Тархины саатай хүүхдийн алхааны биомеханикийг үнэлсэн үр дүн

Х.Байгаль[1,2], Х.Батбаяр[3], С.Тэнгис[3], Д.Батлхам[1]

[1]АШУҮИС-Сувилахуйн сургууль, Бие бялдар судлалын тэнхим
[2]Энэрэлийн Түүчээ ТББ
[3]ШУТИС, МеТС, Биомеханикийн судалгааны лаборатори
Цахим шуудан: gnu25e006@gt.mnums.edu.mn, Утас: 99766657

Түлхүүр үг:
Алхаа
Хөдөлгөөн судлал
Тархины саа

Товч утга:
Үндэслэл: Тархины саа нь пренаталь эмгэгийн дотор хамгийн элбэг тохиолддог ба тархины хөгжлийн эрт үеийн гэмтлээс үүдсэн байршлын болон хөдөлгөөний өөрчлөлтийн бүлэг хам шинжээр илэрдэг эмгэг юм. Тархины саа нь улс орны хувьд харилцан адилгүй байгаа боловч дунджаар 1000 амьд төрөлтөнд 1.5-3.4 тохиолддог. Монгол улсад тархины саа 1000 амьд төрөлтөнд 1.89 тохиолддог байна. Тархины саатай хүүхдүүдийн 1/3 нь алхах боломжгүй байдаг боловч их биеийн хөдөлгөөний үйлдлийг тодорхойлох системээр GMFCS I, II, III түвшний хүүхдүүд бие дааж болон туслах хэрэгсэл ашиглан алхах чадвартай байдаг. Судалгаанаас үзэхэд алхааны дүн шинжилгээ нь тархины саагийн хөдөлгөөний эмгэгийн талаар чухал ойлголтыг өгч, эмчилгээний төлөвлөлт, тавилан зэргийг сайжрахад нөлөөлөх ач холбогдолтойг онцолжээ. **Зорилго:** Тархины саатай, шувуун алхаа (Jump gait)-аар алхдаг хүүхдүүдийн алхааны биомеханик тодорхойлох. **Арга, аргачлал:** Бид судалгаандаа 8-15 насны тархины саа оноштой, их биеийн хөдөлгөөний үйлдлийг тодорхойлох системийн ангиллаар (GMFCS) 1-р түвшний 14, хяналтын бүлэгт 14 эрүүл оролцогчийг тус тус хамруулсан. Судалгаанд хамрагдсан нийт оролцогчид, асран хамгаалагчдаас ерөнхий асуумж авсан бөгөөд үүнд нас, хүйс, биеийн жин, өндөр зэргийг оруулсан. Бид судалгаандаа 3D оптикал камерын систем болон хүчний хавтанг ашиглан алхах үеийн доод мөчний биомеханикийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон. Судалгаанд оролцогчдын алхааг бичиж авахын өмнө хүүхдүүдийн биен дээр гэрэл ойлгогч маркеруудыг анатомийн онцлох цэгүүдэд байрлуулсан. **Үр дүн:** Саатай болон эрүүл хүүхдүүдийн алхааны кинематикийг харьцуулан судлахад алхах үеийн түнхний хөдөлгөөнд хөдөлгөөний далайцын ялгаатай байдал ажиглагдсангүй. Харин саатай хүүхдүүдийн өвдөгний хөдөлгөөний далайцыг хяналтын бүлгийн хүүхдүүдтэй харьцуулахад ач холбогдол бүхий ялгаатай байв. Эдгээр ялгаа нь алхах үед саатай хүүхдийн өвдөг бүрэн тэнийхгүй байгааг илтгэж байна. Эрүүл болон тархины саатай хүүхдийн алхах үеийн шагайн хөдөлгөөний кинематикийг харьцуулахад алхааны өсгий газарт хүрэлцэх үе шатанд саатай хүүхдүүдийн шагайн үений далайц сөрөг утгатай байгаа нь өлмийдөж алхаж байгааг илтгэнэ. Алхааны бүх үе шатанд шагайн хөдөлгөөний далайц статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай байв. Доод мөчний реакцийн хүчний хувьд хөл газар хүрэлцэх шатанд хоёр бүлгийн хооронд статистикийн ач холбогдол бүхий ялгаа байхгүй байв. **Дүгнэлт:** Тархины саатай хүүхдийн шувуун алхаа нь түнхний үенээс илүүтэйгээр өвдөгний тэнийлгэх хөдөлгөөний хязгаарлалт болон шагайн үений хэт жийлтээр тодорхойлогдож байна. Энэхүү биомеханик өөрчлөлтийг тоон үзүүлэлтээр гаргаж ирсэн нь сэргээн засах эмчилгээг оновчтой болгоход чухал ач холбогдолтой болох нь тогтоогдлоо.

Үндэслэл: Тархины саа нь пренаталь эмгэгийн дотор хамгийн элбэг тохиолддог ба тархины хөгжлийн эрт үеийн гэмтлээс үүдсэн байршлын болон хөдөлгөөний өөрчлөлтийн бүлэг хам шинжээр илэрдэг эмгэг юм.[1] Тархины саа нь улс орны хувьд харилцан адилгүй байгаа боловч дунджаар 1000 амьд төрөлтөнд 1.5-3.4 тохиолддог.[2] Монгол улсад тархины саа 1000 амьд төрөлтөнд 1.89 тохиолддог.[3] Хүүхдийн тархины саа нь үндсэн 3 хэлбэртэй бөгөөд спастик саажилт ихэнх хувийг эзэлдэг. Спастик саажилтыг мөчдийг хамарсан байдлаар нь тал саа, хос саа, дөрвөл саа гэж ангилдаг.

Э.Баасанхүү нарын судалгаагаар тархины саатай хүүхдүүдэд 14 хоног хөдөлгөөн засал эмчилгээ хийсний дараах үнэлгээгээр 3, 4 болон 5-р түвшинд статистик ач холбогдол бүхий сайжрал байсан боловч 2-р түвшинд ($p<0.362$) статистик ач холбогдол бүхий сайжрал ажиглагдаагүй байна.[4] Тархины саатай хүүхдүүдийн 1/3 нь алхах боломжгүй байдаг[5] боловч их биеийн хөдөлгөөний үйлдлийг тодорхойлох системээр GMFCS I, II, III түвшний хүүхдүүд бие дааж болон туслах хэрэгсэл ашиглан алхах чадвартай байдаг.[6] Судалгаанаас үзэхэд алхааны дүн шинжилгээ нь тархины саагийн хөдөлгөөний эмгэгийн талаар чухал ойлголтыг өгч, эмчилгээний төлөвлөлт, тавилан зэргийг сайжрахад нөлөөлөх ач холбогдолтойг онцолжээ.[7]

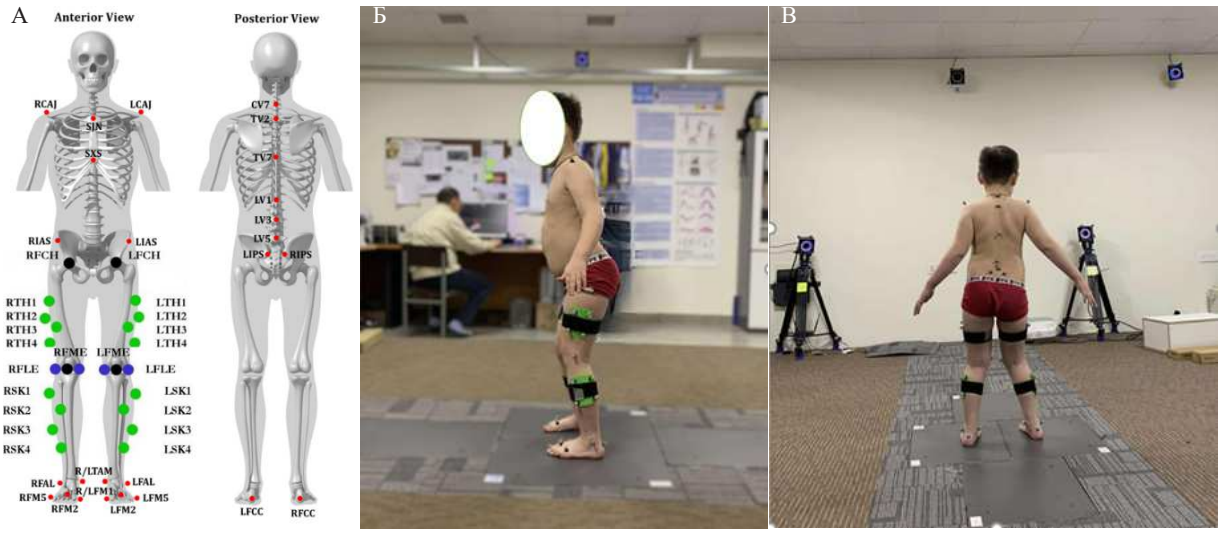
Алхана гэдэг тодорхой хэмнэлээр хөл, гар солбицож хөдөлснөөр хүний бие дэлхийн татах хүчний төвөөс урагш шилжиж буй хөдөлгөөнийг хэлдэг. Нэг алхааны тойрог гэдэг нь 2 алхмаас тогтох бөгөөд нэг хөлийн өсгийнөөс, өсгий хүртэлх зайг хэлдэг.[8] Алхаа нь хөл газар хүрэлцэх болон хөл газраас хөндийрөх гэсэн 2 үе шаттай. Хөл газар хүрэлцэх үе нь 5 бүрэлдэхүүн хэсэгтэй. Үүнд: Өсгий газарт хүрэлцэх үе, хөл бүтэн улаар тавигдах үе, 2 хөл газарт хүрэлцэж байх үе, өлмий дээр түлхэлт хийх үе, хөл агаарт хөөрөхийн урьдал үеүд орно. Харин хөл газраас хөндийрөх үе нь 3 бүрэлдэхүүн хэсэгтэй. Үүнд: Хөл газраас хөндийрч урагш шилжих үе, хөл газраас хамгийн өндөрт өргөгдөх үе, хөл доошилж, газарт өсгийгөөр гишгэх үе тус тус орно.[9,10]

Тархины сааажилттай хүмүүст хэд хэдэн нийтлэг алхааны хэлбэр байдаг.[11,12] Доод мөчний хөшүүн хос саатай хүүхдүүдийн алхааг үнэлсэн судалгаануудад үений өнцгийг суман хавтгайд хэмжсэн үр дүнгүүд байна. Энэ нь цаашид хийгдэх судалгаа нь эмнэлзүйн асуудал бүрт нүүрний болон хэвтээ хавтгайд алхааны кинематикийг үнэлэх хэрэгцээ шаардлага байгааг харуулж байна.[13] Энэхүү судалгаа нь тархины саатай, шувуун алхаа (Jump gait)-аар алхдаг хүүхдүүдийн алхааны биомеханик тодорхойлох зорилгоор хийгдсэн. Бид судалгааны ажлынхаа хүрээнд дараах 2 таамаглалыг дэвшүүлэн ажилласан. Шувуун алхаагаар алхдаг тархины саатай хүүхдийн алхааны биомеханикийн алдагдал тодорхойлогдоно. Мөн алхах үеийн доод мөчдийн кинетик тодорхойлогдоно. Хүүхдийн алхааны хэмжилтийн практикт оптик хөдөлгөөн хэмжилт, хүчний хавтангийн нарийвчлалтай систем ашиглаж байгаа нь шинэлэг, дэвшилтэт тал юм. Иймхүү тархины саатай хүүхдийн алхааны биомеханикийг үнэлэх нь эмнэлзүйд хөдөлгөөн заслын дасгалын хөтөлбөр боловсруулах, эмчилгээний үр дүнг хянах ач холбогдолтой бөгөөд бие даах чадварыг нэмэгдүүлэх боломжтой юм.

Зорилго: Тархины саатай, шувуун алхаа (Jump gait)-аар алхдаг хүүхдүүдийн алхааны биомеханик тодорхойлох.

Арга, аргачлал: Судалгааг нэг агшны судалгааны загварыг ашиглан тоон судалгааны аргаар судалсан. Судалгааны мэдээ материалыг АШУҮИС-ийн Судалгааны ёс зүйн хяналтын хорооноос зөвшөөрөл авч (Дугаар №24-25/05-02), ШУТИС-ийн биомеханикийн лабораторийг түшиглэн судалгааг явуулсан. Оролцогчид болон асран хамгаалагч нар судалгаа эхлэхийн өмнө таниулсан зөвшөөрлийн хуудастай танилцаж, сайн дурын үндсэн дээр гарын үсэг зурж оролцсон. Судалгаанд доод мөчний хөшүүн хос саа оноштой, шувуун алхаагаар бие даан ганцаараа алхдаг, 8-15 насны хүүхдүүдийг хамруулсан. Судалгааны хүн амыг зорилтот түүврийн аргаар сонгон авсан. Зорилгын хүрээнд тархины саатай бүлэгт 14, хяналтын бүлэгт 14 хүнийг тус тус хамруулсан. Судалгаанд хамрагдсан нийт оролцогчид, асран хамгаалагчдаас ерөнхий асуумж авсан бөгөөд үүнд нас, хүйс, биеийн жин, өндөр зэрэг орсон. Алхааны биомеханикийг 3D оптикал камерын систем, хүчний хавтан ашиглан тодорхойлсон. Судалгааны мэдээлэлд Microsoft office, SPSS-26.0 программыг ашиглан судалгааны мэдээ материал тус бүрд тохирох шалгууруудаар статистик боловсруулалт хийж, үнэн магадлалыг, Shapiro-Wilk test ашиглан хэвийн тархалтыг тодорхойлсон. Судалгааны зорилгын хүрээнд бүлэг хоорондын ерөнхий мэдээлэл, алхааны биомеханикийн статистик ач холбогдол бүхий ялгааг вариацийн анализ ашиглан тодорхойлсон. Ач холбогдол бүхий ялгааг $p\leq0.05$ утгаар тооцов.

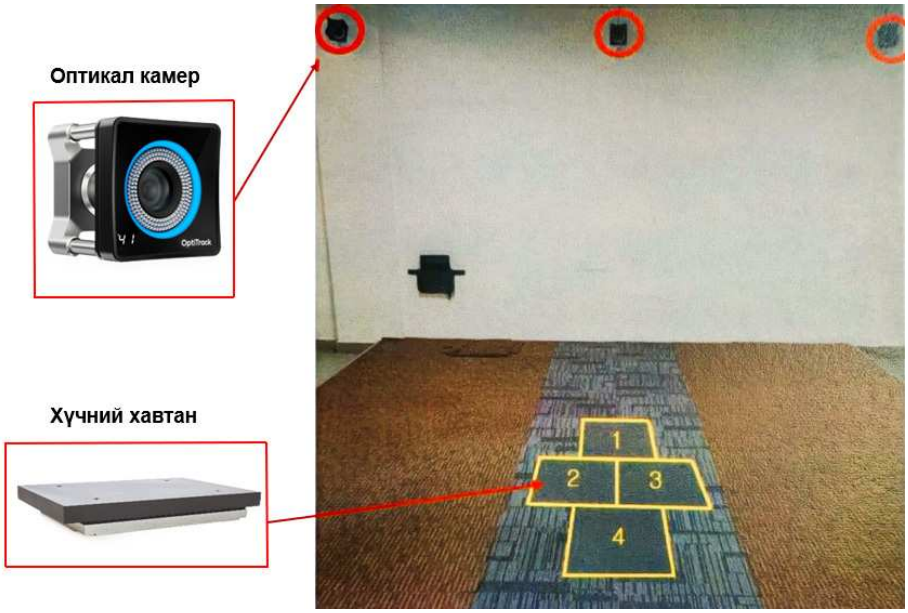
Алхааны биомеханикийн үнэлгээ: Бид судалгаандаа хүний хөдөлгөөний кинематик ба кинетик шинжилгээг оптикал камерын систем ашиглан тодорхойлсон. Судалгаанд оролцогчдын алхааг бичиж авахын тулд хүүхдүүдийн биен дээр нийт 36 гэрэл ойлгогч маркеруудыг хамгийн бага хөдөлгөөнтэй арьсны цэгт нааж тогтоосон. Үүнд: Аарцгийн 4 маркеруудыг аарцгийн урд ба хойд талуудад, баруун ба зүүн гуяны хажуу дээр 4 маркер, дунд чөмгөний доод төгсгөлийн гадна ба дотор талд 2 маркер, баруун ба зүүн шилбэний хажуу дээр 4 маркер, шагайн үений гадна ба дотор талд 2 маркер, баруун ба зүүн хөлийн эрхий, долоовор, чигчий хуруу тус бүр дээр 1 маркер, өсгийн ар дээр 1 маркерийг тус тус байрлуулсан (Зураг 1).



Зураг 1. Гэрэл ойлгогч маркеруудын байрлал[14,15]

(Зураг А) болон маркеруудыг биен дээр нааж байрлуулсан байдал (Зураг Б,В).

Хөдөлгөөн бичих талбай болон орон зайг урьдчилан бэлтгэсэн бөгөөд оптикал камерын систем нь нийт 12 камер (Optitrack: Prime^{x} 41 & Prime^{x} 22, USA) ба 4 хүчний хавтанаас (Bertec: FP4060-10-2000, USA) бүрддэг (Зураг 2).



Зураг 2. Оптикал камерууд ба хүчний хавтанг өрөөнд байрлуулсан байдал[15]

Алхуулах гадаргуу нь тухайн лабораторийн бэлтгэгдсэн тэгш гадаргуутай талбай байсан. Оролцогчид цэх зогсож, 10 метр зайд өөрийн алхааны хэмнэлээр, өөрийн хурдаар алхсан ба энэ үеийн бичлэгийг хийж хадгалсан. Оролцогч тус бүрийн үйлдлийг 3 удаа давтуулсан (Зураг 3).

Зураг 3. Алхах гадаргууд алхааны бичлэг хийсэн байдал

Visual 3D программд хөдөлгөөний кинематик тооцоолсон аргачлал: Хүүхдийн бие дээр байрлуулсан гэрэл ойлгогч маркеруудын огторгуй дахь шилжилт болон хүчний хавтан дээр үүссэн хүчний вектор бичигдсэн файлыг ашиглан биомеханикийн араг ясны загварыг босгосон.[16] Араг ясны загварыг ашиглан алхааны кинематикийг тооцоолсон. Алхах үеийн үе шат тус бүрийн өвдөг, түнх, шагайн үений хөдөлгөөний далайцыг 3 удаагийн дунджаар тодорхойлсон. Үений хөдөлгөөний далайц буюу үений өнцгийг "Х" тэнхлэг дээр тодорхойлсон. "Х" тэнхлэг дээрх эргэлтийн өнцөг нь нугалах- тэнийлгэх өнцгийг тус тус илэрхийлэв. Үений өнцгийн нэгжийг градусаар илэрхийлэв.[16]

Visual 3D программд хөдөлгөөний кинетик тооцоолсон аргачлал: Хүний хөдөлгөөнөөс үүдэлтэй үүссэн хүч ба моментыг судлах аргыг кинетик гэнэ. Бид судалгаандаа хүчний хавтан ашиглан кинетик шинжилгээг хийсэн. Алхах үед үүсэх реакцын хүчийг үений кинетик шинжилгээгээр тодорхойлсон.[16] Алхах үед үүсэх реакцын хүчийг хүчний хавтан болон биетийн харилцан үйлчлэлийн хүчээр хэмжив.

Үр дүн: Судалгаанд 8-15 насны хос саатай 9 эрэгтэй, 5 эмэгтэй нийт 14 эмнэл зүйн тохиолдол, 7-12 насны хяналтын бүлгийн 7 эрэгтэй, 7 эмэгтэй нийт 14 оролцогчид хамрагдсан. Судалгаанд оролцогчдын дундаж нас саатай бүлэгт 10.35±1.86 жил, хяналтын бүлэгт 9.71±1.58 жил байв. Харин саатай хүүхдүүдийн биеийн дундаж өндөр 136.75±11.67 см, дундаж жин 31.23±7.69 кг байсан бол хяналтын бүлгийн хүүхдүүдийн биеийн дундаж өндөр 139.71±9.57 см, дундаж жин 34.48±9.30 кг байв (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Судалгаанд оролцогчдын ерөнхий мэдээлэл

Ерөнхий үзүүлэлт	Саатай бүлэг	Хяналтын бүлэг	P утга
Оролцогчдын тоо	14	14	
Нас (жилээр)	10.35±1.86	9.71±1.58	0.335
Өндөр (см)	136.75±11.67	139.71±9.57	0.469
Жин (кг)	31.23±7.69	34.48±9.30	0.323

Тайлбар: ****Дундаж утга±стандарт хазайлт*

Алхааны өсгий газарт хүрэлцэх үе шатанд саатай хүүхдүүд түнхний үеэр 21.22±52.53 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүд 32.65±7.20 градусаар нугалсан байв. Хөл агаарт хөөрөхийн өмнөх үе шатанд саатай хүүхдүүд түнхний үеэр 4.63±55.00 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүд 4.91±11.39 градусаар нугалсан байв. Алхааны бүх үе шатанд хамгийн их түнх тэнийлгэх далайц саатай хүүхдүүдэд -7.21±54.10 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүдэд -4.51±8.50 градус байв. Хамгийн их түнх нугалах далайц саатай хүүхдүүдэд 28.77±52.95 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүдэд 35.12±7.31 градус байв (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 2. Эрүүл болон тархины саатай хүүхдийн алхах үеийн түнхний хөдөлгөөний кинематикийг харьцуулсан үр дүн

Бүлэг	Өсгий газарт хүрэлцэх үе (Initial contact)	Хөл агаарт хөөрөхийн өмнөх үе (Toe off)	Хамгийн их хөдөлгөөний далайц	
			Нугалах	Тэнийлгэх
Эрүүл	32.65±7.20	4.91±11.39	35.12±7.31	-4.51±8.50
Тархины саатай	21.22±52.53	4.63±55.00	28.77±52.95	-7.21±54.10
P утга	0.427	0.985	0.661	0.855

Тайлбар: ****Дундаж утга±стандарт хазайлт*

Харин алхааны өсгий газарт хүрэлцэх үе шатанд саатай хүүхдүүд өвдөгний үеэр 31.57±15.98 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүд 9.37±6.01 градусаар нугалсан байв. Хөл агаарт хөөрөхийн өмнөх үе шатанд саатай хүүхдүүд өвдөгний үеэр 45.32±14.02 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүд 37.01±7.44 градусаар нугалсан байв. Алхааны бүх үе шатанд хамгийн их өвдөг тэнийлгэх далайц саатай хүүхдүүдэд 15.41±19.57 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүдэд 1.99±7.51 градус байв. Хамгийн их өвдөг нугалах далайц саатай хүүхдүүдэд 58.48±13.47 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүдэд 60.74±5.11 градус байв (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Эрүүл болон тархины саатай хүүхдийн алхах үеийн өвдөгний хөдөлгөөний кинематикийг харьцуулсан үр дүн

Бүлэг	Өсгий газарт хүрэлцэх үе (Initial contact)	Хөл агаарт хөөрөхийн өмнөх үе (Toe off)	Хамгийн их хөдөлгөөний далайц	
			Нугалах	Тэнийлгэх
Эрүүл	9.37±6.01	37.01±7.44	60.74±5.11	1.99±7.51
Тархины саатай	31.57±15.98	45.32±14.02	58.48±13.47	15.41±19.57
P утга	0.0001	0.061	0.562	0.024

Тайлбар: ****Дундаж утга±стандарт хазайлт*

Эрүүл болон тархины саатай хүүхдийн алхах үеийн шагайн хөдөлгөөний кинематикийг харьцуулахад өсгий газарт хүрэлцэх үе шатанд хяналтын бүлгийн хүүхдүүд 10.82±11.73 градусаар ээтийлгэсэн байрлалтайгаар өсгийг газарт тавьж, саатай хүүхдүүд шагайн үеэр -27.37±19.86 градусаар жийсэн байрлалтайгаар өлмийдөж гишгэсэн байв. Хөл агаарт хөөрөхийн өмнөх үе шатанд саатай хүүхдүүд шагайн үеэр -7.95±12.02 градусаар жийсэн байрлалтай, хяналтын бүлгийн хүүхдүүд 8.97±9.49 градусаар ээтийлгэсэн байрлалтай байв. Алхааны бүх үе шатанд хамгийн их тавхай жийх далайц саатай хүүхдүүдэд -35.53±21.23 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүдэд -11.85±17.71 градус байв. Хамгийн их шагайн үеэр ээтийлгэх далайц саатай хүүхдүүдэд 5.16±12.93 градус, хяналтын бүлгийн хүүхдүүдэд 31.62±12.26 градус байв (Хүснэгт 4).

Хүснэгт 4. Эрүүл болон тархины саатай хүүхдийн алхах үеийн шагайн хөдөлгөөний кинематикийг харьцуулсан үр дүн

Бүлэг	Өсгий газарт хүрэлцэх үе (Initial contact)	Хөл агаарт хөөрөхийн өмнөх үе (Toe off)	Хамгийн их хөдөлгөөний далайц	
			Нугалах	Тэнийлгэх
Эрүүл	10.82±11.73	8.97±9.49	31.62±12.26	-11.85±17.71
Тархины саатай	-27.37±19.86	-7.95±12.02	5.16±12.93	-35.53±21.23
P утга	0.0001	0.0001	0.0001	0.004

Тайлбар: ****Дундаж утга±стандарт хазайлт*

Саатай болон эрүүл хүүхдүүдийн алхааны кинетикийг харьцуулан судлахад алхах үеийн доод мөчний реакцийн хүч саатай хүүхдүүдэд 1.16±0.27 ньютон, хяналтын бүлгийн хүүхдүүдэд 1.07±0.07 ньютон байв (Хүснэгт 5).

Хүснэгт 5. Эрүүл болон тархины саатай хүүхдийн алхах үеийн доод мөчний реакцийн хүчийг харьцуулсан үр дүн

Бүлэг	Реакцийн хүч
Эрүүл	1.07±0.07
Тархины саатай	1.16±0.27
P утга	0.297

Тайлбар: ****Дундаж утга±стандарт хазайлт*

Хэлцэмж: Энэхүү судалгаагаар тархины саатай (ТС), шувуун алхаа (Jump gait) бүхий хүүхдүүдийн алхааны биомеханик үзүүлэлтүүдийг эрүүл хүүхдүүдтэй харьцуулан, кинематик болон кинетикийн өөрчлөлтүүдийг 3D оптикал камер болон хүчний хавтан ашиглан нарийвчлан тодорхойлсон.

Бидний судалгаагаар ТС-тай болон эрүүл хүүхдүүдийн түнхний үений хөдөлгөөний далайцад (нугалах, тэнийлгэх) статистик ач холбогдол бүхий ялгаа ажиглагдаагүй (p>0.05). Тодруулбал, алхааны өсгий газарт хүрэлцэх үед ТС-тай хүүхдүүд түнхээр 21.22±52.53 градус, хяналтын бүлэг 32.65±7.20 градусаар нугалсан байв. Харин Stephane Armand нарын (2016) судалгаагаар ТС-тай хүүхдүүдэд түнх нугалах хөдөлгөөний далайц ихэссэн гэсэн үр дүн гарсан байдаг. Энэхүү зөрүүтэй байдал нь Armand-ийн судалгаанд доод мөчний спастик саажилтын бүх төрлийг хамруулсантай холбоотой байж болох бөгөөд бидний судалгаанд зөвхөн GMFCS I түвшний, бие даан алхах чадвартай, шувуун алхаатай хүүхдүүдийг сонгон авсантай холбоотой байж болох юм.[11]

Бидний хийсэн судалгаагаар саатай хүүхдүүдийн өвдөгний хөдөлгөөний далайцыг хяналтын бүлгийн хүүхдүүдтэй харьцуулахад алхааны өсгий газарт хүрэлцэх үе шатанд өвдөгний үеэр илүү нугалсан (p=0.0001) байв. Мөн хамгийн их өвдөг тэнийлгэх далайц саатай хүүхдүүдэд ач холбогдол бүхий (p=0.024) ялгаатай байв. Эдгээр ялгаа нь алхах үед саатай хүүхдийн өвдөг бүрэн тэнийхгүй байгааг илтгэж байна. Энэхүү үр дүн нь Stephane Armand нарын судалгааны дүгнэлттэй бүрэн нийцэж байгаа бөгөөд шувуун алхааны үед түнх болон өвдөгний үе ачааллын үе шатанд хэт нугаларч, улмаар шагайн үений эквинус өлмийдөх байрлалтай хавсардаг болохыг баталж байна.[11]

Эрүүл болон тархины саатай хүүхдийн алхах үеийн шагайн хөдөлгөөний кинематикийг харьцуулахад алхааны өсгий газарт хүрэлцэх үе шатанд саатай хүүхдүүдийн шагайн үений далайц сөрөг утгатай байгаа нь өлмийдөж алхаж байгааг илтгэнэ. Алхааны бүх үе шатанд шагайн үений хөдөлгөөний далайц статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай p=0.0001 байгаа нь ТС-ийн үеийн булчингийн чангарлаас үүдэлтэй «өлмийдөх" гажгийг илэрхийлж байна. Энэ нь бусад судлаачдын ТС-тай хүүхдийн шагайн үений хөдөлгөөний хязгаарлагдмал байдлыг тодорхойлсон үр дүнгүүдтэй дүйж байна.[13]

Доод мөчний реакцийн хүчний (Ground Reaction Force) хувьд ТС-тай бүлэгт 1.16±0.27, хяналтын бүлэгт 1.07±0.07 байсан ба хоёр бүлгийн хооронд статистик ач холбогдол бүхий ялгаа ажиглагдсангүй (p=0.297). Хэдийгээр кинематик үзүүлэлтүүд (өнцөг) ихээхэн зөрүүтэй байсан ч, хөл газар хүрэлцэх үеийн босоо чиглэлийн хүчний хэмжээ эрүүл хүүхдүүдтэй ойролцоо байгаа нь GMFCS I түвшний хүүхдүүд өөрийн жинг тэнцвэржүүлэн алхах чадвар харьцангуй сайн байгааг харуулж байна.

Баасанхүү нарын (2021) судалгаагаар ТС-тай хүүхдүүдэд хөдөлгөөн засал хийсний дараа GMFCS 2-р түвшний хүүхдүүдэд статистик ач холбогдол бүхий сайжрал бага байсныг дурдсан байдаг. Бидний судалгааны үр дүнд илэрсэн өвдөг бүрэн тэнийхгүй байгаа болон шагайн үеэр өлмийдөж буй биомеханик өөрчлөлтийг нарийн тодорхойлсноор, зөвхөн ерөнхий дасгал бус, харин тухайн хүүхдийн алхааны онцлогт тохирсон эмчилгээний төлөвлөгөө гаргах, сэргээн

засах эмчилгээний үр дүнг 3D системээр хянах шинжлэх ухааны үндэслэлийг бүрдүүлж байна.

Дүгнэлт: Тархины саатай хүүхдийн шувуун алхаа нь түнхний үенээс илүүтэйгээр өвдөгний тэнийлгэх хөдөлгөөний хязгаарлалт болон шагайн үений хэт жийлтээр тодорхойлогдож байна. Энэхүү биомеханик өөрчлөлтийг тоон үзүүлэлтээр гаргаж ирсэн нь сэргээн засах эмчилгээг оновчтой болгоход чухал ач холбогдолтой болох нь тогтоогдлоо.

Ном зүй:

1. *Цагаанхүү Г. Мэдрэл судлал. 2 дахь хэвлэл. Улаанбаатар: Адмон; 2011:547-553.*
2. *Sarah M, Shona G, Annabel W, et al. Global prevalence of cerebral palsy: A systematic analysis. Dev Med Child Neurol. 2022;64(12):1494–1506. doi:10.1111/dmcn.15297*
3. *Отгонбаяр П, Баясгалантай Б. Нэг хуртэлх насны хүүхдийн хучилтөрөгч-цус дуталт тархины эмгэгшил. Улаанбаатар; 2004:5.*
4. *Баасанхүү Э. Тархины саатай хүүхдийн хөдөлгөөн засал эмчилгээний үр дүнгийн үнэлгээнд дүн шинжилгээ хийсэн байдал [Магистрын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл]. Улаанбаатар: АШУҮИС; 2021:25.*
5. *Novak I, Hines M, Lord S, et al. Clinical prognostic messages from a systematic review on cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 2012;54(11):985-1005. doi:10.1111/j.1469-8749.2012.04350.x*
6. *Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1997;39(4):214-223.*
7. *Physiopedia. Gait analysis in cerebral palsy. Accessed April 2024. https://www.physio-pedia.com/Gait_Analysis_in_Cerebral_Palsy*
8. *Балжинням А. Сэргээн засах судлал. Улаанбаатар; 2015:75.*
9. *Батлхам Д. Гүйлтийн зам болон газар дээр алхах үеийн алхааны кинематикийн ялгаа [Магистрын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл]. Улаанбаатар: АШУҮИС; 2013:13-21.*
10. *Physiopedia. The gait cycle. Accessed April 2024. https://www.physio-pedia.com/The_Gait_Cycle*
11. *Armand S, Decoulon G, Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy. EFORT Open Rev. 2016;1(12):448-460. doi:10.1302/2058-5241.1.160052*
12. *Physiopedia. Classification of gait patterns in cerebral palsy. Accessed April 2024. https://www.physiopedia.com/Classification_of_Gait_Patterns_in_Cerebral_Palsy*
13. *Gómez-Pérez C, Font-Llagunes JM, Martori JC, Vidal Samsó J. Gait parameters in children with bilateral spastic cerebral palsy: a systematic review of randomized controlled trials. Dev Med Child Neurol. 2019;61(11):1260-1269.*
14. *Visual3D Documentation. Marker set guidelines. Accessed 2024. https://wiki.has-motion.com/doku.php?id=visual3d:documentation:modeling:marker_sets:marker_set_guidelines*
15. *Батбаяр Х. Оптикал камерын систем: Гарын авлага. Улаанбаатар; 2024:1-9.*
16. *Батбаяр Х. Оптикал камерын систем: Гарын авлага. Улаанбаатар; 2024:24-54.*

Biomechanical evaluation of gait in children with Cerebral palsy

Baigali Kh[1,2], Batbayar Kh[3], Tengis S[3], Batlkham D[1]

[1]Department of Physical and Occupational Therapy, School of Nursing, MNUMS
[2]Enereliin Tuuchee, Non-Governmental Organization
[3]Biomechanical Research Laboratory, School of Mechanical and Transportation Engineering, Mongolian University of Science and Technology
E-mail: gnu25e006@gt.mnums.edu.mn, Tel: +976-99766657

Abstract:

Background: Cerebral palsy (CP) is the most prevalent prenatal neurodevelopmental disorder, characterized by a group of permanent movement and postural syndromes resulting from early-stage brain injury. While prevalence varies globally (1.5 to 3.4 per 1,000 live births), the incidence in Mongolia is recorded at 1.89 per 1,000 live births. Although approximately one-third of children with CP are non-ambulatory, those classified within GMFCS Levels I, II, and III retain the ability to walk independently or with assistive devices. Quantitative gait analysis is essential for understanding motor impairments, optimizing treatment planning, and improving clinical prognosis.

Aim: To determine the biomechanical characteristics of "Jump gait" in children with cerebral palsy.

Materials and Methods: The study included 14 children aged 8–15 diagnosed with CP (GMFCS Level I) and a control group of 14 age-matched healthy children. Anthropometric data (age, sex, weight, height) were collected. Lower limb kinematics and kinetics were measured using a 3D optical motion capture system and force plates. Reflective markers were placed on specific anatomical landmarks to record gait cycles.

Results: Comparative kinematic analysis revealed no significant difference in hip joint range of motion (ROM) between the CP and control groups. However, children with CP exhibited a significant reduction in knee ROM, specifically an inability to achieve full knee extension during the gait cycle. Regarding ankle kinematics, children with CP showed negative values (plantarflexion) during the initial heel strike phase, indicating a "Toe-walking" pattern. Statistical significance was observed in ankle ROM across all phases of the gait cycle. No statistically significant difference was found in the vertical ground reaction force (GRF) during the initial contact phase between the two groups.

Conclusion: The "Jump gait" pattern in children with CP is primarily characterized by restricted knee extension and excessive ankle plantarflexion rather than hip joint dysfunction. Quantifying these biomechanical deviations provides critical data for optimizing personalized rehabilitation and clinical interventions.

Keywords: Gait, Biomechanics, Cerebral Palsy, Kinematics, Jump Gait