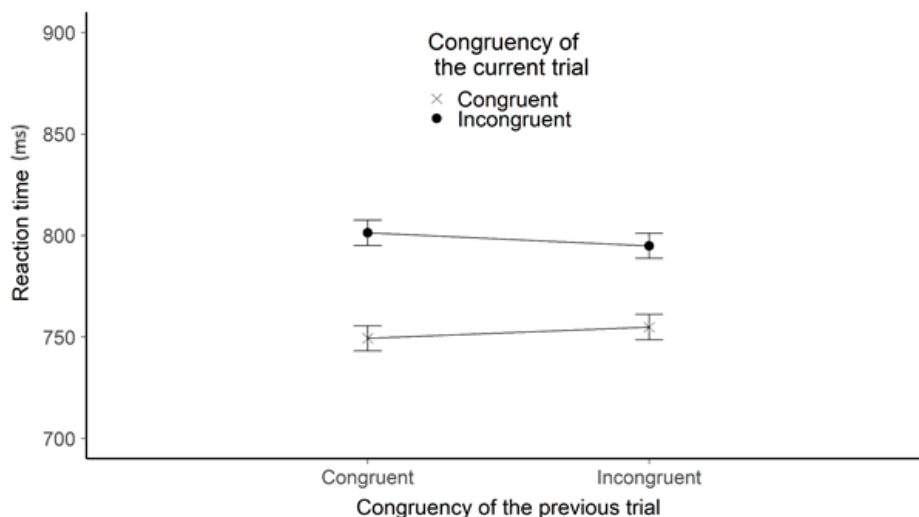


A kontroll adaptáció affektív és kognitív modulátorainak feltárása - Zárójelentés

Ahhoz, hogy sikeresek legyünk a mindennapi életben, gyakran kell kontrollálnunk a környezeti ingerekre adott megszokott válaszainkat. Ezt a kognitív kontrollt (Cohen, 2017) jellemzően olyan kísérleti elrendezésekben vizsgálják, ahol a megszokott és az utasított válaszok a kísérletek egy részében konfliktusban állnak egymással. A Stroop-feladatban (Stroop, 1935) például színek neveit mutatjuk be a szóval egyező vagy nem egyező betűszínekben (kongruens, illetve inkongruens próbák) a résztvevőknek, akiknek az a feladata, hogy minél gyorsabban, és helyesen azonosítsák a szavak betűszínét. Általános tendencia, hogy az inkongruens ingerekre kevésbé gyorsan és kevésbé pontosan reagálunk, mint a kongruens ingerekre. Ezt a jelenséget kongruencia hatásnak nevezzük. Bár a konfliktusos ingerek csökkentik a pontosságot és a sebességet, kognitív kontrollunk segítségével képesek lehetünk alkalmazkodni a következő próbában felmerülő konfliktusokhoz. Ha a konfliktusfeladatokat szekvenciálisan vizsgáljuk, a megelőző próbák kongruenciáját is figyelembe véve, konzisztensen kimutatható tendencia hogy az emberek hajlamosak gyorsabban és pontosabban reagálni azokra az inkongruens próbákra, amelyeket egy másik inkongruens próba előzött meg, mint amikor egy kongruens próba előzte meg. A kongruens próbák teljesítménye azonban romlik, ha inkongruens próbák előzik meg őket. Mivel ez az úgynevezett szekvenciális kongruencia hatás (más néven Gratton-effektus, Gratton és mtsai., 1992, lásd 1. ábra) egy flexibilis alkalmazkodási folyamatot tükröz, a hatás megmagyarázása a kognitív pszichológia és kognitív idegtudományok egyik legfőbb célkitűzése lett. (lásd pl. Duthoo és mtsai. 2014; Egner, 2007; Erb & Aschenbrenner, 2019).



1. ábra: A szekvenciális kongruencia hatás a flanker feladat reakcióidejében. Ha a megelőző próba inkongruens, akkor a jelenlegi próba kongruencia hatása csökken.

A konfliktus monitorozási elmélet (Botvinick és mtsai., 2001), amely vitathatatlanul a konfliktus adaptáció egyik legfontosabb elmélete, két komponenst azonosít a konfliktusmegoldásban: (1) egy konfliktus monitorozó komponenst, amely felméri a

konfliktus szintjét, és (2) egy kontrolladaptációs komponenst, amely növeli a kognitív kontroll szintjét a következő próbában, miután a konfliktus monitorozó észlelte a konfliktust. Ezen elmélet szerint, amikor konfliktus lép fel az inger és a válasz között, az *cortex cingularis anteriorban* (ACC) lévő konfliktus monitorozó egység észleli azt, majd jelzi a kontrolladaptációs komponensnek, hogy a feladat szempontjából releváns információkra való szelektív összpontosítással emelje a kontrollt. Ez a modell a kontroll adaptációt az észlelt konfliktus szintjének függvényeként határozza meg.

Számos konkurens hipotézis létezik azonban, amelyek a kontroll adaptáció hajtóerejének azonosítására irányulnak. Az egyik ilyen az affektív jel elmélet amely szerint a konfliktus adaptáció nem a önmagában a konfliktus, hanem a konfliktusból adódó negatív affektus hatására jön létre. Általános megfigyelés, hogy az inkongruens ingerek minimális diszkomfortot okoznak. Az affektív jel elmélet szerint az inkongruens próbák után felmerülő kontroll növekedés azért jön létre, hogy csökkentjük a következő próbából adódó negatív affektus hatását. Az elmélet szerint tehát a szekvenciális kongruencia hatás nem konfliktus adaptáció, sokkal inkább egy érzelemregulációs folyamatnak az eredménye (Dignath és mtsai., 2020).

A hatást magyarázó elméletekre általánosan jellemző, hogy függetlenül attól hogy milyen kognitív vagy affektív jelenséget jelölnek meg a hatás hajtóerejeként, a klasszikus konfliktus feladatokban mérhető szekvenciális kongruencia hatás ugyanazt a mintázatot mutathatja minden magyarázatban. Kutatási projektünkben olyan módszertani megközelítéseket kerestünk, amelyekkel képesek lehetünk elkülöníteni az elméletekben megnevezett konstruktumokat, és a szekvenciális kongruencia hatásra gyakorolt befolyásukat, különös tekintettel a klasszikus konfliktus monitorozási elméletre építő, de azzal bizonyos tekintetben szemben álló szubjektív vagy affektív elméletekre.

Bognar, M., Gyurkovics, M., van Steenberg, H., & Aczel, B. (2023). **Phasic affective signals by themselves do not regulate cognitive control.** *Cognition and Emotion*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/02699931.2023.2191172>

Az affektív jel elmélet szerint a konfliktusos ingerek averzív, és így (negatív) affektust váltanak ki. Ez - az averzív jelek elkerülése érdekében - az affektív és a kognitív rendszerek együttműködésében a kontroll fokozásához vezet, és így a konfliktushoz való alkalmazkodást eredményezik. Számos tanulmány valóban megállapította, hogy az affektív ingerek modulálhatják a konfliktus adaptációt, azonban jelenleg nincs bizonyíték arra, kontextustól független, nem a konfliktus próbák által kiváltott, önmagukban álló rövid affektív állapotok is kiválthatják a kognitív kontroll javulását.

Hogy megvizsgáljuk az affektív jel elméletnek ezt az értelmezését, két konfliktusfeladatot módosítottunk úgy, hogy a konfliktuspróbák közé (minden páros próbában) egy affektív szót illesztettünk be. Az affektív szavak listáját egy korábbi kísérletben kérdőíves vizsgálatok alapján hoztuk létre. A szavakat két dimenzióban, valencia és arousal alapján osztályoztuk és így jött létre összesen négy szólista: a valencia tekintetében egy negatív és egy semleges szólista, míg az arousal tekintetében egy magas arousalú és alacsony arousalú szólista. A két felhasznált konfliktus feladatot (prime-probe teszt és flanker teszt) először az affektív szavak nélkül is megvizsgáltuk egy kontrollkísérletben (N=502 és N=607), amelyben mindkét

konfliktus feladatban megtaláltuk a szekvenciális kongruencia hatást. Ezt követően négy kísérletet végeztünk el a két konfliktus feladattal és két affektív dimenzióval:

- Flanker feladat - valencia (N=352)
- Flanker feladat - arousal (N=126)
- Prime-probe feladat - valencia (N=245)
- Prime-probe feladat - arousal (N= 349)

Az összes kísérletet online végeztük a területen megszokott mintaelemszámokat többszörösen meghaladva. Az online kísérletek hatásosságát egy a kutatócsoportunk által vezetett korábbi kísérletre alapozzuk, amely a szekvenciális kongruencia hatás jelenlegi legmodernebb mérési módszerét négy konfliktus feladatban vizsgálta és ültette át online kísérleti felületre. Elemzésünkben Bayesiánus statisztikai módszert alkalmaztunk annak érdekében, hogy ne csak a alternatív hipotézist, de az esetlegesen felmerülő nullhatás esetében a nullhipotézis valószínűségének a mértékét is megvizsgálhassuk.

Mind a négy kísérletünkben azt találtuk, hogy a semleges valenciájú, vagy alacsony arousalú szavakhoz képest nem okoztak kongruencia hatás csökkenést a negatív, vagy magas arousalú szavak a következő konfliktus próbán. Mind a négy esetben meggyőző evidenciát találtunk a nullhatás mellett.

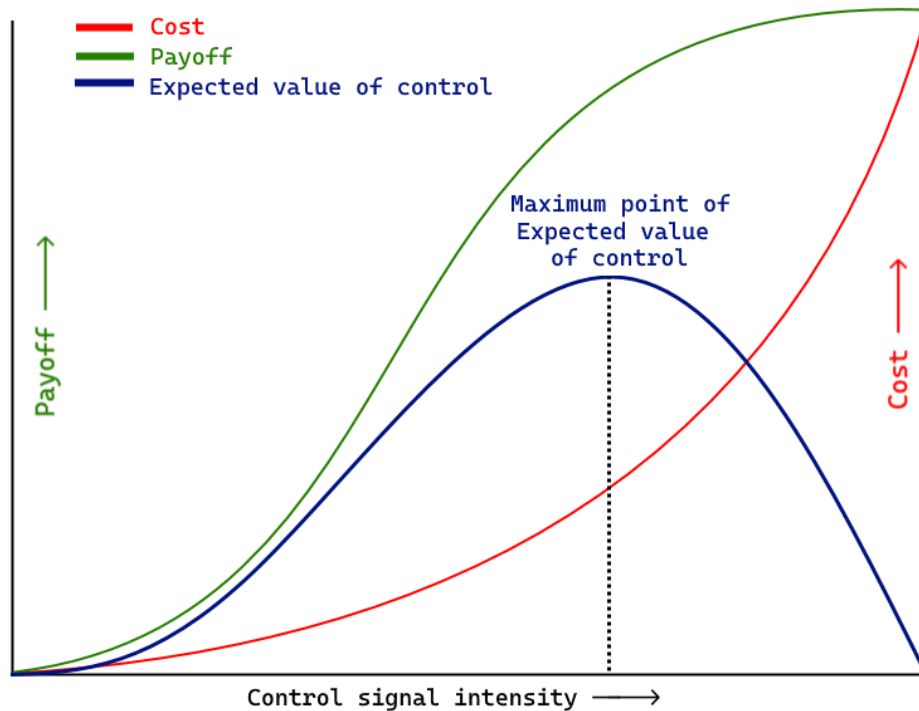
A kísérleti elrendezést eredetileg úgy állítottuk össze, hogy az affektív szavakat közrefogó konfliktuspróbák között a lehető legtöbb idő teljen el, így minimalizálva a közöttük fellépő szekvenciális kongruencia hatást. Explorátoros elemzésekkel azonban azt találtuk, hogy a konfliktus próbákon - a közöttük lévő szünet és affektív szó inger ellenére - így is kimutatható volt a szekvenciális kongruencia hatás. Mi több, a negatív valenciájú szavak csökkentették ezt a hatást, ami az affektív jel elmélet korábbi irodalmával egybevágó eredmény.

Kutatásunk eredményei alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy a rövid averzív affektusok önmagukban nem képesek arra, hogy adaptív kognitív kontroll hatásokat váltsanak ki, azonban szekvenciális konfliktus helyzetekben alkalmasak lehetnek arra, hogy modulálják ezeket a hatásokat.

Bognar, M., Gyurkovics, M., Aczel, B., & van Steenbergen, H. (2023). **The curve of control: Non-monotonic effects of task difficulty on cognitive control** (under review at Journal of Experimental Psychology: General) [10.31234/osf.io/ywup9](https://doi.org/10.31234/osf.io/ywup9).

Második kutatásunkban az első eredményeiből kiindulva azt feltételeztük, hogy a konfliktussal kapcsolatos szubjektív állapotok befolyásolhatják az adaptáció mértékét, így egy olyan kutatási elrendezést alkottunk, amelyben parametrikusan változtattuk a prime-probe próbák nehézségét, és így vizsgáltuk az azt követő próbák kongruencia hatásában fellépő változásokat. Hipotézisünk szerint a szubjektív feladat nehézség és a konfliktus adaptáció mértéke egy fordított u-alakú kapcsolatot fog követni, hiszen az adaptáció mértéke a nehézség növekedésével arányosan fog növekedni addig a pontig, amikor a feladat már túl nehéz lesz és az adaptáció csökkenni kezd. Hipotézisünk alapját az úgynevezett Expected Value of Control, Feltételezett kontroll-érték elmélet adta (Shenhav és

mtsai, 2013). Eszerint az átfogó keretrendszer szerint a konfliktusokban a kognitív kontroll növekedését az a kontextusból feltételezett kontroll értéke fogja megadni. Ezt a kontroll értéket az elmélet szerint a *cortex cingularis anterior* a feladat megoldásában rejlő költségek és jutalmak alapján számítja ki (2. ábra). Ez azt eredményezi, hogy a legalacsonyabb költség és a legmagasabb jutalom kombinációjában meghatározható a kontroll érték - és így a kialakuló kontroll -

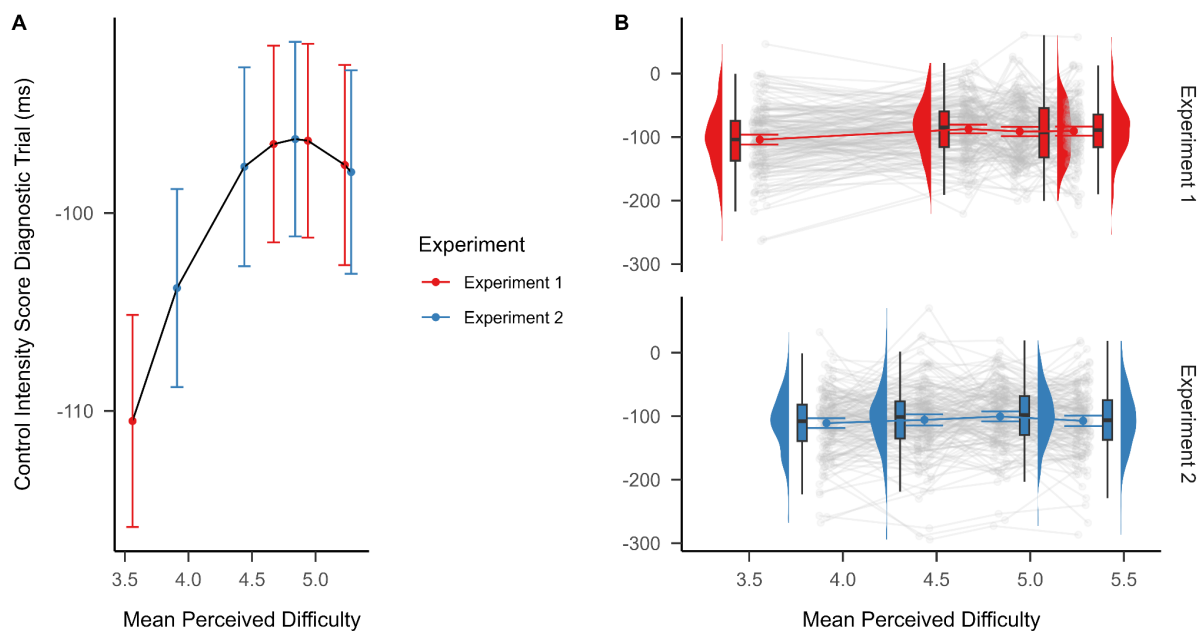


2. Ábra: A feltételezett kontroll-érték elmélet költség (piros vonal) és jutalom (zöld vonal) alapú modellje.

maximum pontja. Az elmélet univerzalitását az adja, hogy a benne szereplő költség és jutalom változók alkalmasak arra, hogy megfelelő manipulációval befolyásoljuk őket. Vizsgálatunkban a kontroll költségét növeltük azzal, hogy a feladat nehézséget növeltük, így lehetővé téve a feltételezett maximum pont megfigyelését.

Online kísérletünkben két különböző nehézségi skálát vizsgáltunk meg összesen 330 résztvevővel. A kísérlet utolsó szakaszában a résztvevők a különböző próbatípusok nehézségét pontozták, így meg tudtuk vizsgálni a szubjektív feladat nehézséget. Itt azt találtuk, hogy a disztraktor ingerek növelésével a tervezett módon valóban növelni tudtuk a szubjektív feladat nehézséget. A kísérletek eredményeinek összesítésével azt találtuk, hogy a szubjektív feladat nehézség előre jelezte az adaptáció mértékét, és egy darabig azzal együtt növekedett, míg egy maximális pont után csökkenni kezdett (3. ábra).

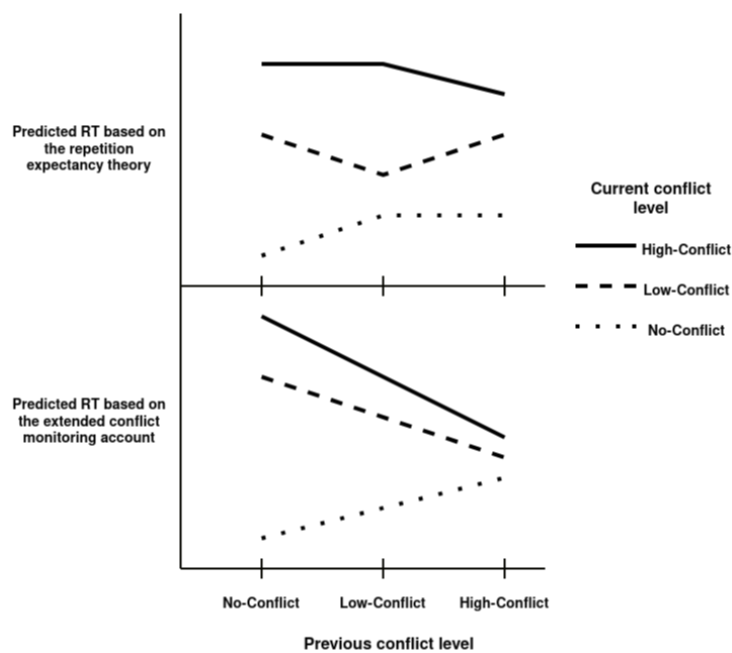
Érdekes módon a nehézség-manipulált ingerek reakcióidejében nem volt látható konzisztens teljesítményromlás, így a feladatnehézség "objektív" mérőszáma nem tudta prediktálni az adaptáció mértékét, ezzel szemben a szubjektív mérőszám igen. Ez az eredmény összhangban van a feltételezett kontroll-érték hipotézissel, és rámutat, hogy a kontroll adaptáció költségét valóban lehetséges szubjektív változókkal befolyásolni.



3. Ábra: A kongruencia hatás és az átlagos szubjektív feladat nehézség közötti kapcsolat két kísérletben.

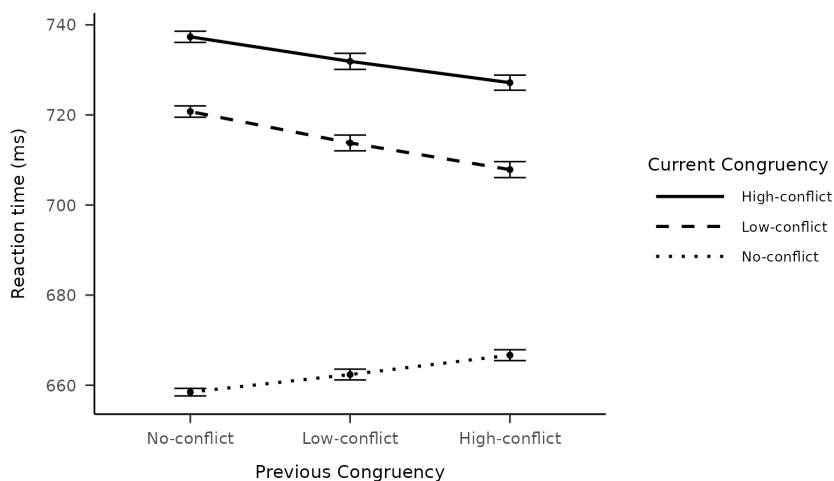
Bognar, M., Szekely, Z., Varga, M. A., Kinga, N., Spinelli, G., Hartanto, A., ... Aczel, B. (2023) **Cognitive control adjustments are dependent on the level of conflict: A replication of Zhang et al. (2021)** (submitted to Scientific Reports) [10.31234/osf.io/9hews](https://doi.org/10.31234/osf.io/9hews).

Harmadik projektünkben egy a kutatási témánkban megkerülhetetlen kérdést vizsgáltunk meg egy kutatási replikáción keresztül. Zhang és munkatársai (2021) egy olyan kutatási elrendezést hoztak létre, amelyben a konfliktus szintjét akarták befolyásolni a klasszikus flanker feladat disztraktor ingereinek változtatásával. Elméletük szerint a konfliktus adaptáció nem bináris jelenség, hanem folytonos kapcsolat van a konfliktus erőssége és az adaptáció mértéke között. A klasszikus konfliktus monitorozási elmélet szerint, - de az újabb feltételezett kontroll-érték elmélet szerint is - minél erősebb a konfliktus, annál nagyobb az adaptáció mértéke is (egy bizonyos szintig). Ez a megközelítés mellőzi az affektív tényezők kérdését, azonban ha feltételezzük hogy a komplex konfliktus inger paraméterei közt szubjektív ingerek is szerepet játszanak, akkor a “konfliktus erősség” fogalma ezekkel a paraméterekkel együtt értelmezendő. Zhang és munkatársai ellentmondásos eredményeket találtak kutatásukban. A konfliktus erősségek változtatása hatással volt a szekvenciális kongruencia hatásra, azonban a kapcsolat nem mutatott monoton kapcsolatot a két változó között. Az eredeti szerzők szerint az eredményük azt bizonyította, hogy a szekvenciális kongruencia hatás nem is egy konfliktus monitorozási mechanizmus, sokkal inkább egy ismétlés expektancia eredménye (4. ábra). Ez a feltételezés alapjaiban kérdőjelezi meg a kognitív kontroll jelenlegi irodalmát, ezért is tartottuk fontosnak hogy újrvizsgáljuk a kérdést.



4. ábra: A kongruencia hatások feltételezett alakulása az ismétlés expektancia és a konfliktus monitorozási elméletek szerint.

Replikációinkban az eredeti kézirat módszer szakaszára támaszkodtunk, mivel az eredeti szerzőkkel több próbálkozás után sem tudtuk felvenni a kapcsolatot. A kísérletet online ismételtük meg egy nemzetközi kollaborációban, egy olasz és egy szingapúri kutatócsoport segítségével, összesen 347 résztvevővel. A flanker feladatot úgy módosítottuk, hogy három különböző konfliktus szintet hoztunk létre a flanker ingerek



5. ábra: A kongruencia hatás alakulása három különböző konfliktus szinten a jelenlegi és megelőző próbákon.

változtatásával. A “nincs konfliktus” kondícióban nem volt a célinger és a disztraktor ingerek között konfliktus (pl.: P P P P P), az “alacsony konfliktus” kondícióban csak a szélső disztraktorok tértek el a célingertől (pl.: F P P P F), a “magas konfliktus” kondícióban pedig az

összes disztraktor eltért a célingertől (pl.: FFPFF). Az így létrejött adatokat az eredeti cikkben használt statisztikai vizsgálatokkal, és egy kevert hatású lineáris regressziós módszerrel is megvizsgáltuk, amelynek az eredményeit bayesianus hipotézistesztesztelésnek vetettük alá, hogy össze tudjuk hasonlítani a különböző modelleket. Eredményeink szerint, hogy a konfliktus szint növelésével arányosan csökken a kongruencia hatás (5. ábra), amivel az eredeti kutatásával ellentétes, a konfliktus monitorozás és a feltételezett kontroll-érték elméleteket támogató konklúzióra jutottunk.

Három kutatási projektünkben fontos lépéseket tettünk a kognitív kontroll adaptív természetének megismerésében. Kutatási eredményeink arra mutattak rá, hogy a kognitív kontroll adaptáció kiváltásában a legfontosabb szerepe a kognitív konfliktusoknak van, ám szubjektív affektív hatások- úgy mint megemelkedett arousal, negatív valencia, vagy megemelkedett szubjektív feladat nehézség - is képesek a kontroll adaptáció modulálására. Eredményeink bizonyítékkal szolgálnak amellett is, hogy mind az affektív, mind a kognitív paraméterek modulációs hatása folytonos kapcsolatban áll a kontroll adaptációval, mi több, a kapcsolatban nem-lineáris mintázatok is felfedezhetők. Támogatott projektjeinkkel elértük azt a célkitűzésünket, hogy a kognitív kontroll alapkutatásában robusztus bizonyítékokat találjunk a viták tárgyát képező elméletek mellett vagy ellen.

A kutatás minden projektje hallgatói és nemzetközi kollaborációban készült. Saját intézményi oldalról egy doktorandusz (Bognár Miklós), egy mesterhallgató (Székely Zsuzsa) és két BA hallgató (Nagy Kinga, Varga Márton Áron) vett részt a kutatásokban társszerzői szinten. A teljes OTKA projekt során négy másik ország (Hollandia, Nagy-Britannia, Olaszország, Szingapúr) kutatóival együttműködve készítettük elő és publikáltuk eredményeinket. Nyílt tudományos gyakorlatainknak köszönhetően a projektjeink teljes kutatási anyaga, anonimizált adatai, elemzési kódja és a kéziratok preprint változata szabadon elérhető és ellenőrizhető.

Hivatkozásjegyzék

Botvinick, M. M. (2007). Conflict monitoring and decision making: Reconciling two perspectives on anterior cingulate function. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *7*(4), 356–366. <https://doi.org/10.3758/CABN.7.4.356>

Cohen, J. D. (2017). Cognitive control: Core constructs and current considerations. In T. Egner (Ed.), *The wiley handbook of cognitive control* (pp. 3–28). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118920497.ch1>

Dignath, D., Eder, A. B., Steinhauser, M., & Kiesel, A. (2020). Conflict monitoring and the affective-signaling hypothesis—An integrative review. *Psychonomic Bulletin & Review*, *27*(2), 193–216. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01668-9>

Duthoo, W., Abrahamse, E. L., Braem, S., Boehler, C. N., & Notebaert, W. (2014). The heterogeneous world of congruency sequence effects: An update. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1001.

Egner, T. (2007). Congruency sequence effects and cognitive control. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *7*(4), 380–390. <https://doi.org/10.3758/CABN.7.4.380>

Erb, C. D., & Aschenbrenner, A. J. (2019). Multiple expectancies underlie the congruency sequence effect in confound-minimized tasks. *Acta Psychologica*, *198*, 102869. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.102869>

Gratton, G., Coles, M. G., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology. General*, *121*(4), 480–506. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.121.4.480>

Shenhav, A., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2013). The expected value of control: an integrative theory of anterior cingulate cortex function. *Neuron*, *79*(2), 217-240.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, *18*(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>

Zhang, M., Li, Q., Yin, S., & Chen, A. (2021). Changes in the level of conflict trigger conflict adaptation. *Acta Psychologica Sinica*, *53*(2), 128.