

A KOMBINATÍV GONDOLKODÁS FEJLŐDÉSE: EGY ONLINE FELMÉRÉS EREDMÉNYEI

Összefoglaló:

A kombinatív gondolkodás meghatározó szerepet játszik sok más komplex gondolkodási folyamatban, többek között a változók kezelésében, a valószínűségi és a korrelatív gondolkodásban, a kreativitásban és a problémamegoldásban. Vizsgálatunk célja egy korábban papíralapú mérőeszköz számítógépre adaptált változatának pszichometriai jellemzése, valamint a kombinatív gondolkodás fejlődésének elemzése 11-17 éves (5-11. évfolyamos) tanulók körében (N=9483). Eredményeink azt mutatják, hogy egy fontos, ám egyébként nehezen mérhető gondolkodási képesség értékelése a technológia segítségével a hétköznapi gyakorlat számára is elérhetővé tehető, és ezzel megnyílik a lehetőség a diagnózis és a szisztematikus fejlesztés előtt.

Kulcsszavak: kombinatív gondolkodás, kognitív fejlődés, technológiaalapú értékelés, eDia

Bevezetés

A kombinatív gondolkodás az egyik legtöbbet vizsgált kognitív képesség. Alapvető műveletei spontán kialakulnak, és nagyon sokféle gondolkodási folyamatban szerepet játszanak, a hétköznapi életben és a tudományos tevékenységben egyaránt. Iskolai fejlesztésének sokféle formája lehetséges, önálló játékos programokkal, vagy akár a tananyagba illesztve a tanulás tartalmának felhasználásával. A fejlesztés hatásának felméréséhez, a fejlődési folyamatok monitorozásához azonban szükség van arra, hogy a kombinatív gondolkodás fejlettségének mérésére könnyen használható tesztek álljanak rendelkezésre. A kombinatív gondolkodás felmérése lehetséges ugyan papíralapú tesztekkel, de a magas költségek és a kiértékelés időigényessége miatt ezeket nem lehet a gyakorlatban elterjeszteni. Az infokommunikációs technológia azonban ilyen esetekben ideális megoldást jelent. A tanulmány célja annak bemutatása, milyen új lehetőségeket kínál a technológiaalapú tesztelés egy olyan területen, amely hagyományos eszközökkel is vizsgálható, de a kiértékelés bonyolultsága nem teszi lehetővé a felmérés gyakorlati alkalmazását.

Elméleti háttér

A kombinatív gondolkodás sokféle kutatási témában megjelenik, gyakran összetett konstruktumok, bonyolultabb kognitív folyamatok komponenseként. Néhány kombinatív művelet központi szerepet játszik Piaget kognitívfejlődés-elméletében. Például több kombinatív művelet is azonosítható a 16 kétváltozós logikai művelet igazságmátrixaiban, az összes lehetséges igazságértéket ismétléses variációkkal lehet összerakni, míg a 16 műveletből álló rendszer egy négyelemű halmaz összes részhalmazába képezhető le (INHELDER – PIAGET, 1958/1984; PIAGET, 1970).

A kombinatív műveletek szerepet játszanak a természettudományos gondolkodásban, például kísérletek tervezése során a változók lehetséges értékeit kell egymással kombinál-

ni (ADEY – CSAPÓ, 2012). A problémamegoldásnak többféle formája van, és ezekben különböző szerepet kaphat a kombinativitás. Lehet például a változatos megoldási próbálkozások létrehozásának eszköze (PODDIAKOV, 2011), a dinamikus problémamegoldás során pedig az első, tudásszerző fázisban a változók értékeinek kombinálásában kap szerepet (OECD, 2014; WU – MOLNÁR, 2018).

A divergens gondolkodás, a kreativitás természetes komponense a kombinatív gondolkodás, szinte minden kreativitásmodellben szerepet kap a variabilitás faktor, a bizonyos feltételeknek megfelelő változatos konstrukciók összeállítása (SIMONTON, 2010). Szerepe van a művészeti alkotások létrehozásában, a fantázia működésében, az intuíciónban (ZOMBORI, 1992; FISCHBEIN – GROSSMAN, 1997). A kombinatív műveletek meghatározó szerepet játszanak a valószínűségi becslésekben, így a valószínűségi gondolkodás magasabb szintjei sem érhetők el a kombinatív gondolkodás megfelelő fejlettsége nélkül (ENGLISH, 2005).

A tanulmányban felhasznált teszttel kapcsolatos vizsgálatok előzményei az 1970-es évekig nyúlnak vissza. Az akkor kidolgozott elméleti modell (CSAPÓ, 1979) alapján elkészült egy 37 műveletből álló rendszer, majd ezek alapján került sor a különböző tartalmú (manipulatív, képi és formális) feladatok kidolgozására (CSAPÓ, 1983, 1988). Az így elkészült feladatrendszer segítségével több elméleti jellegű kérdés vizsgálatára is lehetőség nyílt. Például annak elemzésére, hogy milyen szerepet játszik a feladatok megoldásának sikerességében azok tartalma, arra az eredményre vezetett, hogy a feladatok mögött álló műveletek szerkezetének nagyobb a hatása (CSAPÓ, 1985).

Mivel a teljes feladatrendszer felvétele több órát igényel, elkészült egy gyakorlatban jobban alkalmazható rövidített változat, amely szélesebb életkori intervallumban is lehetővé tette a fejlődés keresztmetszeti vizsgálatát (CSAPÓ, 2001). Ennek a tesztnek a digitalizálásával készült el egy online változat, ami a médiahatás minimalizálása érdekében formai szempontból sok tekintetben (pl. képernyő-kép) megfelel az eredeti papíralapú változatnak, azonban kihasználja a technológia nyújtotta lehetőségeket is. Például a feladatok képei igényesebb grafikával színes formában készültek el, a válaszadásra pedig billentyűvel, illetve az objektumok képernyőn való mozgatásával (drag-and-drop – vonszolás) van lehetőség (CSAPÓ – PÁSZTOR – MOLNÁR, 2015; CSAPÓ – PÁSZTOR, 2015; PÁSZTOR, 2019).

Az online tesztváltozat felhasználásával több érdekes kutatási kérdés megválaszolására nyílt lehetőség. Az egyszerűbb és költséghatékonyabb adatfelvétel, az automatikus kiértékelés, a metaadatok és a logfájlok elemzésének lehetősége számos új kutatási kérdés megválaszolását lehetővé tette (GÁL-SZABÓ – KOROM, 2018, 2019). Ugyanez az online teszt volt az e tanulmányban bemutatott vizsgálat mérőeszköze is. A korábbi, papíralapú tesztekkel széles életkori intervallumban elvégzett keresztmetszeti fejlődésvizsgálatoknak inkább elméleti jelentősége volt, mert a tesztek alkalmazására a gyakorlatban csak ritkán kerülhetett sor. Az online tesztek felhasználásával viszont bármikor bármilyen életkorban gyorsan fel lehet mérni a kombinatív gondolkodás fejlettségét. Adataink az ilyen mérésekhez hasznos viszonyítási pontokat szolgáltatnak.

Módszerek

A felmérés mintája

A mérésben a Szegedi Tudományegyetem Oktatásméleti Kutatócsoportjának egész országra kiterjedő partneriskolai hálózatába bekerült iskolák diákjai vettek részt. Összesen 9483 fő oldotta meg a kombinatív gondolkodás tesztet. A különböző évfolyamok mintáinak adatait az 1. táblázat foglalja össze. A felmérés egy nagyobb vizsgálatorozat részét képezte (A problémamegoldás sikerességét meghatározó tényezők feltérképezése és fejlesztése című OTKA

kutatás, lásd MOLNÁR, 2017), melyben számos további képesség (induktív gondolkodás, problémamegoldás, digitális szövegértés, vizuális memória) fejlettségéről kaphattak a pedagógusok visszajelzést. A vizsgálat-sorozathoz az intézmények a felkérést követően önként csatlakoztak, és maguk dönthették el, hogy mely évfolyamokon mely képességek felmérését végzik el. Szigorú értelemben tehát a minta nem felel meg a reprezentativitás feltételeinek, ugyanakkor a résztvevők nagy száma megfelelő alapot szolgáltat az online feladatok működésének és a kombinatív képesség fejlődési tendenciáinak vizsgálatára.

1. táblázat: A felmérésekben résztvevő diákok

Évfolyam	N	Életkor (átlag)	Életkor (SD)	Lány (%)
5.	2020	11,73	0,56	49,6
6.	2187	12,74	0,53	48,7
7.	1753	13,76	0,53	51,0
8.	1586	14,73	0,52	51,8
9.	854	15,95	0,62	54,1
10.	609	16,85	0,57	51,7
11.	474	18,05	0,64	50,7

A mérések eszközei

A felméréshez összeállított tesztek a korábban digitalizált feladatokból kerültek ki (CSAPÓ - PÁSZTOR, 2015). A feladatok megoldására felhasznált idő hasonló keretek között tartása érdekében a tesztek az 5-8. évfolyamokon hét feladatot, a 9-11. évfolyamokon nyolc feladatot tartalmaztak. A tesztek képi és formális feladatokból épültek fel, ugyanazokhoz a műveleti struktúrákhoz készültek különböző tartalmú feladatok. A képi feladatokra az 1. ábra, a formális feladatokra a 2. ábra mutat be egy példát. A válaszadás a képi feladatokban egérrel, az elemek mozgatásával (*drag-and-drop*), a formális feladatokban a billentyűzet használatával, jelek beírásával került sor.

1. ábra: Példa egy képi feladatra

A következő feladatban gyümölcsökből kell összeállításokat készítened. Minden tálcára HÁROM különböző gyümölcs kerüljön!

Húzd a gyümölcsöket a megfelelő tálcákra! Keresd meg az összes lehetőséget! Vigyázz! Több tálca van, mint ahány lehetőség.



Vissza

Tovább

2. ábra: Példa egy formális feladatra

Sorold fel az összes különböző, **KÉT JELBŐL** álló sorozatot, melyekben az első helyre az A vagy a B vagy a C vagy a D betűt, a második helyre pedig az 1 vagy a 2 vagy a 3 számokat teheted!

A sorozatokat egymás mellé, és egymás alá is írhatod. DE minden sorozat után tegyél vesszőt!

Vissza
Tovább

Az adatfelvétel és adatelemzés folyamatai

A tesztek kiközvetítésére az eDia online teszt-platform alkalmazásával került sor (lásd a honlapot: <http://edia.hu/>, továbbá CSAPÓ – MOLNÁR, 2019; MOLNÁR – CSAPÓ, 2019). A tanulók az iskolában rendelkezésre álló eszközöket használták a számítógépeken egyébként is meglevő (és így a diákok számára ismerős) böngészővel. A tesztek megoldására többnyire az iskolák számítógépes tantermében került sor, általában asztali számítógép (billentyű és egér) használatával.

A feladatok megoldásainak kiértékelése automatikusan történt a szerveren futó program segítségével. A feladatok megoldásához a megadott elemekből a feladat feltételeinek megfelelő összes lehetséges konstrukció összeállítására volt szükség. Ennek során lehetséges, hogy a tesztelt személy hibás (a feltételeknek nem megfelelő) összeállításokat is készített, illetve ugyanazt többször elkészítette. Ezért a feladat megoldására a teljesen jó/rossz dichotóm minősítésen túl más, finomabb felbontást jelentő értékelést is lehet alkalmazni, például figyelembe lehet venni a jó konstrukciók számát, vagy ezt normálva, az összes jó lehetőséghez viszonyítani. A korábbi tapasztalatok szerint (CSAPÓ, 1988) a legjobb megoldást az említettek mellett hibásan elkészített konstrukciók számát is figyelembe vevő képlet, a J érték jelenti:

$$J = \frac{x(T - y)}{T^2}$$

ahol:

x : az elkészített helyes konstrukciók száma,

y : a redundáns és hibás konstrukciók száma,

T : az összes lehetséges jó konstrukció száma.

A képlet minden feladatra külön alkalmazva egy 0-1 közötti értéket ad, ahol az 1-es érték jelenti az összes helyes konstrukció felsorolását felesleges konstrukciók megadása nélkül. A tanulmányban bemutatott elemzésekre a J érték felhasználásával került sor. A teszteken nyújtott teljesítményt a J értékek összegzése adja a maximálisan elérhető pontszám százalékában.

A mutató kiszámítása a papíralapú feladatsorok alkalmazása során komoly akadályt jelentett a tesztek széles körű felhasználásának elterjesztésében, még abban az esetben is, ha kevés a feladatok száma. Ez már egy osztály tanulójának felmérése esetén is jelentős időbefektetést követel meg egy pedagógustól. Az online tesztváltozatokba azonban a mutató kiszámítása könnyen beépíthető. Jelen felmérésben a tanulók azonnali visszajelzést kaptak a feladatok megoldását követően, a pedagógusok az eDia-rendszer belső felületére belépve megtekinthették és letölthették a tanulói és az osztályszintű eredményeket, melyeket a mérésben részt vevő tanulók átlagos teljesítményéhez viszonyíthattak országos, regionális és településtípus szerinti bontásban. A tanulói teljesítmények értelmezéséhez az eDia-rendszer minden diákhoz személyre szabott, szöveges értékelést is generál (MOLNÁR – CSAPÓ, 2019).

Eredmények

A hét és a nyolc feladatot tartalmazó online tesztverziók egyaránt jó reliabilitásmutatókkal rendelkeznek, a Cronbach α minden évfolyamban 0,87 vagy annál nagyobb értéket vesz fel (2. táblázat). Ezek az értékek azt mutatják, hogy a mérőeszközök gyakorlati mérési célokra megbízhatóan használhatók. Az átlagok és a szórások alapján megállapítható, hogy a tesztek lefedik a vizsgált életkori csoportok képességszintjét, valamint megfelelő differenciáló erővel rendelkeznek a tanulók közötti képességkülönbségek megmutatására. A szórások értékei továbbá felhívják a figyelmet az egyes korosztályokon belül megjelenő nagy egyéni különbségekre is.

2. táblázat: A tesztek reliabilitásmutatói (Cronbach α). A 9., 10. és 11. évfolyamokon a zárójelben feltüntetett értékek a minden évfolyamban közös 7 feladatra vonatkoznak

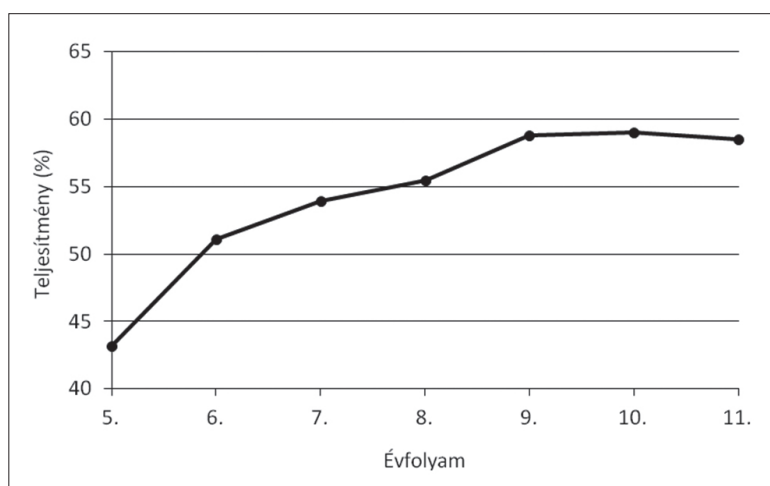
Évfolyam	Feladatok száma	Cronbach α	Átlag (%)	Szórás (%)
5.	7	0,87	43,14	26,57
6.	7	0,88	51,09	27,54
7.	7	0,88	53,90	27,52
8.	7	0,88	55,47	27,86
9.	8 (7)	0,89 (0,87)	56,34 (58,76)	27,60 (27,40)
10.	8 (7)	0,88 (0,87)	56,51 (59,02)	26,86 (26,73)
11.	8 (7)	0,90 (0,88)	55,88 (58,49)	29,11 (28,75)

A 2. táblázatban feltüntettük a 9., 10. és 11. évfolyamok esetében a 7 és a 8 feladatot tartalmazó tesztváltozatok reliabilitásmutatóit is. A megbízhatóság 7 feladat esetén is megfelelőnek bizonyult, az átlagok valamelyest növekedtek, a 8. feladat megoldása nagyobb kihívást jelentett a tanulók számára (átlag=39%, szórás=39%). Ugyanakkor a 7 feladatos tesztverzió is megbízható becslést ad a tanulók képességszintjére, az átlagok nem állnak közel a maximálisan elérhető teljesítményhez, és növekedett a teszt differenciáló ereje is. Az eredmények összehasonlíthatósága érdekében az elemzéseket a továbbiakban a 7 feladatot tartalmazó tesztverzió felhasználásával mutatjuk be.

Az egyes korcsoportok átlagos teljesítményének összehasonlításához elvégzett varianciaanalízis megmutatta, hogy az évfolyamnak, mint független változónak szignifikáns

hatása van a teljesítmények alakulására ($F=61,025$ $p<0,001$). A Tukey-b post hoc elemzés alapján az 5. évfolyam teljesítménye szignifikánsan különbözik az idősebb korosztályok eredményeitől, a felső tagozatosok esetében még 6. és 8. évfolyam között szignifikáns a különbség, de ennek mértéke a hatásméret alapján pedagógiai értelemben már kevésbé jelentős ($d_{6. \text{és} 8. \text{évf.}}=0,10$). Hasonló a helyzet a 8. évfolyamos és a középiskolai teljesítmények között: bár a különbségek a nagy elemszám következtében statisztikai értelemben szignifikánsak, a fejlődés mértéke nem nagy (például $d_{8. \text{és} 9. \text{évf.}}=0,08$). A középiskolai évfolyamok eredményei között nincs szignifikáns változás. A teljes vizsgált életkori intervallumban a változás mértéke 15,88% pont, ami nem éri el a felszórásnyi fejlődést sem ($d=0,40$). A fejlődési folyamatot grafikonon ábrázolva mutatja a 3. ábra.

3. ábra: A kombinatív gondolkodás fejlődése



A nemek közötti különbségekre vonatkozó elemzéseket a 3. táblázat foglalja össze. Az általános iskolában a lányok szignifikánsan jobban teljesítenek, mint a fiúk. Kilencedik évfolyamon a különbség még szignifikáns, bár a Cohen-d értéke jelentősen lecsökkent az általános iskolai évfolyamokhoz képest. Tizedik és tizenegyedik évfolyamon már nincs szignifikáns különbség a fiúk és a lányok teljesítménye között.

3. táblázat: A teszteredmények nemek szerinti bontásban

Évfolyam	Fiú átlag	Lány átlag	Sig. (p)	Cohen d
5.	39,98	46,55	<0,001	0,25
6.	45,98	56,52	<0,001	0,38
7.	48,77	58,85	<0,001	0,37
8.	50,37	60,11	<0,001	0,35
9.	54,18	58,22	<0,05	0,15
10.	55,55	57,91	n.s.	0,09
11.	54,62	57,04	n.s.	0,08

Az eredmények értékelése

A kombinatív gondolkodás nagymintás online tesztelése megmutatta, hogy egy fontos, ám egyébként nehezen mérhető gondolkodási képesség értékelése a technológia segítségével a hétköznapi gyakorlat számára is elérhetővé tehető. A teszt online kiközvetítésével egyszerűbbé vált az adatfelvétel folyamata, nincs szükség a feladatlapok kinyomtatására, a tesztek kitöltéséhez elegendő egy általános böngésző és internetkapcsolat. A korábbi papíralapú tesztek legnagyobb korlátját a feladatok kiértékelése jelentette, a megadott konstrukciók ellenőrzése jelentős humánerőforrás kapacitást igényelt, azonban ez a folyamat algoritmizálható, így a számítógép automatikusan képes elvégezni az értékelést és azonnali visszacsatolást ad a feladatok megoldottságáról. Az online mérőeszköz a jelenlegi iskolai feltételek között jól használható, az intézményekben elérhető infrastrukturális eszközök megfelelően bizonyultak a felmérés céljaira.

A tesztek megbízhatósága minden vizsgált évfolyamban jónak bizonyult. Az átlagok és a szórások értékei alapján megállapítható, hogy az online feladatok lefedik a 11-17 éves (5-11. évfolyamos) korosztály képességtartományát, a tesztek megfelelő differenciáló erővel rendelkeznek, jól elkülönítik a különböző képességszinten teljesítő tanulókat. A tesztek megbízható és differenciált visszacsatolást adnak a pedagógusoknak a tanulók fejlettségéről, megfelelő alapot szolgáltatva különböző fejlesztő programok, kísérletek hatékonyságának vizsgálatához. Ezzel megnyílik a lehetőség a diagnózis és a szisztematikus fejlesztés előtt, elősegítve a mindennapi pedagógiai munka eredményességét.

A fejlődésre vonatkozó elemzések jelentősebb fejlődést mutattak a vizsgált életkori intervallum legelső szakaszában. Ez az eredmény összhangban van Piaget fejlődésemelével, ebben az életkorban a természetes pszichológiai érés következtében egyre inkább jellemzőbbé válik a formális műveleti gondolkodás (INHOLDER – PIAGET, 1958/1984; PIAGET, 1970). A fejlődés ezt követően lassuló tendenciát mutat, középiskolában már alig van változás. Ezek a tendenciák összhangban vannak olyan kutatások eredményeivel, melyekben a diákok természettudományos gondolkodásának fejlődését vizsgálták (KOROM et al., 2016). Az eredmények arra utalnak, hogy mind a közoktatás felsőbb évfolyamaiban, mind a középiskolai évek során a tanulók gondolkodási képességének fejlesztésében még jelentős kiaknázatlan potenciál van. A fiúk és a lányok között a fiatalabb évfolyamokon találtunk jelentős különbségeket, a középiskola felsőbb évfolyamain már nem.

A következtetések általánosíthatóságának növelése érdekében további vizsgálatok szükségesek. Az eredmények háttérben a minta összetétele komoly szerepet játszhat, ezért a további kutatások egyik fontos irányát képezi olyan felmérések megvalósítása, melyekben a minta kialakítása jobban megfelel a reprezentativitás feltételeinek.

Felmérésünk 5. és 11. évfolyam közötti tanulókra irányult, ugyanakkor a technológia előnyeit kihasználva az online mérések fiatalabb korosztályokra is kiterjeszthetők. A képesség eredeti modelljében (CSAPÓ, 1988) számos további feladat áll rendelkezésre, alacsonyabb évfolyamokon elsősorban a képi manipulációt igénylő feladattípusok alkalmazhatók. Emellett, távolodva az eredeti papíralapú feladatoktól, a számítógépes tesztelés további lehetőségeit kihasználva új típusú, autentikus feladatok is kidolgozhatók, melyek illeszkednek a fiatalabb korosztály érdeklődési köréhez. Korábbi kutatások megmutatták, hogy a tradicionális módszerekkel a kombinatív képesség tesztelése és fejlesztése kiterjeszthető az iskola kezdő évfolyamaira és az óvodai évekre is (ENGLISH, 1991; HAJDUNÉ HOLLÓ, 2004; JÓZSA – ZENTAI – HAJDUNÉ HOLLÓ, 2017; PODDIKOV, 2011). Itt különösen előnyt jelenthet a digitális feladatok kidolgozásában, hogy a korosztály pszichológiai fejlettségének megfelelő manipulatív feladatokat lehet készíteni, valamint a feladatok hangutasításokat is tartalmazhatnak, így a gyerekeknek nem szükséges megfelelő olvasási készségekkel rendelkezni a feladatok megoldásához. A korosztályban nehézséget jelenthet a számítógé-

pes eszközök használatának fejlettségi szintje is, azonban az új beviteli eszközök, mint a tabletek, megfelelő megoldást kínálhatnak a problémára (FÁYNE DOMBI – HÓDI – KISS, 2016).

További ígéretes kutatás irány a logfájlok elemzése, melyek felhasználásával új kiértékelési eljárásokat lehet kidolgozni. Ezek az új kvantifikációs eljárások lehetőséget adnak arra, hogy betekintést nyerjünk a tanulók gondolkodási folyamataiba, képet kapjunk a különböző megoldási stratégiákról (például figyelembe véve a felsorolások sorrendjét is), tovább bővítve tudásunkat a kombinatív gondolkodás működéséről, fejlődéséről.

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatra az MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport és az OTKA K115497 kutatási projekt támogatásával kerül sor.

IRODALOM

- ADEY, Philip – CSAPÓ Benő (2012): A tudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Csapó Benő – Szabó Gábor (szerk.): Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 17-57.
- CSAPÓ Benő – PÁSZTOR Attila (2015): A kombinatív képesség fejlődésének mérése online tesztekkel. In: Csapó Benő – Zsolnai Anikó (szerk.): Online diagnosztikus mérések az iskola kezdő szakaszában. Oktatókutató és Fejlesztő Intézet, Budapest. 367-385.
- CSAPÓ Benő (1979): A kombinatív képesség és értékelésének feltételei. Acta Univ. Szeg. de A. J. nom. Sectio Paed. et Psych. Ser. Spec. Paed., Szeged.
- CSAPÓ Benő (1983): A kombinatív képesség és műveleteinek vizsgálata 14 éves tanulónál. Magyar Pedagógia, 83, 1. szám. 31-50.
- CSAPÓ Benő (1985): A struktúra és a tartalom szerepének vizsgálata izomorf kombinatorikai feladatokban. Magyar Pszichológiai Szemle, 42, 1. szám. 19-34.
- CSAPÓ Benő (1987): A kombinatív képesség fejlesztése az általános iskolában. Pedagógiai Szemle, 37, 9. szám. 844-853.
- CSAPÓ Benő (1988): A kombinatív képesség struktúrája és fejlődése. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- CSAPÓ Benő (2001): A kombinatív képesség fejlődésének elemzése országos reprezentatív felmérés alapján. Magyar Pedagógia, 101, 4. szám. 511-530.
- CSAPÓ, B. – MOLNÁR, G. (2019): Online diagnostic assessment in support of personalized teaching and learning: The eDia System. Frontiers in Psychology, Vol. 10, Art. No. 1522. 1-14.
- CSAPÓ, B. – PÁSZTOR, A. – MOLNÁR, G. (2015): Online assessment of combinatorial reasoning: Perspectives of measuring a challenging construct. Paper presented in the 16th Biennial EARLI Conference, Limassol, Cyprus.
- ENGLISH, L. D. (1991): Young children's combinatoric strategies. Educational Studies in Mathematics, Vol. 22, Issue 5. 451-474.
- ENGLISH, L. D. (2005): Combinatorics and the development of children's combinatorial reasoning. In: Jones, G. A. (ed.): Exploring probability in schools: Challenges for teaching and learning. Kluwer, Dordrecht. 121-141.
- FÁYNE DOMBI Alice – HÓDI Ágnes – KISS Renáta Mária (2016): IKT az óvodában: kihívások és lehetőségek. Magyar Pedagógia, 116, 1. szám. 91-117.
- FISCHBEIN, E. – GROSSMAN, A. (1997): Schemata and intuitions in combinatorial reasoning. Educational Studies in Mathematics, Vol. 34, Issue 1. 27-47.

- GÁL-SZABÓ Zsófia – KOROM Erzsébet (2018): Felsoroló kombinatív feladatok megértésének vizsgálata az elemszám, az ismétlődés és a felcserélhetőség kritériumok alapján. *Magyar Pedagógia*, 118, 4. szám. 385-413.
- GÁL-SZABÓ Zsófia – KOROM Erzsébet (2019): A kombinatív gondolkodás longitudinális vizsgálata: a teszten nyújtott teljesítmény és a feladatok megértésének változása 4-5. és 6-7. évfolyamok között. *Magyar Pedagógia*, 119, 1. szám. 3-18.
- HAJDUNÉ HOLLÓ KATALIN (2004): Az elemi kombinatív képesség fejlődésének kritériumorientált diagnosztikus feltárása 4-8 évesek körében. *Magyar Pedagógia*, 104, 3. szám. 263-292.
- INHEDER, Bärbel – PIAGET, Jean (1958/1984): A gyermek logikájától az ifjú logikáig: a formális műveleti struktúrák kialakulása. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- JÓZSA Krisztián – ZENTAI Gabriella – HAJDUNÉ HOLLÓ Katalin (2017): A gondolkodás fejlesztése 4-8 éves életkorban. Mozaik Kiadó, Szeged.
- KOROM Erzsébet – PÁSZTOR Attila – GYENES Tamás – B. NÉMETH Mária (2016): Kutatási készségek online mérése a 8-11. évfolyamon. *Iskolakultúra*, 26, 3. szám. 117-130.
- MOLNÁR Gyöngyvér – CSAPÓ Benő (2019): A diagnosztikus mérési rendszer technológiai keretei: az eDia online platform. *Iskolakultúra*, 29, 4-5. szám. 16-32.
- MOLNÁR Gyöngyvér (2017): Az interaktív problémamegoldó képesség fejlettségi szintjét befolyásoló képességek. In: Kerülő Judit – Jenei Teréz – Gyarmati Imre (szerk.): Program és absztrakt kötet. XVII. Országos Neveléstudományi Konferencia. MTA Pedagógiai Tudományos Bizottság – Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza. 464.
- OECD (2014): PISA 2012 Results: Creative Problem Solving. Students' skills in tackling real-life problems (Volume V). OECD, Paris.
- PÁSZTOR Attila (2019): Induktív és kombinatív gondolkodás fejlettségének online vizsgálata egyetemi tanulóiraikat kezdő hallgatók körében. *Iskolakultúra*, 29, 1. szám. 42-54.
- PIAGET, Jean (1970): Válogatott tanulmányok. Gondolat Kiadó, Budapest.
- PODDIAKOV, N. (2011): Searching, experimenting and the heuristic structure of a preschool child's experience. *International Journal of Early Years Education*, Vol. 19, Issue 1. 55-63.
- SIMONTON, D. K. (2010): Creative thought as blind-variation and selective-retention: Combinatorial models of exceptional creativity. *Physics of Life Reviews*, Vol. 7, Issue 2. 156-179.
- WU, H. – MOLNÁR, G. (2018): Interactive problem solving: Assessment and relations to combinatorial and inductive reasoning. *Journal of Psychological and Educational Research*, Vol. 26, Issue 1. 90-105.
- ZOMBORI, B. (1992): Visualität und Variationen: Zeichenaufgaben zur Förderung kombinatorischer Fähigkeiten. In: Bak, I. – Kárpáti, A. – Scholz, O. – Volger, A. (Hrsg.): *Ästhetische Erziehung in Ungarn*. Hochschule der Künste, Berlin. 88-101.