

<sup>1</sup>ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Kar Atipikus Viselkedés és Kogníció Gyógypedagógiai Intézet

<sup>2</sup>ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Kar Gyógypedagógiai Módszertani és Rehabilitációs Intézet

<sup>3</sup>Semmelweis Egyetem Rehabilitációs Klinika

<sup>4</sup>ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem Pedagógia és Pszichológiai Kar Neveléstudományi Doktori Iskola

## A testtartás-szabályozás sajátosságai, valamint az azt befolyásoló tényezők Down-szindróma esetén

ARDAI EVELYN<sup>1,4</sup> – VÁMOS TIBOR<sup>2,3,4</sup> – PAPP GABRIELLA<sup>1,4</sup> – BERENCSI ANDREA<sup>2,4</sup>

[ardai.evelyn@barczy.elte.hu](mailto:ardai.evelyn@barczy.elte.hu)

<https://orcid.org/0000-0002-2990-5618>

[vamos.tibor@barczy.elte.hu](mailto:vamos.tibor@barczy.elte.hu)

<https://orcid.org/0000-0003-0796-5174>

[papp.gabriella@barczy.elte.hu](mailto:papp.gabriella@barczy.elte.hu)

<https://orcid.org/0000-0001-7766-2115>

[berencsi.andrea@barczy.elte.hu](mailto:berencsi.andrea@barczy.elte.hu)

<https://orcid.org/0000-0002-2330-7895>

---

### ABSZTRAKT

*Háttér és célok:* A megfelelő testtartás-szabályozás elengedhetetlen a mindennapos tevékenységek elvégzése során. Fejlesztése fontos részét képezi a gyógy-pedagógiai munkának. Down-szindrómával született klienseink esetében a jellemzően töredezett képességprofil, amely egyaránt érinti a motoros, kognitív és egyéb képességterületeket, hatással lehet a testtartás szabályozásra. A tanulmány célja, hogy a nemzetközi szakirodalmak eredményei mentén bemutassa a testtartás-szabályozást befolyásoló tényezőket Down-szindróma esetén.

*Módszer:* Szakirodalmi keresést végeztünk az ERIC, PUBMED és Science Direct adatbázisokban. Feldolgoztuk azokat a tanulmányokat, amelyek a testtartás-szabályozás, az egyensúly és téri orientáció jellemzőit vizsgálják és mutatják be Down-szindróma esetén.

*Eredmények:* Down-szindrómával született személyek esetében a testtartás-szabályozást jellemzően befolyásolják a szindrómaspecifikus biomechanikai tényezők, valamint a tipikus fejlődésmentű személyekétől eltérő mozgásszabályozási és szenzoros stratégiák. Emellett szintén eltérés figyelhető meg a téri orientáció, valamint a mozgás kognitív kontrollja és a dinamikus helyzetekben történő tartásszabályozás terén Down-szindrómával született személyek körében.

*Következtetések:* A testtartás szabályozást befolyásoló számos tényező megismerése és vizsgálata egyaránt fontos a kliensek mindennapos tevékenységében való támogatása, illetve a fejlesztési folyamatok és tartalmak megtervezése szempontjából. A tanulmányban összefoglalt kutatások módszertani megközelítései és eredményei beépíthetők a gyógypedagógia gyakorlatába az állapotfelmérés és a mozgásfejlesztés területén.

**Kulcsszavak:** Down-szindróma, testtartás szabályozás, testegyensúly, téri orientáció, mozgásszabályozás

DOI: [10.52092/gyosze.2025.2.1](https://doi.org/10.52092/gyosze.2025.2.1)

---

### HÁTTÉR

A kromoszomális eredetű intellektuális képességzavarok körében a legnagyobb arányt a Down-szindróma képviseli (Katz & Lazcano-Ponce, 2008). A jellegzetes külső jegyeket, a tipikus fejlődésmentől

való eltérést, illetve sok esetben a töredezett képességprofil az esetek körülbelül 95%-ban a 21-es kromoszóma triszómiája okozza (Bull, 2020).

Down-szindrómával született személyek esetében eltéréseket tapasztalhatunk a motoros fejlődésben és az alapvető mozgásos képességeikben, illetve az általános fizikai teljesítményükben a tipikus fejlődésmenetű személyekhez képest (Phillips & Holland, 2011). Ennél specifikusabb területeken, a testegyensúly (poszturális stabilitás) és a testtartás-szabályozás (poszturális kontroll) területén is megjelenhetnek eltérések a tipikusan fejlődő populációhoz képest (Maiano et al., 2019). A motoros képességek terén tapasztalható eltérések már kisgyermekkorban befolyásolhatják a mozgásos tapasztalatszerzést és hatással lehetnek a kognitív vagy a szociális és kommunikációs képességek fejlődésére (Alesi & Battaglia, 2019; Jung et al., 2017). A testtartás-szabályozás területén jelentkező eltérések hatására pedig, az életkor előrehaladtával megnövekedhet az érintett személyek esetében a balesetek kockázata is (Enkelaar et al., 2012).

Annak érdekében azonban, hogy pontosabban megismerjük a testtartás-szabályozással összefüggő tényezők jellemzőit Down-szindróma esetén, meg kell ismernünk a testtartás-szabályozást általában befolyásoló faktorokat. A tanulmány bevezető része ezeket a tényezőket foglalja össze.

## **A testtartás szabályozását befolyásoló tényezők áttekintése**

Earhart és Horak (2006) alapján a testtartás-szabályozás feladatákként a testegyensúly fenntartását és a testrészek térben elfoglalt helyzetének biztosítását (orientáció) tekinthetjük. Az egyensúlyszabályozás során arra törekszünk, hogy a testtömegközéppontunkat (centre of mass – COM), amely pozíciója mozgás során folyamatosan változik, az alátámasztási felület fölött tartsuk (Lundy-Ekman, 2013). A testegyensúlyra szükség van mind a statikus, mind a dinamikus helyzetek során. A statikus egyensúly addig tartható fenn, amíg a testtömeg középpont az alátámasztási felület határain belül mozog. Ugyanakkor dinamikus helyzetekben a testtömegközéppontot az alátámasztási felületen belül és kívül is szabályozni szükséges. Ebben az esetben a stabilitás a test helyzetétől és a lendülettől függ (Earhart & Horak, 2006). A stabilitás a testtömegközéppont és az alátámasztási felület egymáshoz való viszonyának szabályozását jelenti, amely által lehetővé válik a funkcionális mozgás (Earhart & Horak, 2006). Nyugodt állás során a testtartás-szabályozás célja, hogy biztosítsa az egész test vagy a test egyes részeinek helyzetét egymáshoz képest, vagy a térben (Hadders-Algra, 2005).

A testtartás-szabályozás másik fontos feladata az egyensúlyszabályozás mellett a test és testrészek térbeli orientációjának biztosítása (Earhart & Horak, 2006). A téri orientáció által észleljük a saját test, valamint a környezetünk tárgyai helyzetének megváltozását és mozgását (Nádori, 1991). Az orientáció a környezetből jövő szenzoros információkat felhasználva segíti a megfelelő testhelyzet és a testrészek térben elfoglalt helyzetének biztosítását (Mike & Tamás, 2018).

Eltérő mozgásszabályozási stratégiát igényel az egyenes talajon való két lábbon állás és az egyenetlen talajon való járás. A feladat sikeres végrehajtása ugyanakkor a szomatoszenzoros, vestibuláris és a vizuális rendszerből származó információk integrációját igényli a testrészek egymáshoz viszonyított helyzetének és a test helyzetének meghatározásához a környezethez képest. Ezeket az információkat használjuk fel a mozgások megtervezéséhez és végrehajtásához az egyensúlyt igénylő feladatok során (Mak & Horak, 2014).

A mindennapos tevékenységek sikeres végrehajtásához tehát folyamatos, aktív egyensúlyi kontrollra van szükség. Az egyensúly fenntartását a központi idegrendszer több területe együttesen végzi, ugyanakkor nemcsak az idegrendszer, hanem a muszkuloszkeletális rendszer strukturális vagy funkcionális káro-

sodása is problémát jelenthet a testtartás-szabályozás terén (Earhart & Horak, 2006). A testtartás szabályozásához szükséges tényezőket Earhart és Horak (2006) az alábbi területek szerint csoportosította.

### ***Biomechanikai tényezők***

A biomechanikai tényezők közé tartozik az izomerő (amely által képesek vagyunk a külső erők és ellenállások legyőzésére), a mozgástartomány (egy ízület teljes mozgáspotenciája, a hajlítás-nyújtás tartománya), valamint a mozgás szabadságfoka (az ízület által végezhető független mozgások száma). Mindegyik biomechanikai tényező fontos lehet a járás, illetve a testtartás beállítása szempontjából (Earhart & Horak, 2006). Az alsó végtagok izomerőjének csökkenése például megnövelheti idősebb személyek esetében az elesés kockázatát (Ashburn et al., 2007). Továbbá, a csökkent fizikai aktivitás befolyásolhatja a mozgástartományt, hatással lehet például a gerinc mobilitására, a testtartásra (Şeyda Toprak et al., 2015).

### ***Szenzoros stratégiák***

A testtartás szabályozásához elsősorban a vizuális, vesztibuláris és szomatoszenzoros csatornákon érkező információk integrációjára van szükség (Mak & Horak, 2014). A vizuális rendszer hozzájárul a test térbeli helyzetének észleléséhez, lehetővé teszi a környezet tárgyainak (helyzetük és mozgásuk) felismerését, segíti a környezeti akadályok elkerülését, valamint a függőleges irány észlelését (Carriot et al., 2008). Szerepe van továbbá az én/test relatív mozgásának érzékelésében a környezethez képest (pl. a test kilengése álló helyzetben). A testtartás-szabályozás számára szükséges információkat a centrális és perifériás látás egyaránt közvetíti, ugyanakkor eltérő jelentőséggel bírnak a statikus függőleges testtartás szabályozásában. A perifériás látómezőből érkező információ a szenzomotoros integráció során annak az iránynak a stabilizációjában játszik kiemelt szerepet, amerre a fej tekint, függetlenül attól, hogy a fej a törzshöz viszonyítva milyen helyzetben van. Ha előre tekintünk, az előre-hátra irányba történő kilengést, ha oldalra tekintünk, akkor az oldalirányú kilengést stabilizálja (Berencsi et al., 2005).

A vesztibuláris rendszer képes érzékelni a fej lineáris, valamint térbeli forgási gyorsulását, ezzel segítve a téri orientációt, illetve a testegyensúly fenntartását (Earhart & Horak, 2006). A szomatoszenzoros rendszerhez tartozó taktilis rendszer információt biztosít az alátámasztási felületről. Az alátámasztási felület tulajdonságának (pl. a felület merevsége/textúrája) megváltoztatása pedig befolyásolhatja például a test kilengésének mértékét állás közben (Palazzo et al., 2021). Emellett, a propiocepció a saját testből jövő információk érzékelését, észlelését jelenti. Ezen rendszer visszajelzést ad az inak, izmok, ízületek állapotáról és helyzetéről, mozgásunkról és tevékenységünkéről (Reményi, 2021).

Az idegrendszer az egyensúlyi helyzet sikeres fenntartása érdekében e három rendszerből származó információk integrációját és újrasúlyozását (reweighting) végzi, amely az idegrendszer azon képessége, hogy a kontextusbeli/környezeti feltételek alapján képes módosítani a három rendszer egyensúlyszabályozáshoz való relatív hozzájárulását: pl. a vizuális információ szerepe megnő instabil felületen való állás vagy mozgás során (Mak & Horak, 2014). Továbbá a domináns érzékszervi bemenet újradefiniálása/-súlyozása fontos az egyensúlyi helyzet fenntartásakor a környezeti feltételek hirtelen megváltozását követően (pl. hirtelen lekapcsolják egy helyiségben a lámpát) (Vuillerme et al., 2001).

### ***Mozgásszabályozási stratégiák***

Earhart és Horak (2006) a testtartás-szabályozással összefüggésben a feedback és a feedforward mozgásszabályozási stratégiát írják le. Az egyensúlyszabályozás esetén a feedback (visszacsatoláson alapuló) sza-

bályozás arra utal, hogy képesek vagyunk a stabilitás helyreállítására, visszaszerzésére, miután egy külső tényező miatt a testtömegközéppontunk az alátámasztási felületen kívülre került. A feedback szabályozáson alapuló testtartási válaszok különböző stratégiákból állnak és az eltérő mértékű környezeti zavarokra reagálnak. Ilyen stratégia lehet a boka vagy a csípő helyzetének megtartása a test meglökése során (Mak & Horak, 2014).

Az egyensúly-szabályozással összefüggésben a feedforward (előre csatoláson alapuló) mozgásszabályozás esetében pedig, az akaratlagos mozgást megelőzően vagy azzal egyidejűleg történik a testtartás korrekciója. Egyszerű példa az ajtó kinyitása, amely során már a kilincs meghúzását megelőzően aktíválnak az alsó végtag egyes izmai (pl. a vádli izmai), annak érdekében, hogy az egyensúlyi helyzetet fenntartásuk, és megelőzzék pl. az elesést (Earhart & Horak, 2006; Mak & Horak, 2014).

### ***A dinamika kontrollja – a dinamikus helyzetekben történő tartás/egyensúlyszabályozás***

A dinamikus stabilitás magában foglalja, hogy járás és helyváltoztatás során képesek vagyunk folyamatosan kontrollálni a törzset és a testtömegközéppontot. Emellett képesek vagyunk a járás irányának megváltoztatására és a fordulásra, amely egyensúlyzavar esetén nehézséget jelenthet az érintett személyek számára. A dinamika kontrollja magában foglalja továbbá, hogy képesek vagyunk pl. járás közben a külső zavaró ingerekre és tényezőkre reagálni (pl. megcsúszás), és az akadályok vagy balesetek elkerülése érdekében proaktívan módosítani a mozgást (Earhart & Horak, 2006; Mak & Horak, 2014).

### ***Téri orientáció***

A testtartás-szabályozásban is szerepet játszó téri orientáció az a képesség, amely által megértjük és eligazodunk a körülöttünk lévő térben, s amely elengedhetetlen a mindennapos tevékenységek elvégzéséhez (Bracken et al., 2023). A térbeli orientáció a környezetből jövő szenzoros (vizuális, vesztibuláris és proprioceptív) információkat felhasználva segíti a megfelelő testhelyzet beállítását, valamint a saját mozgásunk és a környezeti mozgások közötti különbség észlelését (Mike & Tamás, 2018). Magában foglalja továbbá a gravitáció észlelését és a vertikálitást, amely a függőleges belső reprezentációja (Mak & Horak, 2014; Sibley et al., 2017). Továbbá információt szolgáltat a környezetünkben lévő statikus helyzetben és mozgásban lévő személyek és tárgyak egymáshoz és hozzánk viszonyított távolságáról, sebességéről és haladási irányáról (Nádori, 1991).

A téri orientáció és a téri képességek szorosan összefüggő fogalmak, amelyek segítik az egyént a fizikai világ megértésében és az azzal való interakcióban. A téri képességek a tárgyak közötti térbeli kapcsolatok megértését, a következtetést, valamint a tárgyak közötti kapcsolatra való emlékezést foglalják magukban. A téri képességek összességében járulnak hozzá a téri viszonyok megértéséhez, támogatják a szélesebb körű gondolkodási és kommunikációs készségeket, például a matematikai problémák megoldását (Bracken et al., 2023).

### ***Kognitív kontroll***

Earhart és Horak (2006) a testtartás szabályozáshoz kapcsolódóan a kognitív kontroll szerepét is kiemelik. A testtartás-szabályozáshoz kapcsolódó kognitív funkciók közé tartozhat a figyelem, a végrehajtó funkciók és a tanulás (Mak & Horak, 2014). A kognitív kontroll szerepét több tanulmány vizsgálta (Adkin et al., 2003; Cumming et al., 2000), amelyek megállapították, hogy a statikus testtartás (pl. nyugodt állás) is kognitív erőforrásokat igényel. Továbbá a már említett biomechanikai tényezőkben bekövetkező

változások és eltérések (pl. az izomerő csökkenése vagy a mozgástartomány beszűkülése) esetén az akaratlagos figyelem jelentősen megnövekszik mozgásos tevékenységek során (Liebherr et al., 2018). Megnövekedhet továbbá a kognitív kontroll szerepe a dinamikus testtartás-szabályozás során motoros és kognitív feladatok egyidejű végrehajtása közben: pl. amikor arra kérünk egy személyt, hogy kognitív tevékenységet végezzen (pl. számolás vagy betű-szám sor követése) járás/egyensúlyozás közben (Klotzbier et al., 2020; Mak & Horak, 2014). Jellemző lehet a kettős feladatvégrehajtás esetén, hogy a kognitív feladatok összetettsége (negatívan) befolyásolja a motoros teljesítményt (Liebherr et al., 2018).

## CÉLOK

A tanulmány bevezetőjében összefoglalt jellemzők nyomán igyekeztünk feltárni, milyen tényezők befolyásolhatják a Down-szindrómával született személyek esetében a testtartás-szabályozást. Az irodalom-elemzés során a narratív szakirodalmi áttekintés (narrative literature review) módszerét alkalmaztuk a szisztematikus szakirodalmi áttekintés (systematic literature review) helyett, mivel célunk elsősorban a téma átfogó bemutatása, a fő fogalmak rendszerezése és a kapcsolódó szakirodalom kritikai értelmezése volt. Ez a módszer lehetővé teszi, hogy rugalmasan válogassunk a releváns források közül, és ne kizárólag előre meghatározott szelekciós kritériumok mentén dolgozzunk. Ez különösen fontos a gyógypedagógia interdiszciplináris területén, ahol az elméletek és a kutatási eredmények szintézise kulcsfontosságú. Emellett a módszer segített abban, hogy a téma legfontosabb fogalmait és kutatási irányait megfelelő kontextusban helyezzük el. Kutatómunkánk során célunk volt a szakirodalmi háttér kritikai elemzése, a főbb trendek, ellentmondások és kutatási hézagok felderítése.

Munkánk során célunk volt továbbá, hogy a gyógypedagógia hazai gyakorlatában már ismert és alkalmazott szemléleteket nemzetközi kutatások eredményeivel egészítsük ki. Bár a témában elérhetőek magyar nyelvű tanulmányok is (pl. Barthel, 2005; Buday, 2007a, 2007b; Regényi, 2010) ezek jellemzően a hazai szakmai közeg számára már jól ismert összefüggéseket tárgyalják. Ezzel szemben a nemzetközi szakirodalom új nézőpontokat és további empirikus bizonyítékokat kínál, amelyek hozzájárulhatnak a téma szélesebb körű megismeréséhez és alkalmazásához.

## MÓDSZEREK

### Keresési stratégia

Az irodalom-elemzés során a Pubmed, az Education Resources and Information Center (ERIC) és a Science Direct adatbázisokból dolgoztunk. A 2000 és 2024 között angol nyelven, lektorált folyóiratokban megjelenő tanulmányokra fókuszáltunk. A tanulmányok áttekintése 2023 és 2024 novembere között történt. Az áttekintést követően a téma főbb fogalmainak magyarázata és kontextusba helyezése érdekében az elemzést kibővítettük két szisztematikus szakirodalmi áttekintéssel (systematic literature review), illetve két könyvfejezettel.

Az irodalomkutatás során keresőszavaink a következők voltak: postural control OR balance OR spatial orientation OR motor control AND/OR Down syndrome.

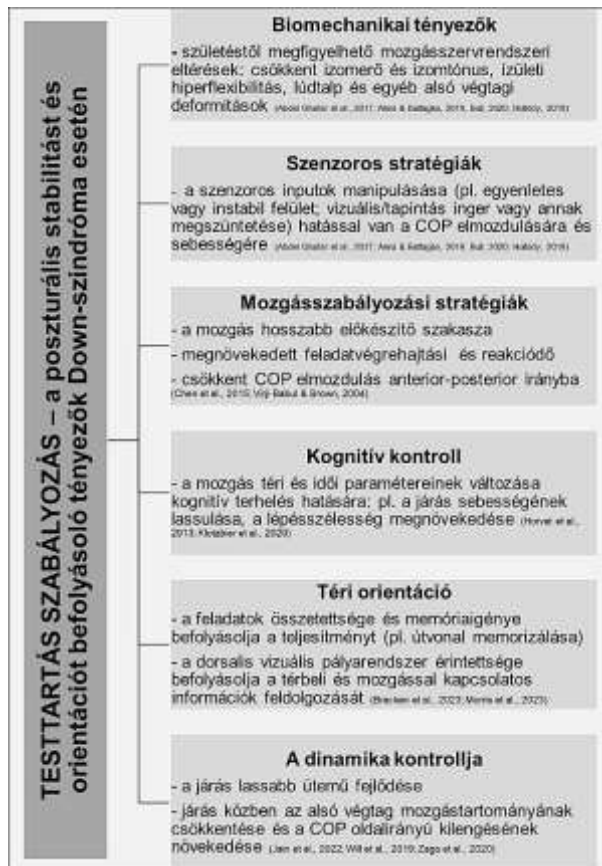
Az elérhető irodalmak feldolgozása során beválasztásra kerültek, amelyek (a) a testtartás-szabályozás jellemzőit írják le Down-szindróma esetén; (b) az egyensúlyozó képesség vizsgálatát és eredményeit tárgyalják; (c) a téri orientáció jellemzőinek vizsgálatát és leírását tartalmazzák.

## EREDMÉNYEK

### A testtartás szabályozást befolyásoló tényezők Down-szindróma esetén

Tanulmányunk további részében a testtartás-szabályozást befolyásoló tényezők jellemzőit mutatjuk be Down-szindrómával született személyek esetében.

A Down-szindrómával született személyek motoros képességei eltéréseket mutathatnak a tipikus fejlődésű személyekhez képest, pl. az egyensúly és a testtartás-szabályozás területén (Biec et al., 2014), valamint a téri vizuális képességeikben (John et al., 2004). Earhart és Horak (2006) nyomán az alábbiak szerint összegezzük a testtartás-szabályozást befolyásoló tényezőket Down-szindróma esetén (1. ábra):



1. ábra. A testtartás-szabályozás tényezői Earhart és Horak (2006) modellje alapján, kiegészítve a Down-szindróma esetén előforduló jellemzőkkel (COP = Centre of pressure (nyomásközéppont) – a testtömeg középpont (Centre of mass, COM) függőleges vetülete az alátámasztási felületre)

## ***Általános jellemzők***

A Down-szindrómával született személyek esetén jellemző a megkésett vagy eltérő pszichomotoros fejlődés, amelyet elsősorban az idegrendszer, az agy strukturális eltérései eredményeznek. Ilyen eltérés lehet a kisagy, a frontális és temporális lebeny, a corpus callosum, a hippocampus szürke- és fehérállományának térfogatcsökkenése, valamint a myelinizációs folyamatok késése (Ábrahám et al., 2012; Alesi & Battaglia, 2019; Malak et al., 2015). Az idegrendszer strukturális eltérései hatással lehetnek a neuromuskuláris és muszkuloszkeletális rendszerre (Alesi & Battaglia, 2019; Jain et al., 2022; Schott et al., 2014), okozhatnak az elemi mozgásminták kialakulásában késést, a törzskontroll zavarát, testszerte előforduló izomhipotóniát, a koordináció és egyensúly zavarait, valamint kognitív és nyelvi zavarokat (Alesi & Battaglia, 2019; Schott et al., 2014).

## ***Biomechanikai tényezők***

Down-szindrómával született személyek esetében a mozgásszervrendszeri eltérések közül már születéstől megfigyelhető a csökkent izomerő és izomtónus, valamint a testszerte előforduló ízületi hiperflexibilitás, amely megnövekedett mozgástartományt eredményezhet. Emellett jellemző az atlantoocipitalis ízület instabilitása, illetve a csípő és a patella gyakori diszlokációja terhelés hatására. Valamint az életkor előrehaladtával gyakorta kialakulhat lúdtalp és egyéb alsó végtagi deformitások (Abdel Ghafar et al., 2017; Alesi & Battaglia, 2019; Bull, 2020; Hollódy, 2019). Emellett megfigyelhető a gyermekek 25, a felnőtt korosztály 50%-ánál elhízás (Bull, 2020).

A csökkent izomerő, illetve az ízületi hiperflexibilitás hatással lehet a test térbeli helyzetének megtartására, az egyensúlyra, a testtartási reakciókra, valamint összességében a nagy- és finommozgásokra egyaránt (Alesi & Battaglia, 2019; El-Hady et al., 2018). Az alsó végtagok, illetve a törzs izomereje befolyásolja például a felegyenesedést, illetve a járást, amely Down-szindróma esetén jellemzően 3-4 éves kor körül alakul ki (Alesi & Battaglia, 2019; Jain et al., 2022). Ugyanakkor 10-12 éves korra a mozgástartomány csökkentése által képesek lesznek az érintett gyermekek kompenzálni a csökkent izomerőt, ezáltal stabilizálni a járást és a testtartást (Zago et al., 2020).

Statikus és dinamikus mozgás során egyaránt kisebb oszcilláló mozgások által stabilizáljuk a tartást, ezt nevezzük kilengésnek. A biomechanikai tényezőkben való eltérés hatással lehet a test kilengésére, illetve a funkcionális állapotra. Wang és munkatársai (2012) vizsgálatukban a feladatorientált testtartás-szabályozás (pl. labdadobás) és a motoros képességek közötti összefüggéseket vizsgálták Down-szindrómával született gyermekek és serdülők körében. Funkcionális tesztek (*GMFM* – Gross Motor Function Measure (Nagymotoros funkciók vizsgálata); *BOT-2* – Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency second edition (Bruininks-Oseretsky Motoros Ügyesség Teszt 2. kiadás)) és erőmérő platform segítségével vizsgálták az izomerőt és egyéb motoros képességeket (pl. járás, futás, ugrás), valamint ezek összefüggéseit a test kilengésének paramétereivel statikus és dinamikus helyzetekben. Eredményeik azt mutatták, hogy az izomerő és a funkcionális állapot terén a Down-szindrómával született résztvevők teljesítménye eltérést mutat a tipikus fejlődésű résztvevők standard eredményeihez képest. Az izomerőt elemezve például arra az eredményre jutottak, hogy az alsó végtagok és a törzs izomereje statikus és dinamikus helyzetekben egyaránt befolyásolja a test oldalirányú és előre-hátra irányú kilengésének mértékét. Azon Down-szindrómával született résztvevők esetében, akiknél nagyobb izomerőt mértek, álló helyzetben kisebb volt a test kilengésének mértéke és sebessége egyaránt (Wang et al., 2012). Ezért a mozgásfejlesz-

tés során már korai életkortól javasolják a szerzők az aktív, izomerősítő feladatok végzését Down-szindrómával született személyekkel.

### ***Szenzoros stratégiák***

Az egyensúlyi helyzet fenntartása érdekében statikus és dinamikus mozgás során egyaránt a környezetből és a saját testből származó szenzoros inputok (vizuális, vestibuláris és szomatoszenzoros) integrálására van szükség (Battaglia et al., 2008; Gomes & Barela, 2007).

A szenzoros inputok testtartás-szabályozásban betöltött szerepét Down-szindrómával született személyek körében Vuillermé és munkatársai (2001), valamint Gomes és Barela (2007) erőmérő platform segítségével vizsgálták. Az erőmérő platform segítségével elemezték a talpnyomásközéppont (COP – Centre of Pressure: a testtömeg középpont függőleges vetülete) paramétereit (a mozgástartomány, a kilengés mértéke és sebessége) a vizuális és szomatoszenzoros ingerek manipulálása során. Az erőmérő platform alkalmas eszköz a COP oldalirányú (medio-lateralis – ML) és előre-hátra (anterior-posterior – AP) irányú kilengésének követésére. Ebben az esetben a COP egy fontos mutató lehet, mely visszajelzést adhat a testtartás-szabályozás változásáról (Leach et al., 2014).

A vizsgálatok során változtatták a vizuális ingert (volt vizuális input vagy megszüntették/hirtelen szüntették meg azt), illetve a szomatoszenzoros ingert: stabil, kemény felületen vagy puha, instabil felületen álltak a résztvevők (Vuillermé et al., 2001); csípőmagasságba helyezett tárgyat megérintve vagy a kart a törzs mellett, nyújtott helyzetben tartva végezték a méréseket (Gomes & Barela, 2007). Az eredmények mindkét vizsgálat esetében azt mutatták, hogy statikus helyzetben a test kilengésének mértéke nagyobb a Down-szindrómával született személyek esetében minden vizuális és szomatoszenzoros kondíció mentén, összevetve tipikus fejlődésmentű személyekkel. A vizsgálatot végzők azt is megállapították, hogy a szenzoros inputok manipulálása hasonlóan hatott a Down-szindrómával született és a tipikus fejlődésmentű személyekre egyaránt:

- instabil felületen, illetve a vizuális inger megszüntetését követően mindkét csoport esetében megnőtt a COP elmozdulása és sebessége (Vuillermé et al., 2001);
- illetve mind a vizuális, mind a tapintás inger hatására csökkent a COP tartománya és sebessége egyaránt (Gomes & Barela, 2007).

Az eredmények azt jelzik, hogy a Down-szindrómával született személyek fiatal felnőttkorra képesek a több csatornán érkező ingereket felhasználva korrigálni testtartásukat. Jellemző az érintett személyek esetében, hogy a COP elmozdulása és sebessége nagyobb mértékű, mint tipikus fejlődésmentű személyek esetében.

A bemutatott vizsgálatok megkérdőjelezzik a szenzoros integrációs különbségeket Down-szindrómával született és tipikus fejlődésmentű személyek között. Ugyanakkor az eredmények azt is körvonalazzák, hogy kiemelt inger nélkül (pl. tapintás inger: állás közben egy stabil tárgy megérintése), a rendelkezésre álló szenzoros ingerek közül a releváns információk kiszűrése nehézséget jelent az érintett személyek számára. Mindazonáltal a vizsgálatot végzők megállapították, hogy megfelelő szenzoros ingerek által megtámogatva képesek a Down-szindrómával született személyek testtartásukat korrigálni (Gomes & Barela, 2007; Vuillermé et al., 2001).

## **Mozgásszabályozási stratégiák**

A környezetben való közlekedés során számos alkalommal van szükség a mozgás adaptálására tárgyak/akadályok elkerülése vagy leküzdése érdekében. A környezettel való interakció során alkalmazott mozgásstratégiák a feladatorientált (task-oriented) tevékenységek által vizsgálhatóak, amelyek a mozgás téri és idői aspektusát is képesek feltérképezni. Down-szindrómával született személyek esetében a tevékenységnek/feladatnak megfelelő mozgásszabályozási stratégia kiválasztására hatással lehetnek motoros, kognitív és perceptuális készségeik egyaránt (Virji-Babul & Brown, 2004).

Virji-Babul és Brown (2004) egy mozgáselemző rendszer segítségével vizsgálták Down-szindrómával született gyermekek mozgásszabályozási stratégiáit különböző magasságú akadályok átlépése során. A vizsgálatot végzők a medence és az alsó végtagok meghatározott szegmentumaira és az akadályokra helyezett markerek, az útvonal szélére helyezett kamerák és egy 3D video mozgáselemző rendszer segítségével rögzítették a résztvevők mozgását. A résztvevők feladata az volt, hogy az eléjük helyezett akadályokat átlépve haladjanak egy meghatározott útvonalon. A vizsgálat során azt tapasztalták, hogy a Down-szindrómával született és a tipikus fejlődésmentű gyermekek egyaránt képesek voltak a lépésmagasságot az akadály magasságának megfelelően alakítani. Ugyanakkor a Down-szindrómával született gyermekekre jellemző volt, hogy a lépésmagasság alacsonyabb tartományban mozgott, ami megnövelheti az akadályba való ütközés lehetőségét. Továbbá, a vizuális információkat kevésbé tudták következetesen felhasználni a járásciklus kezdetén a mozgás modulálására (az akadály magasságához igazítani a mozgást), amely nagyobb lépéshossz-variabilitást eredményezett az alacsonyabb akadály esetén. Valamint az anticipációs (előreecsatoláson alapuló) mozgás kivitelezésben jellemző volt, hogy az előttük lévő akadály előtt 5-ből 4 Down-szindrómával született gyermeknek meg kellett állnia, mielőtt átlépték azt (Virji-Babul & Brown, 2004).

A Down-szindrómával született személyek által alkalmazott mozgásszabályozási stratégiák a tárgyak után nyúlás során is eltérést mutatnak a tipikus fejlődésmentű személyek stratégiáihoz képest. Chen és munkatársai (2015) erőmérő platform és video-mozgáselemző rendszer (a test meghatározott szegmentumaira helyezett markerek és a mozgáselemző rendszerhez tartozó kamerák) segítségével vizsgálták a tárgy után nyúlás kinetikai és kinematikai paramétereit Down-szindrómával született és tipikus fejlődésmentű személyek körében. A kartávolság 80, 100 és 120%-ára elhelyezett céltárgy elérése során vizsgálták a résztvevők mozgásának eltérő paramétereit, miközben az alsó végtagokat rögzített helyzetben tartották. Az eredményeik azt jelzik, hogy a Down-szindrómával született személyek a kartávolságon túl elhelyezett tárgyak elérése során többféle mozgásszabályozási stratégiát alkalmaznak:

- a testtartás korrigálása és szabályozása a Down-szindrómával született személyek számára a feladat végrehajtása során *hosszabb időt vett igénybe* minden kondíció mentén (bármely távolság esetén);
- mindkét csoport esetében *megnövekedett a COP anterior-posterior irányú elmozdulása* az elérendő tárgy távolságának növekedésével;
- a mozgás előkészítő szakasza (az elmozdulás kezdete és a tárgy elérésének kezdete közötti szakasz) egy feedforward mozgásszabályozási program, amely *szignifikánsan hosszabb időt vett igénybe* a Down-szindrómával született személyek esetében, összehasonlítva a tipikus fejlődésmentű kontrollszemélyekkel;
- a nyúlás távolságának növelése során a Down-szindrómával született résztvevők *csökkentették a COP anterior-posterior irányú elmozdulását*.

A vizsgálat során kapott eredmények arra utalnak, hogy a Down-szindrómával született személyek alternatív idői és téri stratégiákat alkalmaznak a testtartás stabilizálására. Ezt a mozgás szignifikánsan hosszabb előkészítő szakasza, a megnövekedett feladat végrehajtási és reakcióidő, illetve a COP kisebb elmozdulása jelzi a stabilitás megőrzése érdekében (Chen et al., 2015).

Nagyobb mértékű elmozdulás, pl. kartávolságon túl elhelyezett tárgy után nyúlás, a test több szegmentumának koordinációját és kontrollját igényli. A Down-szindrómával született személyek jellemzően a törzs izmainak megfeszítése által csökkentik a test szegmentumainak mozgástartományát és szabadságfokát, ezáltal segítve az egyensúlyi helyzet fenntartását. Megfigyelhető, hogy az érintett személyek előre nyúláskor a nyomásközéppontot (COP) posterior irányba mozdítják el, ezzel kompenzálva az előre nyúlás/dőlés okozta instabilitást. Továbbá jellemzően olyan feedforward szabályozási stratégiát választanak, amely a törzs megfeszítése által csökkenti a COP anterior-posterior irányú kilengését (Chen et al., 2015).

### ***Kognitív kontroll***

Down-szindróma esetén eltérés figyelhető meg a figyelem, az emlékezet, a memória, a tanulás és a nyelvi készségek terén a tipikus fejlődésmentű személyekhez képest (Alesi & Battaglia 2019; Bull 2020; Hollódy 2019). A motoros képességek fejlődésének késése mellett a kognitív képességek fejlődésének késése szintén befolyásolhatja a környezettel való interakciót, a környezet felfedezését és a tárgyakkal való manipulációt. Ezáltal hatással lehet a mindennapos tevékenységekre, az önállóságra és az életminőségre. A motoros és kognitív funkciók fejlődése közötti összefüggés hátterében az idegrendszer éréseinek a tipikus mintázattól való eltérése állhat Down-szindróma esetén. Ugyanakkor a motoros és kognitív teljesítmény közötti összefüggések vizsgálata a különböző tanulmányokban eltérő mértékű összefüggéseket mutat (El-Hady et al., 2018; Horvat et al., 2013; Klotzbier et al., 2020; Schott & Holfelder, 2015).

A kognitív és motoros képességek együttes működésének vizsgálatára az egyidejű feladatvégrehajtás (cognitive-motor dual-task) alkalmazható. A dual-task feladatvégrehajtás folyamán a vizsgált személyek olyan összetett feladatokat végeznek, amelyek során egyszerre szükséges mozgást és kognitív tevékenységet végrehajtaniuk. Ezen körülmények között a vizsgálatot végzők elemzik a mozgás paramétereit (pl. a járás téri és idői összetevői, mint a járás sebessége, a lépésszélesség vagy az egyensúly), illetve a kognitív feladatok végrehajtásának minőségét (pl. a kognitív interferencia a helyesen és hibával megoldott feladatok között, vagy a feladatok sorrendjének helyes felidézése) (Horvat et al., 2013; Klotzbier et al., 2020).

Horvat és munkatársai (2013), valamint Klotzbier és munkatársai (2020) Down-szindrómával született és tipikus fejlődésmentű kontrollszemélyek körében vizsgálták a motoros és kognitív képességek közötti összefüggéseket. A vizsgálatot végzők mindkét vizsgálat során a mindennapos tevékenységeket imitáló feladatot végeztek a résztvevőkkel: pl. járás közben telefonálás vagy ruhagombolás (Horvat et al., 2013); adott útvonalon való előrehaladás (a haladás sorrendjét egyre nehezedő betű, szám és azok kombinációja határozta meg, amely a térképen való eligazodást mintázza) (Klotzbier et al., 2020).

Az eredmények mindkét vizsgálat esetében eltérést jeleztek a Down-szindrómával született és tipikus fejlődésmentű személyek két csoportja között. A dual-task feladatok végrehajtása során a Down-szindrómával született személyek körében a kognitív terhelés hatására jellemzően megváltoztak a járás egyes téri és idői paramétere. Összetettebb feladatok során az érintett személyek esetében a járás sebessége lassult, míg a téri paraméterek nagyobb variabilitást mutattak (pl. megnövekedett a lépésszélesség). A járás paramétereinek változását elsősorban az izom kokontrakció, valamint az alsó végtagok mozgástartományának változása eredményezi, mint kompenzációs stratégiák a stabilitás fenntartása érdekében. Ez azt jelzi, hogy az

érintett személyek esetében jelentős erőforrásokra van szükség a motoros teljesítmény fenntartásához kognitív terhelés hatására. A rugalmas erőforráselosztás érdekében szükséges a Down-szindrómával született személyek esetén a változatos mozgáspaszlatok biztosítása, már korai életkortól kezdődően (Horvat et al., 2013; Klotzbier et al., 2020).

### ***Téri orientáció***

Az testtartás-szabályozás részét képező, téri orientációt befolyásoló tényező lehet Down-szindróma esetén például a csökkent izomerő vagy a fokozott ízületi lazaság. A Down-szindrómával született személyekre jellemző csökkent izomerő és izomtónus befolyásolhatja a téri orientációhoz szükséges erőt és stabilitást állás, járás és egyéb dinamikus tevékenységek során. Továbbá hatással lehet a propiocepcióra, vagyis arra a feedback mechanizmusra, amely lehetővé teszi a saját testrészek helyzetének és mozgásának érzékelését (Uyanik & Kayihan, 2010; Zago et al., 2021).

A téri képességekkel összefüggésben a navigációs feladatok során (adott útvonalon való eligazodás) Morris és munkatársai (2023) megállapították, hogy az érintett személyek teljesítményét befolyásolhatja a feladatok memóriai igénye, pl. a navigációs feladatok során az útvonal memorizálása (Morris et al., 2023).

A vizuális percepció során az információk elemi feldolgozása ugyan az elsődleges látókéregben történik, emellett töltönek be szerepet például a dorsalis és ventralis vizuális pályarendszerek (Kiss et al., 2021). A dorsalis vizuális pályarendszer a térbeli és mozgással kapcsolatos információk feldolgozásáért felelős, míg a ventralis a tárgyfelismerést és a formareprezentációt végzi (Morris et al., 2023). Bracken és munkatársai (2023), valamint Morris és munkatársai (2023) a téri képességeket vizsgálva megállapították, hogy a Down-szindrómával született résztvevők számára nehézséget elsősorban a mentális forgatás és mentális transzformáció (síkbeli és térbeli formák mentális manipulálása), valamint a perspektíva-váltás jelentett, amelyek elsősorban a dorsalis pálya feldolgozásához kapcsolódnak. A Down-szindrómával született résztvevők nehézségei ezekben a feladatokban feltehetően a téri információk integrálásában, valamint a feladatok összetettségében, a feladatok kettős követelményeinek kezelésében jelentkező kihívásoknak tudhatók be (Bracken et al., 2023; Morris et al., 2023).

### ***A dinamika kontrollja – a dinamikus helyzetekben történő tartás/egyensúlyszabályozás***

A korai életkorban elsajátított járás egy olyan dinamikus mozgás, amely kialakulása Down-szindróma esetén jellemzően 3-4 éves korra tehető (Will et al., 2019; Zago et al., 2020). Ennek okai lehetnek az érintett személyekre jellemző mozgásszervrendszeri eltérések, a hajlító és feszítő izmok inadekvát kontrakciója, illetve a központi idegrendszer strukturális eltérései, amelyek befolyásolhatják a mozgásdinamikát, a törzskontrollt, a lateralitást vagy a koordinációt és az egyensúlyt (Jain et al., 2021).

A Down-szindrómával született személyek járását összevetve tipikus fejlődésmentű társaikkal megfigyelhető, hogy az érintett személyek az alsó végtag több szegmentumának mozgástartományát is csökkentik (pl. a csípő, térd, boka mozgástartományának és szabadságfokának csökkentése) a járás stabilizálása érdekében (Zago et al., 2020). Valamint járás közben jellemzően megnő a COP oldalirányú kilengése az érintett személyek esetében, ugyanakkor az egyensúly fenntartása érdekében rendszerint nagyobb lépésszélességgel és kisebb lépéshosszal kompenzálják a test kilengését (Jain et al., 2021; Klotzbier et al., 2020).

Dinamikus tevékenységek során (pl. labdadobás) a Down-szindrómával született gyermekekre és serdülőkre egyaránt jellemző a reakcióidő és a mozgás időtartamának megnövekedése tipikus fejlődés-

menetű személyekkel összetevve. Valamint például labdadobás közben is jellemző az érintett személyek esetében a COP oldalirányú elmozdulásának növekedése (Wang et al., 2012). Ugyanakkor a labdadobáshoz hasonló feladatorientált mozgások Down-szindrómával született személyek esetében is kiváltják a testtartás reaktív kilengését, amely az egész test dinamikus kontrolljának képességét tükrözheti (Jain et al., 2021; Wang et al., 2012).

Lin és Wuang (2012), Silva és munkatársai (2017), valamint Wuang és Su (2011) gyermekek, fiatalok és felnőtt, Down-szindrómával született és tipikus fejlődésmentű személyek részére virtuális valóság (VR, Virtual Reality) technológiát alkalmazó mozgásfejlesztő tréningeket tartottak, a dinamikus tartás-szabályozásra fókuszálva. A kutatások során összetették a résztvevők tréning előtti és tréning utáni egyéni motoros teljesítményét, valamint a csoportok átlagteljesítményét egyaránt. Eredményeik azt mutatják, hogy a Down-szindrómával született résztvevők egyéni teljesítménye szignifikáns javulást mutat a virtuális valóság technológiát alkalmazó tréninget követően. Az eltérő időtartamú és intenzitású tréningek hatással voltak a résztvevők izomerejére, a mozgásszabályozásra, valamint a reakcióidőre egyaránt (Silva et al., 2017; Wuang & Su, 2011). Emellett a VR tréning hatására javulást mutatott a Down-szindrómával született résztvevők mozgékonyága, ami azon képességünk, amely által hirtelen, effektíven tudunk irányt és pozíciót váltani, miközben kontroll alatt tartjuk az egyensúlyt, koordinációt és gyorsaságot (Lin & Wuang, 2012).

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

Tanulmányunkban Earhart és Horak (2006) modellje alapján foglaltuk össze a Down-szindrómával született személyek esetében a testegyensúlyt és orientációt befolyásoló tényezők jellemzőit. A szindrómaspecifikus biomechanikai eltérések, mint például a testszerte előforduló ízületi lazaság és hiperflexibilitás, illetve a csökkent izomerő már csecsemőkortól hatással lehetnek a mozgásos tapasztalatszerzésre (Alesi & Battaglia, 2019). Annak érdekében, hogy támogassuk Down-szindrómával született klienseink motoros fejlődését, valamint aktív részvételüket a mindennapos tevékenységekben, a gyógypedagógiai munka gyakorlatában hangsúlyos szerepet kap a mozgásfejlesztés. A fejlesztési folyamat megkezdése előtt azonban fontos feltérképeznünk és megismernünk klienseink motoros képességprofilját, valamint azon tényezőket, amelyek mozgásteljesítményüket befolyásolják. A testegyensúlyt és orientációt befolyásoló tényezők területén összefoglalt eltérések és azok körütekintő vizsgálata fontos a mindennapos tevékenységek, a fejlesztési folyamat megtervezése, valamint a prevenció szempontjából egyaránt.

A Down-szindrómával született személyek bevonásával végzett vizsgálatok eredményei (pl. Abdel Ghafar et al., 2017; Alesi & Battaglia, 2019; Jain et al., 2021; Zago et al., 2020) azt mutatják, hogy a gyógypedagógiai fejlesztés során már korai életkortól fontos megtámogatni a mozgásos tapasztalatszerzést, illetve a kliensek aktív részvételét a mozgásos tevékenységekben. Az önálló, aktív mozgásos tevékenységek segítik pl. az izomerősítést, amely elősegíti a felegyenesedést, illetve a járást, valamint a test kilengésének kontrollálását (Abdel Ghafar et al., 2017; Alesi & Battaglia, 2019; Bull, 2020; Hollódy, 2019; Wang et al., 2012).

A korábbi kutatási eredményeket figyelembe véve úgy véljük, hogy az érintett személyek mozgásfejlesztése során szükséges lehet olyan feladatok gyakorlása, amelyek során a környezeti ingerek manipulációja történik. Az ingerek tudatos és kontrollált megváltoztatása segítheti az ingerdiszkrimináció fejlődé-

sét, a megváltozott környezeti feltételekhez való adaptálódást. A gyakorlás hatására az érintett személyek képessé válhatnak megfelelő szenzoros és mozgásszabályozási stratégiák kialakítására (pl. a mozgás koordinációja tárgyak után nyúlás során, vagy akadályok elkerülése járás közben) (Chen et al., 2015; Gomes & Barela, 2007; Virji-Babul & Brown, 2004).

A dual-task feladatvégrehajtás során kapott eredmények alapján fontos figyelembe venni a fejlesztési folyamatok megtervezésekor a Down-szindrómával született klienseink kognitív képességprofilját is. A bemutatott kutatások (Horvat et al., 2013; Klotzbier et al., 2020) eredményei azt mutatják, hogy a kognitív terhelés befolyásolja a motoros teljesítményt az érintett személyek esetében.

A korábbi kutatások eredményei azt mutatják, hogy a testtartás-szabályozás további tényezőjeként megjelenő téri orientáció fejlesztése szintén elengedhetetlen a mindennapos tevékenységek és önállóság szempontjából Down-szindrómával született személyek esetén. Az orientáció témakörével kapcsolatos kutatások eredményei és következtetései alapján úgy véljük, hogy annak érdekében, hogy támogassuk a fizikai világban való navigálás és tájékozódás képességét (pl. adott útvonalon való önálló közlekedés), figyelembe kell vennünk a fejlesztés során, hogy a feladatok memóriaigénye befolyásolhatja a feladat végrehajtását az érintett személyek esetében (Morris et al., 2023). A téri orientációval kapcsolatban Bracken és munkatársai (2023) leírják, hogy nehézséget jelenthet az érintett személyek számára a vertikális és horizontális irányok azonosítása. Ugyanakkor a téma feldolgozása során nem találtunk olyan kutatást, amelyben Down-szindrómával született személyek vertikális észlelését vizsgálták volna a mozgásszabályozással kapcsolatban.

A testtartás-szabályozás témájához kapcsolódó korábbi kutatási eredmények, valamint saját vizsgálati eredményeink és tapasztalataink alapján úgy véljük, hogy a tartás- és egyensúlyszabályozás fejlesztése során érdemes lehet olyan virtuális valóság technológiákat alkalmazni, amelyek a nemzetközi gyakorlatban is megjelennek Down-szindrómával született személyek mozgásfejlesztésében (Lin & Wuang, 2012; Silva et al., 2017; Vámos, Ar dai & Berencsi 2019; Wuang & Su, 2011). A virtuális technológiákkal számos, a fenti modellben felsorolt tényező kontrollált használatára van lehetőség (Ardai et al., 2022). A nemzetközi gyakorlatban megjelenő kutatásokban több esetben alkalmazták a Nintendo Wii virtuális játékeszközt az érintett személyek körében. A fejlesztés és állapotfelmérés során egyaránt alkalmazott játékeszközzel végzett fejlesztések fő fókusza az egyensúly, a koordináció, az izomerő, a mozgékonyosság és egyéb mozgásfunkciók fejlesztése, amelyeket meghatározott időtartamú tréning során vizsgáltak (Abdel Ghafar et al., 2017; Gómez-Alvarez et al., 2018; Hsu, 2016; Lin & Wuang, 2012; Silva et al., 2017; Wuang & Su, 2011). A bemutatott tanulmányok eredményei alapján azt látjuk, hogy a Down-szindrómával született személyek testegyensúlyának fejlesztése során az összetett szemlélet és a technológia adta lehetőségek, mint pl. a virtuális valóság technológia alkalmazásának beemelése és a kapcsolódó evidenciaalapú gyakorlatok kidolgozása, a gyógypedagógiai gyakorlathoz kapcsolódó kutatások következő állomását képezik.

Összességében pedig az érintett személyek körében végzett kutatások eredményei alapján azt láthatjuk, hogy a Down-szindrómával született személyek képességprofilja nagy heterogenitást mutat (Klotzbier et al., 2020; Lin & Wuang, 2012). Jelentős egyéni eltérések vannak adott képességterületeken belül, illetve az egyes képességterületek fejlettségi szintje között egyaránt. Az érintett személyeket töredezett képességprofil jellemzi. Az egyéni különbségek pedig azt teszik szükségessé, hogy a gyógypedagógiai munka tervezésénél, valamint a kivitelezés során egyaránt fektessünk hangsúlyt az individualizációra, annak érdekében, hogy személyre szabott feladatok által, saját ütemben történhessen az egyéni célok elérése.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Abdel Ghafar, M. A., & Abdelraouf, O. R., (2017). Effect of Virtual Reality Versus Traditional Physical Therapy on Functional Balance in Children with down Syndrome: A Randomized Comparative Study. *International Journal of Physiotherapy and Research*, 5(3), 2088–2094. <https://doi.org/10.16965/ijpr.2017.146>
- Ábrahám, H., Vincze, A., Veszprémi, B., Kravják, A., Gömöri, É., Kovács, G. G., & Seress, L. (2012). Impaired myelination of the human hippocampal formation in Down syndrome. *International Journal of Developmental Neuroscience: The Official Journal of the International Society for Developmental Neuroscience*, 30(2), 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2011.11.005>
- Adkin, A. L., Frank, J. S., & Jog, M. S. (2003). Fear of falling and postural control in Parkinson's disease. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 18(5), 496–502. <https://doi.org/10.1002/mds.10396>
- Alesi, M., & Battaglia, G. (2019). Motor development and Down syndrome. *International Review of Research in Developmental Disabilities* 56, 169–211. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.iridd.2019.06.007>
- Ardai, E., Vamos, T., Papp, G., & Berencsi, A. (2022). Virtual reality therapy in special needs education.: From therapy to inclusion. *Gyermeknevelés*, 10, 259–271. <https://doi.org/10.31074/gyntf.2022.3.259.271>
- Ashburn, A., Fazzakarley, L., Ballinger, C., Pickering, R., McLellan, L. D., & Fitton, C. (2007). A randomised controlled trial of a home based exercise programme to reduce the risk of falling among people with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 78(7), 678–684. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2006.099333>
- Battaglia, F., Quartarone, A., Rizzo, V., Ghilardi, M. F., Di Rocco, A., Tortorella, G., & Girlanda, P. (2008). Early impairment of synaptic plasticity in patients with Down's syndrome. *Neurobiology of Aging*, 29(8), 1272–1275. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2007.02.025>
- Barthel B. (2005). A mozgásnevelés sajátosságai és módszertana. In: Varga I. (szerk.): Speciális didaktika. APC Stúdió, 70-121.
- Berencsi, A., Ishihara, M., & Imanaka, K. (2005). The functional role of central and peripheral vision in the control of posture. *Human Movement Science*, 24(5), 689–709. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2005.10.014>
- Bieć, E., Zima, J., Wójtowicz, D., Wojciechowska-Maszkowska, B., Kręcisz, K., & Kuczyński, M. (2014). Postural Stability in Young Adults with Down Syndrome in Challenging Conditions. *PLoS ONE*, 9(4), e94247. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094247>
- Bracken, A., Hauss, J., Grinshpun, S., Lasc, D., Hershkovich, A., & Yang, Y. (2023). A profile of spatial abilities in people with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 68(3), 223-236. <https://doi.org/10.1111/jir.13111>
- Buday, J. (2007a). Adatok a Down syndroma hazai kutatásának történetéhez 1. rész. *Gyógypedagógiai Szemle* 35(3), 214–228.
- Buday, J. (2007b). Adatok a Down syndroma hazai kutatásának történetéhez 2. rész. *Gyógypedagógiai Szemle* 35(4), 274–285.
- Bull, M. J. (2020). Down Syndrome. *New England Journal of Medicine*, 382(24), 2344–2352. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1706537>
- Cariot, J., DiZio, P., & Nougier, V. (2008). Vertical frames of reference and control of body orientation. *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*, 38(6), 423–437. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.003>
- Chen, H.-L., Yeh, C.-F., & Howe, T.-H. (2015). Postural control during standing reach in children with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 38, 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.12.024>
- Cumming, R. G., Salkeld, G., Thomas, M., & Szonyi, G. (2000). Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, SF-36 scores, and nursing home admission. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(5), M299–305. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.5.m299>
- Earhart, G. M., & Horak, F. B. (2006). Balance training. In Selzer M, Cohen L, Gage F, Clarke S, Duncan P (eds.). *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation*. (pp. 103–119). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511545078.010>

- El-Hady, S. S. A., El-Azim, F. H. A., & El-Talawy, H. A. E.-A. M. (2018). Correlation between cognitive function, gross motor skills and health – Related quality of life in children with Down syndrome. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 19(2), 97–101. <https://doi.org/10.1016/j.ejmhg.2017.07.006>
- Enkelaar, L., Smulders, E., van Schroyen Lantman-de Valk, H., Geurts, A. C. H., & Weerdesteyn, V. (2012). A review of balance and gait capacities in relation to falls in persons with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*, 33(1), 291–306. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.08.028>
- Gomes, M. M., & Barela, J. A. (2007). Postural Control in Down Syndrome: The Use of Somatosensory and Visual Information to Attenuate Body Sway. *Motor Control*, 11(3), 224–234. <https://doi.org/10.1123/mcj.11.3.224>
- Gómez Álvarez, N., Venegas Mortecinos, A., Zapata Rodríguez, V., López Fontanilla, M., Maudier Vásquez, M., Pavez-Adasme, G., & Hemández-Mosqueira, C. (2018). Effect of an intervention based on virtual reality on motor development and postural control in children with Down Syndrome. *Revista chilena de pediatría*, 89(6), 747–752. <https://doi.org/10.4067/S0370-41062018005001202>
- Hadders-Algra, M. (2005). Development of Postural Control During the First 18 Months of Life. *Neural Plasticity*, 12(2–3), 99–108. <https://doi.org/10.1155/NP.2005.99>
- Hollódy, K. (2019). Az értelmi fejlődés elmaradásával járó leggyakoribb neurogenetikai szindrómák. In Hollódy K. (Ed.). *Gyermekneurológia*. (pp. 113–131). Medicina Könyvkiadó Zrt.
- Horvat, M., Croce, R., Tomporowski, P., & Barna, M. C. (2013). The influence of dual-task conditions on movement in young adults with and without Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 34(10), 3517–3525. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.06.038>
- Hsu, T.-Y. (2016). Effects of Wii Fit® balance game training on the balance ability of students with intellectual disabilities. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(5), 1422–1426. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1422>
- Jain, P. D., Nayak, A., & Karnad, S. D. (2022). Relationship between trunk muscle strength, reaching ability and balance in children with Down syndrome – A cross-sectional study. *Brain and Development*, 44(2), 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2021.09.005>
- Jain, P. D., Nayak, A., Karnad, S. D., & Doctor, K. N. (2021). Gross motor dysfunction and balance impairments in children and adolescents with Down syndrome: A systematic review. *Clinical and Experimental Pediatrics*, 65(3), 142–149. <https://doi.org/10.3345/cep.2021.00479>
- John, F. M., Bromham, N. R., Woodhouse, J. M., & Candy, T. R. (2004). Spatial Vision Deficits in Infants and Children with Down Syndrome. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 45(5), 1566–1572. <https://doi.org/10.1167/iovs.03-0951>
- Jung, H.-K., Chung, E., & Lee, B.-H. (2017). A comparison of the balance and gait function between children with Down syndrome and typically developing children. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(1), 123–127. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.123>
- Katz, G., & Lazcano-Ponce, E. (2008). Intellectual disability: Definition, etiological factors, classification, diagnosis, treatment and prognosis. *Salud Pública de México*, 50. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342008000800005>
- Kiss, E., Gombás, J., Farkasné Gönczi, R., & Vig, J. (2021). Agyi eredetű látássérülés gyermekkorban. *Gyógypedagógiai Szemle*, 49(1), 25–34. <https://doi.org/10.52092/gvosze.2021.1.2>
- Klotzbier, T. J., Bühler, K., Holfelder, B., & Schott, N. (2020). Exploring motor-cognitive interference in children with Down syndrome using the Trail-Walking-Test. *Research in Developmental Disabilities*, 106, 103769. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103769>
- Leach, J. M., Mancini, M., Peterka, R. J., Hayes, T. L., & Horak, F. B. (2014). Validating and Calibrating the Nintendo Wii Balance Board to Derive Reliable Center of Pressure Measures. *Sensors*, 14(10), 18244–18267. <https://doi.org/10.3390/s141018244>
- Liebherr, M., Weiland-Breckle, H., Grewe, T., & Schumacher, P. B. (2018). Cognitive performance under motor demands – On the influence of task difficulty and postural control. *Brain Research*, 1684, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2018.01.025>

- Lin, H.-C., & Wang, Y.-P. (2012). Strength and agility training in adolescents with Down syndrome: A randomized controlled trial. *Research in Developmental Disabilities, 33*(6), 2236–2244. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.06.017>
- Lundy-Ekman, L. (2013). *Neuroscience: Fundamentals for rehabilitation* (4th ed). Elsevier.
- Maiano, C., Hue, O., Morin, A. J. S., Lepage, G., Tracey, D., & Moullec, G. (2019). Exercise interventions to improve balance for young people with intellectual disabilities: A systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology, 61*(4), 406–418. <https://doi.org/10.1111/dmnc.14023>
- Mak, M., & Horak, F. B. (2014). Balance training. In M. E. Selzer, S. Clarke, L. G. Cohen, G. Kwakkel, & R. H. Miller (Eds.), *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation* (pp. 105–119). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511995590.013>
- Malak, R., Kostiukow, A., Krawczyk-Wasielewska, A., Mojs, E., & Samborski, W. (2015). Delays in Motor Development in Children with Down Syndrome. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, 21*, 1904–1910. <https://doi.org/10.12659/MSM.893377>
- Mike A., & Tamás T. L. (2018). Szemléletváltás a szédüléssel és egyensúlyzavarral járó kórképek ellátásában. *Ideggyógyászati szemle, 71*(7-8), 221–235. <https://doi.org/10.18071/isz.71.0221>
- Morris, S., Farran, E. K., & Gilligan-Lee, K. A. (2023). Spatial abilities in Down syndrome: Characterising the profile of spatial skills and models of spatial development. *Cognitive Development, 66*, 101325. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2023.101325>
- Nádori L. (1991). *Az edzés elmélete és módszertana*. Magyar Testnevelési Egyetem.
- Palazzo, F., Nardi, A., Lamouchideli, N., Caronti, A., Alashram, A., Padua, E., & Annino, G. (2021). The effect of age, sex and a firm-textured surface on postural control. *Experimental Brain Research, 239*(7), 2181–2191. <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06063-2>
- Phillips, A. C., & Holland, A. J. (2011). Assessment of Objectively Measured Physical Activity Levels in Individuals with Intellectual Disabilities with and without Down's Syndrome. *PLoS ONE, 6*(12), e28618. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028618>
- Regényi E. (2010). Mozgásjellemzők és fejlesztésük értelmileg akadályozott személyeknél. In Radványi K. (eds). *Máské(pp)?*. (pp. 117–133). ELTE Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Kar.
- Reményi T. (2021). Holisztikus szenzoros feldolgozás. A Szenzoros integráció szerepe és jelentősége a megismerésben. In Gerebenné Várbíró K., Reményi T. & Rosta K. (eds). *Szenzoros információfeldolgozás, mozgás, nyelvi képesség. A Frostig-éven alapuló nevelési terápia elmélete és gyakorlata*. (pp. 115–161). Gondolat Kiadó.
- Schott, N., & Holfelder, B. (2015). Relationship between motor skill competency and executive function in children with Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research, 59*(9), 860–872. <https://doi.org/10.1111/jir.12189>
- Schott, N., Holfelder, B., & Mousouli, O. (2014). Motor skill assessment in children with Down Syndrome: Relationship between performance-based and teacher-report measures. *Research in Developmental Disabilities, 35*(12), 3299–3312. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.08.001>
- Şeyda Toprak, Ç., Derya Özer, K., & Anıl, Ö. (2015). Spinal postural training: Comparison of the postural and mobility effects of electrotherapy, exercise, biofeedback trainer in addition to postural education in university students. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 28*(1), 135–144. <https://doi.org/10.3233/BMR-140501>
- Sibley, K. M., Beauchamp, M. K., Van Ooteghem, K., Paterson, M., & Wittmeier, K. D. (2017). Components of Standing Postural Control Evaluated in Pediatric Balance Measures: A Scoping Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 98*(10), 2066–2078.e4. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.02.032>
- Silva, V., Campos, C., Sá, A., Cavadas, M., Pinto, J., Simões, P., Machado, S., Murillo-Rodríguez, E., & Barbosa-Rocha, N. (2017). Wii-based exercise program to improve physical fitness, motor proficiency and functional mobility in adults with Down syndrome: Wii exercise adult Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research, 61*(8), 755–765. <https://doi.org/10.1111/jir.12384>

- Uyanik, M., & Kayihan, H. (2010). Down Syndrome: Sensory Integration, Vestibular Stimulation and Neurodevelopmental Therapy Approaches for Children, *International Encyclopedia of Rehabilitation*, 48, 2–22. <https://www.researchgate.net/publication/236623590>
- Vámos T., Arday E., & Berencsi A. (2019). Nintendo Wii-játékok terápiai célú alkalmazása stroke-os betegek rehabilitációjában. *Rehabilitáció*, 29(4), 167–174.
- Virji-Babul, N., & Brown, M. (2004). Stepping over obstacles: Anticipatory modifications in children with and without Down syndrome. *Experimental Brain Research*, 159(4), 487–490. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-1971-5>
- Vuillerme, N., Marin, L., & Debù, B. (2001). Assessment of Static Postural Control in Teenagers with Down Syndrome. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 18, 417–433. <https://doi.org/10.1123/apaq.18.4.417>
- Wang, H.-Y., Long, I.-M., & Liu, M.-F. (2012). Relationships between task-oriented postural control and motor ability in children and adolescents with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 33(6), 1792–1798. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.05.002>
- Will, E. A., Daunhauer, L. A., Fidler, D. J., Raitano Lee, N., Rosenberg, C. R., & Hepburn, S. L. (2019). Sensory Processing and Maladaptive Behavior: Profiles Within the Down Syndrome Phenotype. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 39(5), 461–476. <https://doi.org/10.1080/01942638.2019.1575320>
- Wuang, Y.-P., & Su, C.-Y. (2011). Correlations of sensory processing and visual organization ability with participation in school-aged children with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2398–2407. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.07.020>
- Zago, M., Condoluci, C., Manzia, C. M., Pili, M., Manunza, M. E., & Galli, M. (2021). Multi-segmental postural control patterns in down syndrome. *Clinical Biomechanics*, 82, 105271. <https://doi.org/10.1016/j.clinbio-mech.2021.105271>
- Zago, M., Duarte, N. A. C., Grecco, L. A. C., Condoluci, C., Oliveira, C. S., & Galli, M. (2020). Gait and postural control patterns and rehabilitation in Down syndrome: A systematic review. *Journal of Physical Therapy Science*, 32(4), 303–314. <https://doi.org/10.1589/jpts.32.303>

## Characteristics and factors influencing postural control in Down syndrome

---

### ABSTRACT

*Background and objectives:* Effective posture control is essential for activities of daily living and plays a crucial role in special education. The fragmented ability profile of individuals with Down syndrome—affecting motor, cognitive, and other skills—can impact postural control. This study aims to explore the factors influencing postural control in individuals with Down syndrome, drawing on findings from the international literature.

*Methods:* A literature review was conducted using the ERIC, PubMed, and ScienceDirect databases. Studies assessing and describing the characteristics of postural control, balance, and spatial orientation in individuals with Down syndrome were reviewed.

*Results:* Postural control in individuals with Down syndrome is influenced by syndrome-specific biomechanical factors, as well as distinct motor control and sensory strategies compared to individuals with typical developmental. Additionally, differences are observed in spatial orientation and the cognitive control of movement and posture, particularly in dynamic situations.

*Conclusion:* Understanding and examining the factors influencing postural control may be important, whether in supporting our clients in activities of daily living or planning developmental strategies and training. The methodological approaches and research findings summarized in the study can be integrated into special education practice, particularly in assessment and motor development.

**Keywords:** Down syndrome, postural control, balance, spatial orientation, motor control

---