Gyarmathy Éva[1] – Gyarmathy Zsófia[2] – Kökényesi Imre[3] – Pap Judit[4] – Szabó Zénó[5]– Turmezei Mónika[6]

[1] Apor Vilmos Katolikus Főiskola
[2] Neuron Solutions
[3] Smart Eggs Ltd.
[4] Apor Vilmos Katolikus Főiskola
[5] Eötvös Loránd Tudományegyetem
[6] Apor Vilmos Katolikus Főiskola

A számolás tanulásának sikeressége az iskolakezdő szenzomotoros és kognitív profil tükrében

Képesség, tanítási módszerek, a tanító személyisége, a családi háttér, mind tényező a matematikatanulásban, de hogy miképpen alakul a gyermek sikeressége, azt alapvetően befolyásolja a szenzomotoros és kognitív érettség iskolakezdés idején meglévő szintje. Az adatalapú döntés az oktatás minden szintjén a hatékonyságot növeli. A hiányzó idegrendszeri funkciók akadályt jelentenek, pedig akár néhány hónap után ez az akadály természetes éréssel is elhárulhatna. A szenzomotoros és kognitív funkciók megismerésével és célzott fejlesztésével elkerülhető lenne a kezdeti kudarc, és sokkal több gyermek tanulna sikeresen, mint most.

Bevezetés

A matematikai gondolkodás rendszerezi a környezetről szerzett tapasztalatokat és azt, ahogyan az egyén a világról gondolkodik, vagyis a matematika az egyén alapvető gondolkodási eszközévé válhat. Az oktatásban azonban a matematikatanítás még mindig főként a számolási ismeretekre összpontosít (Linder és Simpson, 2018), és az iskola a gyerekek matematikai tudását számolási műveletekkel méri. A számok a matematika nyelvének részét képezik, amelyet a gyerekeknek el kell sajátítaniuk, de az iskolában olyan nagy hangsúlyt fektetnek a számolás megtanulására, hogy akik ebben kevésbé jól teljesítenek, azok a kezdeti kudarcok révén kirekesztődnek a matematikai gondolkodásból.

Az első osztályosok matematikatanításában legalább két szempontból jelentős változásokat kellene végrehajtani: a számolási készséget jobban össze kell kapcsolni a matematikai gondolkodással, és a matematika tanításának a gyermekek neurológiai érésével összhangban kell haladnia. Az első feladat a matematikaoktatáshoz használt tananyagok újragondolása. A második feladat sokkal összetettebb, mivel a gyermekek idegrendszerének fejlődése nem kis részben a 21. századra jelentősen kibővült információs tér miatt rendkívül sokrétű, aminek következtében az alapvető szenzomotoros funkciók széles skálájának fejlesztése vált szükségessé. Az egyénenként eltérő képességstruktúrák eltérő

tanulási utakat vonnak maguk után, ezért fontos ismerni a matematikatanulásban előnyös és jól működő képességprofilokat, a szenzomotoros és kognitív érettséget, valamint a tanulási előrehaladás akadályait jelentő jellemzőket.

Matematikai alapismeretek tanulása

A szakirodalomban sokféle irányban vizsgált terület a matematika tanulása, és különféle képességeket és képességcsoportokat emelnek ki a kutatók, de nincsen egy egységes kép, amely alapján a matematikában sikeres és sikertelen haladást előre jelző képesség-profil vagy profil lenne átadható a szakemberek számára.

A matematikai kompetencia a kognitív kompetencia része, melyben a matematikához kapcsolódó területspecifikus egységek mellett más területekhez szükséges komponensek is megtalálhatók, mint például a térbeli viszonyok észlelése, szövegértés, figyelem, emlékezet (Dékány, 2009). Krajcsi Attila (2005) számolási zavarokat vizsgáló tanulmányában hangsúlyt kap a téri-vizuális és a központi végrehajtó rendszer, valamint a munkamemória monitorozása is. Más kutatási eredmények azt jelzik, hogy az információfeldolgozás sebessége, a téri-vizuális képességek, a munkamemória, a számérzék és a fluid intelligencia jelentősen hozzájárulnak az iskolai teljesítményhez (Rohde és Thompson, 2007; Tikhomirova, Malykh és Malykh, 2020). Cueli és munkatársai (2020) azt találták, hogy a figyelemnek nagy jelentősége van a kisgyermekek számolási készségeiben, de azt is megállapították, hogy a válaszidő még fontosabb.

A matematikában mutatkozó hiányosságok betekintést nyújthatnak a matematikatanuláshoz szükséges kognitív funkciók körébe is. Agostini, Zoccolotti és Casagrande (2022) közelmúltbeli kutatásai például kimutatták, hogy a matematikai nehézségekkel küzdő gyermekek olyan kognitív területeken mutatnak zavarokat, mint a végrehajtó funkciók, a figyelem és a feldolgozási sebesség.

Piia Parviainen (2019) a korai matematikai készségek fejlődésének holisztikus modelljéhez kidolgozott elméleti keretrendszerében azonosította a fő matematikai készségkategóriákat – a numerikus készségeket, a térbeli gondolkodási készségeket, valamint a matematikai gondolkodási és érvelési készségeket. Hangsúlyozta, hogy a korai matematikatanulásban a sokoldalú korai matematikai képességek tudatos korai tanulási gyakorlatok révén történő egyidejű erősítésével kell foglalkozni. Kevesebb hangsúlyt fektetett a szenzomotoros területre, annak ellenére, hogy a magasabb szintű kognitív fejlődés a szenzomotoros funkciókra épül.

Flores és munkatársai (2023) összefoglaló tanulmányukban arra a következtetésre jutottak, hogy pozitív összefüggést mutatnak a kutatási eredmények a finommotoros készségek, nevezetesen a finommotoros koordináció és a vizuomotoros integráció, valamint a matematikai teljesítmény között. Eredményeik szerint a matematikai készség és a numerikus számolás volt a leginkább összefüggésbe hozható a finommotoros készségekkel.

A finommotoros képességek a számoláshoz, az ujjtudatosság pedig a szimbolikus összehasonlításhoz kapcsolódnak, derült ki Asakawa és Sugimura (2022) munkájából. A kutatók további elemzése azt is jelezte, hogy a számlálás közvetítette a finommotoros és a számolási képességek közötti kapcsolatot, miközben a finom mozgás képességek és az ujjtudatosság közvetlen hatása a számolási készségekre fennmaradt. A szerzők megállapításai szerint a finommotoros képességek és az ujjtudatosság kapcsolatban áll a számolási képességgel, beleértve a számlálást és a szimbolikus összehasonlítást.

Casey és munkatársai (2017) kutatási eredményei alátámasztják a térbeli rotációs képesség és a matematikai feladatok több típusa közötti összefüggést. Fernández-Méndez és munkatársainak (2020) kutatási eredményei azt mutatták, hogy a *block design*

(mozaik-próba) feladat által mért téri-vizuális gondolkodás jelentősen hozzájárult a matematikai teljesítményhez, különösen a 6 és 7 éveseknél, de a 8 éveseknél már nem. Az eredményt tovább elemezve az is kiderült, hogy a mentális rotáció és a kézügyesség jósolta meg legjobban a matematikai teljesítményt. Ezek az eredmények rávilágítanak a mögöttes kognitív (térbeli) és motoros képességek szerepére az általános iskolás gyermekek matematikai teljesítményében.

Gilmore és Cragg (2018) a végrehajtó funkciók matematikai teljesítményben betöltött szerepére vonatkozó meglévő bizonyítékokat gyűjtötték össze, és vizsgálták ezeket és egyéb újabb, a végrehajtó funkcióknak a matematika egyes összetevőiben való részvételére vonatkozó eredményeket. A végrehajtó funkciókhoz tartozó területek pontos listájában még nincsen megegyezés a szakemberek között, de a kognitív végrehajtó funkciók három fő csoportja elfogadott: munkamemória, kontrollfunkciók és kognitív rugalmasság.

Kyttälä és Lehto (2008) kutatásainak eredményei jelezték, hogy a munkamemória az egyik legfontosabb tényező a matematikai teljesítmény mögött, mind a passzív vizuális-térbeli tárolás (rövid távú tárolási feladatokkal mérve), mind az aktív vizuális-térbeli feldolgozás (mentális rotáció) döntő fontosságúak a matematikai készségek terén.

Mindezek alapján feltételezzük, hogy a számolási képesség kialakulásában nagy szerepe van azon alapvető funkciók érésének, amelyeket három fő területre osztottunk. Ezek a területek egymás fejlődését kölcsönösen feltételezik és erősítik vagy gyengítik. Ez a három fő terület képezi a sikeres matematikatanulás hátterét, és az egyes területekhez kapcsolódó minimális kognitív funkciók optimális kombinációja adja az egyéni matematikatanulási profilt. Ennek megfelelően az egyik terület alacsonyabb szintjét kompenzálhatja egy másik terület erőssége, de bármely területen mutatkozó jelentősebb hiány vagy lemaradás a tanulás kudarcához vezet.

A három fő terület és elemei:

I. Szenzomotórium:
– Testséma
– Ujjtudatosság
– Tér-orientáció
– Szekvenciális feldolgozás

II. Végrehajtó funkciók:
– Munkamemória
– Kognitív kontroll
– Forgatás (téri munkamemória)

II. Matematikai alapok:
– Mennyiségfogalom
– Mintázat keresés
– Elvonatkoztatás

Éppen az átfedések és az egymással való erős kapcsolat miatt a három fő terület alá tartozó változók nem alkotnak tiszta csoportokat, és a jelzett elemek csak a fő csoportból kiragadott jellemző mutatók. Kutatásunkban a három fő csoportra fókuszálunk, illetve ezek különböző elemeit vizsgáljuk.

Különös hangsúllyal vizsgáljuk a szenzomotoros képességeket, mert ezek jelenleg kevéssé hangsúlyosak a matematikatanításban és annak kutatásában. Nincsenek összerendezett adatok a szenzomotoros működés területei és a matematikatanulás sikerességéről.

A kutatásunk célja

A MTA-AVKF Tanulási Környezet Kutatócsoport munkája arra irányul, hogy a tanítók minél hatékonyabban tudják már az iskolakezdés idején támogatni a gyerekek iskolai sikerességét és elkerülni a korai kudarcokat.

A nemzetközi szakirodalom már évtizedek óta foglalkozik az adatvezérelt döntéshozatallal, a hazai oktatásban és oktatáskutatásban azonban még kevéssé jelent meg ez a fogalom. Az adatalapú vagy adatvezérelt döntéshozatal a tanítás-tanulás fejlesztése érdekében felhasznált adatokat és az ezekre épülő döntéseket jelenti. Az oktatás minden szintjén hatékony ez a megközelítés, de a pedagógusok tudnak közvetlenül szakértőként eljárni (Sebestyén, 2019).

Kutatásunk során az adatalapú döntéshozatalra építő módszertani fejlesztést kívánjuk támogatni. Az eltérő idegrendszeri érés és egyéb, a tanulást befolyásoló tényezők ismeretében megfelelő módszertani eljárásokat alkalmazva a megismerő-fejlesztő környezet kialakítása lehetővé válik. Ehhez dolgozunk ki könnyen használható vizsgálati eljárást és adunk át a tanításba építhető módszertani megoldásokat.

Kutatási projektünk során 1050, első osztályt kezdő gyermek tesztvizsgálatát végeztük el a tanévkezdés elején, és egy iskolakezdő szenzomotoros és kognitív profilt dolgoztunk ki a pedagógusok által is használható eljárás alkalmazásával.

A jelen tanulmányunkban bemutatott kutatás célja azoknak a szenzomotoros és kognitív profiloknak az azonosítása, amelyek az általános iskola első osztályát megkezdő gyermekeknek a matematika tanulásában várható különböző mértékű sikerességét előre jelzik, vagyis szükségesek az elsőosztályos matematika tanulásához. Hipotéziseink a következők:

1. Azonosíthatók a matematika tanulásában előnyös és hátrányos szenzomotoros és kognitív profilok.
2. Néhány más kognitív terület mellett az alapvető szenzomotoros képességek is döntő fontosságúak a matematika tanulásának kezdetén.

Módszerek

Ebben a tanulmányban, egy pilot kutatási fázist mutatunk be, amelyben 415 első osztályos tanuló (211 fiú és 204 lány) adatait dolgoztuk fel. A csoport 95%-a hat- vagy hétéves gyerekekből állt (6 éves N = 156; 7 éves N = 239), a többi néhány gyermek nyolc-tízéves volt. A kutatási adatok feldolgozása folyamatban van. A jelen munka azért pilot kutatás, mert a teljes anyag feldolgozása szükséges ahhoz, hogy elegendő számú adat legyen minden általunk követett kategóriába, például a különböző fejlődésű vagy eltérő szociokulturális háttérrel rendelkező csoportokban.

A jelen fázisban a tanítók a tanév első féléve után értékelték tanítványaik előrehaladását a matematikai és az írás-olvasási készségek terén. A tanítókat arra kértük, hogy egy ötfokozatú skálán értékeljék, hogy tanítványaik milyen mértékben haladtak előre a tananyagban: 1 – nincs haladás; 2 – nagyon gyenge haladás; 3 – gyenge haladás; 4 – megfelelő haladás; 5 – teljes haladás. Ezt az öt szintet a matematikatanulás különböző szintjeihez tartozó tanulók öt csoportjaként használtuk, akiknek szenzomotoros és kognitív profilját összehasonlítottuk:

1. nincs haladás	N = 22	5%
2. nagyon gyenge haladás	N = 23	6%
3. gyenge haladás	N = 36	9%
4. megfelelő haladás	N = 114	27%
5. teljes haladás	N = 220	53%

Az értékelés kifejezetten a tananyagban való haladásra vonatkozott, nem a gyermek képességeire. Minthogy a tanítóknak nem voltak előzetes ismereteik a tanulóik matematikai tudásáról, ezért kizárólag az első félévben mutatott haladásról tudtak beszámolni.

A Szenzomotoros és Kognitív Profil Teszt

A Szenzomotoros és Kognitív Profil Teszt elődje a Nemzetközi Kognitív Profil Teszt magyar változata (Smythe, 2002), amely egy több nyelvre lefordított eljárás a diszlexia különböző nyelveken való megjelenésének vizsgálatára (Gyarmathy és Smythe, 2000; Smythe, 2002). A Szenzomotoros és Kognitív Profil Teszt korábbi online változatát több kutatásban is alkalmazták már (Kertzman és mtsai, 2017; Gyarmathy és mtsai, 2019, 2021). A jelen kutatásban a teszt legújabb, a kisgyermekekre adaptált verzióját használtuk. A Szenzomotoros és Kognitív Profil Teszt sokoldalú képet adhat az egyén és a csoport erősségeiről és fejlesztendő területeiről. A teszt elektronikus változata ingyenesen elérhető az interneten a szülők, pedagógusok, egyéb szakemberek és kutatók számára. Az itt bemutatott vizsgálatban a teszt „A" moduljának feladatait vettük fel, amely az 5–8 éves gyermekek vizsgálatára irányul, de a leírása alapján idősebb és gyorsan fejlődő fiatalabb gyermekek is tesztelhetők vele.

Az eredmények bemutatásakor nem használjuk az összes mutatót, csak a legfontosabbakat, amelyek valamilyen szinten szerepet játszanak a matematika tanulásának sikerességében. A tanulók profilja a tesztsorozat feladataiból származó mutatókból áll (ld. a mellékletben). A teszt maga ingyenes bejelentkezéssel megtekinthető a http://kognitivprofil.hu weboldalon.

Eljárás

A Szenzomotoros és Kognitív Profil Teszt felvétele könnyen elvégezhető egy érintőképernyős táblagépen vagy laptopon, akár szakember részvétele nélkül is. Kisgyermekek esetében egyszemélyes helyzetben a vizsgálatvezető segít a gyerekeknek a feladatok megértésében. Kutatásunkban a gyerekek tanítói voltak a vizsgálatvezetők, akiket előzetesen felkészítettünk a feladatra. A tesztelésre két ülésben került sor a tanévkezdést követő hetekben. Az online teszteredmények alapján a tanulókat minden egyes mutató esetében öt szintre soroltuk a minta átlaga és a szórás segítségével, így a különböző teszteken elért pontszámok összehasonlíthatók voltak: 5 – kiemelkedő (több mint 2 szórással az átlag felett); 4 – átlag feletti (több mint 1 szórással, de legfeljebb 2 szórással az átlag felett); 3 – átlagnak megfelelő (átlag +- 1 szórás); 2 – fejlesztendő (több mint 1 szórással, de kevesebb mint 2 szórással az átlag alatt); 1 – erősen fejlesztendő (több mint 2 szórással az átlag alatt).

A kutatásban a teszt mellett a tanítók által a gyermekek tanulmányi fejlődéséről kitöltött ötfokozatú értékelést használtunk a gyermekek iskolai sikerességének felmérésére.

Eredmények

A tanítók visszajelzései alapján kialakított matematika és magyar nyelv tananyagban való haladás mértékét összevetve a teszteredményekkel kiderül, hogy a szenzomotoros működés messze nagyobb szerepet játszik a sikerességben, mint például az elvonatkoztatási képesség. A matematika és magyar tantárgyak terén való haladás nagy korrelációja jelzi, hogy általában iskolakezdő profilról van szó, amelyet különböző mutatók mentén azonosítottunk, és a jelen tanulmányban kifejezetten a matematika tanulása szempontjából elemeztünk.

Az első osztályban a matematika lényegében a számolás elsajátítására korlátozódik, és ebben meghatározó a szenzomotoros érettség mellett, hogy kialakult-e a biztos mennyiségfogalom, amire a számolás épülhet. A kutatási eredményeink azt jelzik, hogy a számolás tanulásában a munkamemóriának van elsődleges szerepe. A munkamemória érettsége és megfelelő működése a számolás elsajátításának feltétele (Von Aster és Shalev, 2007). A munkamemória összefügg a szenzomotoros funkciók közé tartozó szekvenciális feldolgozással, aminek az eredményeink szerint szintén nagy jelenetősége van a matematikai sikerességben, bármely modalitásról van szó (1. táblázat).

Ezekhez mérhető jelentősége van az ujjak azonosításának. A számok és az ujjak azonosításának összefüggése kevéssé jelenik meg a matematikatanulás problematikájában, pedig már sok éve ismert a jelenség, amelyet a mi vizsgálatunk eredménye is megerősített. Az összefüggés oki hátterének feltárása több megközelítést hozott, de még nincsen megegyezés abban a tekintetben, hogy miképpen alakult ki, és mi a háttere az ujjak és számok közös agyi reprezentációjának (Penner-Wilger és Anderson, 2013). A nyilvánvaló kapcsolat azonban a tanítási gyakorlatra nézve szinte kötelezően elvárást állít az ujjtudatosság kialakítására már a számolás tanulása előtt a kisgyerekeknél, majd akár azzal összefüggésben a továbbiakban.

A matematika tanulásában a sikerességhez olyan szenzomotoros képességekre is szükség van még, mint a testséma és a téri viszonyok, valamint az alak-háttér észlelése. Sőt, a jobb lábon egyensúlyozás is határozott, például a figurális elvonatkoztatáshoz mérhető korrelációt mutat a számolás elsajátításának szintjével az iskolai tanulás első féléve után. Lényeges információ továbbá, hogy a beszédértés és a nyelvi szekvenciák azonosításának éretlensége nemcsak az olvasás és írás, hanem a számolás tanulásában is egyértelmű hátrány (1. táblázat).

Az első osztályban a matematika lényegében a számolás elsajátítására korlátozódik, és ebben meghatározó a szenzomotoros érettség mellett, hogy kialakult-e a biztos mennyiségfogalom, amire a számolás épülhet. A kutatási eredményeink azt jelzik, hogy a számolás tanulásában a munkamemóriának van elsődleges szerepe. A munkamemória érettsége és megfelelő működése a számolás elsajátításának feltétele (Von Aster és Shalev, 2007). A munkamemória összefügg a szenzomotoros funkciók közé tartozó szekvenciális feldolgozással, aminek az eredményeink szerint szintén nagy jelenetősége van a matematikai sikerességben, bármely modalitásról van szó (1. táblázat).

Ezekhez mérhető jelentősége van az ujjak azonosításának. A számok és az ujjak azonosításának összefüggése kevéssé jelenik meg a matematikatanulás problematikájában, pedig már sok éve ismert a jelenség, amelyet a mi vizsgálatunk eredménye is megerősített.

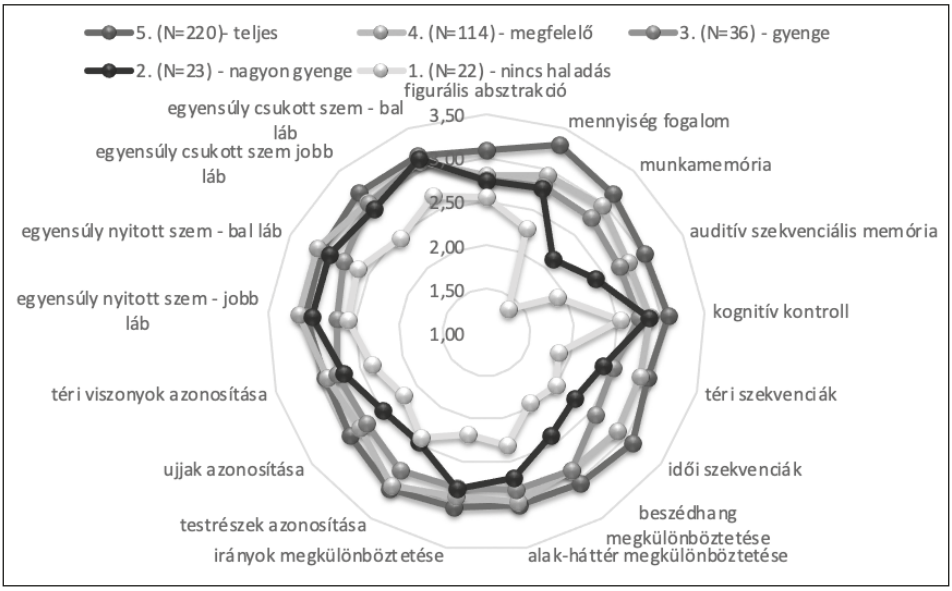
1. táblázat. A matematika tanulásával korreláló területek és korrelációs együtthatóik a matematika-haladással

VIZSGÁLAT	MUTATÓ	MATEMATIKA
Tanítói értékelés	matematika	1
	magyar	0,79028
Számsorozat visszafelé	munkamemória hatékonysága	0,52676
	munkamemória terjedelme	0,46652
Szenzomotoros vizsgálat	idői szekvencia	0,46446
Szenzomotoros vizsgálat	téri szekvencia	0,45355
Szenzomotoros vizsgálat	ujjak azonosítása	0,40594
Számismétlés	auditív szekvenciális memória	0,40576
Beszédhang-megkülönböztetés	beszédhang differenciálás	0,39431
Mennyiségek összehasonlítása	mennyiségfogalom	0,37808
Számismétlés	auditív memória terjedelme	0,36996
Szenzomotoros vizsgálat	jobb-bal differenciálás	0,29443
Szenzomotoros vizsgálat	testrészek azonosítása	0,28182
Szenzomotoros vizsgálat	viszonyok azonosítása	0,25663
Szenzomotoros vizsgálat	alak-háttér azonosítása	0,25146
Figurák	figurális elvonatkoztatás	0,23957
Go – no go feladat	kognitív kontroll	0,23745
Szenzomotoros vizsgálat	nyelvi szekvencia (első hang)	0,23536
Szenzomotoros vizsgálat	egyensúly csukott szemmel	0,22265
Beszédértés	beszédértés	0,20303

Iskolakezdéskor a matematikatanulásban sikeres és sikertelen csoportok profilja

A matematikatanulás különböző szintjeit mutató öt tanulócsoport nem különbözik egymástól sem a nemek, sem az életkor tekintetében, csak képességszerkezetben. A csoportok közül a matematikai képességek fejlettségében jelentősen lemaradó 1. csoport profilja tér el több mutatóban is szignifikánsan a többi csoport profiljától. Az 1. ábrán vizuálisan is észlelhető, hogy ezek a gyerekek nem annyira az elvonatkoztatási-következtetési képességekben vannak lemaradva, hanem sokkal inkább a végrehajtó funkciókban és egyes szenzomotoros területeken.

A diagramon vizuálisan látszik, hogy a 2. csoport az 1. csoport kissé enyhébb változata, és szintén a gyenge végrehajtó funkciók és alacsonyabb szenzomotoros pontszámok jellemzik. A 3. csoport profilja kevésbé hullámzó, a 4. csoporté még kevésbé. Az 5. csoport egyenletes képességstruktúrát mutat, ami stabil hátteret biztosít az iskolai tanuláshoz. Az eredmények azt jelzik, hogy a matematikából nagyon jól teljesítő csoport nem korlátozódik a különösen kiemelkedő képességűekre (a teszteredményeket tekintve a 3. kategória körül teljesítettek). Más szóval, megfelelő idegrendszeri érettségi szint mellett sikeresek lehetnek az átlagos képességekkel bíró gyermekek is az iskolai matematikatanulásban.



1. ábra. Az öt eltérő fejlődésű csoport kognitív profilja. A profil csillagdiagramként is ábrázolható, de a folyamatos vonalas ábrázolás sajátos alakzatokat hoz létre, amelyek jól láthatóvá teszik a különbségeket.

Az 1-5. csoportok profiljai közötti vizuálisan látható különbségeket kétmintás t-próbával ellenőriztük. Az 5. csoport minden feladatban jobb eredményt ért el, mint a többi csoport, a legtöbb feladatban szignifikáns különbségek mutatkoztak, még a csukott szemmel végzett jobb lábon egyensúlyozásban is. A 4. csoport kevesebb területen különbözött a gyengébben teljesítőktől, mint az 5. csoport. A 4 versus 5 összehasonlítás mutatja, hogy mely területek miatt vannak némi nehézségeik (absztrakció, mennyiségi fogalom, kontrollfunkciók és több szenzomotoros terület). A 4. csoport többi csoporttal való összehasonlítása nem mutat jelentős különbségeket, csak a munkamemória és a téri, valamint idői szekvenciák terén, némileg a beszédhang megkülönböztetésben.

2. táblázat. A csoportok átlageredményei és a t-tesztek p-értékei – elvonatkoztatás, mennyiség, munkamemória, kontrollfunkciók

Különbözően eredményes csoportok	figurális absztrakció	mennyiség-fogalom	munka-memória	auditív szekvenciák	kognitív kontroll
5 – teljes	3,08	3,30	3,15	3,01	3,10
4 – megfelelő	2,80	2,93	2,96	2,81	2,88
3 – gyenge	2,75	2,79	2,78	2,69	2,75
2 – nagyon gyenge	2,74	2,77	2,13	2,39	2,87
1 – nincs haladás	2,55	2,27	1,36	1,91	2,55
átlag	**2,93**	**3,07**	**2,91**	**2,84**	**2,96**

Tesztnév	figurális absztrakció	mennyiség-fogalom	munka-memória	auditív szekvenciák	kognitív kontroll
5 v. 1-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4 v. 1-3	0,2711	0,0107	0,0000	0,0014	0,1459
4 v. 5	0,0002	0,0000	0,0094	0,0033	0,0013
3 v. 4	0,9305	0,6798	0,0000	0,1203	0,0690
2 v. 3	0,5115	0,9443	0,0048	0,0070	0,6907
1 v. 2	0,4322	0,2913	0,0000	0,0072	0,5335
1 v. 4	0,0831	0,0001	0,0000	0,0000	0,0317
1 v. 5	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

A teszteredmények jelzik, hogy mind az auditív, mind a téri és az idői szekvenciális feldolgozás fejlettségének nagy jelentősége van a matematika tanulásában. A legjobban teljesítő csoportokat azonban az idői szekvenciák jobb feldolgozása erősen megkülönbözteti a kevésbé sikeresektől (3. táblázat).

3. táblázat. A csoportok átlageredményei és a t-tesztek p-értékei – alapvető szenzomotoros képességek

Különbözően eredményes csoportok	téri szek-venciák	idő-szek-venciák	beszédhang differenciáció	alak-háttér differenciáció	jobb-bal differenciáció
5 – teljes	2,91	3,10	3,03	3,01	3,03
4 – megfelelő	2,83	2,88	2,85	2,97	2,90
3 – gyenge	2,50	2,56	2,86	2,83	2,81
2 – nagyon gyenge	2,39	2,26	2,39	2,70	2,83
1 – nincs haladás	1,86	2,00	1,95	2,32	2,18
átlag	**2,77**	**2,89**	**2,87**	**2,93**	**2,92**

Különbözően eredményes csoportok	téri szek-venciák	idő-szek-venciák	beszédhang differenciáció	alak-háttér differenciáció	jobb-bal differenciáció
5 v. 1-3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4 v. 1-3	0,0000	0,0000	0,0005	0,0009	0,0047
4 v. 5	0,0698	0,0004	0,0079	0,5548	0,0324
3 v. 4	0,2996	0,0000	0,5927	0,3257	0,9708
2 v. 3	0,9060	0,7684	0,2606	0,5294	0,2685
1 v. 2	0,0278	0,3782	0,0032	0,2295	0,1268
1 v. 4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1 v. 5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

A szenzomotoros fejlődés legkorábbi területei, a testséma és a térorientáció is kevésbé érett a matematika tanulásában sikertelen csoportok esetében. A Dékány Judit-féle terápia (2018), vagy egyéb, a matematika tanulásának hatékonyabbá tételét célzó mozgásfejlesztés létjogosultságát igazolja még az iskolakezdéskor is ez az eredmény. A szenzomotórium szenzitív időszaka belenyúlik az iskoláskorba. Ezért az iskolai tanulásnak része

kellene, hogy legyen az intenzív mozgás-észlelés fejlesztése, miközben már egészen fiatal korban el kell kezdeni a mozgásfejlesztést, hogy az iskolakötelezettség idejére a gyermek legalább az alapvető szenzomotoros működések terén érett legyen.

4. táblázat. A csoportok átlageredményei és a t-tesztek p-értékei – további alapvető szenzomotoros képességek, testséma és térorientáció egyensúlyozás

Különbözően eredményes csoportok	testrészek azonosítása	ujjak azonosítása	viszonyok azonosítása
5 – teljes	3,11	2,96	2,91
4 – megfelelő	3,06	2,81	2,88
3 – gyenge	2,86	2,72	2,78
2 – nagyon gyenge	2,48	2,48	2,70
1 – nincs haladás	2,41	2,18	2,36
átlag	**3,00**	**2,83**	**2,85**

Különbözően eredményes csoportok	testrészek azonosítása	ujjak azonosítása	viszonyok azonosítása
5 v. 1-3	0,0000	0,0000	0,0000
4 v. 1-3	0,0002	0,0012	0,0050
4 v. 5	0,5094	0,0003	0,5013
3 v. 4	0,5624	0,6507	0,1322
2 v. 3	0,1400	0,3417	0,0608
1 v. 2	0,2784	0,1208	0,7862
1 v. 4	0,0002	0,0000	0,0000
1 v. 5	0,0000	0,0000	0,0000

Az egyensúlyrendszer fejlődése a szenzomotoros integráció egyik támogatója, és jelzi az érettséget. A csukott szemmel történő egyensúlyozás nagyobb kihívás az agy számára, mert a vizuális támasz nélkül kell megtartania a test pozícióját. Ezért a csukott szemmel történő egyensúlyozás a szenzomotoros integráció igen jó mutatója. A magasabb rendű kognitív funkciók hátterében betöltött fontos szerepét jelzi, hogy az itt mutatott elmaradás és a matematika tanulása között némi kapcsolat mutatkozik.

5. táblázat. A csoportok átlageredményei és a t-tesztek p-értékei – egyensúlyozás

Különbözően eredményes csoportok	egyensúly nyitott szem – jobb láb	egyensúly nyitott szem – bal láb	egyensúly csukott szem – jobb láb	egyensúly csukott szem – bal láb
5 – teljes	3,08	3,10	3,17	3,17
4 – megfelelő	3,15	3,16	3,01	3,10
3 – gyenge	2,71	2,83	3,00	3,11
2 – nagyon gyenge	3,00	3,00	2,91	3,13
1 – nincs haladás	2,59	2,64	2,45	2,68
átlag	**3,04**	**3,06**	**3,05**	**3,12**

Különbözően eredményes csoportok	egyensúly nyitott szem – jobb láb	egyensúly nyitott szem – bal láb	egyensúly csukott szem – jobb láb	egyensúly csukott szem – bal láb
5 v. 1-3	0,0001	0,0021	0,0003	0,0524
4 v. 1-3	0,0004	0,0020	0,1283	0,5009
4 v. 5	0,3758	0,3665	0,0548	0,3514
3 v. 4	0,2150	0,0709	0,0034	0,0172
2 v. 3	0,6150	0,6303	0,1457	0,4088
1 v. 2	0,1431	0,3623	0,0265	0,0457
1 v. 4	0,0011	0,0006	0,0012	0,0011
1 v. 5	0,0003	0,0004	0,0000	0,0005

Az eredmények tehát azt mutatják, hogy a munkamemória fejlettsége mellett a szenzomotoros képességek is jelentős szerepet játszanak a matematika tanulásának a kezdetén, és ezek éretlensége akadályozza a számolás elsajátítását. Nemcsak a magasabb rendű szenzomotoros képességek, mint a téri és időbeli szekvencialitás, hanem az alacsonyabb szintűek, mint a testséma és az alapvető érzékelési területek, így az alak-háttér megkülönböztetés vagy a beszédhangok megkülönböztetése is szerepet játszanak a matematikatanulás szempontjából sikeres profilban (4. és 5. táblázat). Még a szenzomotoros integráció egyik mutatója, az egy lábon egyensúlyozás ideje is némileg jelzője a matematikatanulás várható sikerességének.

Az itt bemutatott pilot kutatásban a gyerekeknek a pedagógusok által értékelt matematika tantárgyban való haladását összevetettük a gyerekek iskolakezdő teszteredményeivel. A tanítók értékelése alapján a matematika tananyagban elért előrehaladási szintek megoszlása azt mutatja, hogy az első osztályosok 80%-a teljes vagy megfelelő haladást ért el az első félévben. Ez azt is jelenti, hogy a gyerekcsoportnak a 20%-a nem mutatott megfelelő haladást, vagyis minden tíz gyermekből kettőnek kudarcok sorozata az iskolai matematikatanulás. Ezek a gyermekek iskolaérettnek nyilvánítottként kezdték meg a tanulást, de az iskola első félévében nem tudták teljesíteni a matematika órákon elvárt szintet.

Megbeszélés és további lépések

A követéses kutatásunk ezen pilot tanulmányában csak rövid összehasonlításra volt lehetőség, de ezek a korai adatok már arra utalnak, hogy a profileljárás feltárhatja a matematika tanulásához szükséges szenzomotoros és kognitív háttérképességeket. A Szenzomotoros és Kognitív Profil Tesztet a pedagógusok maguk alkalmazhatják, hogy már akár az első osztályba lépő gyermekek kognitív profilja alapján megtervezhessék haladásukat és matematikatanítási módszereiket. Ezzel az adatalapú döntéshozatal bevezetéséhez kívánunk hozzájárulni. A fejlesztésben nagy jelentősége van a profilvizsgálatnak, mert az erősebb területek elfedhetik a hiányokat, és így csak később jelennek meg a problémák. Ugyanakkor az is lényeges, hogy mely területek segítik a matematika

tanulását adott egyénnél, minthogy a fejlesztés az erősségekre építve lehet valóban hatékony, mert nem csak a hiányra orientál. Ez a sikerélményt adó, megismerő-fejlesztő szemlélet és gyakorlat biztosítja az érzelmi-motivációs háttértámogatást.

Az itt bemutatott pilot kutatásban a gyerekeknek a pedagógusok által értékelt matematika tantárgyban való haladását összevetettük a gyerekek iskolakezdő teszteredményeivel. A tanítók értékelése alapján a matematika tananyagban elért előrehaladási szintek megoszlása azt mutatja, hogy az első osztályosok 80%-a teljes vagy megfelelő haladást ért el az első félévben. Ez azt is jelenti, hogy a gyerekcsoportnak a 20%-a nem mutatott megfelelő haladást, vagyis minden tíz gyermekből kettőnek kudarcok sorozata az iskolai matematikatanulás. Ezek a gyermekek iskolaérettnek nyilvánítottként kezdték meg a tanulást, de az iskola első félévében nem tudták teljesíteni a matematika órákon elvárt szintet. A matematika és magyar tantárgyi haladás nagy korrelációja azt is jelzi, hogy az iskolai tanuláshoz kapcsolódó közös háttérmutatókról van szó, ami természetes, hiszen a teljes szenzomotoros és kognitív profilt vizsgáltuk. A következő kutatási lépésben a matematika és magyar tantárgyak haladásában meglévő különbségekkel fogjuk pontosítani a fejlődési profilt.

A jelen vizsgálat alapján egyértelműen a nagy idegrendszeri érési elmaradások, és nem az elvonatkoztató, következtető gondolkodás a fő oka a sikertelenségnek. A kutatási adatok jelzik, hogy az iskola kezdetén a munkamemória érettsége meghatározza a matematika tanulását. Emellett a mögöttes tényezők, a szenzomotoros érettség játszik még nagyon nagy szerepet. A mennyiségfogalom szintén a számolástanulással erősen korreláló képességcsoportba kerül, míg az elvonatkoztatási képesség kissé kevésbé fontos ebben a szakaszban.

A legjobban teljesítő gyermekek minden területen azokban a tesztekben mutatkoztak a többi megfelelően teljesítő gyermekhez képest jelentősen jobbnak, amelyek magasabb rendű szenzomotoros (ujjtudatosság, idői szekvencia) képességeket kívánnak. Ez azt jelzi, hogy az idegrendszeri érési sajátosság okoz a tanulásban nehézséget. Emellett kifejezetten a matematika tanulásában fontos kiváló elvonatkoztatási képesség és biztos mennyiségfogalom jellemzi a kognitív profiljukat.

A matematika tanításának a gyermekek szenzomotoros és kognitív működésének és a végrehajtó funkcióinak fejlesztésén kell alapulni, a számfogalom, az elvonatkoztatás és a mintatudatosság (Rittle-Johnson és mtsai, 2016) felismerésére irányuló tevékenységek, játékok, feladatok és problémák által. A szokásos tanítási módszerek a matematika tanulásához szükséges alapvető képességek hiánya miatt kudarcot vallanak. A teszteredmények előre jelzik a kudarcot és annak hátterét is. A szenzomotoros időszak a gyermekek kognitív fejlődésének lényeges szakasza, az az időszak, amikor a további kognitív fejlődés alapjai lerakhatók, beleértve a nyelv, a szimbolikus gondolkodás és a problémamegoldó képességek fejlődését. Az iskolai tanulás kezdetén tehát a fejlesztésre érdemes a jelenleginél sokkal nagyobb hangsúlyt tenni.

A szenzomotoros képességek jelentősége a matematika tanulásának hátteréként a kutatásban és az oktatási gyakorlatban egyaránt alulértékelt, pedig – mint azt mások és a mi eredményeink is mutatják – ezen a területen a megfelelő érettség elengedhetetlen a sikeres tanuláshoz.

A jövőben, amellett, hogy követjük a jelen kutatásban részt vevő gyerekek fejlődését, nagyobb mintán fogjuk ellenőrizni az eredményeket. Célunk, hogy a kudarcra vagy sikerre predesztináló profilokat feltárjuk, és a tanítók megfelelő fejlesztő foglalkozásokat kínálhassanak a gyerekeknek, ahelyett, hogy olyan kognitív funkciókra próbálnának építeni, amelyekkel a gyerekek még nem rendelkeznek.

Az iskola kezdetekor a gyerekek idegrendszeri érése még messze nem fejeződött be, folyamatban van, és könnyen fejleszthető. A célzott tréning az egyéni profil ismeretében gyors fejlődéshez vezethet. Kutatócsoportunk az első osztályos gyerekek széles kognitív

profilját vizsgálja, követi fejlődésüket, és olyan tanulási környezet kialakítását kínálja a tanítóknak, amelyben konkrét kognitív profiljellemzők alapján célzott képzés biztosítható.

Szükséges lenne további lépésként a tesztanyag nemzetközi adaptációja és ellenőrzése, hogy nemzetközi összehasonlító vizsgálatok is végezhetők legyenek. Egy gördülő sztenderd létrehozása és öndifferenciáló, adaptív játékok fejlesztése szintén sokat segítene a teszt 21. századi kívánalmaknak való megfeleltetésének.

Kutatócsoportunk egy olyan, elsősorban játékokból álló tesztet kíván majd kidolgozni, ami egyben fejlesztő rendszer is. Ez a rendszer folyamatosan tud majd adatot szolgáltatni a tanulóknak, a pedagógusnak, és a szülőknek is az egyén képességeinek fejlődéséről, illetve javaslatot tud tenni a rendszeren kívüli szükséges fejlesztésekre. Az adatokon alapuló tanulási környezet átalakítását célzó munkánk során a módszertanok fejlesztése és bevezetése folytatódik.

Köszönetnyilvánítás, támogatás

A tanulmány a Magyar Tudományos Akadémia Közoktatás-fejlesztési Kutatási Program támogatásával készült. A támogató mellett köszönetünket fejezzük ki a kutatásban partnerként résztvevő pedagógusoknak, a gyermekeknek és az iskoláknak.

Irodalom

Agostini, F., Zoccolotti, P. & Casagrande, M. (2022). Domain-General Cognitive Skills in Children with Mathematical Difficulties and Dyscalculia: A Systematic Review of the Literature. *Brain sciences, 12*(2), 239. DOI: 10.3390/brainsci12020239

Asakawa, A. & Sugimura, S. (2022). Mediating process between fine motor skills, finger gnosis, and calculation abilities in preschool children. *Acta psychologica,* (231), 103771. DOI: 10.1016/j.actpsy.2022.103771

Casey, B., Lombardi, C., Pollock, A., Fineman, B. & Pezaris, E. (2017). Girls' spatial skills and arithmetic strategies in first grade as predictors of fifth-grade analytical math reasoning. *Journal of Cognition and Development,* 18, 530–555. DOI: 10.1080/15248372.2017.1363044

Carlson, J. S. & Jensen, C. M. (1980). The factorial structure of the Raven Coloured Progressive Matrices test: A reanalysis. *Educational and Psychological Measurement, 40*(4), 1111–1116. DOI: 10.1177/001316448004000440

Cueli, M., Areces, D., García, T., Alves, R. A. & González-Castro, P. (2020). Attention, inhibitory control and early mathematical skills in preschool students. *Psicothema, 32*(2), 237–244. DOI: 10.7334/psicothema2019.225

Dékány, J. (2009). Tanulási sikeresség és matematikai kompetencia. *Gyógypedagógiai Szemle,* 5, 356–361.

Dékány, J. & Juhász, Á. (2018). *Kézikönyv a diszkalkulia felismeréséhez és terápiájához*. Logopédia Kiadó, Budapest.

Fernández-Méndez, L. M., Contreras, M. J., Mammarella, I. C., Feraco, T. & Meneghetti, C. (2020). Mathematical achievement: the role of spatial and motor skills in 6-8 year-old children. *PeerJ*, *8*, e10095. DOI: 10.7717/peerj.10095

Flores, P., Coelho, E., Mourão-Carvalhal, M. I. & Forte, P. (2023). Association between motor and math skills in preschool children with typical development: Systematic review. *Frontiers in psychology, 14*, 1105391. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1105391

Gilmore, C. & Cragg, L. (2018). The role of executive function skills in the development of children's mathematical competencies. In Henik, A. & Fias, W. (szerk.), *Heterogeneity of function in numerical cognition*. Elsevier Academic Press. 263–286. DOI: 10.1016/b978-0-12-811529-9.00014-5

Gyarmathy, É. & Smythe, I. (2000). Többnyelvűség és az olvasási zavarok. *Erdélyi Pszichológiai Szemle,* (december), 63–76.

Gyarmathy, É., Gyarmathy, Zs. & Szabó, Z. (2021). A Sakkpalota képességfejlesztő program hatásvizsgálata. *Új Pedagógiai Szemle, 71*(03–04).

Kertzman, S., Gyarmathy, E., Vainder, M., Vojtová, V., Mikulášek, L., Sirota, A., Motschnig, R., Hagelkruys, D. & Lerer, B. (2017) Web-based Real-time Neuropsychological Assessment in Dyslexia. *BMC Psychiatry, BPSY-D-16.* ISSN 1471-244X.

Kyttälä, M. & Lehto, J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education, 23*(1), 77–94. DOI: 10.1007/bf03173141

Krajcsi, A. (2005) Numerikus feladatok mögött meghúzódó elemi funkciók mérése a szelektív terhelés módszerével. *Magyar Pszichológiai Szemle, 60*(4), 457–478. DOI: 10.1556/mpszle.60.2005.4.2

Linder, S. M. & Simpson, A. (2018). Towards an understanding of early childhood mathematics education: A systematic review of the literature focusing on practicing and prospective teachers. *Contemporary Issues in Early Childhood,* 19, 274–296. DOI: 10.1177/1463949117719553

Parviainen, P. (2019). The development of early mathematical skills – A theoretical framework for a holistic model. *Journal of Early Childhood Education Research, 8*(1), 162–191.

Penner-Wilger, M. & Anderson, M. L. (2013). The relation between finger gnosis and mathematical ability: why redeployment of neural circuits best explains the finding. *Frontiers in psychology, 4*, 877. DOI: 10.3389/fpsyg.2013.00877

Pickavance, J. P., Giles, O. T., Morehead, J. R., Mushtaq, F., Wilkie, R. M. & Mon-Williams, M. (2022). Sensorimotor ability and inhibitory control independently predict attainment in mathematics in children and adolescents. *Journal of Neurophysiology, 127*(4), 1026–1039. DOI: 10.1152/jn.00365.2021

Pind, J., Gunnarsdóttir, E. K. & Jóhannesson, H. S. (2003). Raven's Standard Progressive Matrices: new school age norms and a study of the test's validity. *Personality and Individual Differences, 34*(3), 375–386. DOI: 10.1016/s0191-8869(02)00058-2

Rittle-Johnson, B., Fyfe, E. R., Hofer, K. G. & Farran, D. C. (2017). Early Math Trajectories: Low-Income Children's Mathematics Knowledge From Ages 4 to 11. *Child development, 88*(5), 1727–1742. DOI: 10.1111/cdev.12662

Rohde, T. E. & Thompson, L. A. (2007). Predicting academic achievement with cognitive ability. *Intelligence, 35*(1), 83–92. DOI: 10.1016/j.intell.2006.05.004

Sebestyén, E. (2019). A pedagógiai adatvezérelt döntéshozatal: elméleti megközelítések és vizsgálati lehetőségek. *Magyar Pedagógia, 119*(4), 287–312. DOI: 10.17670/mped.2019.4.287

Smythe, I (2002) Cognitive *factors underlying reading and spelling difficulties: a cross-linguistic study.* A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Psychology, School of Human Sciences, University of Surrey, Guildford, UK.

Tikhomirova, T., Malykh, A. & Malykh, S. (2020). Predicting academic achievement with cognitive abilities: Cross-sectional study across school education. *Behavioral sciences, 10*(10), 158. DOI: 10.3390/bs10100158

Von Aster, M. & Shalev, R. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology, 49*(11), 868–873. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x

Melléklet

A Szenzomotoros és Kognitív Profil tesztnek jelen kutatásban használt feladatai és mutatói

		Teszt név	Teszt mutató
Mat.	Elvonatkoztatás	Figurák – figurális absztrakció, mintázat keresés, következtetés	helyes válasz
	Mennyiségfogalom	Mennyiségek – mennyiség és számfogalom kialakulása	helyes válasz
Végrehajtó funkciók	Munka-memória	Fordított számismétlés – munkamemória hatékonysága	helyes válasz
		Fordított számismétlés – munkamemória terjedelme	leghosszabb
		Számismétlés – auditív szekvenciális memóriahatékonyság	helyes válasz
		Számismétlés – auditív szekvenciális memóriaterjedelem	leghosszabb
	Kontroll	Go – no go feladat – fékrendszer	hatékony. pont
		Go – no go feladat – precízió	precízió pont
Szenzomotoros fejlettség	Szekvencialitás	Téri szekvencia – téri szekvenciális feldolgozás	helyes válasz
		Idői szekvencia – idői szekvenciális feldolgozás	helyes válasz
	Szenzomotoros hatékonyság	Beszédhang-megkülönböztetés – beszédhangdifferenciálás	helyes válasz
		Alak-háttér – alak-háttér differenciálás, pásztázó szemmozgás	helyes válasz
		Téri irány – térorientáció, pásztázó szemmozgás	helyes válasz
	Testséma, térorientáció	Testrészek azonosítása – testséma	helyes válasz
		Ujjak azonosítása – ujjtudatosság	helyes válasz
		Környezeti tárggyal viszonylat – téri viszonyok azonosítása	helyes válasz
	Egyensúlyozás	Nyitott szemmel jobb lábon – szenzomotoros integráció	idő
		Nyitott szemmel bal lábon – szenzomotoros integráció	idő
		Csukott szemmel jobb lábon – szenzomotoros integráció	idő
		Csukott szemmel bal lábon – szenzomotoros integráció	idő

Absztrakt

Kutatásunkban az általános iskola első osztályosainak különböző területeken mutatott fejlődését követjük. Az itt közreadott első vizsgálatok során felmértük 415 iskolát kezdő tanuló szenzomotoros és kognitív képességeit, és ezeket a profilokat összehasonlítottuk a tanítóik értékelése alapján a matematikai tanulmányi sikeresség szintjével. A Szenzomotoros és Kognitív Profil Teszt olyan eszköz a tanítók számára, amellyel információt szerezhetnek a gyermekek fejlődési profiljáról, hogy az eredmények alapján megtervezhessék a matematikatanulás személyre szabott módszereit adatalapú döntésekkel. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a gyerekek 20%-a nem rendelkezik a matematikatanuláshoz elengedhetetlenül szükséges kiforrott munkamemóriával, szenzomotoros és kognitív funkciókkal. Az első osztályosoknak csak 53%-a tudta jól elsajátítani a tananyagot. Az első osztályosok azon csoportjai, akik az iskola első hónapjaiban kudarcot vallottak vagy nagyon gyengén teljesítettek matematikából, minden megfigyelt változóban eltértek a jobban teljesítő csoportoktól. Az eredmények megerősítették, hogy az absztrakt gondolkodás és a mennyiségfogalom mellett a legkritikusabb terület a munkamemória. Számos szenzomotoros terület, mint például a testséma és a térbeli tájékozódás, a szerialitás, sőt az egyensúlyérzék is azok közé a területek közé tartozik, amelyeket javítani kell ahhoz, hogy a gyerekeknek esélyük legyen elfogadható eredményeket elérni a matematika tanulásában.

Kulcsszavak: adatalapú döntéshozatal, iskolakezdés, matematika, szenzomotoros és kognitív profil