллүүд илэрч буйг мэдээлсэн. Эдгээр үр дүнгүүд сууцны доторх орчны агаарын бохирдол нь бага насны хүүхдийн хөгжилд урт хугацааны тогтвортой сөрөг нөлөө үзүүлдэг болохыг харуулж байна[10].

Зорилго: Улаанбаатар, Дархан хотын насанд хүрэгчдийн дунд сууцны доторх орчны PM2.5 тоосонцрын түвшинг уушгины үйл ажиллагааны үзүүлэлттэй харьцуулан судлах.

Арга, аргачлал: Бид энэхүү судалгааг аналитик судалгааны агшингийн загвар ашиглан зорилтот түүврийн аргаар Улаанбаатар, Дархан хотын насанд хүрэгчдийг 2023 оны 11-р сараас 2024 оны 1-р сарын хооронд судалгаанд хамруулан хийж гүйцэтгэсэн. Судалгаанд нийт 241 хүн хамрагдсанаас PurpleAir-ийн хэмжилт дутуу байсан 5 оролцогчийг хасан үлдсэн 236 хүний мэдээллүүд дээр статистик болосвруулалтыг хийсэн. Бид сууцны доторх орчны агаарын бохирдлыг PurpleAir шууд хэмжилтийн багажийг ашиглан, сууцны доторх орчинд 30 хоногийн хугацаанд байршуулан хэмжилтийг хийсэн. Үүний дараа PurpleAir багажийг авч оролцогчдыг эмнэлзүйн шинжилгээнд хамрагдахыг урьж, ирэх үед нь оролцогчдод спирометрийн багажийн шинжилгээг уушгины үйл ажиллагааг үнэлэх зорилгоор хийж гүйцэтгэсэн. Үр дүнг “SPSS-25.0” программ ашиглан боловсруулалтыг хийж гүйцэтгэсэн. Бид 2022 онд АШУҮИС-ийн Судалгааны Ёс зүйн Хяналтын Хороо болон ЭМЯ-ны дэргэдэх Анагаах Ухааны Ёс Зүйн Хяналтын Хорооноос судалгааг хийж гүйцэтгэх зөвшөөрлийг авсан болно.

Үр дүн: Нийт 236 оролцогчдын 114 (48.3%) Улаанбаатар, 122 (51.7%) Дархан хот, хүйсийн хувьд 111 эрэгтэй (47.0%), 125 эмэгтэй (53.0%) байсан оролцогчид байв (Хүснэгт 1). Улаанбаатар хотын Хан-Уул (ХУД), Сүхбаатар (СБД), Сонгинохайрхан (СХД), Баянзүрх (БЗД) гэсэн дөрвөн дүүргээс оролцогчдыг хамруулсан.

Насны бүлгээр ангилан үзэхэд 33.1%-ийг 30–39 насныхан, 16.5%-ийг 29-өөс доош насныхан эзэлж байв. Хүн ам зүйн үзүүлэлтүүдийн хувьд Улаанбаатар, Дархан хотын хооронд статистикийн ач холбогдол бүхий ялгаа тодорхойлогдоогүй (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Судалгаанд хамрагдагсдын хүн ам зүйн үзүүлэлтүүд

Үзүүлэлтүүд	Нийт	Улаанбаатар хот	Дархан	P утга
	n (%)	n (%)	n (%)	
Байршил				
ХУД	29 (12.3)	29 (25.4)		
СБД	29 (12.3)	29 (25.4)		
СХД	29 (12.3)	29 (25.4)		
БЗД	27 (11.4)	27 (23.7)		
Дархан	122 (51.7)	0 (0)	122 (100)	
Насны бүлэг				0.852
29-өөс доош	39 (16.5)	19 (16.7)	20 (16.4)	
30 - 39	78 (33.1)	35 (30.7)	43 (35.2)	
40 - 49	65 (27.5)	34 (29.8)	31 (25.4)	
50-аас дээш	54 (22.9)	26 (22.8)	28 (23)	
Хүйс				0.872
Эрэгтэй	111 (47)	53 (46.5)	58 (47.5)	
Эмэгтэй	125 (53)	61 (53.5)	64 (52.5)	
Сууцны төрөл				0.958
Орон сууц	48 (20.3)	23 (20.2)	25 (20.5)	
Байшин	93 (39.4)	46 (40.4)	47 (38.5)	
Гэр	95 (40.3)	45 (39.5)	50 (41)	
Нийт	**236 (100)**	**114 (100)**	**122 (100)**	

Сууцны доторх орчинд PurpleAir багажийг дунджаар 29.3 хоног (С.Х 12.0, далайц 0.25–72 хоног) байршуулсан. Сууцны доторх орчны дундаж PM2.5-ын агууламж 63.4 мкг/м³ (С.Х 41.8, далайц 7.7-231.9 мкг/м³) байсан. Дундаж PM1.0 агууламж 44.3 мкг/м, дундаж PM10.0 агууламж 90.6 мкг/м³ тодорхойлогдсон. Дундаж дотоод температур 28.2°C, дундаж чийгшил 18.4%, дундаж даралт 905.9 кПа байв (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 2. Сууцны доторх орчны агаарын чанарын үзүүлэлтүүд

Үзүүлэлтүүд	Дундаж	с.х	ХБУ	ХИУ	Медиан
Чийгшил	18.4	7.04	5.31	46.33	17.37
Температур (С⁰)	28.23	7.6	-17.18	37.35	29.66
Даралт	905.87	36.66	849.57	951.93	932.52
PM2.5 (мкг/м³)	66.24	44.87	7.79	264.55	54.62
Хэмжилт хийсэн (хоног)	29.33	12.01	0.25	72	26.4

Тайлбар: *с.х. - стандарт хазайлт, ХБУ- хамгийн бага утга, ХИУ- хамгийн их утга*

Сууцны доторх PM2.5-ийн дундаж агууламж 66.24 мкг/м³ байсан (СХ 44.87 мкг/м³**)** ба хамгийн бага нь 7.79 мкг/м³, хамгийн их нь 264.55 мкг/м³ байв. Байршлын хувьд Улаанбаатар хотын өрхүүдийн дундаж агууламж 74.79 мкг/м³, Дарханы хотод 58.26 мкг/м³ байсан ба энэ нь статистикийн хувьд ач холбогдол бүхий байсан. Улаанбаатар хотод Сонгинохайрхан дүүрэг хамгийн өндөр PM2.5-ийн агууламж тодорхойлогдсон (95.58 мкг/м³) ба дүүргүүдийн PM2.5 тоосонцрын ялгаа нь статистикийн хувьд ач холбогдол бүхий тодорхойлогдсон (p = 0.004). Орон сууцны төрлөөр ангилан үзэхэд гэрт PM2.5-ийн дундаж агууламж 82.34 мкг/м³ байсан нь байшинд (67.34 мкг/м³) болон орон сууцанд (32.24 мкг/м³) тодорхойлогдсон агууламжаас харьцангуй их байсан (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Сууцны доторх орчны агаарын PM2.5-ийн агууламжийг тодорхойлсон дүн

Үзүүлэлтүүд	PM2.5 (мкг/м3, Лаурен томьёо)					P утга параметрийн	P утга параметрийн бус
	Дундаж	с.х.	ХБУ	ХИУ	медиан		
Байршил						**0.004**	**<0.001**
Улаанбаатар	74.79	39.84	9.25	186.14	70.11		
Дархан	58.26	47.91	7.79	264.55	44.28		
Дүүргүүд						**0.001**	**0.004**
ХУД	74.33	42.25	9.25	185.75	76.22		
СБД	73.56	30.89	18.9	136.64	72.64		
СХД	95.58**	46.55	28	186.14	90.33		
БЗД	54.25	26.31	20.1	122.28	49.73		
Сууцны төрөл						**<0.001**	**<0.001**
Орон сууц	32.24**	23.94	7.79	143.45	26.58		
Байшин	67.34*	44.22	8.3	264.55	55.3		
Гэр	82.34**	44.49	14.67	221.6	76.4		
Нийт	**66.24**	**44.87**	**7.79**	**264.55**	**54.62**		

Тайлбар: *с.х – стандарт хазайлт, хамгийн бага утга – ХБУ, хамгийн их утга – ХИУ*

Оролцогчдын уушгины үйл ажиллагааны ерөнхий үзүүлэлтүүдхэвийнтүвшиндтодорхойлогдсон. Хамаарлын шинжилгээгээр Генслерийн индекс (FEV1/FVC харьцаа), амьсгал гаргалтын дээд хурд (PEF) ба эзэлхүүний дундаж хурд (FEF25–75)-ыг илтгэх үзүүлэлтүүд PM2.5-ийн агууламжтай урвуу хамаарал бүхий тогтоогдсон нь статистикийн хувьд ач холбогдол бүхий байв (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Спирометрийн шинжилгээний үзүүлэлтүүд болон PM2.5-ийн агууламж хоорондын хамаарлыг тодорхойлсон дүн

Үзүүлэлтүүд	Дундаж	С.Х	ХБУ	ХИУ	Медиан	r	p value
FVC (л)	3.6	0.9	1.4	6.2	3.4	-0.111	0.089
FVC (%)	97.8	13.4	42.2	133.4	98.9	0.053	0.417
FEV1 (л)	2.9	0.7	1.1	4.8	2.8	-0.125	0.057
FEV1 (%)	94.6	14.1	38.4	137.5	95.5	-0.033	0.619
FEV1/FVC (%)	81.5	6.0	50.3	99.8	81.9	-0.151	**0.021**
FEV1/FVC Pred. (%)	100.8	7.3	60.9	114.4	102.1	-0.124	0.058
PEF (л/сек)	6.9	2.1	2.2	12.5	6.8	-0.199	**0.002**
PEF (%)	91.4	20.9	34.5	145.0	90.2	-0.155	**0.018**
FEF25–75 (л/сек)	3.3	1.1	0.9	6.6	3.2	-0.142	**0.029**
FEF25–75 (%)	83.2	20.9	24.8	148.9	82.8	-0.16	**0.014**
VC (л)	3.5	0.9	1.3	6.3	3.3	-0.088	0.185
VC (%)	94.7	17.6	39.5	184.3	94.4	0.064	0.339
MVV (л)	142.0	51.3	54.7	322.5	131.4	-0.066	0.314
MVV (%)	124.1	40.2	47.8	249.3	113.5	0.003	0.966

Тайлбар: *с.х – стандарт хазайлт, хамгийн бага утга – ХБУ, хамгийн их утга – ХИУ, r - Пирсоны хамаарлын коэффициент*

Оролцогчдын 9.4%-д уушгины хүчилсэн амьдралын багтаамж (FVC), 15.3%-д эхний 1 секунд дэх хүчлэн гаргах агаарын эзлэхүүн (FEV1), харин 3.8% нь FEV1/FVC харьцаа буурсан байв. PM2.5-ийн агууламжийг Монгол Улсын стандартаар 37.5 мкг/м³-аас их болон 37.5 мкг/м³-аас бага гэсэн утгаар хоёр бүлэгт хуваан FVC, FEV1, ба FEV1/FVC бүлгүүдтэй харьцуулан үзэхэд статистикийн хувьд ач холбогдол бүхий ялгаа илрээгүй.

Хүснэгт 5. Оролцогчдын спирометрийн үзүүлэлтүүдийн бүлэг ба PM2.5 тоосонцрын хамаарлыг судалсан дүн

Үзүүлэлтүүд	Нийт	PM2.5 MNS стандарт		P утга Хи-квадрат	PM2.5 (мкг/м3 Лаурен томьёо)	P утга Т-тест
		<37.5	≥37.5		Дундаж ± С.Х	
	n (%)	n (%)	n (%)			
FVC бүлэг				0.272		0.48
Хэвийн	213 (90.6)	63 (29.6)	150 (70.4)		66.84±45.69	
<80%	22 (9.4)	9 (40.9)	13 (59.1)		59.7±37.34	
FEV1 бүлэг				0.686		0.93
Хэвийн	199 (84.7)	62 (31.2)	137 (68.8)		66.27±45.69	
<80%	36 (15.3)	10 (27.8)	26 (72.2)		65.61±41.23	
FEV1/FVC харьцаа бүлэг				**0.195**		**0.06**
Хэвийн	226 (96.2)	71 (31.4)	155 (68.6)		64.13±42.36	
<70%	9 (3.8)	1 (11.1)	8 (88.9)		117.3±74.77	

Тайлбар: *с.х – стандарт хазайлт*

Хэлцэмж: Бидний судалгааны үр дүнд сууцны доторх орчны PM2.5-ын агууламж их байх нь уушгины гуурсан хоолойн үйл ажиллагааны зарим үзүүлэлтийн бууралттай мэдэгдэхүйц хамааралтай байсан. Тэр дундаа PEF, FEF25-75 болон FEV1/FVC харьцаа буурсан байв.

Цөөнгүй судалгаануудад PM2.5 тоосонцрын бохирдолд амьсгалын гуурс болон амьсгалын гуурсанцар илүү өртөмхий байгааг онцолсон байв. Isiugo K, (2019) нарын судалгаагаар PM2.5-ын богино хугацааны өртөлт нь сургуулийн хүүхдүүдийн дунд FEF25-75 үзүүлэлтийн бууралттай мэдэгдэхүйц хамааралтай байсан нь амьсгалын гуурс болон гуурсанцар нарийсах, үйл ажиллагаа нь алдагдаж байгааг харуулж байна гэж дүгнэсэн[11].

Мөн Gross A, (2025) нарын судалгаагаар гэрийн болон хүрээлэн буй орчны агаарт PM2.5 тоосонцрын түвшин их байх нь насанд хүрэгчдийн дунд амьсгалын Амьсгалын гуурсанцарын үйл ажиллагаа буурахад нөлөөлж байгааг тогтоосон ба энэ PM2.5-д гуурсан хоолой, амьсгалын зам мэдрэмтгий буйг илтгэж байна[12]. Эдгээр үр дүнгүүд бидний судалгааны ажлын үр дүнтэй уялдаж байгаа бөгөөд дунд болон Амьсгалын гуурсанцарын үйл ажиллагааг илтгэх үзүүлэлтүүд нь амьсгалын замын эрт үеийн гэмтлийг илрүүлэхэд илүү мэдрэг болохыг харуулж байна.

Тайвань Улсын 65-аас дээш насны хүмүүсийг хамруулсан судалгаагаар PM2.5-д удаан хугацаанд өртөх нь FVC болон FEV1 бууралттай хамааралтай байсан бөгөөд тоосонцор (PM2.5-10) нь амьсгалын замын үзүүлэлтүүдэд илүү хүчтэй сөрөг нөлөө үзүүлж буйг онцолсон[13]. Эдгээр судалгаануудтай харьцуулахад, сууцны доторх орчны агаар бохирдол ихтэй нөхцөлд (PM2.5-ын дундаж хэмжээ=63 мкг/м³) уушгины үйл ажиллагааны эхний өөрчлөлт нь эзэлхүүний бууралтаас илүүтэйгээр амьсгалын гуурс болон гуурсанцарын үйл ажиллагаанд нөлөөлж болзошгүйг бидний үр дүн илтгэж байна.

Kim S, (2020) нарын астматай хүүхдийг хамруулсан туршилт судалгаагаар өрөөний PM2.5-ын түвшин (агаар шүүгч ашиглан) буурах үед амьсгал гаргалтын дээд урсгалын хурд (PEFR) мэдэгдэхүйц сайжирч байсан[14]. Мөн өөр нэгэн тойм судалгаагаар сууцны доторх орчны PM2.5 тоосонцрын түвшинг HEPA шүүлтүүрээр бууруулахад тухайн гэрийн эзэгтэй нарын ерөнхий биеийн махбодийн үрэвслийн маркерууд буурсан байсан ч спирометрийн үзүүлэлтүүдэд мэдэгдэхүйц өөрчлөлт гараагүй нь үрэвслийн үйл явц агаарын чанарын сайжралтад мэдрэг буйг илтгэж байгаа боловч уушгины үйл ажиллагааны үзүүлэлтүүд удаан хугацаанд сайжирч болох юм гэж дүгнэсэн[15].

Эдгээр судалгаануудын үр дүнд доторх орчны PM2.5-ын түвшинг бууруулах нь амьсгалын замын үйл ажиллагаанд эерэг нөлөө үзүүлж байгаа бөгөөд уушгины үйл ажиллагааны үзүүлэлтүүдийн сайжрал аажимдаа илрэх боломжтой гэдгийг мөн онцолж байна. Сууцны доторх орчны PM2.5 тоосонцор нь амьсгалын гуурсан хоолойн гүн рүү нэвтэрч, амьсгалын гуурсанцар болон уушгины цулцангийн хөндийд хүрдэг. Ингэснээр исэлдэлтийн стресс, үрэвслийн үйл явцыг өдөөж, жижиг гуурсан хоолойн нарийсал эсвэл бөглөрөл үүсгэх эрсдэлтэй байдаг. Уг эмгэг жамын үйл явц нь уушги судлалын хор судлалын олон судалгаануудаар тогтоогдсон.

Монгол Улсад өвлийн улиралд урт хугацаанд сууцны доторх орчныг халаах зорилгоор нүүрс түлэх нь уг эрсдэлийг улам нэмэгдүүлдэг бөгөөд ялангуяа гэр хороолол болон агааржуулалт муутай айл өрхүүдэд өрөөний PM2.5-ын түвшин тогтмол их байдаг. Улирал болон агаарын чанарын хэлбэлзэл нь энэ асуудлыг улам гүнзгийрүүлдэг ба Улаанбаатар хотод хийгдсэн судалгаагаар өвлийн улиралд амьсгалын замын өвчлөлийн шинж тэмдгүүд нэмэгдэж буйг тогтоосон байна[16].

Дүгнэлт: Сууцны доторх орчны PM2.5 агууламж нь гэр сууцанд өндөр илэрсэн бөгөөд уушгины үзүүлэлтүүдээс амьсгал гаргалтын бууралтыг илтгэх үзүүлэлтүүд нь сөрөг хамаарал бүхий статистикийн хувьд ач холбогдолтой байв.

Талархал: Энэхүү судалгааг АНУ-ын Эрүүл Мэндийн Үндэсний Хүрээлэнгийн санхүүлжилтээр

АШУҮИС-ийн хэрэгжүүлж буй «Хүрээлэн буй орчин, Хөдөлмөрийн эрүүл мэндийн төв” сэдэвт төслийн хүрээнд хийж гүйцэтгэлээ (5U01TW012229-03). Судалгааг хийж гүйцэтгэсэн төслийн баг, нийт судлаач нартаа талархал илэрхийлье.

Ном зүй:

1. *Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet. 2017;389(10082):1907-1918. doi:10.1016/S0140-6736(17)30505-6*
2. *GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. Lancet. 2020;396(10258):1223-1249. doi:10.1016/S0140-6736(20)30752-2*
3. *World Health Organization. WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10). Geneva: WHO; 2021.*
4. *Smith KR, Bruce N, Balakrishnan K, et al. Millions dead: how do we know and what does it mean? Methods used in the comparative risk assessment of household air pollution. Annu Rev Public Health. 2014;35:185-206. doi:10.1146/annurev-publhealth-032013-182356*
5. *Kurmi OP, Semple S, Simkhada P, Smith WC, Ayres JG. COPD and chronic bronchitis risk of indoor air pollution from solid fuel: a systematic review and meta-analysis. Thorax. 2010;65(3):221-228. doi:10.1136/thx.2009.124644*
6. *Bruce N, Dherani M, Liu R, et al. Does household use of biomass fuel cause lung cancer? A systematic review and evaluation of the evidence for the GBD 2010 study. Thorax. 2015;70(5):433-441. doi:10.1136/thoraxjnl-2014-206625*
7. *Adam M, Schikowski T, Carsin AE, et al. Adult lung function and long-term air pollution exposure. ESCAPE: a multicentre cohort study and meta-analysis. Eur Respir J. 2015;45(1):38-50. doi:10.1183/09031936.00130014*
8. *Allen, R.W., Gombojav, E., Barkhasragchaa, B. et al. An assessment of air pollution and its attributable mortality in Ulaanbaatar, Mongolia. Air Qual Atmos Health 6, 137–150 (2013). https://doi.org/10.1007/s11869-011-0154-3*
9. *Nakao, M., Yamauchi, K., Ishihara, Y. et al. Effects of air pollution and seasons on health-related quality of life of Mongolian adults living in Ulaanbaatar: cross-sectional studies.BMC Public Health 17, 594 (2017). https://doi.org/10.1186/s12889-017-4507-1*
10. *Dai Z, Woolley KE, Dickinson-Craig E, et al. Assessing the association between household air pollution exposure and child heath in Mongolia: a birth-cohort study. Sci Rep. 2025;15(1):3878. Published 2025 Jan 31. doi:10.1038/s41598-024-79927-6*
11. *Isiugo K, Jandarov R, Cox J, et al. Indoor particulate matter and lung function in children. Sci Total Environ. 2019;663:408-417. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.01.309*
12. *Gross A, Tham R, Dharmage SC, Röösli M, Frey U, Gorlanova O. Exposure to long-term ambient air pollution and lung function in adults: a systematic review and meta-analysis. Eur Respir Rev. 2025;34(176):240264. Published 2025 Jun 11. doi:10.1183/16000617.0264-2024*
13. *Chen CH, Wu CD, Chiang HC, et al. The effects of fine and coarse particulate matter on lung function among the elderly. Sci Rep. 2019;9:14790. doi:10.1038/s41598-019-51307-5*
14. *Kim S, Lee J, Park S, Rudasingwa G, Lee S, Yu S, Lim DH. Association between Peak Expiratory Flow Rate and Exposure Level to Indoor PM2.5 in Asthmatic Children, Using Data from the Escort Intervention Study. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020; 17(20):7667. https://doi.org/10.3390/ijerph17207667*
15. *Allen, R.W., Barn, P. Individual- and Household-Level Interventions to Reduce Air Pollution Exposures and Health Risks: a Review of the Recent Literature. Curr Envir Health Rpt 7, 424–440 (2020). https://doi.org/10.1007/s40572-020-00296-z*
16. *Nakao, M., Yamauchi, K., Ishihara, Y. et al. Effects of air pollution and seasonality on the respiratory symptoms and health-related quality of life (HR-QoL) of outpatients with chronic respiratory disease in Ulaanbaatar: pilot study for the comparison of the cold and warm seasons. SpringerPlus 5, 1817 (2016). https://doi.org/10.1186/s40064-016-3481-x*

Effects of indoor residential PM2.5 on lung function in Ulaanbaatar and Darkhan, Mongolia: Results from the 2023–2024 winter season

Maralmaa E[1,2], Yerkyebulan M[3], Ser-Od Kh[3], Shatar Sh[3], Gantuya D[3], Munkh-Erdene L[4]
Enkhjargal G[1], Myagmarchuluun S[1], Gregory Gray[5], Junfeng Zhang[6],
Ulziimaa D[7], Damdindorj B[7], Davaalkham D[2,8], Darambazar G[9]

[1]Department of Environmental Health, School of Public Health, MNUMS
[2]Mongolian Center for Environmental and Occupational Health
[3]Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, MNUMS
[4]Mongolia-Japan Teaching Hospital, MNUMS
[5]University of Texas Medical Branch, USA
[6]Duke University, USA
[7]MNUMS
[8]School of Public Health, MNUMS
[9]School of Bio-Medicine, MNUMS
E-mail: darambazar@mnums.edu.mn, Tel: +976-88088081

Background: Particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 micrometers or smaller (PM2.5) penetrates deep into the alveoli through the respiratory tract and is characterized by its ability to induce oxidative stress, systemic inflammation, and vascular inflammation. Mongolia ranks among the countries with the highest levels of air pollution. In Ulaanbaatar, where more than half of the country's population resides, wintertime PM2.5 concentrations often exceed 200 μg/m³, which is about eight times higher than the World Health Organization (WHO) guideline value. A study involving 1,200 adults in Ulaanbaatar showed that quality of life deteriorated sharply during periods of high air pollution, with effects more pronounced among individuals who already had impaired respiratory function.

Aim: To examine the relationship between indoor household PM2.5 concentrations and lung function indicators among adults in Ulaanbaatar and Darkhan.

Materials and Methods: This analytical cross-sectional study recruited adult participants from Ulaanbaatar and Darkhan through targeted sampling. Household air quality was measured using PurpleAir sensors, which were installed in participants' homes for one month. After exposure measurement, lung function was assessed via spirometry. Statistical analyses were conducted using SPSS version 25.0.

Results: A total of 236 participants were included: 114 (48.3%) from Ulaanbaatar and 122 (51.7%) from Darkhan. The sample consisted of 111 men (47.0%) and 125 women (53.0%). The mean indoor PM2.5 concentration was 66.24 μg/m³ (SD 44.87 μg/m³), ranging from a minimum of 7.79 μg/m³ to a maximum of 264.55 μg/m³. Stratification by housing type showed the highest PM2.5 levels in gers (82.34 μg/m³), followed by detached houses (67.34 μg/m³), while apartments had the lowest concentrations (32.24 μg/m³). Correlation analysis revealed statistically significant negative associations between PM2.5 levels and measures of expiratory function, including the FEV1/FVC ratio, peak expiratory flow (PEF), and mid-expiratory flow (FEF25–75). Reduced forced vital capacity (FVC) was observed in 9.4% of participants, reduced forced expiratory volume in one second (FEV1) in 15.3%, and a decreased FEV1/FVC ratio in 3.8%.

Conclusion: Indoor household PM2.5 concentrations were highest in gers, and expiratory flow-related lung function parameters showed significant negative associations with particulate exposure. This suggests that indoor PM2.5 primarily affects airflow limitation rather than overall lung volumes in this population.

Keywords: PM2.5, Indoor air pollution, Lung function, Spirometry