

BODNÁR FRUZZINA

A FIZIKAI AKTIVITÁS HATÁSA AZ ÁLTALÁNOS ISKOLÁS TANULÓK MATEMATIKAÓRÁIN – SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

THE EFFECT OF PHYSICAL ACTIVITY ON PRIMARY SCHOOL STUDENTS MATHEMATICS LESSONS – REVIEW

Tokaj-Hegyalja Egyetem, Neveléstudományi Intézet

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Neveléstudományi Doktori Iskola

Absztrakt

A fizikai aktivitás szerepe az alsó tagozatos tanulók oktatásában egyre nagyobb figyelmet kap. Kutatások szerint az irányított fizikai aktivitás a matematikaórákon hozzájárul a tanulmányi eredmények, a matematikai kompetenciák, a kognitív képességek, valamint a pszichés fejlődés javításához.

A szakirodalmi áttekintés célja: a fizikai aktivitás komplex hatásainak megfigyelése az általános iskolás tanulók matematikaóráin. Továbbá célja, hogy hangsúlyozza a téma jelentőségét, valamint átfogó képet kapjunk a fizikai aktivitás és a matematikai teljesítmény közötti kapcsolatról, különös tekintettel a beavatkozási program hatékonyságára. Az elemzés olyan tudományos szakcikket feldolgozásán alapul, amelyek a fizikai aktivitás és a matematika tantárgy tanulási összefüggéseit vizsgálták az általános iskolás korosztályokban, 2010 és 2024 között megjelent publikációk alapján.

A kutatásban 22 tanulmány szerepelt, amelyek a 6–12 éves korosztályt vizsgálták, 20 és 600 tanuló közötti mintákkal. Az intervenciók rövid (8–12 hét) és hosszú távú (6–12 hónap) pedagógiai kísérletek voltak. Az eredmények azt mutatták, hogy a fizikai aktivitás integrálása a matematikaórákba javítja a tanulók teljesítményét, különösen a számolási készségeket és problémamegoldó képességeket. A mozgásos órák növelték a tanulók önbi-zalmát, motivációját, figyelmét, és csökkentették a szorongást.

A kutatások szerint a fizikai aktivitás javítja a tanulók érzelmi jóllétét, ami hosszú távon is segíti a tanulási kedvet és kitartást. Hazánkban a téma további empirikus kutatásokat igényel.

Kulcsszavak: *matematikaoktatás, tanulói teljesítmény, testmozgás és oktatás, kognitív fejlődés, pszichés hatások*

Abstract

The role of physical activity in primary school student's education is gaining increasing attention. Research shows that guided physical activity during mathematics lessons contributes to academic performance, mathematical skills, cognitive abilities, and psychological development. The aim of the literature review is to present the complex effects of physical activity on mathematics lessons for primary school students. Furthermore, it seeks to emphasize the significance of this topic and provide a comprehensive overview of the relationship between physical activity and mathematical performance, with a particular focus on the effectiveness of intervention programs. The analysis is based on the review of scientific articles that have examined the connections between physical activity and mathematics learning in primary school age groups, drawing on publications published between 2010 and 2024. The research included 22 studies focusing on children aged 6 to 12, with sample sizes ranging from 20 to 600 student's. The interventions were short-term (8-12 weeks) and long-term (6-12 months) pedagogical experiments. The results showed that integrating physical activity into mathematics lessons positively impacts student's performance, particularly in calculation skills and problem-solving abilities. The physical activity sessions increased student's motivation and attention, reduced anxiety, and boosted their self-confidence.

The studies also revealed that physical activity enhances student's emotional well-being, which contributes to sustained learning interest and perseverance in the long term. In Hungary, there is a need for further empirical research on the topic.

Key-words: *Mathematics Education, Student Performance, Exercise and Education, Cognitive Development, Psychological Effects*

Bevezetés

A kutatás a kisiskolások azon életévében kezdődik, amikor a gyermek személyiségének szerveződésében igen jelentős változások történnek. Felgyorsul szomatikus és pszichikus érése, alkalmassá válik az iskolai oktatásban való részvételre a vele egykorúak csoportjában. Ebben az időben esik át az első alakváltozáson. A végtagok a törzshöz képest hosszabbak lesznek, izmaik erősebben kirajzolódnak, a törzs henger alakú formája megszűnik, mert a váll szélesebbé fejlődik, mint a medence, az arc középső és alsó része is fokozott fejlődésnek indul, ezáltal a homlok aránylag kisebb lesz, a gyermek arckifejezése megváltozik.

A mozgásszervek erősödése, a végtagok meghosszabbodása következtében a mozgásformák gazdagodnak, biztonságosabbá válnak, a gyermek újfajta cselekvésekre lesz képes. Az idegrendszer érése lehetővé teszi, hogy a mozgásain jobban tudjon uralkodni. Ezt a fejlődési szakaszt kell kibontakoztatni a következő vizsgálat területén.

Egyre több kutatás tanulmányozza a matematikai képességek fejlődésében a fizikai aktivitás és a kognitív teljesítmény egymásra hatását. A fizikai aktivitás inkább az egészség megőrzésében játszik kulcsszerepet, de pozitív hatással van a tanulási folyamatra is. A figyelem fejlesztését, a végrehajtó funkciók erősítését és a tanulói motiváció növelését is javítja.

A tanulmányi eredmények fejlesztése egyre inkább előtérbe kerül (Sember, Jurak, Kovač, Morrison és Starc, 2020). Az iskolai mozgással összekötött órák a viselkedésben és a tanulási eredményekben pozitívan mutatkoznak meg (Davis és Cooper, 2011).

Vannak kevésbé tanulmányozott területek, amelyek a következőek: a fizikai aktivitás hatása a matematikai teljesítményre, valamint a tanulók tudásának és készségeinek fejlődésére.

A tanulmány célja az, hogy a beavatkozási program hatékonysága alapján átfogó képet adjon a fizikai aktivitás és a matematikai teljesítmény kapcsolatáról.

Az elmúlt évek kutatásaira építve a pedagógiai alkalmazhatóság lehetőségeinek feltárására törekszünk. Ez a tanulmány áttekintést nyújt az elmúlt évek során végzett kutatások eredményeiről, és segít abban, hogy érthetőbb képet kapjunk erről a fontos és aktuális témáról, amely a diákok jövőjét is irányíthatja.

Elméleti háttér

A mozgás, hatással van a gyermekek kognitív fejlődésére és iskolai teljesítményére (Álvarez-Bueno, Pesce, Caverro-Redondo, Sánchez-López, Martínez-Hortelano és Martínez-Vizcaíno, 2017). Tehát a mozgással egybekötött tanulás és a rövid mozgásos szünetek is jótékony

hatással vannak a gyermekek iskolai teljesítményére (Daly-Smith, Zwolinsky, McKenna, Tomporowski, Defeyter és Manley, 2018).

A fizikai aktivitás integrálása a tanulási folyamatba nem csupán kiegészítő módszertant jelent, hanem paradigmaváltást a hagyományos, „székcentrikus” oktatási modellekkel szemben (Donnelly, Hillman, Greene, Hansen, Gibson, Sullivan, Poggio, Mayo, Lambourne, Szabo-Reed, Herrmann, Honas, Scudder, Betts, Henley, Hunt és Washburn, 2017). Így az általános iskolás tanulók óra közben való fizikai aktivitása és matematikai teljesítménye közötti kapcsolat vizsgálata ösztönözheti a pedagógusokat és döntéshozókat arra, hogy nagyobb figyelmet fordítsanak a testmozgásra iskolai környezetben a tanórán. A fizikailag tevékeny tanulás, amely az osztálytermi órák során a diákok aktív részvételére épít, hatékonyan hozzájárulhat az akadémiai tanulás fejlődéséhez és eredményeihez, különösen a matematikában (Bognár, Kertész és Szakály, 2023). A közismereti órákon és iskolai tevékenységek során alkalmazott különböző módszerek, valamint a tanítási folyamatba beépített mozgásos aktivitások jelentős mértékben elősegítik a tanulási folyamat hatékonyabb támogatását (Lívják, 2023).

A fizikai aktivitás hatásrendszere

A fizikai aktivitás pozitív hatásai az agyműködésre és a tanulási folyamatokra egyre inkább előtérbe kerülnek az oktatásban. Kutatási eredmények igazolják, hogy a mozgás segíti a kognitív képességek fejlődését, javítja a koncentrációt, és támogatja a tanulási teljesítményt. Ez a hatás különösen jelentős olyan tantárgyak esetében, mint a matematika, ahol a logikus gondolkodás és a problémamegoldás fejlesztése kiemelt szerepet kap (Mavilidi és Vazou, 2021; Donnelly és Lambourne, 2011).

A mozgás elősegíti az agy oxigénellátottságának és vérkeringésének javulását, ami serkenti az idegrendszer működését, ezáltal támogatva a tanulási folyamatot. A megnövekedett agyi véráramlás következtében javulhat a gyermekek figyelve, emlékezete és végrehajtó funkciói (Hillman, Kamijo, és Scudder, 2011).

Emellett javítja a munkamemóriát, amely elengedhetetlen az új információk megőrzéséhez és az összetett feladatok elvégzéséhez. Az aktív tanulási módszerek elősegítik a hosszú távú emlékezeti folyamatokat, így a tanulók könnyebben felidéznek és alkalmazzák az elsajátított ismereteket (Donnelly és mtsai., 2017).

A fizikai aktivitás nem kizárólag a megismerő (kognitív) teljesítményt javítja, hanem pozitív hatással van az érzelmi állapotra és a stresszkezelésre is. A rendszeres mozgás serkenti az endorfinok és a dopamin termelését, amelyek hozzájárulnak a jobb hangulathoz és a csökkentett stressz-szinthez (Davis és Cooper, 2011). Az érzelmi állapotok közvetlen hatással lehetnek a tanulási folyamatra. Ha a gyermekek feszültek, frusztráltak vagy szoronganak, nehezebben tudnak koncentrálni és teljesíteni az iskolai feladatokban. A fizikai

aktivitás segíthet az érzelmi egyensúly fenntartásában, ezáltal elősegítve a hatékonyabb tanulást és jobb iskolai teljesítményt (Donnelly és mtsai., 2017). A 6–12 éves gyermekek érzelmi fejlődése is jelentős változásokon megy keresztül.

A gyermekkorban ez a szakasza, kedvező körülmények között, a harmonikus, kiegyensúlyozott fejlődés ideje. A gyerekek egyre jobban képesek szabályozni az érzelmeiket, de a motivációjuk és tanulási kedvük továbbra is erősen függ a környezetüktől és az oktatási módszerektől (Davis és Cooper, 2011).

A matematika az oktatási rendszer egyik alapvető pillére, amely nélkülözhetetlen a tanulmányok sikerességéhez. Az olyan oktatási megközelítések, amelyek a mozgást a tanítás részévé teszik, nemcsak hatékonyabbá formálják az oktatási anyag elsajátítását, hanem növelik a tanulók motivációját is (Mullender-Wijnsma, Hartman, W. de Greeff, Doolaard, Bosker és Visscher, 2016). A fizikai aktivitás és a tanulmányi eredmények közötti kapcsolatot igazoló vizsgálatok alátámasztják, hogy a mozgásos tevékenységek beépítése az oktatásba nem pusztán a tanulási teljesítmény növekedését eredményezi, hanem hozzájárul a tanulók kiegyensúlyozott fejlődéséhez is (Fedewa és Ahn, 2011).

A matematika módszertani innovációi

A matematika oktatása a modern társadalom egyik alapvető pillére, amely messze túlmutat a pusztán számolási készségeken. A tantárgy elsődleges célja, hogy fejlessze a tanulók kritikus gondolkodását, problémamegoldó képességét és a logikai struktúrák megértését. Ezek a készségek nélkülözhetetlenek nemcsak az iskolai tanulmányi sikerhez, hanem a mindennapi élet kihívásaival való megbirkózáshoz is. Ugyanakkor egyre nagyobb hangsúlyt kap a valós élethez kapcsolódó problémák matematikai eszközökkel való megoldása, ami lehetővé teszi a tanulók számára, hogy átlássák a tantárgy gyakorlati hasznosságát. A matematika tanulása során kialakuló logikai gondolkodás minden egyéb tantárgy tanulását is megkönnyíti (Hillman, Kamijo és Scudder, 2011).

A matematika oktatási módszerei az elmúlt évtizedekben jelentős átalakuláson mentek keresztül. A hagyományos, elméletközpontú oktatás mellett egyre nagyobb teret nyernek az aktív, élményalapú tanulási módszerek. A mozgásalapú tanulás egyre népszerűbb megközelítése a matematika oktatásának. A módszer lényege, hogy a tanulók testmozgással sajátítják el a matematikai fogalmakat, például ugrálva gyakorolják a szorzótáblát, vagy testtartásokkal ábrázolják a geometriai alakzatokat. Ez a megközelítés különösen hatékony a fiatalabb korosztály számára, hiszen egyben figyelemfejlesztő hatással is bír (Bidzan-Bluma és Lipowska, 2018).

A fizikai aktivitás akkor fejti ki kedvező hatását, ha a mozgás megfelelően van felépítve és beépítve az óra menetébe, például rövid, intenzív szakaszok formájában (Bidzan-Bluma és Lipowska, 2018).

A matematika oktatásának egyik legnagyobb kihívása a matematikai szorongás leküzdése. Számos tanuló számára a tantárgy félelmet és bizonytalanságot kelt, ami gátolja a teljesítményt. Ennek enyhítésében kulcsfontosságú a gyakorlati alkalmazások bemutatása. Összességében elmondható, hogy a matematika oktatása folyamatos átalakuláson megy keresztül, hogy megfeleljen a 21. század kihívásainak. A modern módszerek alkalmazása, mint a mozgásalapú tanulás, segítenek abban, hogy a matematika élvezhető és hatékony legyen minden gyermek számára (Fedewa és Ahn, 2011).

A fizikai aktivitás és a matematikai teljesítmény kapcsolata az életkori sajátosságok tükrében

Számos kutatás igazolta, hogy a fizikai aktivitás jelentősen befolyásolja a gyermekek matematikai teljesítményét, azonban ez a kapcsolat erősen függ a fejlődési szakasztól és az életkori sajátosságoktól (Donnelly és mtsai., 2017). A különböző korosztályokra jellemző neurológiai és kognitív fejlődés más-más mozgásformák hatékonyságát eredményezi a matematikai tanulás területén.

Az általános iskolás korosztály (6–12 éves) jelentős fizikai fejlődésen megy keresztül, beleértve az izomzat erősödését, a mozgáskoordináció fejlődését és az állóképesség növekedését (Syväoja és mtsai., 2024). A fiatalabb gyermekeknél (6–9 évesek) a nagymozgások dominálnak, míg az idősebb korosztálynál (10–12 évesek) a finommozgások és a koordinált mozgásminták fejlődése válik meghatározóvá (Mavilidi és Vazou, 2021). A fiatalabb diákok természetes kíváncsiságuk és nagy mozgásigényük miatt jobban érdeklődnek az aktív tanulási módszerek iránt (Mavilidi és Vazou, 2021). Az életkor előrehaladtával a belső motiváció csökkenhet, ezért különösen fontos, hogy az oktatási módszerek támogassák az érdeklődést fenntartó stratégiákat. Ez a differenciáltság mind a mozgásformák, mind a matematikai tartalmak kiválasztásánál alapvető szempont kell hogy legyen a modern oktatási gyakorlatban (Donnelly és mtsai., 2017).

Kutatási célkitűzések

A tanulmány fő célja az volt, hogy megvizsgálja az általános iskolás tanulók fizikai aktivitása és matematikai teljesítménye közötti kapcsolatot, különös tekintettel a különböző időtartamú beavatkozások (rövid és hosszú távú programok) hatásaira. Valamint a lényeg nemcsak az összefüggések feltárása volt, hanem olyan tanítási gyakorlatok szempontjából releváns következtetések levonása is, amelyek segíthetik a testmozgás integrálását az általános iskolai matematikaoktatásba.

A kutatás módszerei

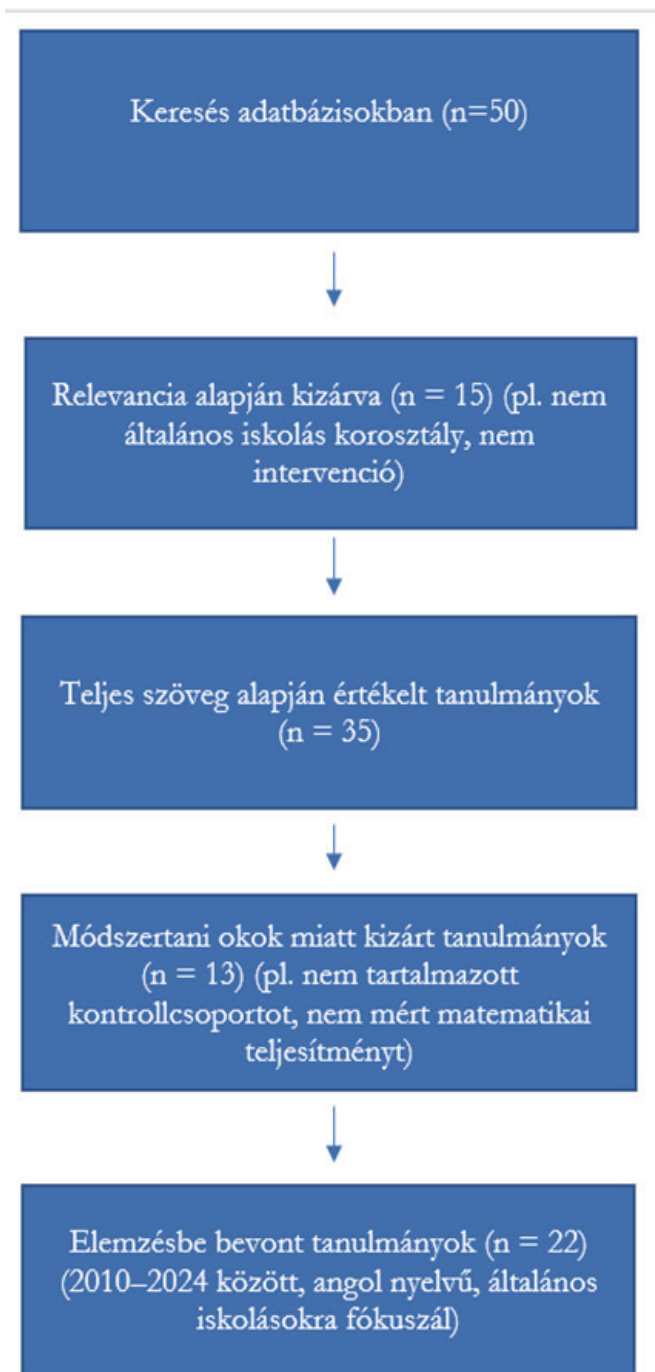
Jelen tanulmány szakmailag lektorált szakcikknek elemzésén alapul. A módszertani megközelítés során a PRISMA-irányelveket követve történt az irodalmak azonosítása, kiválasztása és elemzése. A PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) egy nemzetközileg elismert módszertani útmutató, amely a szisztematikus szakirodalmi áttekintések és elemzések átláthatóságát és megbízhatóságát segíti elő – ezek az elvek a jelen tanulmány teljes folyamatában érvényesültek. Ez a folyamat magában foglalja a releváns tanulmányok strukturált keresését, a beválogatási és kizárási kritériumok meghatározását, valamint az eredmények részletes elemzését, biztosítva, hogy az áttekintés tudományosan megalapozott és reprodukálható legyen. Az első lépés a releváns szakirodalmak felkutatása volt, amelyhez a Google Scholar és a PubMed nemzetközi adatbázist használtuk. A keresés során az alábbi kulcsszavak szolgáltak alapul: „*physical activity and maths*” (fizikai aktivitás és matematika), „*physical activity children learning*” (fizikai aktivitás és gyermekek tanulása), „*cognitive abilities*” (kognitív képességek), „*physical activity and student performance*” (fizikai aktivitás és tanulói teljesítmény).

A szűrési kritériumok közé tartoztak a 2010 és 2024 között publikált tanulmányok, melyek teljes szövege elérhető, és angol nyelven készültek. A keresési kritériumnak nem volt megfelelő magyar nyelvű szakirodalom. Az intervenciók fókuszában az általános iskolás korú gyermekek álltak. A vizsgálatok matematikai teljesítményt és/vagy kognitív, affektív funkciókat mértek, a fizikai aktivitás és a matematika tantárgy tanulási összefüggéseit vizsgálták. A keresés eredményeképpen összesen $N = 22$ tanulmányt választottunk ki, melyek alkalmazható információkat szolgáltatnak a kutatás szempontjából. A kutatásokban szereplő minta tanulmányonként 20-600 résztvevő volt, és a gyermekek életkora 6–12 év közötti. A beavatkozás időtartama szerint rövid és hosszú (8–12 hét és 6–12 hónap) pedagógiai kísérletek voltak.

Az adatokat Excel-táblázatba rendszereztük, ahol a kutatási eredmények átlátható módon szerepeltek. A kutatás során nem végeztünk új statisztikai elemzést, hanem a kutatások eredményei alapján végeztük az összehasonlítást. Az Excel-táblázatok lehetővé tették, hogy a tanulmányokban szereplő eredményeket, mutatókat következtetésként összevegyük. Ezen eredmények alapján az összefüggéseket, hasonlóságokat és a különbségeket kerestük.

Különösen a fizikai aktivitás és a következő tényezők közötti kapcsolatokra keresve a választ, mint:

- rövid és hosszú távú programok hatásai,
- életkori különbségekre való hatás,
- mentális tényezőkre való hatás,
- tanulmányi teljesítményre és kognitív funkciókra gyakorolt hatások.



1. ábra: Szakirodalmi keresési stratégia

Eredmények

A 22 tanulmány azt mutatta, hogy a fizikai aktivitás pozitív hatással van a kognitív funkciókra, a tanulmányi eredményekre és az osztálytermi viselkedésre. Az eredmények a beavatkozások során a rövid távú előnyöktől kezdve a hosszú távú programok fenntartható hatásáig terjedtek.

A tanulmányok eredményeinek bemutatása a következő főbb szempontok alapján történt:

Az intervenció időtartama szerinti hatások: Megvizsgáltuk, hogy a rövid és hosszú távú programok milyen különbségeket mutatnak a tanulók matematikai teljesítményére és kognitív fejlődésére gyakorolt hatásukban.

Életkori sajátosságok: Elemzésre került, hogy az egyes életkori csoportok esetében a fizikai aktivitás hogyan befolyásolja a tanulási eredményeket.

Mentális tényezőkre való hatás: Megnéztük, hogy a fizikai aktivitás milyen mértékben befolyásolja a diákok mentális teljesítményét, elsősorban a munkamemória, figyelem és információfeldolgozás részéről. Ezek a mentális tényezők az eredmények több dimenzióján vonulnak végig. Fokozatosan nagyobb és nagyobb nehézségeket tudtak leküzdeni a feladatteljesítés örömeire.

Tanulmányi teljesítményre és kognitív funkciókra gyakorolt hatások: Az eredmények ismertetése során külön figyelmet fordítottunk a matematikai teljesítmény, a végrehajtó funkciók, a figyelmi kapacitás és az affektív tényezők változásaira. Ezek a tényezők megjelentek az eredmények több dimenziójában is.

Az eredmények átfogó képet nyújtanak a fizikai aktivitás beépítésének pedagógiai előnyeiről, és kiemeltük azokat a tényezőket, amelyek a legnagyobb hatással lehetnek a tanulók fejlődésére. A tanulmányok kutatási és kontrollcsoportot vizsgáltak az összes tanulmányban, az eredményeket a kutatás elején, végén és közepén vették fel.

Rövid távú programok hatásai

A rövid távú programok alatt a beavatkozási időt értjük, mely 8–12 hét közé tehető. 2–3 hónapig a matematikaórán megjelentek az alábbi mozgásformák. Hetente 2–5 alkalommal, 20–45 perces foglalkozásokat végeztek a diákokkal. Több formája is megfigyelhető a tanulmányokban: mozgásos matematikaórák (számsorok ugrálva történő gyakorlása, fizikai aktivitással megszakított tanulási blokkok [5-10 perces aktív szünetek óra közben – álló helyzetben végzett egyszerű mozgások: ugrálás, nyújtás, labdás feladatok]), testnevelésórákba integrált matematikai feladatok.

A vizsgált tanulmányok eredményei szerint a 8–12 hetes programok átlagosan 25-30%-os javulást mutattak a koncentráció területén, míg a tantermi foglalkozások során a figyelemelvonás mértéke 19%-kal csökkent (Boz és Kiremitci, 2020). Ez különösen fontos a

matematika tanulása szempontjából, hiszen az összetett feladatok megoldásához elengedhetetlen a kitartó koncentráció. Az alap számolási készségek területén 22%-os növekedést figyeltek meg a számolási pontosságban, míg a szorzótábla memorizálási ideje 15%-kal csökkent, amikor a tanulás ritmikus mozgással párosult (Fedewa és Ahn, 2011). Öt tanulmány szerint a diákok gyorsabban reagáltak, és kevesebb hibát követtek el az egyszerű és összetett feladatok során. Ebből azt a konklúziót vonhattuk le, hogy a reakcióidő és a hibaarány is javult (Boz és Kiremitci, 2020; Fedewa és Ahn, 2011; Janssen és mtsai., 2014; Magistro, Cooper, Carlevaro és Marchetti, 2022; Van Den Berg, Saliasi, De Groot, Jolles, Chinapaw és Singh, 2016).

A végrehajtó funkciók fejlődése szintén kimutatható volt a rövid távú programok során. A munkamemória kapacitása 0,41-es effektmérettel növekedett, ami a többlépéses matematikai műveletek hatékonyabb végrehajtását tette lehetővé (Hillman, Kamijo és Scudder, 2011). A gondolkodási rugalmasság terén 14%-os javulást regisztráltak, ami a különböző típusú feladatok közötti gyors váltást segíti elő (Janssen, Chinapaw, Toussaint, van Mechelen és Verhagen, 2014).

Hosszú távú programok hatásai

A hosszú távú programok alatt szintén a beavatkozási időt értjük, mely 6–12 hónap közé tehető. Egy fél vagy egy teljes tanév állt a vizsgálatok rendelkezésére, ahol a matematikaórán megjelentek a mozgásos tevékenységek. Több programban matematikai feladatokat végeztek mozgás közben. Folyamatos mozgás jött létre a matematikaórán, mely közben számolásokat oldottak meg, csoportosan vagy egyénileg mozogtak a diákok (Morris, Archbold, Bond és Daly-Smith, 2022; Vetter, O'Connor, O'Dwyre, Chau és Orr, 2019). Ezeket a mozgásokat minden héten, minden órán végeztették a tanulókkal.

A 6–12 hónapos mozgásalapú intervenciók kutatási eredményei rendkívül kedvező hatásokat mutattak a tanulók matematikai teljesítményére és kognitív fejlődésére nézve. A hosszabb programok lehetőséget adnak tartós neurológiai változások kialakulására, amelyek mélyebb és stabilabb eredményeket hoznak. A vizsgált tanulmányok egyértelműen bizonyítják, hogy a fél évet meghaladó mozgásos programok átlagosan 35-40%-os javulást eredményeznek a matematikai problémamegoldó képességben, míg az algebrai és geometriai fogalmak megértése 30%-kal gyorsabbá válik. A hosszabb időtartam elősegíti a komplex matematikai készségek fejlődését, különösen a logikai következtetés és a gondolkodás terén (Morris, Archbold, Bond és Daly-Smith, 2022).

A kognitív funkciók fejlődése szempontjából a legjelentősebb változások a munkamemória jelentős javulásában és a végrehajtó funkciók fejlődésében figyelhetők meg, ezeken a területeken 42%-os növekedést mértek (McPherson, Mackay, Kunkel és Duncan, 2018). A rendszeres testmozgás hosszú távon strukturális változásokat idéz elő az agyban, különösen

a hippocampusz és a prefrontális kéreg területén, ami közvetlen hatással van a tanulási képességekre (Hillman, Kamijo és Scudder, 2011).

A módszertani szempontok közül kiemelkedően fontos a heti 3-4 alkalommal végzett, 30-45 perces mozgásos tevékenységek rendszeres alkalmazása. A legjobb eredményeket azok a programok érték el, amelyek a matematika tananyagát mozgásos játékokba és sporttevékenységekbe integrálták. A koordinációs és stratégiai elemeket hangsúlyozó mozgásformák különösen hatékonyak a komplex matematikai készségek fejlesztésében (Morris, Archbold, Bond és Daly-Smith, 2022).

A hosszú távú programok további előnyei közé tartozik a matematikai motiváció tartós növekedése, amely 62%-os emelkedést mutat a tantárgy iránti pozitív attitűdökben, valamint a matematikai szorongás csökkenése, amely 40%-os visszaesést jelent (Vazou és Skrade, 2016). Ezek a pszichológiai hatások közvetve, de jelentősen hozzájárulnak a tanulmányi teljesítmény javulásához (McPherson, Mackay, Kunkel és Duncan, 2018).

A viselkedés és a figyelem javulása az osztályteremben többféle programban is megfigyelhető. A legintenzívebb eredményeket az osztályteremi viselkedésben az állóasztalok alkalmazásával érték el, melyek csökkentették az osztálytermi nyugtalanságot, és jobban növelték a diákok aktivitásszintjét. A tanulási környezetet változtatták meg, és a tanulást állva végezték, nem pedig a megszokott ülő helyzetben (Clemes, Barber, Bingham, Ridgers, Fletcher, Pearson, Salmon és Dunstan, 2016).

Kategória	Rövid távú programok (8–12 hét)	Hosszú távú programok (6–12 hónap)
Fő cél	Azonnali figyelem- és motivációnövelés	Tartós kognitív és érzelmi fejlődés
Matematikai fejlődés	Alapműveletek, gyors számolás	Szöveges feladatok, problémamegoldás
Kognitív hatások	Munkamemória, figyelem javult	Problémamegoldás, végrehajtó funkciók fejlődtek
Pszichológiai hatások	Rövid távú motiváció növekedett	Hosszú távú önbizalom javult
Fenntarthatóság	Gyors eredmények, de rövid hatásidő	Hosszú távú tanulási előnyök
Testmozgás hatása	Azonnali hatás	Tanulási folyamat hosszú távú fejlődése

1. táblázat: Rövid és hosszú távú programok összehasonlítása

Életkori különbségek hatása

A fizikai aktivitás eltérő módon befolyásolta a különböző életkorú gyermekek matematikai teljesítményét, kognitív fejlődését és tanulási attitűdjét. A kutatások alapján megfigyelhető, hogy a különböző korú tanulók más-más módon profitáltak a mozgásalapú oktatási programokból.

A fiatalabb diákok (9-10 évesek) esetében a fizikai aktivitás jelentős hatást gyakorolt az alapvető matematikai készségekre és a tanulási motivációra. Ebben az életkorban az idegrendszer fejlődése és a mozgás közötti kapcsolat különösen erős, így a mozgással támogatott tanulás segítette a figyelem fenntartását és a számolási készségek fejlődését, ahol a hatás nagyságát közepes mértékű effektméret jelezte ($d = 0,38$; $p < 0,05$) (Boz és Kiremitci, 2020).

A rendszeres fizikai aktivitás segítette a gyermekek figyelmi képességeinek javulását, ezáltal észrevehető, hogy ebben a korosztályban a rövid távú kísérletek hatásosabbak voltak, és ez közvetlenül támogatta a matematikai feladatok elvégzését. A mozgásos játékokkal kombinált tanulási folyamat (pl. ugrálás közbeni számolás), segítette a számfogalom kialakulását és az alapműveletek gyorsabb megértését. A mozgásos feladatok hozzájárultak a játékos tanuláshoz, amely ebben az életkorban különösen hatékony, és ez növelte a matematika iránti érdeklődést (Beatriz Berrios, Vallejo és Román, 2019; Mavilidi, Lubans, Miller, Eather, Morgan, Lonsdale, Noetel, Karayanidis, Shaw és Riley, 2020; Harvey, Lambourne, Greene, Gibson, Lee és Donnelly, 2017).

Az idősebb diákok (11-12 évesek) esetében a fizikai aktivitás hatása összetettebb. Ebben az életkorban a kognitív fejlődés már előrehaladottabb, és a tanulók egyre bonyolultabb matematikai feladatokkal találkozhatnak. A mozgás inkább a végrehajtó funkciókat és a problémamegoldó gondolkodást fejlesztette ($d = 0,51$; $p < 0,01$) (Sneck és mtsai., 2016). Az effektméret (d) itt Cohen-féle mutató, ahol 0,2 feletti érték kis, 0,5 feletti érték közepes, 0,8 feletti érték pedig nagy hatást jelent (Cohen, 1988).

A rendszeres testmozgás hatással volt a munkamemóriára és a végrehajtó funkciókra, ami segítette a bonyolultabb matematikai problémák megoldását. A fizikai aktivitás hozzájárult a tanulási állóképesség növekedéséhez, amely segített a hosszabb ideig tartó matematikai feladatok elvégzésében. Az idősebb tanulók nagyobb tanulmányi nyomásnak vannak kitéve, és a mozgás csökkentette a teljesítményszorongást, ezáltal javítva a matematikai eredményeket.

Szemponatok	9–10 évesek	11–12 évesek
Fő cél	Az alapvető matematikai készségek fejlesztése mozgással	Összetettebb matematikai gondolkodás elősegítése fizikai aktivitással
Matematikai fejlődés	Fejlődés az alpműveletekben és a számolási készségekben	Jobb problémamegoldás, összetett matematikai összefüggések felismerése
Kognitív hatások	Figyelem és munkamemória javulása	Stratégiai gondolkodás és végrehajtó funkciók erősödése
Pszichológiai hatások	Növekvő önbizalom, motiváció és aktív részvétel az órákon	Erősebb tantárgyi elköteleződés, csökkenő szorongás matematikából
Fenntarthatóság	A hatások rövid és középtávon fennmaradnak, de folyamatos támogatás szükséges	A hatások hosszabb ideig fennmaradnak, nagyobb az önálló tanulási hajlandóság
Testmozgás hatása	Jobb koncentráció, energikusabb részvétel	Stresszkezelési képesség fejlődése

2. táblázat: Életkori különbségek összehasonlítás

Megbeszélés

A jelen tanulmány 22 nemzetközi kutatás elemzésén alapul, amelyek mind a fizikai aktivitás és matematikai teljesítmény kapcsolatát vizsgálták. Eredményeink alapján kimutatható, hogy a rendszeres testmozgás szignifikánsan javítja a tanulók matematikai teljesítményét. Az összehasonlító elemzés során számos fontos szempontot vizsgáltunk, amelyek pontos képet adnak a kapcsolat erősségéről és jellegéről.

A vizsgált tanulmányok közül több is összefüggést mutatott a matematikai teljesítmény és a fizikai aktivitás között. Például Smith és munkatársai (2018) korrelációs elemzésük alapján azt találták, hogy azok a diákok, akik részt vettek a mozgásos programban, átlagosan jobb eredményeket értek el a matematikai feladatokban. Emellett Janssen és munkatársai (2014) vizsgálata szerint a beavatkozás jellege és a tanulók életkora is befolyásolta a teljesítményt.

Hillman és munkatársai (2019) hasonló vizsgálata is megerősítette az összefüggést a fizikai aktivitás és a matematikai teljesítmény között. Hillman vizsgálata kizárólag aerob edzésprogramokat vizsgált, míg mi heterogénebb módszereket is figyelembe vettünk. Mintánk életkori összetétele is eltérő volt, ami szintén befolyásolhatja a végeredményt.

Az eredmények elméleti szinten is megerősítést nyertek. A kognitív fejlődés aerob kondíció-elmélete (Etnier, Salazar, Landers, Petruzzello, Han és Nowell, 1997) szerint a kardiovaszkuláris edzés fokozza a prefrontális kéreg aktivitását, ami közvetlenül javítja a végrehajtó funkciókat. Ez magyarázatot adhat arra, hogy miért figyelhetünk jelentős javulást a munkamemóriában és az impulzuskontrollban a rendszeresen mozgó diákoknál.

Ugyanakkor a transziens hipofrontális elmélete (Dietrich, 2003) segít megérteni a rövid távú mozgásos aktivitások azonnali hatásait, miszerint a mozgás ideiglenesen csökkenti az előagy terhelését, ezzel javítva a kognitív teljesítményt.

Az életkori különbségek elemzése során különösen érdekes eredményekre jutottunk.

A 8–12 hetes mozgásalapú intervenciók kutatási eredményei igazolják, hogy az intenzív fizikai aktivitásba ágyazott matematikaoktatás jelentős javulást eredményezett a tanulók kognitív és matematikai teljesítményében. Ezek a programok elsősorban a figyelmi funkciók, a munkamemória és az információfeldolgozás gyorsaságának fejlesztésére fókuszáltak.

A programok hatékonyságát számos tényező befolyásolta. Az alábbi időtartam optimálisnak bizonyult, elég hosszú volt a mérhető kognitív változások kialakulásához, de elég rövid a tanulók motivációjának fenntartásához. A matematikai órákon való mozgásos szünetek mutatták a legjobb eredményeket. A módszertan szempontjából a játékos, interaktív feladatok (például ugrálás számolás közben vagy geometriai alakzatok testalkotással való ábrázolása) szignifikánsan hatékonyabbnak bizonyultak a hagyományos gyakorlatokhoz képest (Donnelly és mtsai., 2017).

Összességében a 8–12 hetes mozgásalapú programok statisztikailag szignifikáns javulást eredményeztek a matematikai alapkészségekben és a kognitív funkciókban. A legnagyobb előnyöket a figyelem és a munkamemória területén érték el, amelyek kulcsfontosságúak a matematikai problémamegoldás szempontjából.

A hosszabb távú programoknál a kutatások korlátai között említhető a programok sokfélesége, mivel a különböző intézmények eltérő mozgásformákat alkalmaztak. Ugyanakkor a legtöbb vizsgálat egyértelműen azt mutatja, hogy a hat hónapot meghaladó, jól strukturált mozgásprogramok tartós pozitív hatással vannak a matematikai teljesítményre és a kognitív képességek fejlődésére. Összefoglalva, a hosszú távú mozgásalapú intervenciók nem csupán átmeneti javulást, hanem tartós neurológiai és pszichológiai változásokat is eredményeznek, amelyek alapvetően átalakítják a diákok matematikai tanulási képességeit. Ezek az eredmények erős alapot adnak a mozgásos tanulási módszerek iskolai bevezetéséhez és szélesebb körű alkalmazásához (Sember, Jurak, Kovač, Morrison és Starc, 2020).

Több vizsgált tanulmány alapján a mozgásos tanulási módszerek különösen hatékonyak bizonyultak a 9-10 éves korosztályban, főként az alapvető matematikai készségek fejlesztésében (Boz és Kiremitci, 2020). A 11-12 éves diákoknál a mozgásos programok inkább a megoldóképesség terén hoztak megfigyelhető javulást (Sneck és mtsai., 2016). Ezek az eredmények szinkronban állnak a neuroplaszticitás elvével is (Erickson és mtsai., 2015), mely szerint az agy a fejlődés különböző szakaszaiban más módon reagál a környezeti ingerekre, mint például a mozgásra is, különösképp a kognitív fejlődés szempontjából érzékeny szakaszokban.

Így ezeknél a diákoknál a hosszú távú kísérletek esetén jelentősebb előrelépés mutatkozik a tanulmányi teljesítményükben és munkamemóriájukban (Sneck, Viholainen, Syväoja, Kankaapää, Hakonen, Poikkeus és Tammelin, 2019; Janssen és mtsai., 2014; Van Den Berg és mtsai., 2016).

Míg a fiatalabb tanulók számára a mozgás inkább az alapkészségek elsajátítását és a motiváció fenntartását segítette, addig az idősebbek esetében inkább a magasabb szintű matematikai gondolkodásra és a stresszkezelésre volt pozitív hatással.

A kutatások szerint az életkori sajátosságokat figyelembe véve a fizikai aktivitás beépítése a tanítási folyamatba növeli az oktatás hatékonyságát, és hosszú távon is hozzájárul a matematikai teljesítmény javulásához.

Bár az eredmények biztatóak, a tanulmánynak vannak bizonyos korlátai. Az egyik legfontosabb tényező az intervenciók heterogenitása, mivel a különböző tanulmányok különböző típusú fizikai aktivitási programokat alkalmaznak, és ezek hatásai nem feltétlenül hasonlíthatók össze közvetlenül. Emellett további kutatásokra van szükség annak meghatározására, hogy mely típusú és intenzitású gyakorlatok a leghatékonyabbak a matematikai teljesítmény javításában. Egy másik korlátozó tényező a hosszú távú hatások hiánya. Bár a kutatások azt mutatják, hogy a hosszabb időtartamú programok jelentősebb eredményeket hoznak, kevesebb adat áll rendelkezésre arról, hogy ezek a hatások meddig tartanak a program befejezése után. A jövőben érdemes lenne figyelmet fordítani a tanulói teljesítmény nyomon követésére a beavatkozás után, hogy meghatározzák a fizikai aktivitás hatásainak időtartamát.

Összességében elmondható, hogy a vizsgálatunk nemcsak a fizikai aktivitás és a matematikai teljesítmény közötti kapcsolatot igazolta eredményekkel, hanem betekintést is nyújtott a mögöttes mechanizmusokba. Az eredmények gyakorlati szinten is fontos következtetéseket vonhatnak maguk után, különösen az oktatási gyakorlat számára, ahol a mozgásos tanulási módszerek szisztematikusabb alkalmazása javasolható.

Következtetések, jövőbeli kutatási irányok

Több longitudinális kutatásra van szükség, hogy a hosszú távú összefüggések feltárására kerülhessenek, és ezeket személyre szabottan lehessen alkalmazni. Ezeken kívül fontos a különböző tanulási stílusok figyelembevétele (Fedewa és Ahn, 2011). Valamint a kutatási irányokat nemcsak a matematikai órákra szükséges kiterjeszteni, hanem a mozgás más tantárgyakra gyakorolt hatásának a vizsgálata is szükséges, ahol nem a vitalitás vizsgálata a lényeg, hanem hogy a mozgásnak milyen más pozitív hatása van a tanórán a fittségen kívül.

Felhasznált szakirodalom

- Andersen, L., Riddoch, C., Kriemler, S., & Hills, A. (2011.). Physical activity and cardiovascular risk factors in children. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 871-876.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090333>
- Aunio, P., & Niemivirta, M. (2010.). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. Learning and individual differences. *Learning and Individual Differences*, 20(5), 427-435.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.06.003>
- Álvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cervero-Redondo, I., Sánchez-López, M., Martínez-Hortelano, J., & Martínez-Vizcaíno, V. (2017.). The Effect of Physical Activity Interventions on Children's Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 729-738.
<https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.06.012>
- Beatriz Berrios, A., Vallejo, A., & Román, P. (2019.). Acute effect of two different physical education classes on memory in children school-age. *Cognitive Development*, 56(9), 98-104.
<https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2019.03.004>
- Bidzan-Bluma, I., & Lipowska, M. (2018.). Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19;15(4), 2-13.
<https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Bognár, J., Kertész, T., & Szakály, Z. (2023.). The Effect of a 10-Week Physically Active Learning Intervention: Focus on 10-Year Old Pupils Development in Mathematics. *European College of Sport Science*, 1003-1004.
- Boz, B., & Kiremitci, O. (2020). Effect of maths-integrated PE games . *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 42(2), 1-14.
- Clemes, S., Barber, S., Bingham, D., Ridgers, N., Fletcher, E., Pearson, N., . . . Dunstan, D. (2016.). Reducing children's classroom sitting time using sit-to-stand desks: findings from pilot studies in UK and Australian primary schools. *Journal of Public Health*, 38(3), 526-533.
<https://doi.org/10.1093/pubmed/fdv084>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.

- Daly-Smith, A., Zwolinsky, S., McKenna, J., Tomporowski, P., Defeyter, M., & Manley, A. (2018.). Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), 1-19.
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000341>
- Davis, C., & Cooper, S. (2011.). Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: Do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Preventive Medicine*, 1(1), 65-69.
<https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.020>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64: 135-168.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dietrich, A. (2003). Functional neuroanatomy of altered states of consciousness: The transient hypofrontality hypothesis. *Consciousness and Cognition*, 12(2), 231-256.
[https://doi.org/10.1016/S1053-8100\(02\)00046-6](https://doi.org/10.1016/S1053-8100(02)00046-6)
- Donnelly, J., Hillman, C., Greene, J., Hansen, D., Gibson, C., Sullivan, D., . . . Washburn, R. (2017). Physical activity and academic achievement across the curriculum. *Educational Psychology Review*, 99: 140-145.
<https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.02.006>
- Donnelly, J., & Lambourne, K. (2011.). Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. *Preventive Medicine*, 52(1), 36-42.
<https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.021>
- Etnier, Jennifer L.; Salazar, Walter ; Landers, Daniel M; Petruzzello, Steven J; Han, Myungwoo; Nowell, Priscilla. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 19(3), 249-277.
<https://doi.org/10.1123/jsep.19.3.249>
- Fedewa, A., & Ahn, S. (2011.). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(3), 521-535.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599785>
- Harvey, S., Lambourne, K., Greene, J., Gibson, C., Lee, J., & Donnelly, J. (2017). The Effects of Physical Activity on Learning Behaviors in Elementary School Children: a Randomized Controlled Trial. *Contemporary School Psychology*, 22(3), 303-312.
<https://doi.org/10.1007/s40688-017-0143-0>

- Have, M., Nielsen, J., Ernst, M., Gejl, A., Fredens, K., Grøntved, A., & Kristensen, P. (2018.). Classroom-based physical activity improves children's math achievement - A randomized controlled trial. *Plos One*, 17;13(12), 1-14.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208787>
- Hillman, C., Kamijo, K., & Scudder, M. (2011.). A Review of Chronic and Acute Physical Activity Participation on Neuroelectric Measures of Brain Health and Cognition during Childhood. *National Institutes of Health*, 1(8), 21-28.
<https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.024>
- Janssen, M., S. P. Rauh, M. J. M. Chinapaw, H. M. Toussaint, W. van Mechelen, & E. A. L. M. Verhagen. (2014.). A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10-11. *Mental Health and Physical Activity*, 7(3), 129-134.
<https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.07.001>
- Lívják, E. (2023.). Tanulást támogató mozgásprogram hatásvizsgálata. Eger, Magyarország. Forrás: https://disszertacio.uni-eszterhazy.hu/124/1/L%C3%ADvj%C3%A1k_disszert%C3%A1ci%C3%B3.pdf
- Magistro, D., Cooper, S., Carlevaro, F., & Marchetti, I. (2022.). Two years of physically active mathematics lessons enhance cognitive function and gross motor skills in primary school children. *Psychology of Sport and Exercise*, 63: 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102254>
- Mavilidi, M., Lubans, D., Miller, A., Eather, N., Morgan, P., Lonsdale, C., . . . Riley, N. (2020.). Impact of the "Thinking while Moving in English" intervention on primary school children's academic outcomes and physical activity: A cluster randomised controlled trial. *International Journal of Educational Research*, 102: 101-111.
<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101592>
- Mavilidi, M., & Vazou, S. (2021). Classroom-based physical activity and math performance: Integrated physical activity or not? *Acta Paediatrica*, 110(7), 2149-2156.
<https://doi.org/10.1111/apa.15860>
- McPherson, A., Mackay, L., Kunkel, J., & Duncan, S. (2018). Physical activity, cognition and academic performance: an analysis of mediating and confounding relationships in primary school children. *BMC Public Health*, 18(1), 1-9.
<https://doi.org/10.1186/s12889-018-5863-1>
- Morris, J., Archbold, V., Bond, S., & Daly-Smith, A. (2022.). Effects of Maths on the Move on Children's Perspectives, Physical Activity, and Math Performance. *Original Investigation*, 7(1), 1-8.
<https://doi.org/10.1249/TJX.0000000000000191>

- Mullender-Wijnsma, M., Hartman, E., W. de Greeff, J., Doolaard, S., Bosker, R., & Visscher, C. (2016.). Physically Active Math and Language Lessons Improve Academic Achievement: A Cluster Randomized Controlled Trial. *Pediatrics*, 137(3), 1-9.
<https://doi.org/10.1542/peds.2015-2743>
- Niss, M., & Jankvist, U. (2022.). On the Mathematical Competencies Framework and Its Potentials for Connecting with Other Theoretical Perspectives. In U. Jankvist, & E. Geraniou, *Mathematical Competencies in the Digital Era*, 20: 15-38.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-10141-0_2
- Routen, A., Johnston, J., Glazebrook, C., & Sherar, L. (2018.). Teacher perceptions on the delivery and implementation of movement integration strategies: The CLASS PAL (Physically Active Learning) Programme. *International Journal of Educational Research*, 88: 48-59.
<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.01.003>
- Sember, V., Jurak, G., Kovač, M., Morrison, S., & Starc, G. (2020.). Children's Physical Activity, Academic Performance, and Cognitive Functioning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Public Health*, 8: 1-17.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00307>
- Sneck, S., Viholainen, H., Syväoja, H., Kankaapää, A., Hakonen, H., Poikkeus, A.-M., & Tammelin, T. (2019.). Effects of school-based physical activity on mathematics performance in children: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 21,16(1) 2-15.
<https://doi.org/10.1186/s12966-019-0866-6>
- Syväoja, H., Sneck, S., Kukko, T., Asunta, P., Räsänen, P., Viholainen, H., . . . Tammelin, T. (2024). Effects of physically active maths lessons on children's maths performance and maths-related affective factors: Multi-arm cluster randomized controlled trial. *British Journal of Educational Psychology*, 94: 839-861.
<https://doi.org/10.1111/bjep.12684>
- Van Den Berg, V., Saliasi, E., De Groot, R., Jolles, J., Chinapaw, M., & Singh, A. (2016.). Physical Activity in the School Setting: Cognitive Performance Is Not Affected by Three Different Types of Acute Exercise. *Frontiers in Psychology*, 7: 1-9.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00723>
- van der Niet, A., Smith, J., Oosterlaan, J., Scherder, E., Hartman, E., & Visscher, C. (2016.). Effects of a Cognitively Demanding Aerobic Intervention During Recess on Children's Physical Fitness and Executive Functioning. *Human Kinetics Journals*, 1: 64-10.
<https://doi.org/10.1123/pes.2015-0084>

- Vazou, S., & Skrade, M. (2016.). Intervention integrating physical activity with math: Math performance, perceived competence, and need satisfaction. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 15(5), 508-522.
<https://doi.org/10.1080/1612197X.2016.1164226>
- Vazou, S., Saint-Maurice, P., Skrade, M., & Welk, G. (2018.). Children. *Effect of Integrated Physical Activities with Mathematics on Objectively Assessed Physical Activity*, 5(10), 2-10.
<https://doi.org/10.3390/children5100140>
- Vetter, M., O'Connor, H., O'Dwyer, N., Chau, J., & Orr, R. (2019.). 'Maths on the move': Effectiveness of physically-active lessons for learning maths and increasing physical activity in primary school students. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(8), 735-739.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.12.019>

Levelező szerző:

Bodnár Fruzsina

E-mail: fruzsina002@gmail.com