

A mikrogenetikus módszer: Jelenlegi vizsgálatok és a módszer kiterjesztése az osztálytermi kutatásokra

(The Microgenetic Method: Current Work and Extensions to Classroom Research)

Clark A. Chinn

Fordította: Pordány Sarolta, Bogdán Iván, Balogh Adél, Kamarás István

Lektorálta: R. Fedor Anita

A fejezet fő célja, hogy leírja a mikrogenetikus módszer lényegét és, bemutassa, hogyan lehet ezt a módszert az osztálytermi tanításban alkalmazni. A mikrogenetikus módszer egy olyan módszertan része, amelynek alkalmazása során a kutatók nagymennyiségű adatot gyűjtenek a tanulókról egy meghatározott időtartamon keresztül azért, hogy részletes képet kapjanak a tanulási folyamat minden pillanatáról. A módszer célja, hogy feltárja a tanulási eseményeket úgy, ahogy azok megtörténnek, hogy a kutatók képesek legyenek megérteni a pontos eseményeket, amelyek befolyásolják a tanulást. Napjainkig a mikrogenetikus módszert főleg a gyermekek egyéni tanulási stratégiáinak fejlesztésével foglalkozó tanulmányoknál alkalmazták. Jelentős kihívásokkal kell számolni a módszernek az osztálytermi kutatásban való adaptálásánál. E fejezet fontos célja, hogy megtárgyalja a mikrogenetikus módszer adaptálásának módjait az osztálytermi kutatásokban.

A fejezet vázlata a következő: a) áttekintés arról, hogy mi is a mikrogenetikus módszer, és milyen kutatási kérdéseket lehet feltenni; b) tipikus és nem tipikus példák a mikrogenetikus kutatásra; c) értekezés arról, hogyan integrálja a mikrogenetikus módszer a kvalitatív és kvantitatív kutatások erősségeit; d) a mikrogenetikus kutatások rövid története; e) áttekintés arról, hogy a mikrogenetikus kutatás hogyan alkalmazza a kvalitatív és kvantitatív elemző módszert; f) részletes tárgyalása annak, hogy milyen módon lehet kiterjeszteni a mikrogenetikus tervezést az osztálytermi munkában.

MI A MIKROGENETIKUS MÓDSZER? MILYEN KUTATÁSI KÉRDÉSEKNÉL ALKALMAZHATÓ?

A mikrogenetikus módszer azért jött létre, hogy olyan kérdésekre tudjunk választ adni, amelyekre az egyszerűbb kutatási tervezéssel nem lehet. Példaképpen vegyünk három nagyon gyakori kutatási módszert, amelyet a tanulás és fejlődés megértésére szoktak használni: *szekciók-közi tanulmányozás*, *longitudinális megfigyelés* és az *utasításos kísérlet*. Tételezzük fel, hogy ez a három módszer arra szolgál, hogy megértsük a gyermekek tudásának növekedését az anyag- és molekuláris elméletek területén. A *szekciók-közi megközelítésben* a kutatás azt mutatja meg, hogy a 10, 12 és 14 éves korú gyermekek mit gondolnak az anyagról és a molekulákról, ezért minden gyermekkel egyszer készítenek egy interjút. A *longitudinális megfigyelés* alkalmazásakor ugyan azt a gyermeket figyelik meg hosszabb időtávon, így minden gyermekkel interjút készítenek egyszer 10, 12 és 14 éves korában. Az *utasításos kísérlettel* a kutató két eltérő tanítási módszert alkalmaz az anyag és molekula oktatása során több hónapon keresztül, ezzel kapcsolatban a kísérlet előtt és után is végez egy tesztet, annak érdekében hogy felmérje a tanuló tudását. Mindegyik fenti esetben a tudásváltozás vizsgálata két vagy több egymástól távoli időpontban történik (amelyekre úgy hivatkozunk, hogy Idő 1, Idő 2, stb.).

Ezeknek a módszereknek mindegyike hasznos információkat nyújt a tudásváltozásról egymástól távoli időpontban, megválaszolva az alábbi kérdéseket:

A tudásváltozás természete. Hogyan tér el a tudás két elkülönített időpontban? Például, változik-e a tudás az Idő 1-től az Idő 2-ig, magába foglalva egy eltolódást az egyik elmélettől egy másik felé, az inkohereus elgondolásoktól a koherensebb, elméletibb eszmék felé, vagy bármilyen más irányba?

Általános faktorok, amelyek tudásváltozást idéznek elő. Milyen együtthatók idéznek elő általában változást az Idő 1-től az Idő 2-ig? Tettén érhető-e a gyakorlatban, hogy a kísérleti beavatkozás tudásváltozást eredményezett? Mindhárom módszerre vonatkozóan van-e bármilyen olyan változó, amelyet előzetesen, a kutatás kezdetekor már felmértek (pl. életkor, nem, előzetes tudás, tudományos érvelési képességek), és az korrelál a későbbi sikerrel?

Inter-individuális változékonyság. Hogyan változik a tanulók koncepciója a vizsgálat eltérő időpontjaiban? Milyen elgondolásokat lehet találni az egyének között? Hogyan változnak az individuumok az alatt az idő alatt, ami az egyik mérési időtől a következőig tart?

Mindazonáltal a fenti három általános vizsgálati mód egyike sem képes válaszolni két másik, nagyon fontos kérdéscsoportra, amely a tanulás lefolyásával kapcsolatos (lásd Chinn & Brewer, 1998; Siegler, 1966). Az első kérdéscsoport magába foglal leíró kérdéseket is az egyik pillanattól a másik pillanatig tartó változás részletes sémáiról, amelyek összekapcsolják a változásokat az Idő 1-ben és az Idő 2-ben mértek között, amelyek elkülöníthetők napokra, hetekre, hónapokra vagy évekre bontva.

A változás mértéke és ideje. Általában milyen gyorsan történik meg a változás? A tudás fokozatosan változik egy hosszabb időtartam alatt, vagy hirtelen? A változás nagyon kicsi részletekből tevődik össze kisméretű változások különböző „robbanásaiból”, vagy a nagy változások egy vagy két robbanásából. Azonnal megtörténik a változás a fontos oktatási események után, vagy némi késedelemmel?

Közbülső fokok. Tegyük fel, hogy egy gyermeknél nyilvánvaló az elmozdulást az Idő 1, naiv elmélettől a molekuláris elmélet jó megértéséig az Idő 2-ben. Milyen közbülső állomások vannak, ha egyáltalán vannak, az Idő 1 és az Idő 2 között? Hogyan fejlődnek a tanulók az egyik elmélettől a másikig? A kezdeti elmélettől a végső elméletig vannak-e saját ötletre épülő, közbülső elmélet-csoportjaik, mielőtt eljutnak a molekuláris elmélet teljes megértéséhez? Vagy átmennek egy hosszú ideig tartó időperióduson, amikor inkohereus elképzeléseik vannak, mielőtt kifejlesztik a molekuláris elmélet koherensebb megértését?

A változások csoportosítása. Hogy kapcsolódnak egymáshoz a tudás különböző elemeinek változásai? Például, lényeges-e, hogy a molekulákkal kapcsolatos bizonyos elméletek előbbre kerüljenek, mielőtt más elméleteket megtanulunk, vagy a tanulás ennél esetlegesebb, így nem szükséges, hogy egy gondolatsorban előbb bekövetkezzen a változás, mielőtt a másikban megtörténik?

A változás stabilitása. Amikor az anyaggal és a molekulákkal kapcsolatban az új gondolatok először megszületnek, állandók maradnak, avagy az új gondolatok instabilak és nem összefüggők? Például, adnak-e a tanulók a molekuláris választ az egyik napon és más napon visszatérnek egy korábbi elmülethez, és előre - hátra lépnek egy ideig, amíg az új elgondolások meg nem szilárdulnak és stabilizálódnak?

A három tradicionális módszer ezekre a kérdésekre nem tud válaszolni, mivel azok nem gyűjtnek információt arról, hogy mi történik a tesztelés hosszan elnyújtott időperiódusai között. Ezeknek a kérdéseknek a megválaszolásához a kutatóknak szükségük van részletes, napról napra, sőt percről percre vonatkozó információkra arról, hogy hogyan történik a változás.

A második kérdéscsoport, amelyre nem tudnak választ adni a tradicionális kutatási módszerek olyan kérdéseket is tartalmaznak, amelyek az egyik pillanattól a másik pillanatig tartó változásra adott dinamikus hatásokkal kapcsolatosak.

Különleges változások elindítása. Pontosan mikor és hogyan történik kisebb vagy nagyobb változás a tudásban? Milyen különleges eseményhez köthető a változás elindulása, illetve előidézése? Például hogy történhet meg, hogy egy gyermek, aki hetekig visszautasítja a molekuláris magyarázatot, hirtelen elkezd molekuláris magyarázatokat adni? Mi idézte elő ezt a gyors változást?

A változások osztályozása. Milyen faktorok gyakorolnak hatást az egyik pillanattól a másik pillanatig tartó változás általános sémáira (pl. gyors vagy lassú változások, több vagy kevesebb csoportba szervezett változás, a változás stabilitásának mértéke). Miért van az, hogy néhány gyereknél gyorsan történik a tudásváltozás, míg a másikaknál jóval közvetettebb a folyamat.

A stabilitás és a koherencia megteremtése. Hogyan és miért stabilizálódik az új eszmék használata a hirtelen kirobbanás időszakain keresztül? Miért történik meg, hogy olyan tanulók, akik hetekig láthatóan töredékes és inkohereus nézeteket vallanak az anyagról, később elkezdnek magukévá tenni és következetesen használni tiszta és koherens elméleteket?

A tudásváltozás forrásai. A tanulók korábbi tudáselemeinek különböző komponensei hogyan lépnek kapcsolatba az új információkkal, hogy előidézzék a változást? Például, építenek-e a sikeres tanulók az anyagról való előzetes tudásukra, vagy részben elhagyják a régi tudáselemeket és megpróbálják félretolni azokat, hogy meg tudjanak konstruálni új, bonyolult elméleteket?

Valamennyi fenti kérdés rávilágít egyes részletekre arról, hogyan és miért változik a tudás egyik pillanatról a másikig a tanulás dinamikus és állandóan folyamatában. A hagyományos kutatási módszerek nem adnak választ ezekre a kérdésekre, mert nem gyűjtnek információkat arról, hogy mi történik a mérések között, amelyek időben egymástól nagyon elkülönítettek. Ezzel szemben a mikrogenetikus módszer kifejezetten ezekre a kérdésekre ad választ. A mikrogenetikus módszer középpontjában a részletes, szisztematikus adatgyűjtés áll a tanulási folyamat minden pillanatáról, így képes választ adni az egyik pillanattól a másik pillanatig tartó változásra.

A mikrogenetikus módszer fő sajátosságai az alábbiak (lásd e sajátosságok megvitatásáról Kuhn, 1995; Kuhn & Phelps, 1979; Siegler & Crowley, 1991,)

1. Valamennyi, vagy a legtöbb tanulási esemény megörökített. Ez biztosítja, hogy a tanulási események kulcselemei nem történhetnek meg megfigyelés nélkül.
2. A teljesítmény megfigyelése sűrített (pl. igen gyakoriak a tudás- és a stratégia változásainak ütemével kapcsolatban). Amikor a megfigyelés sűrű, a kutatóknak módjukban áll sokkal precízebben felderíteni, hogy mikor történik a tudás- vagy

stratégiaváltozás, így jobban megkísérelhetik megérteni, hogy miért történt meg a változás az adott ponton.

3. A megfigyelés teljes periódusa megfelelő hosszúságú ahhoz, hogy az érdeklődés fő változásai bekövetkezzenek a kiválasztott periódus alatt.
4. A megfigyelések elemzése tanulási eseménytől tanulási eseményig történik megmutatva a változás részletes folyamatát.
5. Bár az esetszám gyakran viszonylag kicsi, elegendő résztvevő van a számszerű elemzések elvégzéséhez.
6. Minden egyes résztvevőt tipikusan ugyan azokkal a feladatokkal és mérésekkel vizsgálják ismétlődően (véletlen szabályok, kiegyenlített szabályok), így ez lehetővé teszi a szisztematikus összehasonlításokat az egyének között és az egyéneken belül.

A MIKROGENETIKUS TANULMÁNYOK PROTOTIPIKUS PÉLDÁI

A Min-stratégia kialakulása

Prototipikus példa a mikrogenetikus módszer alkalmazására Siegler és Jenkins (1989) tanulmánya a min-stratégia kialakulásáról, amikor a gyerekek számokat adnak össze. A *min-stratégia* magába foglalja egy részprobléma megoldását, amikor a nagyobb összeadandótól számolunk felfelé. Például, a probléma $8+3$ és $3+8$, a *min-stratégia* szerint 8 után hozzáadjuk egyesével a számokat, 9, 10, 11. Siegler és Jenkins mikrogenetikus kutatásában, amelyet 4 és 5 évesekkel végeztek, akik korábban nem használták a *min-stratégiát*. 33 ülést videóra rögzítettek 11 héten keresztül arról, hogy a gyerekek hogyan oldják meg a kísérletező által feladott problémát. Figyelték minden egyes gyermek saját stratégiáját, amelyet egyes problémák megoldásához használt, egyrészt a videoszalagra rögzített viselkedésének elemzése alapján következtették ki, másrészt megkérték a gyermekeket, mondja el, milyen stratégiát használtak.

Ez a vizsgálat lehetővé tette a kutatók számára, hogy olyan a tanulási folyamattal kapcsolatos kulcskérdéseket tegyenek fel, amelyeket korábbi kutatásokban nem tettek fel. Siegler és Jenkins úgy találta, hogy nagy változatosságot mutatott minden egyes gyermek stratégia-használata a kutatás ideje alatt. Az első megoldási kísérleteknek, amelyekben a *min-stratégiát* használták a gyermekek, mélyreható elemzése rávilágított arra, hogy a gyermekek nagy eltérést mutattak a stratégia-használat tudatosságának mértékében és abban is, hogy miért volt az a stratégia hasznos. A kutatók azt is feltárták, hogy az eredmények felfedezése előtt a problémamegoldás ideje kétszer olyan hosszú volt, mint más problémáké, annak ellenére, hogy ez a példa nem volt bonyolultabb az átlagos feladatoknál. Azt is felfedezték, hogy a rövidített összeadási stratégia (*shortcut sum strategy*), amely olyan problémamegoldást foglal magába, hogy a $8+3$ úgy is mondható, hogy „1,2,3,4,5,6,7,8 – 9,10,11” felbukkant valamennyi olyan gyermek korai próbálkozásaiban, amelyik felfedezte a *min-stratégiát*. Emlékeztetünk arra, hogy ezekhez a felfedezésekhez arra volt szükség, hogy részletes információkkal rendelkezzenek minden egyes próbálkozásról a tanulási folyamat alatt.

Változók ellenőrzésének tanulása

Kuhn és Phelps (1982) elvégzett egy mikrogenetikus kutatást, hogy megvizsgálja olyan érvelési stratégiák kialakulását, mint a változók ellenőrzését, amikor feladatok végzésekor

következtetések levonása történik ellenőrzött és nem ellenőrzött kísérletekből. Tizenöt negyedik és ötödik osztályossal dolgoztak hetente egyszer, 11 héten keresztül egy olyan feladaton, amely során öt kémiai anyag színváltozáson ment át, ha hozzáadták egy hatodik kémiai anyaghoz. Mindegyik tanuló kezdetben nem hatékony vagy nem megfelelő stratégiát használt; a kísérlet végén 7 tanuló alkalmazott következetesen eredeti hipotézist, ellenőrzése alatt tartotta a kísérletezést és a szilárd következtetési stratégiákat. A kutatók megállapították, hogy az érvényes *hipotézis – kísérletezés - következtetés – stratégia*-szekvenciák csak hosszabb idő elteltével jelentek meg, és ez alatt az idő alatt az érvényes stratégiákat nem használták következetesen. Továbbá a kutatók azt is megállapították, hogy amikor a gyermekek először kezdenek következetesen használni kiérlelt stratégiákat, általában hiányos módon alkalmazzák őket és csak sok próbálkozás után válnak mestereivé a stratégiáknak. Csak úgy, mint Siegler és Jenkins (1989) kutatásának, az eredmény ebben az esetben is a próbaszerencse (trial by trial) alapú tanulás intenzív analízisére épült. A tanulás-pályagörbék megtalálása abból következett, hogy 11 héten keresztül valamennyi tanulási próbálkozásról rendelkeztek adatokkal.

Nem-prototipikus elgondolások

Gyakran olyan kutatásokat is mikrogenetikusként neveznek, amelyek nem ragaszkodnak szigorúan a korábban felsorolt hat kritériumhoz. Például Shimojo, Bauer, O’Connell és Held (1986) vizsgálta a csecsemők térérzékelését (stereo acuity) egyszer egy héten, 4 hetes korban kezdték, és 26 héten keresztül folytatták. Lavelli és Fogel (2002) ismétlődően feljegyzéseket készített az anya-csecsemő páros interakcióiról naponta körülbelül 20 percig, hónapos intervallumokban. Ezekben a vizsgálatokban a kutatók nem rögzítették, hogy mi történik napokig, hetekig a mérések közötti idő alatt, így lehetséges, hogy döntő jelentőségű tanulási eseményeket elmulasztottak. Mindazonáltal a mérés gyakorisága még így is sokkal nagyobb volt, mint a legtöbb kutatásban, és ez lehetővé tette a kutatóknak, hogy feltegyenek olyan kutatási kérdéseket, amelyeket nem lehetett volna, ha csak a kezdeti és a végső megfigyeléseket végzik el. Nem megvalósítható egy prototipikus mikrogenetikai vizsgálat elvégzése, ha a fejlődési változásokat, amelyek normális körülmények között hónapok, évek alatt mennek végbe, nem lehet összesűríteni egy rövidebb időkeretben, intenzív tapasztalatok szerzésével.

Más kutatásokban a kutatók feljegyzéseket készítenek és méréseket végeznek valamennyi tanulási eseményről, de nem elemzik az adatokat próbálkozás – próbálkozás alapon (trial by trial fashion). Például, ha a kutatók adatokat gyűjtenek a tapasztalatra épülő érvelési képességek fejlődéséről hat egy óra alkalmon, de utána a változásokat csak az egyik alkalomtól a másikig tartó változás átlaga szerint elemzik, a kutatás nem tesz eleget a próba - próba általi adat követelményének. A tanulás konceptusát és a jártasságok megszerzését vizsgáló kísérletek közül sokan kerülnek ebbe a kategóriába. Az adatokat ugyan az egyes tanulási próbálkozásokról gyűjtik, de az elemzések sokkal gyakrabban az átlagos csoportos tanulási próbálkozások blokkjaira épülnek, mint egyéni próbálkozásokra.

Egy másfajta mikrogenetikai vizsgálat fejlődött ki az osztálytermi vizsgálatokra, Nuthall és kollégái (Nuthall, 1999, nyomtatásban Nuthall & Alton-Lee, 1993) pontosan leírták előre, hogy mit tanulnak a diákok a társadalom és természettudományi feladatokból. Nuthall vizsgálataiban nem alkalmazott ismételt vagy ellensúlyokra épülő méréseket (kivéve az azonos előzetes és utólagos tesztek használatát). Mindazonáltal ezek a vizsgálatok tartalmaztak más mikrogenetikai vonásokat, elsősorban a tanulási események aprólékos felbontását az elemzésben. A tanulási események 15 perces időegységekre voltak felbontva és az elemzés célja az volt, hogy tanulási eseménytől tanulási eseményig tartó

modellt generáljanak minden egyes tanuló hosszú távú memóriájának feltételezett tartalmáról. Ez az elemzés részletes képet adott a gyermekek tanulási tapasztalatainak időbeli lefolyásáról.

Néhány vizsgálat nem elég ahhoz, hogy prototipikus mikrogenetikus vizsgálatot végezzenek, de mindazonáltal van egy nagyon erős mikrogenetikus arculatuk azáltal, hogy intenzíven alkalmazzák a próbálkozás-próbálkozás típusú elemzéseket. Alibali (1999) gyermekek fejlesztését szolgáló stratégiákat vizsgált matematikai ekvivalencia problémákon keresztül, ilyeneket például, hogy „ $3+4+5= \dots +5$ ”. Hat próbálkozásra volt lehetőség, mint előzetes felmérő teszt, három próbálkozás volt, mint tanítási próba (instrukciókkal, amelyek öt kondíció szerint változtak), és hat próbálkozás képezte az utólagos tesztet. Bár ez az időtartam rövid volt, összevetve a fentebb ismertetett hosszabb időtartamú prototipikus kutatásokkal, Alibali részletes próbálkozás – próbálkozás teljesítmény-elemzése lehetővé tette számára, hogy választ adjon sok olyan kérdésre, amelyeket elsődlegesen mikrogenetikus kutatással lehet megválaszolni.

Néhány egyéni teljesítménnyel kapcsolatos esettanulmány tervezése erős mikrogenetikus vonásokat mutat (például Schoenfeld, Smith & Arcavi, 1993). Ez különösen akkor igaz, amikor a résztvevő sokszor ismétlődően próbálkozik ugyan annak az alapfeladatnak a megoldásával. Ugyan annak a feladatnak a megoldásából előálló ismétlések lehetővé teszik a kutató számára, hogy pontosan megállapítsa, mikor történt a változás, és megbízható feltevései legyenek arról, hogy mi indította be a változást.

Közeli rokonságban lévő, de nem mikrogenetikus kutatások

Az ismételt mérések nyilvánvaló hasonlóságot mutatnak a mikrogenetikus tervezéssel. Mindazonáltal a legtöbb ismétlődő méréseket alkalmazó kutatási terv olyan durva szegmenseket alkalmaz, hogy nem engedhetjük meg, hogy mikrogenetikusnak nevezzük. Például egy nagyon ambiciózus, longitudinális kutatásban Nagin és Tremblay (1999) fiúk fizikai agresszivitását, hiperaktivitását és szembe helyezkedő magatartását mérte, hét alkalommal, 9 éven keresztül. A számos nyilvánvaló erénye ellenére a kutatás a mérőeszközöknél túl nagy egységeket alkalmaz (évenként) ahhoz, hogy mérhetővé váljon az agresszióval és más viselkedéssel kapcsolatos változás, amely napról-napra, vagy hónapról-hónapra következik be.

Néhány formája az együttműködő tanulással kapcsolatos kutatásoknak rokonságot mutat a mikrogenetikus kutatástervezéssel. A vizsgálatok közül néhányban például a tanulókról feljegyzés készül a csoportosan végzett munkáik alatt, megfigyelve, hogyan haladnak a feladatvégzéssel. Valamennyi interakciót feljegyeznek, így részletes információkat nyernek a csoporton belüli interakciókról és azok időbeli változásáról. Ezek a vizsgálatok azonban általában legalább két szempontból nem felelnek meg a mikrogenetikus követelményeknek. Először is tipikusan hiányzik az egyéni teljesítmény mérése az előzetes felmérő teszt és az utólagos felmérő teszt között. Mivel a záró tesztig semmilyen egyéni mérést nem alkalmaztak, és az egyének jelentős tanulást végezhetnek akkor is, ha nem beszélnek erről a megadott határideig, nem lehetséges ezeknél a vizsgálatoknál követni az egyén tudásában egyik pillanattól a másik pillanatig bekövetkező változást. Ugyan lehetséges lenne a csoportot tekinteni elemzési egységnek, és a csoport szintjén követni az egyik pillanattól a másik pillanatig bekövetkező változást (ahogy azt a kutatók az anya-csecsemő és szülő-gyermek interakciós vizsgálatokban alkalmazzák), az együttműködő-tanulás kutatói ezt ritkán teszik meg. Másodszor a megfigyeléseket nem elemzik tanulási eseményről tanulási eseményre. Ehelyett azt mérik, hogy van-e korreláció az egy vagy több kutatási alkalom átlaga vagy összege és az utólagos felmérő teszt eredményei között. Ezek a vizsgálatok meg sem

próbálják nyomon követni az egyik pillanattól a másik pillanatig bekövetkező változást a tudásban.

Az oktatásminőség-kutatók (*qualitative educational researchers*) gyakran készítenek feljegyzéseket tanulók csoportjairól vagy egész osztályokról hosszabb időn keresztül, amint tanulók komplex tanulási feladatokat oldanak meg. Bár ezek a vizsgálatok gazdag elemzéseket nyújtanak a tanulási eseményekről, de sok szempontból lényegesen különböznek a mikrogenetikus kutatásoktól. Először, mert a kutatási minta nagysága nagyon kicsi, a statisztikai összehasonlítások fajtái (vagy legalább a számszerűsített összehasonlítások) pedig, amelyeket alkalmaznak az elemzéshez, a mikrogenetikus kutatásokban nem használatosak. A második különbség az, hogy az oktatásminőség-kutatásokban használt esettanulmányok inkább válogatott példákat mutatnak be és nem szisztematikus adatokat valamennyi ülésről, ahogy azt a mikrogenetikus kutatások teszik. És végül az oktatásminőség-kutatások tipikusan nem ellensúlyozzák a feladatokat, így nehéz elkülöníteni a feladatokra irányuló hatásokat más, a teljesítményt befolyásoló hatásoktól.

A KVALITATÍV ÉS KVANTITATÍV MÓDSZEREK ERŐSSÉGEINEK INTEGRÁCIÓJA

A mikrogenetikus kutatástervezés integrálja a kvalitatív és kvantitatív kutatások legjobb vonásait. A kvantitatív vizsgálatok, úgymint a szekcióközi kutatások (*cross-sectional studies*) és az instrukciókra épülő kísérletek (*instructional experiments*) nem tesz fel sok fontos kérdést a tanulásról, mert a mérésnél alkalmazott egységek túlon túl elnagyoltak. A tanulási folyamat minden pillanatának feljegyzésével a csoportokban vagy az osztályteremben, a kvalitatív kutatások sokkal finomabb mérési egységeket alkalmaznak és képesek a tanulás folyamatával kapcsolatos kérdések részleteire is válaszolni. E szempontból a mikrogenetikus kutatások sok célkitűzésben hasonlóak a kvalitatív kutatásokhoz.

A kvalitatív kutatásokkal összevetve a mikrogenetikus kutatások mélyebb következtetéseket vonnak le a tanulási folyamatokból. Ellentétben a kvalitatív kutatásokkal a mikrogenetikus kutatások többvariációs adatsort használnak, ez segít a mélyebb következtetések levonásában arról, hogyan tanulnak a tanulók. A valamennyi adatra kiterjedő, szisztematikus elemzés szintén segít abban, hogy felfedjék azokat a lehetőségeket, amelyek jelzik, hogy a bemutatásra kiemelt példák atipikusak. Például egy kvalitatív vizsgálatban egy magasan kiugró példát egy gyermeknél arról, hogy közösen konstruálnak egy érvelést, arra lehet használni, hogy bizonyítsuk, az ilyen közös konstrukciók alapvető fontosságúak a tanulásban, miközben az összes tanulási eseménynek egy még szisztematikusabb elemzése megmutathatja, hogy mind a közös konstrukciója, mind az individuális konstrukciója az érvelésnek erősen összefügg a tanulóval (Chinn, O'Donnell & Jinks, 2000). A mikrogenetikus kutatások nagyobb metodológiai szigorral válaszolják meg a tanulási folyamattal kapcsolatos kérdéseket.

Egy másik előnye a mikrogenetikus kutatásoknak a kvalitatív kutatásokkal szemben, hogy a mikrogenetikus vizsgálatokat lehet kísérletként is végezni. Például Siegler (1995) a szám-émlékezet (number conservation) fejlesztését vizsgálta változó feltételek között. Egyes gyermekek visszajelzést kaptak válaszaik helyességéről. Mások is kaptak visszajelzést, és megkérték őket, hogy magyarázzák meg saját érvelésüket. A legsikeresebb tanulók azok voltak, akik kaptak visszajelzést és mellette kérték őket, hogy magyarázzák meg az érvelésüket. A kísérleti jellege ennek a vizsgálatnak megengedte az okozati következtetés levonását a magyarázat hatásáról; a mikrogenetikus jellege a kutatás tervezésének lehetővé tette Siglernek, hogy figyelmesen nyomon kísérje a tanulók különböző fejlődési mintáit minden egyes feltétel mellett, továbbá hogy még jobban megvilágítsa, hogyan megy végbe a tanulás az egyes feltételek esetében.

A MIKROGENETIKUS KUTATÁSOK RÖVID TÖRTÉNETE

A mikrogenetikus tanulmányok eredete

Catán (1986) mutatta be a mikrogenetikus módszer fejlődésének a történetét. Beszámolójában azt mondja, hogy a mikrogenetikus módszert Werner teremtette, aki Friedrich Sanders és a Gestalt pszichológusok lipcsei iskola más pszichológusainak módszereire alapozott. Werner leírt egy módszert, amit arra terveztek, hogy laboratóriumi körülmények között érdekes pszichológiai jelenségeket szimuláljanak. A kulcsa az volt, hogy miniatürizált feladatokat készítsenek, amelyekben a fejlődési folyamatokat újra lehetett teremteni relatíve rövid időkereteken belül. Például, Werner (1940) kitalált egy kísérletet, melyben egy hangszínezeti skála feltalálását szimulálták, amelyben 12 magasabb hanglejtés volt, melyek egy kicsit különböztek csak az általánosságban megkülönböztetett hanglejtésektől. A résztvevők először nem tudták megkülönböztetni ezeket a hangszíneket, de idővel olyan hangszín skálát fejlesztettek ki, mely már magában foglalta ezeket is.

Vygotskynak és más szovjet társadalom-történeti pszichológusnak ismert volt Werner munkája és támogatták ezen módszerek alkalmazását (Catán 1986). Luria (1928-1978) olyan gyerekekkel készített egy tanulmányt, akik még nem tudtak írni vagy olvasni. A gyerekeknek olyan kifejezéseket, illetve mondatokat adott, melyek túl hosszúak voltak ahhoz, hogy külső segítség nélkül megjegyezhesék őket, és megkérte a gyerekeket, hogy vessenek papírra bármit, ami segítségükre lehet abban, hogy megjegyezzék. Idővel a gyerekek kifejlesztettek egy jelrendszert, majd ezen változtattak, ahogy folytatták a feladatot. Más Vygotsky-hívő kutatók pedig olyan tanulmányokat készítettek, melyek a pillanatról-pillanatra való tanulást vizsgálták, mégha ezek közül számos nagyon rövid időtartamú is volt (Catán – 1986).

Piaget és kollégái is támogatták a mikrogenetikus tanulmányokat (pl.: Piaget, 1963). Piaget számos gyermekkel végzett tanulmánya hosszú időt igénybevevő feladatokat tartalmazott, mely lehetőséget nyújtott Piaget számára, hogy a változás folyamatát leírja és megmagyarázza. Mindazonáltal, a mikrogenetikus módszer modern formája sokkal szisztematikusabb, mint Piaget tanulmányai, melyek inkább jellemzően esettanulmányok voltak, és nem olyan tanulmányok, melyek megfeleltek volna statisztikai analízisekhez. Mindamellett, Piaget és kollégái részletes tanulmányokat végeztek abból a célból, hogy megértsék a változás folyamatát.

Siegler és Crowley (1991) megjegyezték, hogy a fejlődés-kutatók, akik különböző elméleti perspektívákat vázoltak, lelkesen foglalkoztak a mikrogenetikus módszerrel. Ezen kutatók, a Piagetianusoktól és a társadalmi-kultúra kutatóktól kezdve, az információ-feldolgozás elméletének elvi alkotói és a „kapcsolat”-kutatók voltak. Az ok az, hogy az elméleti perspektívát kutatók közül a legtöbbet érdekli a tanulás folyamatának részletes megértése, és ez kivitelezhetetlen anélkül, hogy a tanulás pillanatáról vagy pillanatairól ne gyűjtenének nagy mennyiségű adatot.

Jelenlegi mikrogenetikus tanulmányok

A mikrogenetikus kutatások korabeli hulláma főleg a kognitív stratégiák felbukkanására összpontosított, különösképp vizsgálati illetve irányított vizsgálati feltételek mellett. Sok tanulmány vizsgálta egyének matematikai és logikai stratégiák elsajátítását, mint például a *min-stratégia* (Siegler és Crowley, 1991; Siegler és Jenkins, 1989), a számok megjegyzése (Siegler, 1995), matrix stratégiák (Siegler és Svetina, 2002), és egyensúlyi

mérlegekkel kapcsolatos okfejtési stratégiák (Chletsos és De Lisi, 1991), épp úgy, mint a különböző matematikai problémák megoldásához szükséges stratégiák (Alibali, 1999; Meira, 1995). A mikrogenetikus kutatások nagy és gyümölcsöző része fókuszált a tudományos okfejtési stratégiák megjelenésére, különösképpen irányított kísérletek levezetésével, és az alapos következtetések levonásával, mind az irányított és az ellenőrzés nélküli kísérletekből (pl.: Kuhn és Phelps, 1982; Kuhn, Schauble és Gracia-Mila, 1992; Schauble, 1996). A mikrogenetikus elvek megnevezték a nyelv elsajátításához szükséges képességeket, beleértve a korai években történő nyelvtani és szókinccsel kapcsolatos nyelvtanuláshoz szükséges képességeket (Huttenlocher, Haight, Bryk, Seltzer és Lyons, 1991; Robinson és Mervis, 1998), és az általános iskolások írás stratégiáit (I. Jones, 1998). Más kutatók megfogalmazták a memória stratégiák fejlődését (pl.: Coyle és Bjorklund, 1997; Schlagmüller és Schneider, 2002).

Számos felismerés a stratégiák megjelenésének mikrogenetikus tanulmányaiból következett. Az alap felismerés az, hogy a tanulók mindig hajlamosak stratégiák széles választékát használni, még akkor is, ha ugyanazon szakaszon belül azonos problémát oldanak meg. A második felismerés az, hogy amikor egy gyermek egy új stratégiát először használ, ennek a stratégiának a használata egy ideig csak szórványos (habár tekintsék meg ellenpéldaként: Schlagmüller és Schneider, 2002). Sok próbálkozásba kerülhet, amíg egy gyermek egy új stratégiát következetesen elkezdi használni. Kuhn (1995) vitatja - saját mikrogenetikus kutatásai alapján - hogy a tanulók számára sokkal nehezebb lenne elhagyni a régi stratégiákat, mint újakat elsajátítani. Számos tanulmány azonosított be olyan eseményeket, melyek változást váltanak ki a tudásban, valamint olyan viselkedésmódot, melyek a kezdeti tudás változásával vannak kapcsolatban. Például, Siegler és Jenkins (1989) azt találta, hogy a *min-stratégia* használata gyakoribbá vált nagyobb összeadandót tartalmazó összeadási problémával (mint például: $24+3$) való találkozás után. Úgy vélték, hogy a gyerekek nehezen találták a stratégiáikat jellemezni, amikor először használták a *min-stratégiát*. Ez a felismerés, hogy a gyerekek nehezen fogalmazzák meg szóban a stratégiát, mikor azt először használják azt, megegyezik annak a kutatásnak a fő részével, ami azzal foglalkozik, hogy a gyerekek gesztusai gyakran előre jelzik, hogy magatartásukban újabb stratégiák jelennek majd meg (pl.: Alibali és Goldin-Meadow, 1993). Kísérleti mikrogenetikus tanulmányokban a kutatók azt találták, hogy a hatékony stratégiák elsajátításának gyorsabb fejlődésének erőteljes elősegítője a magyarázat lehet, főként a helyes válaszok magyarázata, amelyek esetleg még különbözhetnek is a gyerekek válaszaitól (Siegler, 1995).

A mikrogenetikus kutatók vizsgálták a egymással kölcsönhatásban lévő felek stratégiáinak fejlődését (Lásd: Fogel és Thelen, 1987; Lavelli, Pantoja, Hsu, Messinger és Fogel, 2005). A megfigyelés stratégiái az okfejtés, vita, és más problémamegoldó stratégiák (pl.: Kuhn, Shaw és Felton, 1997). Néhány kutató az anya-csecsemő egymásra hatásának az idő előrehaladtával történő változását vizsgálta, például a mosolygást (Messinger, Fogel és Dickson, 1999), az anya-csecsemő szemtől-szembe, az első 3 hónapban történő kommunikáció változásának mintáit (Lavelli és Fogel, 2002), és anyák és temperamentumosabb csecsemők kölcsönhatásának változásait (Hooker, Nesselrode, Nesselrode és Lerner, 1987).

A kognitív és kommunikatív stratégiákkal kapcsolatos kísérleteket összehasonlítva, van egy kis hiány a deklaratív és fogalmi tudás fejlődésének mikrogenetikus kutatásában. Az egyik kivétel Johnson és Mervis tanulmánya (1994), akik egy 5 éves kislányok tengerparti madarakkal kapcsolatos tudásának fejlődését vizsgálták, miközben egy társasjátékban találkoztak ismétlődő információval a tenger madarairól. A gyerekek egyenletes fejlődést

mutattak abban a képességükben, hogy a madarak fajaihoz viselkedési és alaktani tulajdonságokat rendeljenek. Bizonyítékot találtak arra is, hogy volt egy átmeneti időszak, amikor a gyerekek olyan tulajdonságokat tudtak megfogalmazni, melyeken több madárfaj is osztozott, de ezeket a tulajdonságokat még nem használták arra, hogy a madarakat kategóriákba rendezzék.

ANALITIKUS MÓDSZEREK

A mikrogenetikus kutatások adatainak elemzésének megközelítései 3 széles kategóriába sorolhatók: (a) mennyiségi módszerek a rögzített információk elemzéséhez, (b) mennyiségi módszerek a próbálkozások adatainak elemzéséhez, (c) minőségi módszerek.

Mennyiségi módszerek a rögzített adatok elemzéséhez

A mikrogenetikus adatok elemzésének leggyakoribb megközelítése valószínűleg az, hogy szakaszonként adatokat rögzítenek, és mérési elemzéseket ismételnék ezen adatokon. Ez a módszer nem használja ki a mikrogenetikus elgondolás próbálkozások általi módszer lehetőségeit. Az ismételt mérések elemzésének statisztikai módszereinek egy áttekintése megtalálható Lavelli és mások munkájában (2005).

A legnépszerűbb technika valószínűleg az eltérések ismételt mérésének elemzése (ANOVA), ahol a szakaszon belüli átlagos teljesítményt veszik az ismételt mérés alapjául. Például, egy 6 szakaszon át történő kísérlet ellenőrzési képesség fejlődéséről szóló tanulmányban az egyik ismételt mérés a mind a 6 szakaszon belül végzett ellenőrzött kísérletek aránya lehetne. Az ismételt mérések ANOVA egyik alternatívája a megtervezett tendencia test (Hale, 1977). Meg kell jegyezzük, hogy ezek a megközelítési módok átlagos szakaszok közti változásokat ragadnak meg, és nem egyéni változásokat vagy nem szakaszon belüli változásokat.

A többszintű modellben, a kutatók az egyének adataihoz egy hozzávetőleges grafikont illesztnek. Utána az egyének grafikonjainak paramétereit alávetik egy másodlagos elemzésnek, hogy eldöntsék, hogy van-e különbség az egyének között, beleértve a feltételek közti különbségek vizsgálatát is (Lavelli és Fogel, 2002). A változók ellenőrzésének példájában egy grafikon illeszthető mindegyik egyén szakaszonkénti irányított kísérletének arányához. Aztán e grafikon paramétereit elemezhetők, hogy eldöntsék van-e különbség a növekedési mintákban. Más többszintű modellezési megközelítés célja az, hogy grafikonokat rendeljenek a különböző feltételeknél rögzített számszerű adatokhoz, hogy összehasonlíthatók legyenek ezeket a grafikonok, és meghatározhassák van-e különbség a feltételek szülte különbségekben (pl.: Nagin és Tremblay, 1999; van de Boom és Hoeksma, 1994).

Ellentétben az előző módszerrel, a P-technika tényező-elemző módszer lehetőséget nyújt arra, hogy a kutatók több, mint egy változó változását vizsgálhassák az idő haladtával (pl.: Hooker és mások, 1987; Huttenlocher és mások, 1991). A P-technika tényező analízist külön minden egyénen elvégzik, hogy megvizsgálják, hogy a mért változókból eredő mögöttes tényezők változnak-e szakaszonként (Catell, 1952; C.J.Jones és Nesselrode, 1990). Az analízis célja, hogy feltárja a mögöttes tényezők változását. Egy vizsgálat rögzített adatainak grafikus megközelítése folyamán a kutatók megvizsgálták az egyének stratégiáinak szakaszonként történő használatának pályagörbéit. Például, Siegler (1995) megvizsgált 15 olyan gyermeket, akik részt vettek egy a számok megjegyzésének fejlődésével kapcsolatos mikrogenetikus tanulmányban. Azt vizsgálta, hogy a gyerekek milyen gyakorisággal használtak különböző stratégiákat egy szám megjegyzésére 5 szakaszon keresztül, beleértve egy előzetes tesztet is. Megvizsgálva a grafikonok eredményeit, azt találta, hogy 12 gyermek

tisztán besorolható volt 1 vagy 2 csoportba, az alapján, hogy a szakaszokon keresztül használt stratégiák száma átlagosan hogyan nőtt, illetve csökkent. Megvizsgálva az egyéni szakaszról-szakaszra történő stratégia használati mintákat, Siegler betekintést nyert abba, hogy hogyan fejlődik ki a stratégia használat idővel. Hasonló módon, Robinson és Mervis (1998) alaposan tanulmányozták egy fiú nyelvi fejlődését 10 hónaptól 30 hónapos koráig. Grafikai analízissel kimutatták, hogy a fiú többes számú alakok nyelvtani elsajátítása egybeesett a lexikai tudásban történő lelassulással. Egy ilyen felismerés csak a mindennapos, részletes nyelvtani és lexikai teljesítménnyel kapcsolatos információgyűjtéssel vált lehetségessé.

Mennyiségi módszerek a vizsgálatok adatainak elemzéséhez

Az olyan elemzések, melyek az adatokat szakaszonként rögzítik, nem ragadják meg a mikrogenetikus módszer próbálkozásokban rejlő lényegét, mert nem vizsgálnak szakaszokon belüli változást, illetve változatokat. Ebben a részben, olyan mikrogenetikus adatok elemzésére való módszerek kerülnek leírásra, melyek szituációkra fókuszálnak, ahol feltételezzük, hogy az egyik esemény követi a másikat (pl.: egy tanuló egy stratégiát használ az egyik próbálkozásnál és ugyanezt, vagy egy másikat a másiknál; vagy az egyik tanuló megjegyzést tesz, és ezt egy másik diák megjegyzése követi). Lavelli és mások (2005) megvitattak más, olyan módszereket, ahol potenciálisan egymást követték az események (pl.: anya és csecsemője mosolygása, ahol az anya is elkezdhet mosolyogni, vagy csak csecsemője mosolyát követve, vagy miközben csecsemője mosolyog, és oda-vissza).

A próbálkozások adatait arra használták, hogy megállapítsák az új stratégiák megjelenésének stabilitását, mikor azok először felbukkannak. Például, amikor egy tanuló először használ egy változók ellenőrzési stratégiát, akkor a kutatók megvizsgálják, hogy a későbbi próbálkozások esetében a tanuló ugyanazt az új stratégiát használja-e, vagy visszatér egy másik, kevésbé hatékony stratégiához. Az új stratégiák használatának feltételes valószínűsége egy későbbi próbálkozás esetén időmértékes stabilitást mutat. (Siegler, 1995).

A kutatók megvizsgálták az elsőként használt stratégia előéletét abból a célból, hogy megértsék azokat a tényezőket, melyek elősegítik a stratégiák felfedezését (vagy a stabil stratégia használatot). Például, Siegler és Jenkins (1989) megvizsgálta a minimum stratégiát tanuló gyermekek összes próbálkozását és azt találták, hogy az összes gyermek először egy rövidebb útvonalú összegző stratégiát használt, hogy eljusson a minimum stratégiához. A kutatók használhatnak még feltételes lehetőségeket is, hogy megnézzék, hogy bizonyos események arra irányulnak-e, hogy a stratégiák felfedezését elősegítsék (Siegler és Crowley, 1991). Siegler és Svetina (2002) egy innovatív diagrammos megközelítést használtak arra, hogy feltérképezzék a megfelelő mátrix teljesítési stratégia stabil használata előtti és utáni próbálkozásokat, stratégiákat. Ez a megközelítés kimutatta, hogy egy átlagos gyermeknél egy bizonyos téves stratégia gyakorisága körülbelül 12 próbálkozással csökkent a megfelelő stratégia használatáig, míg más helytelen stratégiák használata a stabil használatot megelőzően nőtt.

A kutatók olyan feltételes valószínűségi elemzéseket is kidolgoztak, melyek a próbálkozásos analízis során felfedezetlenül maradt bizonyos események következményeit elemezte. Például, Alibali és Goldin-Meadow (1993) beazonosítottak olyan példákat, melyek során a tanulók különleges állapotban voltak, olyan állapotban, mely során a tanulók „mozdulati” stratégiáit szóbeli stratégiákkal párosították, de mindkét stratégia helytelen volt. Utána elemezték a feltételes valószínűségét annak, hogy a tanulók ezen állapota vezet-e egy új állapot kialakulásához. Azt találták, hogy azoknál a tanulóknál, akiknél a rosszul párosították a gesztusokat és a szóbeli stratégiákat, azoknál különösen nagy volt a valószínűsége egy új állapot kialakulásának.

A vizsgálatok adatait arra használták, hogy meghatározzák a stratégia használat során bekövetkezett változások gyorsaságát. A kutatók betekintést nyernek a stratégiák változásának gyorsaságába azzal, hogy megvizsgálták hány próbálkozásba telik egy új stratégia megjelenése, illetve, hogy mennyivel később stabilizálódik egy stratégia használata a megjelenése után.

A kutatók megvizsgálták a változások csoportosulásának módját is. Kuhn és Phelps (1982) lelkesen vizsgálta sok hatékony kísérleti stratégia stabilizáció előtti vizsgálatát. Megjegyezték, hogy a tudományos okfejtő stratégia csak akkor vált stabilá, amikor alaposan elsajátították a következő 3 terület hatékony stratégiáit: hipotézisek felállítása, kísérletek levezetése, és a kísérletekből következtetések levonása.

Nuthall és kollégái (Nuthall, 1999, sajtóban; Nuthall és Alton-Lee, 1993) egy ügyes módszert alkalmazott arra, hogy összekapcsolják a napokon, heteken át tartó osztálytermi tanulási fejezetekből származó információt azért, hogy megjósolják a tanulás mértékét az utólagos felmérő tesztben. A kutatók feltételezték, hogy bármikor, amikor a tanuló olvas, hall, lát, ír vagy szóban kijelent valamit, az a hosszú távú memóriában raktározódik. Ha ez az információ nem kapcsolódik releváns információhoz az újabb tanulás alkalmával 2 napon belül, az információ elvesz a memóriából. Ha az információt több alkalommal egységbe rendezik, mielőtt elveszne (az alkalmak pontos számát nagyon részletes szabályok határozzák meg, melyek szabályozzák az információ feldolgozásának különböző módjait is, és azt is, hogy ezek hogyan járulnak hozzá ahhoz, hogy mi rögzül a hosszútávú memóriában), akkor az információra emlékezni fognak az utólagos tesztelés során. Ezt a módszert arra használták, hogy nagy pontossággal megjósolják a diákok teljesítményét az azonnali és a későbbi tesztelés során.

Egymást követő utólagos elemzést (Bakeman és Gottman, 1997; Bakeman és Quera, 1996) arra lehet használni, hogy meghatározzák a kapcsolatot az egymást követő események és a próbálkozások során stratégiák között – Bakeman és mások (1996) pontos és aszimptotikus, az előre nem látható események statisztikai jelentőségének tesztelésére vonatkozó módszereket vitattak meg.

Minőségi módszerek

Sok mikrogenetikus tanulmányban, a kutatók széles körben használtak minőségi módszereket azért, hogy megmagyarázzák a tanulási folyamatokat. Legtöbbször részletes esettanulmányt készítettek. Például, Kuhn és mások (1992) mind lelkesen kategorizáltak és vitatták meg egy negyedikes lány 9 szakaszból megszervezett 31 kísérletét. Siegler és Crowley (1991) bemutatták azokat a különböző folyamatokat, melyeken keresztül a min-stratégiát felfedezték a gyermekek problémamegoldó próbálkozásainak a leírásával. Nuthall egy minőségi elemzést végzett arról, hogy egy 16 tanulási fejezetből álló sorozat hogyan vezetett ahhoz, hogy egy ötödikes képtelen volt megérteni a fénytörés fogalmát.

Lavelli és mások (2005) leírtak egy elbeszélő elemző megközelítést, videófelvételek minőségi elemzéséhez. A kutatók időrendi sorrendben szerkesztették meg az elbeszéléseket úgy, hogy leírták, mit is figyelnek egy-egy videó rögzített szakaszban. Ezeket a leírásokat aztán a későbbi elemzéseknél úgy kezelik, mint adatokat, mivel a kutatók hosszabb időperiódusok esetében változási mintákat fedeztek fel.

A MIKROGENETIKUS ELGONDOLÁS KITERJESZTÉSE SOKKAL ÖSSZETETTEBB FELADATOKRA ÉS OSZTÁLYTERMI KÖRÜLMÉNYEKRE

A mikrogenetikus tanulmányok számos olyan tulajdonságban megegyeznek, melyek a módszer érvényességével kapcsolatban számos kérdést vetnek fel. A legtöbb mikrogenetikus tanulmány csak egyének / gyermekek viszonylag feladatok laboratóriumi körülmények között történő tanulására korlátozódott. A mikrogenetikus tanulmányok megkövetelik a kutatóktól, hogy képesek legyenek minden egyén által megtapasztalt lényeges tanulási eseményt teljes mértékben lejegyezni, ellensúlyozó feladatokat alkalmazni, és gyakori, ellensúlyozó mérést alkalmazni. Mindezeket ellenőrzött laboratóriumi körülmények között a legkönnyebb végrehajtani. Első pillantásra nehéznek tűnhet a módszert a sokkal összetettebb osztálytermi körülményekre alkalmazni.

Ebben a részben a mikrogenetikus módszer 5 lehetséges kikötésével foglalkozunk, illetve leírunk olyan megközelítéseket, melyek segítenek a kutatók számára a mikrogenetikus módszer osztálytermi alkalmazásában. Általánosságban úgy vélem, hogy habár a mikrogenetikus módszereknek vannak olyan összetevői, melyek korlátozzák alkalmazhatóságának kiterjesztését, a valóságban igenis nagyfokú alkalmazhatósággal rendelkeznek az osztály szintjén, és a komplex tanulási folyamatok kutatásánál.

Megjegyezni ehhez néhány módot, amellyel a mikrogenetikus tanulmányok kiterjeszthetők az iskolai körülmények között zajló tanulási folyamatokra. Ezek olyan módszerek, amelyek egyedi osztályokat írnak le, ahol a tanulók gyakran alkalmaznak csoportmunkát és osztály szintű megbeszéléseket. Mindazonáltal az is igaz, hogy amikor a mikrogenetikus módszert osztályban használják, ahhoz ezek kevésbé szorosan ellenőrzött tanulmányok lesznek, nem úgy, mint a laboratóriumban végzettek.

Költség

Nincs kétség afelől, hogy a mikro-genetikai tanulmányok költségesek. Az osztályteremben végzett mikro-genetikai tanulmányok még költségesebbek, mint a laboratóriumi körülmények között végzettek. Azonban, sok olyan szervezetek által (pl.: U.S. Tudomány Alapítvány) nyújtott támogatás létezik, mely elegendő ahhoz, hogy ezeket fedezze. Adott, hogy a mikro-genetikai tanulmányok nagyon megfelelnek arra, hogy az osztályban zajló tanulási folyamatokról részletes megbízható információt nyújtson, de az osztályban végzett mikro-genetikai tanulmányokra fordítható források szétosztása erősen vitatott.

Az általános fejlődéssel kapcsolatos általánosítások

Néhány pszichológus kritizálta a mikro-genetikai tanulmányokat azért, mert nem általánosíthatók a normális fejlődésre két okból. Elsőként azért, mert a mikro-genetikai tanulmányok hajlamosak a stratégiák, illetve más tudás megjelenését rövid időkeretbe szorítani, és ez a természetes világban ezek különbözhetnek ettől (Kuhn, 1995; Miller és Coyle, 1999.). Másodsorban, mikro-genetikai tanulmányok jellemzően magukban foglalják a tanulók rendszeres megkérdését, ahol haladó metakognitív eljárást alkalmaznak, mint például a magyarázat, okfejtés, és stb. Hagyományos fejlődés esetén az ilyen metakognitív folyamat nagyon ritka lehet (Pressley, 1992).

Nyilvánvaló, hogy ezeket az aggodalmakat eltúlozhatják, legalábbis néhány példa esetében (lásd: Siegler és Crowley, 1992; Siegler és Svetina, 2002). Mindazonáltal, fontos érv az osztályt kutatók számára, hogy egyik kritika sem lehet korlátja az osztályban végzett

mikro-genetikai tanulmányok általánosításának. Az osztályokban zajló tanítást úgy tervezik, hogy alapos tanulással kapcsolatos tapasztalatokat nyújtsanak, éppúgy, mint a mikro-genetikai tanulmányok. Továbbá, az intenzív metakognitív folyamatokat kívánatosnak tartják az osztályokban; a korabeli oktatási elmélet fémjelzése (finomsági próbája) az, hogy a tanulókat gyakran kéri véleményük kifejezésére és magyarázatára (pl.: Bransford, Brown, és Cocking, 1999). Így a mikro-genetikai tanulmányok alkalmasak arra, hogy a tanulást vizsgálják a jelenlegi osztályokban, mert a magyarázatokra szükség van ahhoz, hogy a mikro-genetikai változásokat felbecsüljék, és ezekben az osztályokban ezt, mint a normál oktatás részeként ösztönzik.

A stratégiákra összpontosítva

Eredendően, majdnem mindegyik mikrogenetikus tanulmány arra fókuszált, hogy az emberek hogyan fedeznek fel és tanulnak meg olyan stratégiákat, mint például a problémamegoldás, érvelés (pl.: a min-stratégia megjelenése), kommunikációs stratégiák (pl.: az édesanya és csecsemője közti kommunikáció kifejlődése). A stratégiákra jutó figyelem a mikrogenetikus módszer prototípusának két tulajdonsága miatt erősödött. Először is, a mikrogenetikus tanulmányok ugyanannak a feladatnak a többszöri ismételt vizsgálatát igénylik, mert így a stratégiákat értelmesen lehet összehasonlítani. Másodsorban, a mikrogenetikus tanulmányokban arra van szükség, hogy az események alaposan vizsgálhatók legyenek. Ezekre a kikötésekre könnyen rábukkanhatunk a stratégia felfedező feladatokban. A résztvevők ismételten vizsgálhatják ugyanazokat a feladatokat (pl.: számok újbóli és újbóli hozzáadása, vagy kísérleteket vezethetnek le ismételten). A tanulók vizsgálatával, és hogy megkérjük őket gondolkodásuk magyarázatára, a kutatók fel tudják mérni a vizsgálatok folyamán történő stratégia használatot.

Nyilvánvaló, hogy az osztálytermi tanulás egy fontos célja, hogy segítse a tanulókat a stratégiák elsajátításában (beleértve olyan stratégiákat, mint például a szövegértés, fogalmazás, tanulás, érvelés és problémamegoldás), tehát ezek a kikötések nem akadályozzák a mikrogenetikus módszer osztály szintjén való alkalmazását. De vajon a mikrogenetikus módszer korlátozódik-e a stratégiai tudás fejlődésének vizsgálatára? Lehet-e a mikrogenetikus módszert olyan tanulóknál alkalmazni, akik összetett fogalmi tudást sajátítanak el? Valójában, lehet a mikrogenetikus módszert komplex fogalmi tanulás esetén alkalmazni, habár a pillanatról pillanatra történő vizsgálat csak plusz energia ráfordításával kivitelezhető. Például, Chinn (1998; lásd még: Nuthall, 1999, egy másik megközelítéssel) leírt egy 11 szakaszból álló kísérletet a molekuláris elméletéről, melyben 61 középiskola gyermekei dolgoztak egyénileg. A folyamatban lévő értékelések megnevezték a tanulók kémiai tudásának számos aspektusát a) a téma alapszerkezete, b) a kémiai összetevők természete, c) hogyan zajlanak a kémiai reakciók, és d) makro- és mikroszkopikus kapcsolatok, mint például a hőmérséklet és a molekuláris mozgás közti kapcsolat. A tanulók, miután a számos mondatból álló részt elolvasták, olvasással és hangos gondolkodással tanultak. Mivel lehetetlen volt a tanulók komplex tudás-szerkezetét a tanulási folyamat minden pillanatában felbecsülni, ezért a napi mérések sorát összefésülték az olvasással és a hangos gondolkodással azért, hogy biztosítsák, hogy a tudás minden aspektusa 2 – 4 –szer megjelenik az adott szakaszon belül. Ezek az értékelő kérdések úgy lettek megfogalmazva, hogy elősegítsék a témáról és a kémiai reakciókról történő elmélkedést. A folyamatban lévő tanulást az olvasás közbeni hangos gondolkodás és a napi kérdések gazdag sorával állapították meg.

Ezen leírások nyersebbek voltak, mint a stratégia felfedezésének tanulmányozása. Az esettanulmányokban és a kémiai reakciók tanulmányában a tanulók tudásának egyes részleteit minden 15 vagy 30 percben értékelték. Továbbá, az ilyenfajta mérések átfogó sűrűsége

(olvasás közbeni hangos gondolkodás, értékelő kérdések választéka) rendkívül magas volt, minden szakasz szinte minden percében történő mérésekkel. Az egyik feltételezés, melyet ezek az intenzív mérések támasztottak alá az volt, hogy a molekuláris elmélet elsajátításáig a tanulók különböző módokon jutottak el. Az egyik minta az volt, hogy a tanulók az új tananyagot elsajátították, mielőtt azt rendszereztek, és gyorsan és stabilan tudták ez új problémák esetében alkalmazni. A másik mintát pedig azok a tanulók jelentették, akik nem adtak következetes választ a kérdésekre miután elkezdtek a molekuláris elméletet tanulni, és egyik gondolatról ugrottak a másikra, mielőtt végül is kialakult bennük a molekuláris elmélet stabil megértése. Más tanulók régi és új ötleteket ötvöztek úgy, hogy az folyamatos nehézséget jelentett számukra a kémiai reakciók megértésében.

Ilyen módszerek (mint az előbb leírt) képessé teszik a kutatókat arra, hogy rögtön, vagy nem sokkal azután hogy megjelennek, észrevegyék a változásokat. Ennélfogva, a mikrogenetikus módszerek, képesek megragadni a komplex elméleti tudás elsajátításának folyamatát, és sokkal finomabb részletekben, mint a nem mikrogenetikus módszerek.

Többszörös vizsgálat és rendszerezés

Mint ahogy már említettem, a mikrogenetikus módszerek prototípusának egyik kikötése a többszörös mérés használatának szükségessége. A legtöbb tanulmányban, a tanulók ugyanazt a feladatot végzik el változatos módon: a gyermekek ismétlődően két kapott számot adnak össze, vagy ismétlődően végeznek el kísérleteket, eldöntve azt, hogy ellenőrizzék-e a változókat, és hogy hogyan értelmezzék minden alaklommal a kapott eredményt.

A másik kikötés a rendszerezés. Mindaddig, amíg van egy kis változtatás a feladaton (pl.: összeadási problémák variációi vagy kísérletekkel kapcsolatos problémák), a variációk véletlenszerűek vagy rendszerezettek. A kutatás mindegyik szakaszában bemutatják a problémák minden típusát (például: könnyű, illetve nehéz összeadások problémája; a megtartás (conservation) problémájának fajtái) azért, hogy megbizonyosodjanak arról, hogy a vizsgált különbségek nem csupán a tanulók egy újabb probléma rendszerezésének funkciója.

Ezek miatta a kikötések miatt, a mikrogenetikus módszer tényleg korlátozott abból a szempontból, hogy milyen osztálytermi szituációban használható. A mikrogenetikus módszert nehéz, illetve lehetetlen olyan helyzetben használni, amikor a tanterv témaköreiben napi ütemezés van. Például, nehéz lenne rendszeres rendszerezett méréseket alkalmazni akkor, amikor az amerikai polgárháborúról, vagy éppen Hamletről tanulnak, mert a naponta átvett tananyag szükségszerűen is különböző, mivel a diákok a háború / színdarab korai szakaszai után a későbbiekben tanulják. Még akkor is, ha mindennapi méréseket iktatunk is be, a kérdések napról napra különbözni fognak, hogy más már a lefedett témakörökben elsajátított tudást tükrözzék. Ezért a mikrogenetikus módszer rendszerezett, vagy véletlenszerű ismételt mérések erőteljes mérései elvesznének.

A rendszerezés témakörére adott egyik felelet az, hogy olyan mikrogenetikus módszereket kell alkalmazni, melyek nem ismételt, rendszerezett mérésekre alapoznak. Nuthall és Alton-Lee (1993) által kifejlesztett mikrogenetikus módszer – melyet már korábban tárgyaltam – lehetőséget nyújt a kutatók számára, hogy megbecsüljék az utólagos tesztelés során nyújtott teljesítményeket az osztály tanulási szakaszaiban végzett intenzív elemzések által. Egy tanulmányban, 6 napon keresztül rögzítették és analizálták a kutatók az összes tanulási szakaszt (nem rendszerezett, az Antarktiszról szóló tanórákon). Felhasználva ezeket az adatokat, a kutatók képesek voltak egy olyan modellt kifejleszteni, amely nagyfokú pontossággal határozta meg a tanulók teljesítményét az utólagos írásbeli és szóbeli felméréseken.

A rendszerezés témájára adott második reakció elfogadja a rendszerezés szükségességét, és az osztályteremben történő tanulási szituációkat úgy írja le, hogy ezekben rendszerezett tanórák és mérések történhetnek. A rendszerezés sok osztálytermi helyzetben lehetséges. Például, az összetett megértési stratégiákra tekintsünk úgy, mint összegzés vagy (diákok által prezentált) magyarázat. A kutatók sok különböző rendszerezett szöveget tudtak használni, mivel a tanulók megszerezték ehhez a képességet, azzal, hogy ezeket a szövegeket összefoglalták, vagy maguk magyarázták el. Hasonlóképpen, ha a kutatók arra vágnának, hogy a tanulók fejtegetési stratégiáinak számos hónap elteltével bekövetkezett növekedését vizsgálják, nem lenne nehéz rendszerezett témaköröket használni a tanulmány során (vesd össze: Chinn, Anderson, és Waggoner, 2001).

Az esettanulmányokban és a kémiai reakciók tanulmányában (korábban leírt) (Chinn, 1998), a tanulók a kémiai reakciókról úgy tanultak, hogy többszörös rendszerezett reakcióról tanultak. Ellentétben a legtöbb középiskolás tankönyvvel, amelyekben a tanulók gyakran csak egy kémiai reakciót tanulnak meg, a diákok 4 rendszerezett kémiai reakciót tanultak meg nagy mélységben. Az eredmények azt is kimutatták, hogy számos sikeres tanuló nem sajátította el az alapelképzeléseket mindaddig, amíg 3 vagy 4 kémiai reakciót alaposan nem tanulmányozott. Ezért a mikrogenetikus oktatásban többszörös (multiple) példákat nem csak módszertanilag megfelelő alkalmazni, hanem az oktatás szempontjából is hasznos lehet, hogy elősegítse a mély megértést. Egy nemrégiben lefolytatott, de folyamatban lévő analízises tanulmányban, Chinn és Cutting (2006) 14 osztályban használ mikrogenetikus módszert, azért, hogy megvizsgálják, hogy a diákok hogyan tanulják meg kiértékelni a kutatási jelentésekben leírt tanulmányok módszertanát (pl.: a vizsgálatok álcázottak voltak-e, vagy teljes mértékben ellenőrzés alatt zajlottak). Csoportmunkában és egész osztályos megbeszélésben, valamint egyéni írásokban, a tanulók 5 különböző rendszerezett kutatási eredményt elemeztek; ezek mindegyike más témakört ölelt fel. A megvitatás, csoportmunka és az egyéni mérések hasonlóak voltak a témaköröknél, amely további összehasonlítást tesz lehetővé a tanulók témakörökben nyújtott teljesítményéről. Eredményképpen, ez a tanulmány a diákok tudásában megfigyelhető növekedésének elemzését teszi lehetővé, miközben az egyik témakörrel a másikra tértek át.

Ezek a példák illusztrálják, hogy a mikrogenetikus módszereket lehet alkalmazni az osztályteremben. A kulcs az, hogy olyan témaköröket kell választani, amelyek fontosak és elég nehezek ahhoz, hogy a tanulók hasznat húzzanak az összetett esetek vagy problémák tanulmányozásából, melyet aztán rendszerezni tudnak.

Megragadva az egyéni tanulást

A legizgalmasabb, iskoláskorú gyermekeken végzett mikrogenetikus tanulmányok az egyéni tanulását vizsgálta. Az osztályban, mindazonáltal, a kiscsoportos vagy osztály szintű megbeszélés során több tanulás jelenik meg. Nehéz, vagy lehetetlen jó rálátást nyerni a tanulók egyéni, jelenlegi tudására, illetve stratégiáira az önálló érveléssel. Néhány diák túl ritkán szólal meg ahhoz, hogy bármilyen tudásában bekövetkezett változás jelét mutassa. Más diákok pedig szóban egyetértenek kortársaikkal, miközben titkon más a véleményük, amit ők nem juttatnak kifejezésre, vagy éppen azokkal az ötletekkel értenek egyet, melyeket ők maguk nem tudnak megfogalmazni. Még ha a tanuló más ötleteit és stratégiáit dolgozza is fel, nehéz megállapítani a mértékét annak, hogy a diák mennyire mélyen érti a gondolatot, vagy, hogy a csoporton kívül mennyire használná a tanuló a stratégiát.

Ahhoz, hogy olyan mikrogenetikus módszereket alkossunk, amelyek képesek az egyéni tanulásról több részletet nyújtani, szükségszerű, hogy a csoportban és az osztályszintű beszélgetések során végzett méréseket egyéni mérésekkel egészítsük ki, hogy az egyéni

tanulás követhető legyen. Ha az egyéni méréseket összefésüljük a csoportban, illetve az osztályban végzett tevékenységekkel, a kutatók sokkal nagyobb betekintést nyernek az egyének gondolkodásának fejlődéséről. A begyűjtött információ kevésbé lesz teljes, mint a laboratóriumokban végzett mikrogenetikus tanulmányok során, mert az egyéni méréseket csak bizonyos időközönként lehet alkalmazni. De, a csoportmunka és az egyéni mérések adatainak kombinálásával, a kutatók olyan osztályszintű adathalmazt tudnak előállítani, mely megközelíti a laboratóriumban végzett tanulmányok részletességét és feltételezhető teljesítményét.

Kollégáim és én számos ilyen mikrogenetikus tanulmányt végeztünk. Malhorta és Chinn (2002) negyedikesek kiscsoportos tanulásával kapcsolatos ellenőrzött tanulmányt végeztek. Mielőtt mindegyik csoport megtervezte a következő kísérletet, mindegyik diák egyénileg írta le a következő kísérlet kivitelezésével kapcsolatos javaslatait. Azután, hogy mindegyik csoport megtervezte és elvégezte a kísérleteket, a tanulók egyénileg írták le a kísérletek értelmezéseit, még mielőtt a csoport megbeszélte volna, hogy hogyan értelmezzék a kísérleteket. Ily módon gyűjtöttünk adatokat a tanulók egyéni próbálkozásos tervezésével és értelmezésével kapcsolatban, azért, hogy kiegészítsük a csoport adatait. A csoport és egyéni adatok összehasonlítása gyakori eltérést tárt fel a csoport és az egyéni teljesítményekkel kapcsolatban. Azok a csoportok készítettek következetesen ellenőrzött tervezeteket, ahol a tanulók egyénileg is ellenőrzött terveket készítettek, de volt néhány csoport, amely a csoport szintjén jó kísérleti tervet készített, de tartalmazott néhány olyan tanulót is, akik az egyéni munka során folyamatosan kudarcot vallott ellenőrzött kísérletek tervezésében.

Hasonló módon, Chinn és mások (2000) is használtak mikrogenetikus módszert. Ötödikesek elektromos áramkörökkel végzett kísérletekből levont következtetéseik fejlődését vizsgálják. A tanulók 10 kísérletet végeztek az áramkörökkel. Minden egyes kísérlet után a tanulók leírták az általuk legjobbnak vélt egyéni következtetéseiket. Utána három olyan adott konklúziót értékelték, melyek minőségben különböztek. Ezeket a konklúziókat először egyénileg, majd csoportban értékelték. Ez a módszer mind az egyéni, mind a csoportos megbeszélés minőségi fejlődéséről tudott adattal szolgálni. Az egyik felismerés az volt, hogy a konklúziók minőségéről folytatott csoportos megbeszélés összetettségének növekedésével kapcsolatban van a tanulók írásbeli konklúzióinak nagyobb fokú egyéni fejlődésével.

Az itt leírt tanulmányok egyéni adatokkal szolgáltak a próbálkozásos analízis szintjén, óránkénti 2 – 10 egyéni mérés alapján. Néha nem lehet ilyen finom egyéni adatot gyűjteni, de amikor nem lehet, akkor az egyéni méréseket össze lehet fésülni más tevékenységekkel abból a célból, hogy sokkal részletesebb információt kapjunk az egyének tudásának változásáról, mint az egyszerű előzetes és utólagos tesztelés során. Abban a korábbi tanulmányban, ahol középiskolás gyerekek tanultak meg tudományos tanulmányok módszertanait elemezni, Chinn és Cutting (2006) minden egyes tanórán egyéni írásos munkákat gyűjtöttek be a diákoktól. Minden órán megkérték a diákokat, hogy egyénileg írjanak értékelést arról a kutatási jelentésben lévő tanulmányról, amit éppen tanultak; a csoport és osztály szintű megbeszélés előtt először befejezték az értékeléseiket. Továbbá, minden tanórán a tanulók egyénileg végeztek méréseket, amelyben olyan alternatív módszerekre tettek javaslatokat, amelyek a kutatási jelentésben leírtakat tökéletesítette. Ily módon, legalább két egyéni mérés szerepelt minden tanórán, hogy azok kiegészítsék a csoport, illetve osztályban szerzett adatokat. Ez a tanulmány nyersebb, nem olyan részletes egyéni adatot szolgáltatott, mint az előző bekezdésben leírt tanulmány, de a rendszeres egyéni mérések nagymértékben megnövelték annak a lehetőségét, hogy a tudásban bekövetkezett változásokat felfedezzék amikor azok megjelennek, vagy hamarosan azok felbukkanása után. Például, egy vitában, ahol egy fiú az álcázott megfigyelések tudományos kísérletek során való szükségessége ellen beszélt, azt

vitatta, hogy a kutatók sokkal pontosabb adatokat kapnának, ha ők tudatában lennének a kísérletnek, és nem titkolnák előlük a kísérlet mivoltát. Mindazonáltal, a következő írásos értékelésében amellet érvelt, hogy első alkalommal a vizsgálatnak álcázottnak kell lennie, ami azt támasztja alá, hogy a kérdés megvitatása gondolkodásának megváltoztatását ösztökélte (Chinn, 2004). Így, az egyéni mérésekben ott van a lehetőség, hogy felismerjenek olyan döntő fontosságú eseményeket, amelyek elősegítik a tudás változását. Lehetőséget adnak a kutatók számára, hogy a tanulók egyéni gazdagodásáról mintákat vázoljanak fel, és hogy azokat az oktatással kapcsolatos tényezőket beazonosítsák, melyek elősegítik ezt a gyarapodást.

Következtetések

A mikrogenetikus módszer egy mennyiségi módszer, amely a tanulás részletes folyamatainak kutatási kérdéseit fogalmazza meg. A mikrogenetikus módszer egyesíti a zord mennyiségi elemzéseket az egyéni tanulási eseményekre való odafigyeléssel, amely egyébként inkább a minőségre vonatkozó kutatásban található. Eredendően a mikrogenetikus módszer elsősorban gyermekek laboratóriumi körülmények közt történő stratégia elsajátítására korlátozódott. Mindazonáltal, ebben a fejezetben található példák illusztrálják, hogy a mikrogenetikus módszert osztályban végzett vizsgálatokra is lehet alkalmazni. Valójában, a mikrogenetikus módszer lehet, hogy az egyetlen olyan módszer, amely megfogalmaz számos leíró kérdést az osztályban lezajló tanulás változásának részletes mintáiról éppúgy, mint azokról a folyamatokról, melyek dinamikusan működnek pillanatról pillanatra azért, hogy formába öntsék a tanulási folyamatot.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ez az anyag a National Science Foundation (Nemzeti Tudományos Alapítvány) által támogatott, 9875485-ös számú adomány során készült munkák alapján készült. Bármilyen vélemény, felismerés, konklúzió, vagy ajánlás, mely kifejezésre került e tanulmányban, a szerzőé, és nem feltétlenül tükrözi a National Science Foundation (Nemzeti Tudományos Alapítvány) véleményét.

HIVATKOZÁSOK

Alibali, M.W. (1999). How children change their minds: Strategy change can be gradual or abrupt. *Development Psychology*, 15, 127–145.

Alibali, M.W., & Goldin-Meadow, S. (1993). Gesture speech mismatch and mechanisms of learning: What the hands reveal about a child's state of mind. *Cognitive Psychology*, 25, 468–523.

Bakeman, R., & Gottman, J. M. (1997). *Observing interaction: An introduction to sequential analysis* (2nd ed.), New York: Cambridge University Press.

Bakeman, R., Robinson, B. F & Quera, V. (1996). Testing sequential association: Estimating exact p values using sampled permutations. *Psychological Methods*, 1, 4–15.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington. DC: National Academy Press.

Catán, L. (1986). The dynamic display of process: Historical development and contemporary uses of the microgenetic method. *Human Development*, 29, 252–263.

- Catell, R. B. (1952). P-technique factorization and the determination of individual dynamic structure. *Journal of Clinical Psychology*, 8, 5–10.
- Chinn, C. A. (1998, January). Core issues in knowledge acquisition: A microgenetic study of learning about matter and chemical reactions. Paper presented at the Winter Conference on Discourse, Text, and Cognition, Jackson Hole, WY.
- Chinn, C. A. (2004, April). Reasoning about methodological error. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.
- Chinn, C. A., Anderson, R. C., & Waggoner, M. A. (2001). Patterns of discourse in two kinds of literature discussion. *Reading Research Quarterly*, 36, 378–411.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). Theories of knowledge acquisition. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*, (Vol. 1, pp. 97–113). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Chinn, C. A., & Cutting, M. F. (2006). [A microgenetic study of how children learn to evaluate research]. Unpublished raw data.
- Chinn, C. A., O'Donnell, A. M., & Jinks, T. S. (2000). The structure of discourse in collaborative learning. *Journal of Experimental Education*, 69, 77–97.
- Chletsos, P. N., & De Lisi, R. (1991). A microgenetic study of proportional reasoning using balance scale problems. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 12, 307–330.
- Coyle, T.R., & Bjorklund, D. F. (1997). Age differences in, and consequences of, multiple- and variable-strategy use on a multitrial sort-recall task. *Developmental Psychology*, 33, 372–380.
- Fogel, A., & Thelen, E. (1987). Development of early expressive and communicative action: Reinterpreting the evidence from dynamic systems perspective. *Developmental Psychology*, 23, 742–761.
- Hale, G.A. (1977). On use of ANOVA in developmental research. *Child Development*, 48, 1101–1106.
- Hooker, K., Nesselroade, D. W., Nesselroade, J. R., & Lerner, R. M. (1987). The structure of intraindividual temperament in the context of mother child dyads: P-technique factor analyses of short-term change. *Developmental Psychology*, 23, 332–346.
- Huttenlocher, J., Haight, W., Bryk, A., Seltzer, M., & Lyons, T. (1991). Early vocabulary growth: Relation to language input and gender. *Developmental Psychology*, 27, 236–248.
- Johnson, K. E., & Mervis, C. B. (1994). Microgenetic analysis of first steps in children's acquisition of expertise on shorebirds. *Developmental Psychology*, 30, 418–435.
- Jones, C. J., & Nesselroade, J. R. (1990). Multivariate, replicated, single-subject, repeated measures designs and P-technique factor analyses: A review of intraindividual change studies. *Experimental Aging Research*, 16, 171–183.
- Jones, I. (1998). Peer relationships and writing development: A microgenetic analysis. *British Journal of Educational Psychology*, 68, 229–241.

- Kuhn, D. (1995). Microgenetic study of change: What has it told us? *Psychological Science*, 6, 133-139.
- Kuhn, D., & Phelps, E. (1979). A methodology for observing development of a formal reasoning strategy. *New Directions for Child Development*, 5, 45-57.
- Kuhn, D., & Phelps, E. (1982). The development of problem-solving strategies. *Advances in Child Development and Behavior*, 17, 1-44.
- Kuhn, D., Schauble, L., & Garcia-Mila, M. (1992). Cross-domain development of scientific reasoning. *Cognition and Instruction*, 9, 285-327.
- Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M. (1997). Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning. *Cognition and Instruction*, 15, 287-315.
- Lavelli, M., & Fogel, A. (2002). Developmental changes in mother infant face-to face communication: Birth to 3 months. *Developmental Psychology*, 38, 288-305.
- Lavelli, M., Pantoja, A. P .F., Hsu, H.-C., Messinger, D. S., & Fogel, A. (2005). Using microgenetic designs to study change processes. In D. G. Teti (Ed.), *Handbook of research methods in developmental science* (pp. 40-65). Malden, MA: Blackwell.
- Malhotra, B. A., & Chinn, C. A. (2002, April). A microgenetic study of fourth graders learning to design and interpret experiments in the classroom. Poster presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.
- Meira, L. (1995). The microevolution of mathematical representations in children's activity. *Cognition and Instruction*, 13, 269-313.
- Messinger, D. S., & Fogel, A. & Dickson, K. L. (1999). What's in a smile? *Developmental Psychology*, 35, 701-708.
- Miller, P. H., & Coyler, T. R. (1999). Developmental change: Lessons from microgenesis. In E. K. Scholnik, K. Nelson, S. A. Gelman, & P. H. Miller (Eds.), *Conceptual development: Piaget's legacy* (pp. 209-239). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nagin, D., & Tremblay, R. E. (1999). Trajectories of boys' physical aggression, opposition, and hyperactivity on the path to physically violent and nonviolent juvenile delinquency. *Child Development*, 70, 1181-1196.
- Nuthall, G. (1999). The way students learn: Acquiring knowledge from an integrated science and social studies unit. *Elementary School Journal*, 99, 303-341.
- Nuthall, G. (in press). The learning of conceptual knowledge in the classroom: A case study. *Journal of the Learning Sciences*.
- Nuthall, G., & Alton-Lee, A. (1993). Predicting learning from student experience of teaching: A theory of student knowledge construction in classrooms. *American Educational Research Journal*, 30, 799-844.
- Piaget, J. (1963). *The origins of intelligence in children* (M. Cook, Trans.) New York: Norton.
- Pressly, M. (1992). How not to study strategy discovery. *American Psychologist*, 47, 1240-1241.

- Robinson, B. F., & Mervis, C. B. (1998). Disentangling early language development: Modeling lexical and grammatical acquisition using an extension of case-study methodology. *Developmental Psychology*, 34, 363–375.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32, 102–119.
- Schlagmüller, M., & Schneider, W. (2002). The development of organizational strategies in children: Evidence from a microgenetic longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81, 298–319.
- Schoenfeld, A. H., Snith, J. P., & Arcavi, A. (1993). Learning: The microgenetic analysis of one student's evolving understanding of a complex subject matter domain. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 4, pp. 55–175.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Shimojo, S., Bauer, J., O'Connell, K. M., & Held, R. (1986). Pre-stereoptic binocular vision in infants. *Vision Research*, 26, 501–510.
- Siegler, R. S. (1995). How does change occur: A microgenetic study of number conservation. *Cognitive Psychology*, 28, 225–273.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press.
- Siegler, R. S., & Crowley, K. (1991). The microgenetic method: A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46, 606–620.
- Siegler, R. S., & Crowley, K. (1992). Microgenetic methods revisited. *American Psychologist*, 47, 1241–1243.
- Siegler, R. S., & Jenkins, E. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Siegler, R. S., & Svetina, M. (2002). A microgenetic/cross-sectional study of matrix completion: Comparing short-term and long-term change. *Child Development*, 73, 793–809.
- van den Boom, D. C., & Hoeksma, J. B. (1994). The effect of infant irritability on mother infant interaction: A growth-curve analysis. *Developmental Psychology*, 30, 581–590.
- Werner, H. (1940). Musical microscales and micromelodies. *Journal of Psychology*, 10, 149–156.
- Werner, H. (1948). *The comparative psychology of mental development*. New York: Science Editions.