

Pécsi Tudományegyetem
Bölcsészet- és Társadalomtudományi Kar
Pszichológia Intézet

Az implicit időbeli felkészülés hatása a kognitív gátló folyamatokra konfliktus feladatban



36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Témavezető:

Dr. Hernádi István

Dr. Knakker Balázs

Szerző:

Papp Edina

Pszichológia MA

Tartalomjegyzék

Absztrakt.....	3
1. Elméleti háttér.....	4
1.1. A gátló kontroll és annak mérése a flanker-feladattal	4
1.2. Időbeli felkészülés	6
1.2.1. Késleltetés-hatás.....	6
1.2.2. Szekvenciális hatás.....	7
1.3. Hipotézisek.....	9
2. Módszer.....	10
2.1. Minta.....	10
2.2. A vizsgálat menete.....	10
2.3. Vizsgálati eszközök	11
2.3.1. Kombinált flanker-feladat.....	11
2.4. Adatelemzés	12
3. Eredmények	13
3.1. Konfliktus-hatás a tiszta konfliktus blokkokban.....	13
3.2. Késleltetés-, és szekvenciális hatás tiszta késleltetés blokkban.....	14
3.2.1. Késleltetés-, és szekvenciális hatás az első tiszta késleltetés blokkban.....	15
3.2.2. Késleltetés-, és szekvenciális hatás a nyolcadik tiszta késleltetés blokkban.....	16
3.3. Konfliktus, késleltetés-, és szekvenciális hatás a kombinált blokkokban	17
4. Diskusszió	21
4.1. Kitekintés.....	24
5. Irodalomjegyzék	24
6. Melléklet	27
6.1. Vizsgálati instrukció	27

Absztrakt

Az időbeli felkészülés az explicit előrejelzéseken vagy az implicit módon tanult időbeli feltételezéseken alapszik, amely megkönnyíti az ingerek észlelését és felgyorsítja a válaszreakciót. Az időbeli felkészülés egyik feltételezett mechanizmusa a megkezdett motoros válasz gátlásának adaptív feloldása. Kevésbé világos azonban, hogy az implicit időbeli felkészülés különböző formái hogyan befolyásolhatják a gátló végrehajtó kontrollfunkciókat. Vizsgálatunkat a flanker-feladat és egy változó késleltetés paradigma (800, 2000 vagy 3200 ms) kombinációjának segítségével végeztük el 34 egyetemi hallgató részvételével. Állandó, 800 ms-os késleltetést használva megjelent a klasszikus konfliktus-hatás. A három különböző késleltetést randomizálva szintén megismételtük a késleltetés-hatást és a szekvenciális hatásokat, az implicit időbeli felkészülés klasszikus korrelátumait. A következő újszerű eredményeket kaptuk: míg a válaszok lényegesen lassabbak voltak a változó késleltetés által bevezetett időbeli bizonytalanság miatt, a konfliktus-hatás nem mutatott kölcsönhatást sem a blokk típusával, sem a késleltetés hosszával. Érdekes módon a klasszikus késleltetés-hatás teljesen hiányzott a flanker-feladat jelenlétében, míg a szekvenciális hatások érvényesültek. Ez összhangban van azokkal a modellekkel, amelyek szerint az időbeli felkészülés két szétválasztható folyamatot foglal magában, egy automatikus implicit motoros tanulási folyamatot és egy kontrollált gátló folyamatot.

Kulcsszavak: implicit időbeli felkészülés, konfliktus-hatás, késleltetés-hatás, szekvenciális hatás

A kutatás a 2022/2023-as tanévre szóló Új Nemzeti Kiválóság Program támogatásával jött létre.

1. Elméleti háttér

A kognitív kutatások a neurokognitív mechanizmusok megértését célozzák meg. Az emberi agy homloklebenye az agykéreg közel egyharmadát teszi ki. Három fő terület különíthető el, amely a motoros, a premotoros és a prefrontális kéreg (PFC). A prefrontális kéreg a humánspecifikus működések modulációját végzi (Márkus, 2006). Napról-napra árnyaltabbá válik a prefrontális kéreg működéséről alkotott kép, mint az úgynevezett végrehajtó (exekutív) funkciókért felelős agyterület (Fuster, 2015). A végrehajtó funkciók lehetővé teszik az újszerű és összetett cselekvések meghatározását és végrehajtását, valamint a jövőbeli célok kitűzését és megvalósítását (Fuster, 2015) úgy, hogy a végrehajtó funkciók az alacsonyabb szintű kognitív folyamatok modulációját végzik (Gilbert & Burgess, 2008) és képesek felülrni az automatikus működéseket (Diamond, 2013). A végrehajtó funkciókban megjelenő magas szintű mentális folyamatok segítenek tervezni, önkontrollt gyakorolni vagy problémát megoldani, ezáltal hozzájárulnak életünk önálló és tudatos vezetéséhez (Gilbert & Burgess, 2008; Diamond, 2013).

Az elmúlt évtizedek során hatalmas érdeklődés övezte a végrehajtó funkciók jelenségét, mindazonáltal nem sikerült egységes konstruktumot létrehozni (Müller & Kerns, 2015). Egyetértés van abban, hogy faktoranalízis alapján a következő három alapvető végrehajtó funkció különíthető el: munkamemória, gátlás (interferencia-kontroll [kognitív gátlás, szelektív és fókuszált figyelem] és válaszgátlás [önkontroll és fegyelem]) és kognitív flexibilitás. A felsorolt mentális funkciókra épülnek a magasabb rendű végrehajtó funkciók, mint amilyen a problémamegoldás, az érvelés és a tervezés (Collins & Koechlin, 2012; Diamond, 2013).

1.1. A gátló kontroll és annak mérése a flanker-feladattal

A gátlás vagy gátló kontroll, mint alapvető végrehajtó funkció lehetővé teszi a figyelem, a gondolatok, és a viselkedés irányítását. A gátlás folyamata nélkül védtelenek lennénk a minket érő hatásokkal vagy a régi szokásokkal szemben. A gátló kontroll biztosítja a változás és a választás lehetőségét, hiszen képesek vagyunk szabályozni a magatartásunkat és a reakcióinkat, noha olykor nem egyszerű feladat (Diamond, 2013). A gátlás fogalma számos elméletben szerepelt az elmúlt idők során. Diamond (2013) tanulmányában a gátló kontroll magába foglalja a kognitív gátlást, amely a gondolatok, emlékek és a prepotens mentális reprezentációk elnyomását teszi lehetővé; a szelektív figyelmet, amely a figyelem szándékos irányítását jelenti; valamint a válaszgátlást, amely a viselkedés gátlása által többek között hozzájárul az önszabályozáshoz és az impulzív cselekedetek elkerüléséhez.

A gátló kontroll valamennyi magasabb szintű kognitív funkció működését támogatja, viszont topográfiailag nehezen különíthetők el egymástól. Példának okáért a figyelmi folyamatoknál a célra összpontosítunk, miközben a nem fontos ingereket legátoljuk. Viselkedésünk szabályozásának hátterében számos esetben a gátló folyamatok állnak. Kiemelkedő példa erre a szociálisan nem elfogadott impulzív viselkedés elkerülése (Fuster, 2015).

A szabályozási folyamatok, illetve a gátló kontroll vizsgálatára úgynevezett konfliktus feladatok alkalmazhatók, amelyekben az ingerek két perceptuális dimenzióba sorolhatók. Az egyik inger releváns a válaszadás szempontjából (célinger), viszont a másik irreleváns, amely osztozik a releváns inger tulajdonságaiban. Az irreleváns inger automatikusan kivált egy választ, amely lehet kompatibilis vagy inkompatibilis a célvezérelt válasszal (Korolczuk és mtsai., 2018). Eriksen és Eriksen 1974-ben publikált betűs flanker-feladat jelentőségét a közel 4000 citáció igazolja. A feladatot a vizuális keresés kutatásának céljából alkották meg. Idővel a betűs változatot felváltotta a nyilas paradigma, amelyet széleskörűen alkalmaznak viselkedéses és klinikai vizsgálatokban egyaránt. Már gyermekkorban megtanultuk, hogy a nyíl prototípusos formája valamilyen irányt jelez, automatikusan értjük a jelentését. A nyilak lehetővé teszik az ingerek közötti versengő hatást, illetve a válaszverseny kialakulását (Ridderinkhof és mtsai., 2021). A flanker-feladat a következőképpen néz ki: a vizsgálati személynek az egy sorban megjelenő nyilak közül a középsőre kell reagálni minél gyorsabban és pontosabban, annak függvényében, hogy jobbra vagy balra mutat. Kongruens próba esetén a két oldalon elhelyezkedő nyilak (flankerek) a célingerrel megegyező irányba mutatnak (ugyanazt a választ váltják ki, mint a célinger). Inkongruens próbánál a flankerek a célingerrel ellenkező irányba mutatnak (a célingerrel ellenkező választ váltják ki). Kongruens próbák esetén a leggyorsabbak, inkongruens próbák esetén pedig a leglassabbak a válaszreakciók. Ezt nevezzük flanker-konfliktusnak vagy konfliktus-hatásnak (Eriksen & Eriksen, 1974; Ridderinkhof és mtsai., 2021). A gátló kognitív kontroll elnyomja a helytelen vagy nem kívánatos válaszokat a célvezérelt cselekvés javára (Vohs & Baumeister, 2004). Inkongruens helyzetben jelentősen lassul a reakcióidő, és a lassulás mértékét számszerűsítve mérhetővé válik a válaszgátlás időigénye, a kognitív kontrollfolyamatok egyik alapvető viselkedéses mérőszáma (Eriksen & Eriksen, 1974; Ridderinkhof és mtsai., 2021).

Az eddigi vizsgálatok eredményei szerint az elülső cinguláris kéreg (ACC) aktiválódik válaszkonfliktus esetén, vagyis amikor két különböző válasz közösen aktiválódik, majd pedig

a dorsolaterális prefrontális kéreg mutat aktivációt a szabályozás során (Botvinick és mtsai., 2001; Van Veen és mtsai., 2001).

1.2. Időbeli felkészülés

Vizsgálatunk szempontjából a következő kulcsfontosságú végrehajtó funkció a figyelem (Fuster, 2015), amely nem csak térbeli helyre, hanem időbeli pillanatra is összpontosulhat. Herbert Woodrow (1914) megfigyelte, hogy a vizsgálati személyek gyorsabban reagáltak abban az esetben, ha a célinger megjelenése egybeesett a figyelmi állapot csúcspontjával. A figyelem időbeli orientációja során információt gyűjtünk az esemény várható időpontjáról, ennek alapján összpontosítjuk a figyelmünket a megfelelő viselkedés érdekében (Coull & Nobre, 1998). A környezethez való sikeres alkalmazkodáshoz fontos a megfelelő időben történő válaszadás (Korolczuk és mtsai., 2018). Gondoljunk a közlekedésre! A sárga közlekedési lámpa jelzi számunkra, hogy hamarosan pirosra fog váltani, így képesek vagyunk felkészülni a válaszadásra, vagyis a fékezésre (Los és mtsai., 2014). Az időbeli felkészülés tehát egy szenzorimotoros feldolgozó folyamat. A szenzoros folyamat biztosítja az érkező inger gyors észlelését és feldolgozását. A motoros felkészülés lehetővé teszi a megfelelő, illetve célvezérelt válasz hatékony végrehajtását, vagy pedig hozzájárul a nem megfelelő (helytelen vagy idő előtti) válasz gátlásához (Korolczuk és mtsai., 2018). Az időbeli felkészülést leggyakrabban reakcióidő feladattal mérjük, amelyet különböző kognitív idegtudományban használatos műszeres mérési módszerek egészíthetnek ki (transzkraniális mágneses ingerlés – TMS, eseményhez kötött potenciál – ERP, funkcionális mágneses rezonancia vizsgálat – fMRI; Vallesi, 2010).

Az időbeli felkészülés történhet explicit és implicit módon. Mindkét időbeli felkészülés befolyásolja a kognitív folyamatokat, viszont egymástól független módon (Korolczuk és mtsai., 2018). Az implicit időbeli felkészülés során egy nem tudatos tanulási folyamat megy végbe. Az implicit időbeli felkészüléssel ellentétben az explicit időbeli felkészülés vizsgálati paradigmája olyan jelzőingert tartalmaz, amely pontos információt ad a célinger várható időpontjáról (Coull & Nobre, 1998; Nobre, 2001). Például Correa és munkatársai (2010) a „korai” és „késői” szavakat alkalmazták jelzőingerként, amely informálta a vizsgálati személyeket, hogy 400 vagy 1300 ms múlva érkezik a célinger, amelyre reagálni kell.

1.2.1. Késleltetés-hatás

Az implicit időbeli felkészülés vizsgálatára úgynevezett késleltetés paradigmákat alkalmazunk. Késleltetésnek (*foreperiod*, *FP*) nevezzük az – időbeli információt nem tartalmazó – jelzőinger és a célinger közötti időintervallumot (Los és mtsai., 2001). Tehát nincs

pontos információ arról, hogy mennyi idő fog eltelni válaszáig, viszont ismételt tapasztalat alapján megtanuljunk a várható időzítést (Los és mtsai., 2014). Példának okáért kiemelném Los és munkatársai (2001) pilot vizsgálatát, amelyben egy kétválasztásos reakcióidőfeladat szerepelt. Egy változó késleltetés paradigmában három különböző hosszúságú késleltetést alkalmaztak egyenletes eloszlásban (rövid – 500, közepes – 1000 vagy hosszú – 1500 ms). A késleltetés növekedésével csökkent az átlagos reakcióidő, vagyis minél hosszabb a késleltetés, annál gyorsabban válaszolnak a vizsgálati alanyok. Az eredmények alapján egy negatívan gyorsuló reakcióidő-késleltetés függvény rajzolódott ki. Ezt a jelenséget nevezzük késleltetés-hatásnak (Los, 2010).

Niemi és Näätänen (1981) a stratégikus felkészülési folyamat modelljével (*the hazard function*) magyarázzák a késleltetés-hatást. Egy időbeli információt nem tartalmazó jelzőinger figyelmeztet arra, hogy hamarosan érkezni fog a célinger – a modell fogalmaival operálva az imperatív stimulus – amelyre majd a lehető leggyorsabban választ kell adni. Kritikus pillanatnak nevezzük az imperatív stimulus bemutatásának már lehetséges pillanatát. Az imperatív pillanat az imperatív stimulus tényleges bemutatásának pillanatát jelöli. Változó késleltetés mellett a késleltetés időtartama próbánként változik, így több kritikus pillanat lehetséges, amelyből egy lesz az imperatív pillanat (Woodrow, 1914; Los & Van den Heuvel, 2001; Los és mtsai., 2001). Ebben a paradigmában az idő múlása nyújthat információt arról, hogy az inger mikor következhet be (Elithorn and Lawrence, 1955). Ahogy telik az idő, növekszik a valószínűsége, illetve a kockázata annak, hogy meg fog jelenni az imperatív stimulus. Az utolsó kritikus pillanatban a vizsgálati személy biztos lehet abban, hogy érkezni fog az imperatív stimulus, tehát a kockázat 1 lesz. Az időbeli felkészülés a kockázat függvénye: minél nagyobb a kockázat, annál nagyobb a felkészültségi állapot. Más szóval minél hosszabb a késleltetés időtartama, annál gyorsabb lesz a reakcióidő. A stratégikus felkészülési folyamat modellje szerint az időbeli felkészülés minden próba során ugyanúgy megy végbe, amely nem magyarázza azt a jelenséget, amelyet a késleltetés szekvenciális hatásának nevezünk (Los és mtsai., 2014).

1.2.2. Szekvenciális hatás

Los és munkatársai (2001) azt találták, hogy a célingerre adott válaszreakciók gyorsasága nem csak az aktuális próba késleltetésének hosszától függ, hanem az azt megelőző próba késleltetésének hosszától is. A vizsgálati személyek lassabban válaszoltak, ha az előző próba késleltetése hosszabb volt, mint az aktuális késleltetés, továbbá gyorsabb volt a reakcióidő, ha a megelőző próba késleltetése rövid vagy azonos hosszúságú volt, mint az aktuális késleltetés.

Ezt nevezzük a késleltetés szekvenciális hatásának. Az eredmények alapján kirajzolódó függvény csökkenése egy állandóan ismétlődő varianciaforrást rejt magában, amely az előző próbából ered. Feltételezhetően az alannak van egy szubjektív tudása a késleltetésről, amelyet felhasznál a következő próbára való maximális felkészülésre (Los, 2010). A szekvenciális hatásokat ábrázoló függvény aszimmetrikus: az előző késleltetés lassító hatása az aktuális rövid próbáknál a legerősebb, tehát az aktuális rövid késleltetés próbák jobban ki vannak téve az előző próba lassító hatásának. Tehát az aktuális rövid próbáknál a legerősebb a szekvenciális hatás (Los és mtsai., 2001).

Los (2001) az időbeli felkészülést tanulási folyamatként értelmezte, így alkotta meg a klasszikus kondicionálás elvein alapuló nyom-kondicionálás modellt (*trace conditioning*). A modell feltételezi, hogy a válaszadás gátlás alá kerül a késleltetés, illetve a magas felkészültségi állapot alatt az idő előtti reakció megakadályozása érdekében. A gátlást az imperatív stimulus megjelenése oldja fel (Los és mtsai., 2014). A próba minden kritikus pillanatához egy-egy kondicionált erősség tartozik, amelyet három folyamat formál. Ha a várt kritikus pillanatban megjelenik az imperatív stimulus, és az alany reagál is rá, akkor a kondicionált válasz erőssége növekszik (megerősítés). A kritikus pillanathoz társuló felkészültségi állapot csökken, ha a várt kritikus pillanatban nem jelenik meg az imperatív stimulus (kioltás). Amennyiben a vártnál később következik be az imperatív stimulus, akkor változatlan marad az erősség (perzisztencia). Az alanyok akkor fognak a leggyorsabban válaszolni, amikor az imperatív stimulushoz társított kondicionált erősség a legmagasabb (Los & Van den Heuvel, 2001). Például, ha a négy kritikus pillanat közül a harmadik az imperatív pillanat, akkor az első kettő pillanat meghaladása a kondicionált erősség csökkenését vonja maga után. A harmadik pillanatban megjelenik az imperatív stimulus, így a megerősítésnek köszönhetően a következő próbában ebben a pillanatban lesz a legerősebb a kondicionált erősség. Az utolsó pillanathoz kapcsolt erősség változatlan marad. A következő próba során a megerősítés helyén gyorsabb lesz a válaszadás, a kioltás helyén pedig lassabb (Los és mtsai., 2014). A többszörös nyom-kondicionálás modell (*multiple trace theory*) hangsúlyozza a memória szerepét, vagyis minden kondicionált erősség egy új emléknymóban tárolódik el, melyek aktivációs szintje idővel csökken (Los és mtsai., 2014).

Vallesi és munkatársai (2007b) létrehozták a kettős folyamat modellt (*dual-process model*), amely szerint az időbeli felkészülés több komponensből álló kognitív folyamat. Az automatikus és a szándékos folyamatok együtt befolyásolják a válaszadást. Meghatározásuk alapján a

késleltetés egy stratégiai, rugalmas és kontrollálható folyamat, míg a szekvenciális hatások kevésbé irányítható, automatikus folyamatnak tudhatók be.

Correa (2010) az explicit időbeli felkészülés hatását vizsgálta konfliktus-feladatban. Azt találta, hogy az időbeli információ növelte a konfliktus-hatást. Valószínű, hogy az időbeli felkészülés növelte a válaszok aktiválódásának szintjét, amely kongruens próbák esetén előnyös volt, viszont a gátló kontrollt követelő inkongruens próbáknál további lassuláshoz vezetett. A túlzott felkészültségi állapot nehezítette a konfliktus feloldását.

Kutatásunkban kíváncsiak voltunk az implicit időbeli felkészülés hatására, amely magába foglalja a késleltetés-, és a szekvenciális hatások mögött álló gátló-serkentő változásokat – mindezt egy konfliktus helyzetben vizsgálva.

Jelen kutatási projektben hármas célt tűztünk ki magunk elé. Egyfelől azt, hogy egy olyan új kutatási paradigmát hozzunk létre, amely alkalmas az egyenletesen változó implicit időbeli felkészülés mellett a gátló kontroll mérésére. Másfelől, hogy kimutassuk a konfliktus-, késleltetés-, és szekvenciális hatásokat, majd információt gyűjtsünk a kombinált konfliktus feladat alatt jelentkező gátló folyamatok és az időbeli felkészülés mögött meghúzódó gátló folyamatok kapcsolatáról. Előző kutatások képet adhatnak az explicit időbeli felkészülés folyamatáról, azonban vizsgálatunk újszerűsége az implicit folyamatok mélyebb megértésében rejlik.

1.3. Hipotézisek

H1: Azt vártuk, hogy a neutrális próbák átlagos reakcióidejéhez képest a kongruens próbák szignifikánsan gyorsabbak, az inkongruens próbák pedig szignifikánsan lassabbak lesznek (konfliktus-hatás; Eriksen & Eriksen, 1974; Ridderinkhof és mtsai., 2021).

H2: Feltételeztük, hogy a célingerre adott válaszok reakcióideje a késleltetés növekedésével gyorsabbá válik. Tehát a rövid késleltetés esetén a leghosszabb, hosszú késleltetés esetén pedig a legrövidebb a reakcióidő (késleltetés-hatás; Los és mtsai., 2001).

H3: Feltételeztük, hogy az átlagos reakcióidő csökken, ha a megelőző próba késleltetése hosszabb, mint az aktuális késleltetés időtartama. A válaszok gyorsabbak lesznek, ha az előző próba késleltetése rövidebb, vagy megegyezik az aktuális késleltetés hosszával (késleltetés szekvenciális hatása; Los és mtsai., 2001).

H4: Azt vártuk, hogy a változó késleltetési konfliktus feladatban a konfliktus-hatás növekedni fog az állandó késleltetési feltételhez képest (Correa, 2010).

2. Módszer

2.1. Minta

A mintát a Pécsi Tudományegyetem hallgatóinak egy csoportja alkotta. A vizsgálatban összesen 34 fő vett részt, 7 (20,6%) férfi és 27 (79,4%) nő. Egy alany sem került kizárásra. A résztvevők életkorának átlaga 22,1 év ($SD = 3,85$, $Min = 18$, $Max = 32$) volt. A résztvevők közül 30-an jobbkezesek és 4-en balkezesek voltak. A vizsgálatra való jelentkezést követően arra kértük az alanyokat, hogy a vizsgálat előtt legalább hat órával ne fogyasszanak koffeintartalmú italt, alkoholt, és tartózkodjanak a dohányzástól.

2.2. A vizsgálat menete

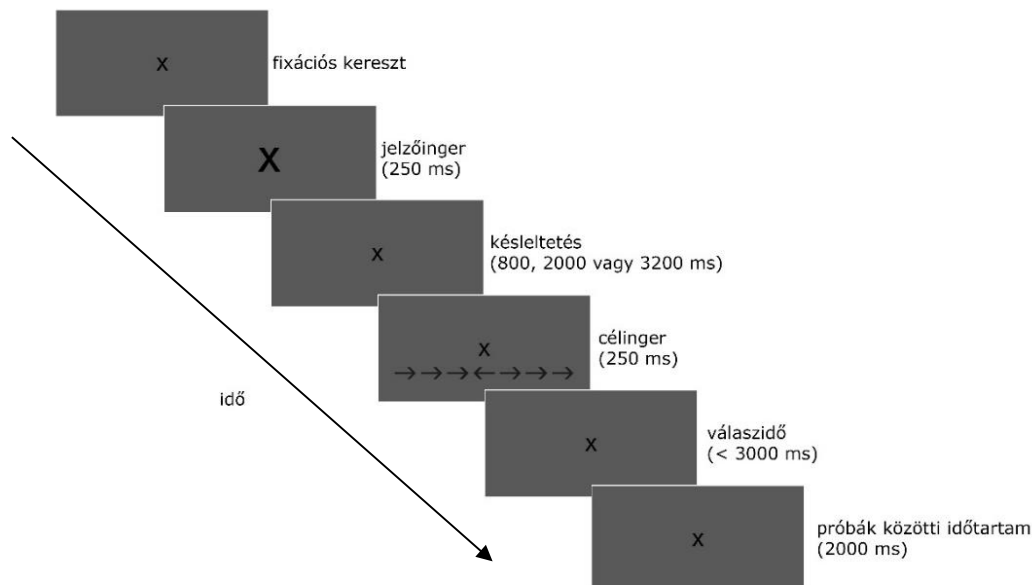
A vizsgálat protokollját a PTE-KK Regionális és Intézményi Kutatás – Etikai Bizottsága jóváhagyta (9026 – PTE 2021.). A mérés a Pécsi Tudományegyetem Transzlációs Idegtudományi Kutatócsoport Humán pszichofiziológia laboratóriumában történt. A vizsgálatvezető tájékoztatta az alanyokat a vizsgálat menetéről, idői kereteiről, és biztosította őket anonimitásuk felől. Az alanyoknak lehetőségük volt kérdezni, majd beleegyező nyilatkozatot írtak alá. A vizsgálat következmények nélkül, bármikor megszakítható volt. Az adatgyűjtés két részből állt: az alanyok az első részben egy nyolc blokkra osztott, úgynevezett kombinált flanker-feladatot végeztek el, majd a második részben kérdőívcsomagot töltöttek ki, amely tartalmazta a demográfiai adatokra vonatkozó kérdéseket, impulzivitást mérő személyiségteszteket, valamint Vizuális Analóg Skálát (VAS). Jelen projektben a személyiségtesztek és a VAS-ak nem kerültek kiértékelésre. A feladat során a vizsgálatvezető a szomszédos helyiségben tartózkodott. A vizsgálatvezető jegyzőkönyvet vezetett az alanyok azon megjegyzéseiről, amelyek relevánsak voltak a vizsgálat szempontjából. A vizsgálat körülbelül másfél órát vett igénybe.

A feladat létrehozása, az ingerek bemutatása és az adatgyűjtés a MATLAB (MathWorks) programrendszerrel történt. Az alanyok egy kényelmes székben ültek, mindenki 95 – 105 cm távolságra a képernyőtől. A válaszadás úgynevezett USTC Response Time Box-szal történt (v5/6; LOBES Laboratory Of Brain ProcessES) jobb vagy bal oldali gomb lenyomásával. A kombinált flanker-feladat egy 29,5×52 cm-es monitoron került bemutatására. A fekete színű ingerek szürke (RGB 89, 89, 89) háttéren jelentek meg.

2.3. Vizsgálati eszközök

2.3.1. Kombinált flanker-feladat

A kombinált feladatban a képernyő közepén végig egy fixációs kereszt volt látható. Minden próba egy jelzőingerrel kezdődött, amelyet késleltetés (800, 2000 vagy 3200 ms) követett. Ezután egy célinger (jobbra vagy balra mutató nyíl) jelent meg a képernyőn, amelyet kongruens, inkongruens vagy semleges flanker disztraktorok vettek körül. Tehát az oldalsó nyilak (flankerek) mutathattak a célingerrel megegyező irányba (kongruens), vagy a célingerrel ellenkező irányba (inkongruens). Neutrális próbákban a nyilak két irányba mutattak, egyszerre jobbra is és balra is. A jelzőinger jelezte, hogy érkezni fog az inger, de arról nem nyújtott információt, hogy mikor. A célinger 250 ms-ig volt látható, a válaszidő pedig 3000 ms-ig tartott. Végül egy 2000 ms-os üres kijelző előzte meg a következő próbát (**1. ábra**).



1. ábra: A kombinált flanker-feladat felépítése. Az ábra egy próbát ábrázol. A próba a fixációs kereszt bemutatásával kezdődik, amelyet a jelzőinger követ. Változó késleltetés után megjelenik a célinger, amelyre a lehető leggyorsabban és legpontosabban kell választ adni.

A kísérleti ülés nyolc vizsgálati blokkból állt. Az első és a nyolcadik blokk az úgynevezett tiszta késleltetés blokk, változó késleltetéssel (800, 2000 és 3200 ms véletlen sorrendben). A kizárólag neutrális próbákat tartalmazó tiszta késleltetés blokkok 54 – 54 próbából állnak. A válaszadás a domináns kézzel történt. A második és a hetedik blokk a tiszta konfliktus blokk, amelyben állandó késleltetés (800 ms) mellett megjelennek a neutrális, a kongruens és az

inkongruens próbák, szintén véletlen sorrendben. Mindkét tiszta konfliktus blokk 90 próbát tartalmaz. Az úgynevezett kombinált blokk 4×90 próbából áll (összesen 360 próba), változó késleltetéssel (800, 2000 vagy 3200 ms) és konfliktus-tartalommal (kongruens, neutrális vagy inkongruens). Az összes kondíció egyenlő valószínűséggel fordult elő (**1. táblázat**).

1. táblázat: A vizsgálati paradigma felépítése.

	1. blokk	2. blokk	3. blokk	4. blokk	5. blokk	6. blokk	7. blokk	8. blokk
A blokk megnevezése	Tiszta késleltetés blokk	Tiszta konfliktus blokk	Kombinált blokkok				Tiszta konfliktus blokk	Tiszta késleltetés blokk
Késleltetés	800, 2500, 3200 ms	800 ms	800, 2500, 3200 ms				800 ms	800, 2500, 3200 ms
Konfliktus	N	K, N, I	K, N, I				K, N, I	N
Próbák száma	54	90	4×90				90	54

2.4. Adatelemzés

A statisztikai elemzés során egy alany sem került kizárásra, mert mindenki teljesítette a mérési kritériumokat. Az adatokat a Jamovi (2.2.2) statisztikai programmal elemeztük, melynek során ismételt méréses varianciaanalízist hajtottunk végre. A reakcióidőt blokkonként átlagoltuk. Szignifikáns Mauchley-féle szfericitás teszt esetén Greenhouse-Geisser korrekciót alkalmaztunk. Minden blokk első próbája kizárásra került: a legelső próba esetén nincs megelőző próba.

Az első és a nyolcadik blokk elemzése eltérő elemszámot tartalmaz ($N = 32$), mivel az első kettő alany vizsgálati protokollja még nem tartalmazott tiszta késleltetés blokkokat. A statisztikai eljárások alapján a két alannal kevesebb elemszám nem befolyásolja döntően az eredményeket.

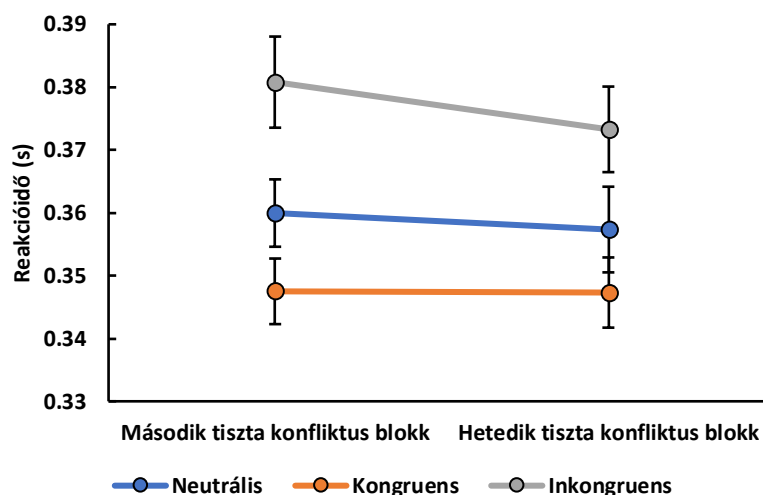
Először megvizsgáltuk a konfliktus-hatást a tiszta konfliktus blokkokban (ismételt méréses faktor: Konfliktus [kongruens, inkongruens, neutrális], Blokk [második, hetedik]). Teszteltük a késleltetés-hatást (ismételt méréses faktor: Késleltetés [rövid, közepes, hosszú], Blokk [első, nyolcadik]) és a szekvenciális hatást tiszta késleltetés blokkokban, ezt követően a főblokkokban

is (ismételt méréses faktor: Előző késleltetés [előző rövid, előző közepes, előző hosszú], Késleltetés [rövid, közepes, hosszú]). Végezetül vizsgáltuk a konfliktus-hatást a blokk típus függvényében (ismételt méréses faktor: Konfliktus [kongruens, inkongruens, neutrális], Blokk típus [tisza konfliktus blokkok, főblokkok]). A Post Hoc analíziseket általában Tukey-féle korrekcióval végeztük el (p_{Tukey}), a szekvenciális hatások esetében a post hoc elemzéseknél az egyszerű hatások (az Előző késleltetés szintjeinek összehasonlításai a Késleltetés különböző szintjei mellett – 9 összehasonlítás; a Késleltetés szintjeinek összehasonlításai az Előző késleltetés különböző szintjei mellett – szintén 9 összehasonlítás) Bonferroni-korrigált ($n = 9$ összehasonlítás) tesztjeit használtuk (p_{sbonf}).

3. Eredmények

3.1. Konfliktus-hatás a tiszta konfliktus blokkokban

A konfliktus-hatás vizsgálata során a második és a hetedik, úgynevezett tiszta konfliktus blokkok adatai kerültek elemzésre. A konfliktus főhatása szignifikáns ($F_{1,37; 45,06} = 45,92$; $p = 9 \times 10^{-10}$; $\eta^2_p = 0,582$). A neutrális próbákhoz képest ($M = 0,360$ s; $95\%CI = 0,349 - 0,371$) a kongruens próbákra gyorsabban ($M = 0,348$ s; $95\%CI = 0,338 - 0,358$; kongruens vs. neutrális: $t_{33} = 5,42$; $p_{\text{Tukey}} = 2 \times 10^{-5}$), az inkongruens próbákra pedig lassabban ($M = 0,380$ s; $95\%CI = 0,365 - 0,396$; inkongruens vs. neutrális: $t_{33} = -6,02$; $p_{\text{Tukey}} = 3 \times 10^{-6}$) válaszoltak a résztvevők **(2. ábra)**. Átlagosan a második és a hetedik blokkban a reakcióidők hasonlóak voltak (Blokk főhatás: $F_{1, 33} = 1,26$; $p = 0,269$; $\eta^2_p = 0,037$); ugyanakkor a blokk és a konfliktus interakciója szignifikáns ($F_{2, 66} = 3,23$; $p = 0,046$; $\eta^2_p = 0,089$), csupán az inkongruens kondícióban volt tapasztalható egy nagyon enyhe, 0,01 s-os gyorsulás, ami a Post hoc korrekció után már nem is szignifikáns ($t_{33} = 2,034$; $p = 0,05$; $p_{\text{Tukey}} = 0,346$); a neutrális ($t_{33} = 0,613$; $p = 0,544$; $p_{\text{Tukey}} = 0,989$) és a kongruens reakcióidők ($t_{33} = 0,107$; $p = 0,915$; $p_{\text{Tukey}} = 1$) nagyjából változatlanok maradtak. A kongruens, neutrális és inkongruens próbák összehasonlítása esetén a második ($|t_{33}| \leq -7,388$; $p_{\text{Tukey}} \geq 1 \times 10^{-4}$) és a hetedik ($|t_{33}| \leq -6,247$; $p_{\text{Tukey}} \geq 0,023$) blokkban kirajzolódott a konfliktus-hatás jellegzetes mintázata **(2. ábra)**. Statisztikai elemzésünkkel azt mutattuk ki, hogy a tiszta konfliktus blokkokban megjelenik a konfliktus-hatás.



2. ábra: Konfliktus-hatás a második és a hetedik blokkban. Kongruens próbák esetén jelentkezik a leggyorsabb reakcióidő, inkongruens próbák esetén pedig a leglassabb. A neutrális próbák reakcióideje a kettő között helyezkedik el. Az ábra az átlagos reakcióidőket (s) és a hibasávokat ábrázolja.

3.2. Késleltetés-, és szekvenciális hatás tiszta késleltetés blokkban

Elsősorban megvizsgáltuk, hogy a késleltetés-hatás és a szekvenciális hatás szempontjából van-e eltérés az első és a nyolcadik tiszta késleltetés blokk között. Eredményeink azt mutatják, hogy a két blokk hasonló (Blokk főhatás: $F_{1,31} = 0,015$; $p = 0,903$; $\eta^2_p = 0,00$). Megfigyelhető a késleltetés-hatás (Késleltetés főhatás: $F_{1,65; 51,07} = 27,137$; $p = 6 \times 10^{-8}$; $\eta^2_p = 0,072$), és a szekvenciális hatás is szignifikáns eredményekkel rendelkezik (Megelőző késleltetés főhatása: $F_{1,66; 51,56} = 20,809$; $p = 1 \times 10^{-6}$; $\eta^2_p = 0,037$). Az első és nyolcadik blokk között szignifikáns különbség van a késleltetés-hatás tekintetében (Késleltetés $\times$ Blokk: $F_{2,62} = 26,278$; $p = 5 \times 10^{-9}$; $\eta^2_p = 0,459$). Az első blokkhoz képest a nyolcadik blokkban csak a rövid késleltetés kondíciókban lassultak a válaszreakciók ($t_{31} = 4,631$; $p = 6 \times 10^{-5}$; $p_{\text{Tukey}} = 8 \times 10^{-4}$). A közepes és a hosszú késleltetés kondíciókban nem mutatkozott változás ($t_{31} = -2,082$; $p = 0,046$; $p_{\text{Tukey}} = 0,322$; $t_{31} = -1,651$; $p = 0,109$; $p_{\text{Tukey}} = 0,572$). A késleltetés és a megelőző próba késleltetése között interakció mutatkozik meg ($F_{3,17; 98,40} = 17,783$; $p = 1 \times 10^{-9}$; $\eta^2_p = 0,056$). A késleltetés $\times$ előző próba késleltetése $\times$ blokk szignifikáns ($F_{3,14; 97,19} = 3,899$; $p = 0,0102$; $\eta^2_p = 0,009$). Ezt követően külön elemeztük az első és a nyolcadik tiszta késleltetés blokk adatait.

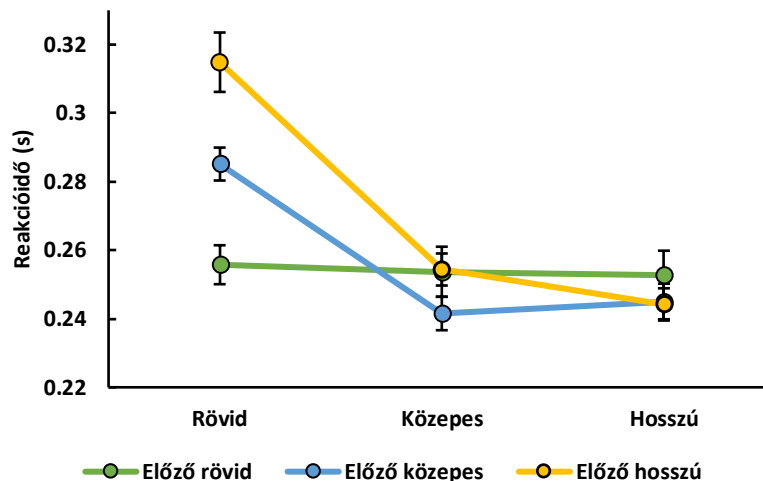
3.2.1. Késleltetés-, és szekvenciális hatás az első tiszta késleltetés blokkban

Az első tiszta késleltetés blokkban megjelent a késleltetés-hatás (Késleltetés főhatás: $F_{2;62} = 55,3$; $p = 2 \times 10^{-14}$; $\eta^2_p = 0,641$). Kirajzolódott a késleltetés-hatás jellegzetes mintázata: a rövid késleltetés próbákra lassabban válaszoltak a résztvevők ($M = 0,285$ s; $95\%CI = 0,275 - 0,296$), mint a közepes ($M = 0,250$ s; $95\%CI = 0,241 - 0,259$; rövid vs. közepes: $t_{31} = 8,161$; $p = 3 \times 10^{-9}$; $p_{Tukey} = 10 \times 10^{-9}$) vagy a hosszú próbákra ($M = 0,247$ s; $95\%CI = 0,238 - 0,257$; rövid vs. hosszú: $t_{31} = 9,798$; $p = 5 \times 10^{-11}$; $p_{Tukey} = 2 \times 10^{-10}$). A közepes és a hosszú késleltetést összevetve nem történt további lassulás ($t_{31} = 0,662$; $p = 0,513$; $p_{Tukey} = 0,787$).

Ezt követően vizsgáltuk a késleltetés szekvenciális hatását. Kíváncsiak voltunk arra, hogy az aktuális próbát megelőző késleltetés tulajdonsága megmutatkozik-e a válaszreakciók gyorsaságában. A megelőző késleltetés hatása szignifikáns (Megelőző késleltetés főhatás: $F_{2;62} = 10,1$; $p = 2 \times 10^{-4}$; $\eta^2_p = 0,245$). A késleltetés és a megelőző késleltetés között interakció mutatkozik meg (késleltetés $\times$ megelőző késleltetés: $F_{3,11;96,48} = 17,3$; $p = 3 \times 10^{-9}$; $\eta^2_p = 0,358$).

Rövid késleltetés próbáknál jelentkezik a legerősebb szekvenciális hatás (előző rövid – előző közepes: $t = -5,909$; $p = 2 \times 10^{-6}$; $p_{sbont} = 1 \times 10^{-5}$; előző rövid – előző hosszú: $t = -7,573$; $p = 2 \times 10^{-8}$; $p_{sbont} = 1 \times 10^{-7}$; előző közepes – előző hosszú: $t = -3,687$; $p = 9 \times 10^{-4}$; $p_{sbont} = 0,008$). Közepes késleltetésnél akkor alakult leggyorsabb az átlagos reakcióidő, amikor az előző késleltetés is közepes hosszúságú volt (előző közepes – előző hosszú: $t = -3,461$; $p = 0,0016$; $p_{sbont} = 0,014$).

Megelőző hosszú késleltetésnél jelentkezik legerősebben a késleltetés-hatás mintázata (rövid – közepes: $t_{31} = 8,884$; $p = 5 \times 10^{-10}$; $p_{sbont} = 5 \times 10^{-9}$; rövid – hosszú: $t_{31} = 9,97$; $p = 3 \times 10^{-11}$; $p_{sbont} = 3 \times 10^{-10}$; közepes – hosszú: $t_{31} = 2,497$; $p = 0,018$; $p_{sbont} = 0,162$), megelőző közepes késleltetésnél valamivel gyengébben jelenik meg (rövid – közepes: $t_{31} = 9,028$; $p = 3 \times 10^{-10}$; $p_{sbont} = 3 \times 10^{-9}$; rövid – hosszú: $t_{31} = 7,272$; $p = 4 \times 10^{-8}$; $p_{sbont} = 3 \times 10^{-7}$; közepes – hosszú: $t_{31} = -0,676$; $p = 0,504$; $p_{sbont} = 1$), megelőző rövid késleltetésnél a késleltetés-hatás eltűnik ($t \leq 0,482$; $p \geq 0,633$). A kapott eredmények azt mutatják meg, hogy az első tiszta késleltetés blokkban a késleltetés-hatás és a szekvenciális hatás is megjelent. Az eredményeket a **3. ábra** szemlélteti.



3. ábra: Késleltetés-, és szekvenciális hatás az első tiszta késleltetés blokkban. Előző próbában tapasztalt hosszú késleltetés után a legerősebb a késleltetés-hatás az aktuális próbában. Rövid késleltetés esetén pedig a legerősebb a szekvenciális hatás. Az ábra az átlagos reakcióidőket (s) és a hibasávokat ábrázolja. Az x tengelyen a késleltetés helyezkedik el, a színek pedig a megelőző késleltetést jelölik.

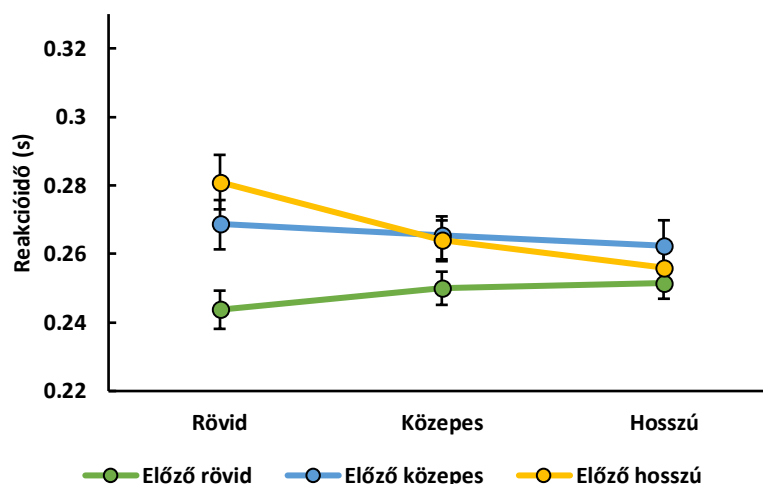
3.2.2. Késleltetés-, és szekvenciális hatás a nyolcadik tiszta késleltetés blokkban

A nyolcadik tiszta késleltetés blokkban a késleltetés-hatás eltűnik (Késleltetés főhatás: $F_{2, 62} = 1,69$; $p = 0,192$). A rövid ($M = 0,264$ s; 95%CI = 0,252 – 0,277), a közepes ($M = 0,260$ s; 95%CI = 0,251 – 0,268), és a hosszú ($M = 0,257$ s; 95%CI = 0,247 – 0,266) késleltetés próbákban az átlagos reakcióideje hasonlóak ($t \leq 1,602$; $p \geq 0,119$).

Elemzésre került a késleltetés szekvenciális hatása a nyolcadik tiszta késleltetés blokkban. A megelőző késleltetés hatása szignifikáns (Megelőző késleltetés főhatás: $F_{2, 62} = 13,66$; $p = 1 \times 10^{-5}$; $\eta^2_p = 0,306$). A késleltetés és a megelőző késleltetés között interakció mutatkozik meg (késleltetés $\times$ megelőző késleltetés: $F_{2,90; 89,80} = 4,63$; $p = 0,005$; $\eta^2_p = 0,130$). Előző hosszú késleltetést követően a rövid és a hosszú késleltetéses próbák átlagos reakcióideje között észlelhető a legnagyobb eltérés (rövid – hosszú: $t = 3,516$; $p = 0,00137$; $p_{\text{bonf}} = 0,0123$).

A post hoc elemzés megmutatta, hogy az első tiszta késleltetés blokkhoz hasonlóan jelen esetben is – ugyan gyengébben – a rövid késleltetés próbáknál figyelhető meg a szekvenciális hatás (előző rövid – előző közepes: $t = -5,089$; $p = 2 \times 10^{-5}$; $p_{\text{bonf}} = 0,00015$; előző rövid – előző hosszú: $t = -5,828$; $p = 2 \times 10^{-6}$; $p_{\text{bonf}} = 2 \times 10^{-5}$). Az első tiszta késleltetés bloktól eltérően a közepes késleltetésnél ez a hatás eltűnik. Az elemzésekkel azt mutattuk ki, hogy a nyolcadik

tiszta késleltetés blokkban a késleltetés-hatás eltűnik, viszont a szekvenciális hatás megmarad (4. ábra).



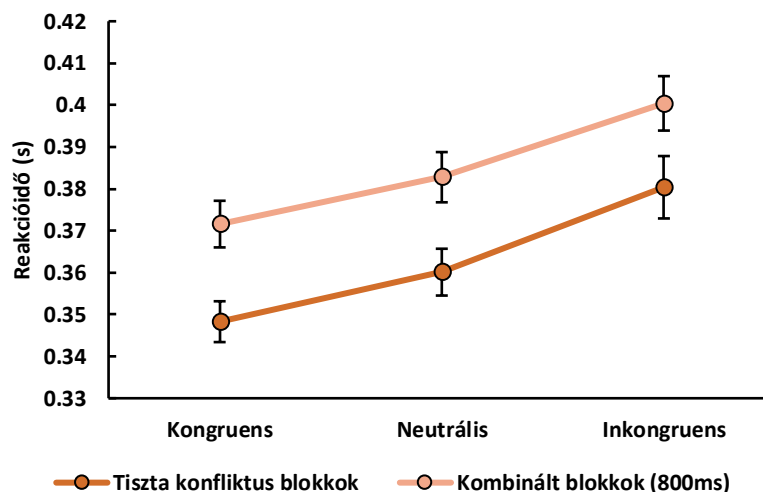
4. ábra: A nyolcadik tiszta késleltetés blokkban eltűnik a késleltetés-hatás, viszont a késleltetés szekvenciális hatása megmarad. Az ábra az átlagos reakcióidőket (s) és a hibasávokat ábrázolja. Az x tengelyen a késleltetés helyezkedik el, a színek pedig a megelőző késleltetést jelölik.

3.3. Konfliktus, késleltetés-, és szekvenciális hatás a kombinált blokkokban

Megvizsgáltuk, hogy a kombinált blokkokban hogyan alakul a konfliktus-, a késleltetés-, és a szekvenciális hatás. A fent ismertetett tiszta konfliktus blokkokhoz hasonlóan a kombinált blokkokban is szignifikáns a konfliktus főhatása (Konfliktus főhatás: $F_{1,53; 50,33} = 71,111$; $p = 1 \times 10^{-13}$; $\eta^2_p = 0,683$). A post hoc analízis során azt találtuk, hogy a kongruens próbákra adott válaszreakciók szignifikánsan gyorsabbak, mint a neutrális válaszreakciók ($t_{33} = 5,10$; $p = 1 \times 10^{-5}$; $p_{\text{Tukey}} = 4 \times 10^{-5}$), továbbá a neutrális próbák reakcióideje szignifikánsan gyorsabb, mint az inkongruens próbáké ($t_{33} = -7,69$; $p = 8 \times 10^{-9}$; $p_{\text{Tukey}} = 2 \times 10^{-8}$).

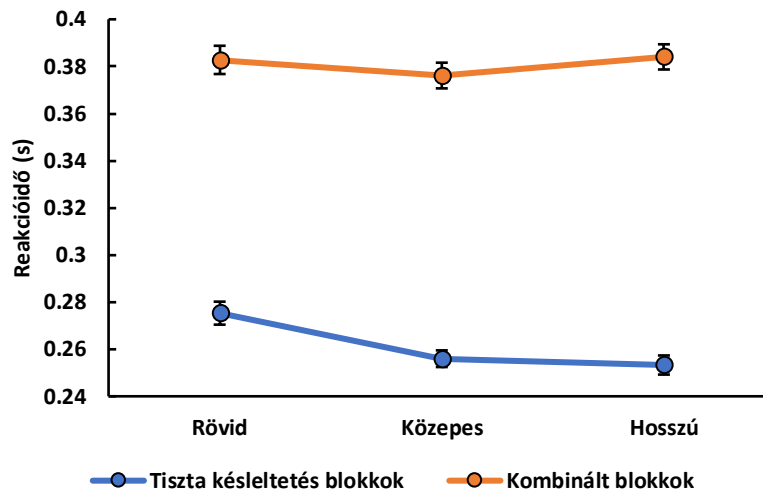
Kíváncsiak voltunk arra, hogy a konfliktus-hatás vonatkozásában van-e különbség a két blokk típus között, vagyis az állandó késleltetés tiszta konfliktus blokkok és a változó késleltetéses kombinált blokkok között. A kombinált blokkok esetén – a tiszta konfliktus blokkal megegyező – rövid késleltetés próbákat vettük figyelembe. A konfliktus hatása szignifikáns (Konfliktus főhatás: $F_{1,55; 51,31} = 60,423$; $p = 1 \times 10^{-12}$; $\eta^2_p = 0,647$), tehát a fent bemutatott késleltetés-hatás mintázata válik láthatóvá. A blokk típus hatása szignifikáns (Blokk típus főhatás: $F_{1; 33} = 40,295$; $p = 3 \times 10^{-7}$; $\eta^2_p = 0,550$). Összeségében elmondható, hogy

a kombinált blokkokban mért válaszreakciók esetében lassulás tapasztalható a tiszta konfliktus blokkokhoz képest ($t_{33} = -6,35$; $p = 3 \times 10^{-7}$). A konfliktus és a blokk típus között nem volt interakció (konfliktus $\times$ blokk típus: $F_{2, 66} = 0,434$; $p = 0,637$; $\eta^2_p = 0,013$; **5. ábra**).



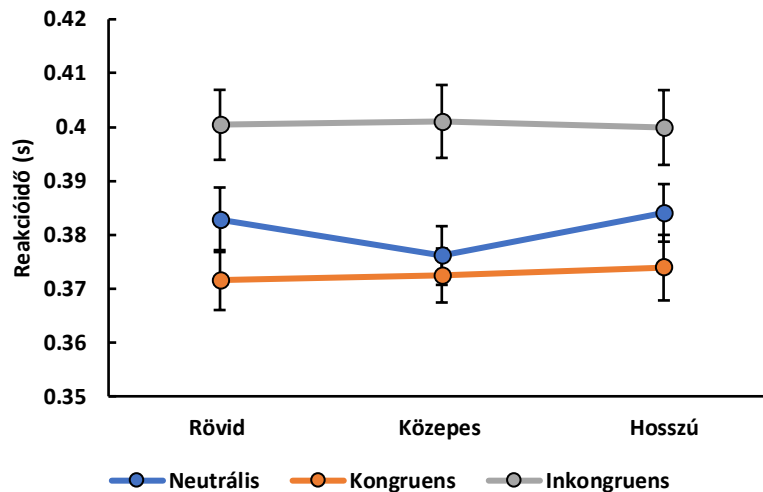
5. ábra: A kombinált blokkokban csökken az átlagos reakcióidő, ugyanakkor megmarad a konfliktus-hatás (N – neutrális, K – kongruens, I – inkongruens). Az ábra az átlagos reakcióidőket (s) és a hibasávokat ábrázolja.

A kombinált blokkokban a késleltetés-hatás specifikus mintázata eltűnt (Késleltetés főhatás: $F_{1,40; 46,04} = 0,595$; $p = 0,498$; $\eta^2_p = 0,018$; páronkénti összehasonlítások: $|t| \leq 0,627$; $p \geq 0,084$). Az eredmény hatására megnéztük, hogy a kombinált blokkokban (neutrális próbák figyelembevételével) és a tiszta késleltetés blokkokban milyen mértékben tér el a késleltetés-hatás. A késleltetés hatása szignifikáns ($F_{1,61; 50,00} = 12,1$; $p = 2 \times 10^{-4}$; $\eta^2_p = 0,281$). Átlagosan a tiszta késleltetés blokkokban és a kombinált blokkokban a reakcióidők különbözőek (Blokk típus főhatás: $F_{1; 31} = 823,2$; $p = 7 \times 10^{-24}$; $\eta^2_p = 0,964$), a kombinált blokkokban a reakcióidő lassulása tapasztalható ($t_{31} = -28,7$; $p = 7 \times 10^{-24}$). A késleltetés és a blokk típus interakciója szignifikáns ($F_{1,69; 52,41} = 20,0$; $p = 1 \times 10^{-6}$; $\eta^2_p = 0,393$). A fentiekben ismertetett késleltetés $\times$ konfliktus eredményekkel összhangban a késleltetés-hatás jellegzetes mintázata a kombinált blokkokban eltűnik. Ezzel szemben a tiszta késleltetés blokkokban felfedezhető a késleltetés-hatás sajátos mintázata (**6. ábra**).



6. ábra: A tiszta késleltetés blokkokban megfigyelhető a késleltetés-hatás: rövid (800 ms) késleltetés esetén a leglassabb, hosszú késleltetés (3200 ms) esetén a leggyorsabb a reakcióidő. A kombinált blokkokban, konfliktus jelenlétében eltűnik a késleltetés-hatás. Az ábra az átlagos reakcióidőket (s) és a hibasávokat ábrázolja.

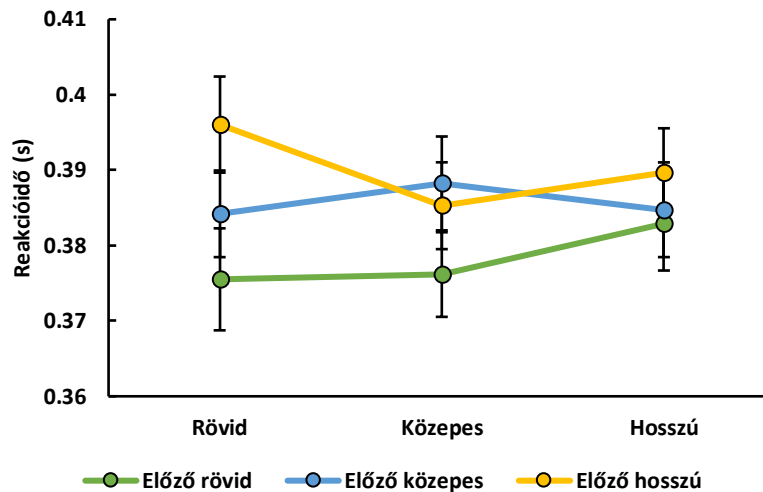
A kombinált blokkban a konfliktus és a késleltetés között nem tapasztaltunk szignifikáns interakciót (konfliktus $\times$ késleltetés: $F_{4;132} = 2,154$; $p = 0,077$; $\eta^2_p = 0,061$), a neutrális próbákat figyelembe véve kiemelhető, hogy a közepes késleltetés gyorsítja a reakcióidőt a hosszú késleltetéshez képest ($t_{33} = -3,301$; $p = 0,002$; $p_{\text{Tukey}} = 0,052$), miközben a rövid késleltetéssel összevetve nem tapasztalható gyorsulás ($t_{33} = 1,810$; $p = 0,08$; $p_{\text{Tukey}} = 0,675$). Jelen esetben a neutrális közepes késleltetés kondíciókra hasonló gyorsasággal válaszoltak a résztvevők, mint a kongruens próbákra ($t_{33} = 1,445$; $p = 0,158$; $p_{\text{Tukey}} = 0,871$; **7. ábra**). Kimutattuk, hogy a konfliktus-hatás megjelenésével a késleltetés-hatás eltűnik.



7. ábra: Kombinált blokkok konfliktusok szerint ábrázolva. A kombinált blokkokban a konfliktus-hatás megmarad, tehát a kongruens próbák esetén a leggyorsabb a reakcióidő, az inkongruens próbák esetén pedig a leglassabb; mindazonáltal a késleltetés-hatás mintázata eltűnik. Az ábra az átlagos reakcióidőket (s) és a hibasávokat ábrázolja.

Ezt követően vizsgáltuk a késleltetés szekvenciális hatásokat a kombinált blokkokban és szignifikáns eredményt kaptunk (Megelőző késleltetés főhatás: $F_{2; 66} = 15,487$; $p = 7 \times 10^{-6}$; $\eta^2_p = 0,319$). A késleltetés és a megelőző késleltetés között interakció jelentkezik (késleltetés $\times$ megelőző késleltetés: $F_{4; 132} = 3,788$; $p = 0,008$; $\eta^2_p = 0,103$).

A rövid késleltetés eredményei a **3. ábrán** látott, késleltetés-hatás mintázatához hasonlítanak, viszont ebben az esetben az előző közepes késleltetés esetén nincs jelentős lassulás az előző rövid késleltetéshez viszonyítva ($t_{33} = -1,676$; $p = 0,103$). Az előző hosszú késleltetés szignifikánsan lassabb az előző rövid ($t_{33} = -3,959$; $p = 4 \times 10^{-4}$) és az előző közepes késleltetéshez viszonyítva is ($t_{33} = -4,013$; $p_{\text{Tukey}} = 3 \times 10^{-4}$). A hosszú próbák felé haladva a szekvenciális hatás gyengül. Csupán a közepes késleltetés esetén jelentkezik egy jelentősebb eltérés (előző rövid – előző közepes: $t = -3,151$; $p = 0,00345$). A **8. ábra** szemlélteti, hogy a konfliktus-hatás mellett a szekvenciális hatás is megmaradt.



8. ábra: A késleltetés szekvenciális-hatása a kombinált blokkokban. A szekvenciális-hatás mintázata a hosszú késleltetés felé haladva gyengül. Az ábra az átlagos reakcióidőket (s) és a hibasávokat ábrázolja. Az x tengelyen a késleltetés helyezkedik el, a színek pedig a megelőző késleltetést jelölik.

4. Diskusszió

Kutatási projektünk legfőbb célja a kombinált flanker-feladat alatt jelentkező kognitív gátló kontroll és az időbeli felkészülésben jelentkező gátló folyamatok átfedésének vizsgálata volt. Ezeket az elemzéseket a kombinált blokk adatai alapján végeztük el, azonban ezt megelőzően vizsgáltuk a konfliktus-, késleltetés-, és szekvenciális hatásokat tiszta késleltetés és tiszta konfliktus blokkokban is. Eredményeink a felállított hipotéziseket részben igazolták.

Statisztikai elemzéseink megerősítették az Eriksen és Eriksen (1974) kutatásai alapján megfogalmazott első hipotézisünket: a válaszkonfliktust tartalmazó kombinált flanker-feladatban a neutrális próbákhoz viszonyítva a kongruens próbáknál gyorsabban, az inkongruens próbáknál pedig lassabban válaszoltak a vizsgálati személyek. A hipotézist (H1) a tiszta konfliktus blokkokban teszteltünk. Inkongruens próbáknál a célingerre történő gyors és pontos válasz érdekében a flanker disztraktorok által kiváltott aktivációt gátolni kell, amely időigényes folyamat. Ennek következtében jelentősen lassul a válaszreakció. Kíváncsiak voltunk arra, hogy az idő előrehaladtával történik-e változás a konfliktus-hatás mintázatában, ezért összehasonlítottuk a 2. és a 7. blokkot. Úgy tűnik, az idő múlása mögött lévő faktorok, mint például a fáradás, a motiváció csökkenés, vagy a tanulás nem befolyásolta a flanker-feladatra jellemző hatást.

A második hipotézis (H2) vizsgálata során a következő eredmények születtek: a tiszta késleltetés blokkokban megjelent a késleltetés-hatás, viszont az is kiderült, hogy az első és a nyolcadik tiszta késleltetés blokk eltér egymástól a késleltetés-hatás vonatkozásában. Ebből kifolyólag a két blokkon külön-külön végeztük a további elemzéseket. Az első tiszta késleltetés blokkban predikciónk alátámasztást nyert, minél hosszabb a késleltetés, annál gyorsabban válaszolnak a résztvevők (Los és mtsai., 2001). A jelenség értelmezésében a stratégikus felkészülési folyamat modell (Niemi & Näätänen, 1981) lehet a segítségünkre. Egy próbán belül az idő múlásával – amelyet a fixációs kereszt megjelenésétől számítunk – növekszik a szenzorimotoros felkészültségi állapot. A vizsgálati személy minél jobban várja az inger érkezését, annál gyorsabb reakcióra lesz képes (Korolczuk, 2018). Meglepő módon, az első tiszta késleltetés blokkal szemben a nyolcadik tiszta késleltetés blokkban nagymértékben gyengült a késleltetés-hatás. A kapott eredmények lehetséges magyarázata a kísérleti paradigma elrendezésében keresendő. Az első és a nyolcadik blokk között különböző faktorok lehetnek befolyásoló tényezők, mint például a fáradás, a motiváció csökkenés, a tanulás, vagy pedig a főblokkban végzendő feladat. A kérdés megválaszolása érdekében folytatódnak a kutatásaink.

A vizsgálati személyek lassabban válaszoltak, ha az előző késleltetés hosszabb volt, mint az aktuális késleltetés, továbbá gyorsabb volt a reakcióidő, ha a megelőző késleltetés rövid vagy azonos hosszúságú volt, mint az aktuális késleltetés. Ezt nevezzük a késleltetés szekvenciális hatásának. A harmadik hipotézisünk (H3) esetén igazolódni látszik az az elgondolás, miszerint a válaszreakciók lassulnak, ha a megelőző késleltetés hosszabb, mint az aktuális késleltetés időtartama (Los és mtsai., 2001), tehát jelentkezett az úgynevezett szekvenciális hatás. Az első és a nyolcadik tiszta késleltetés blokkban is a rövid késleltetés esetén volt a legerősebb a szekvenciális hatás, így egy aszimmetrikus függvény rajzolódik ki előttünk (lásd: 3. és 4. ábra). Tehát a rövid késleltetés eredményezi a leglassabb reakcióidőket, főleg az előző hosszú késleltetés esetén. Az adott próbában tapasztalható késleltetés és a megelőző késleltetés között interakció mutatkozik meg. Megelőző hosszú késleltetésnél jelentkezik legerősebben a késleltetés-hatás mintázata az aktuális próbában, a megelőző közepes, és megelőző rövid késleltetés esetében egyre inkább gyengül ez a hatás. Eredményeink illeszkednek a nyomkondicionálás modelljébe (Los és mtsai., 2001). A vártnál előbb érkezett inger (előző hosszú és aktuális rövid késleltetés) azt feltételezi, hogy az előző próba során egy későbbi imperatív pillanat került megerősítésre, így az aktuális alacsony felkészültségi állapot lassabb reakcióidőt eredményez. Ahogyan az eredményeink is mutatják, rövid késleltetés esetén mutatkozik meg leginkább a szekvenciális hatás, hiszen a rövid késleltetést többször előzheti meg nála hosszabb

időintervallumú késleltetés, mint a közepes és hosszú késleltetés próbákat. A hosszabb késleltetés próbákra kevésbé hatnak a szekvenciák, ugyanis a vártnál később bekövetkező imperatív stimulus nem csökkenti a kondicionált válasz erősségét.

A nyom-kondicionálás modell (Los és mtsai., 2001; Los és mtsai., 2014) a gátló kognitív kontroll szerepét is hangsúlyozza, miszerint az időbeli felkészülés alatt a válaszadás gátolva van. Az időbeli felkészülés folyamata mögött álló szenzomotoros felkészülési folyamatokhoz serkentő, illetve gátló folyamatok társulnak, amelyek átfedésben lehetnek a konfliktus feladatban lévő gátló folyamatokkal. Negyedik hipotézisünk ezeket a kölcsönhatásokat elemzi.

A legfontosabb és legújyszerűbb eredmények a negyedik hipotézis (H4) vizsgálata során születtek. Feltételeztük, hogy az implicit időbeli felkészülés növelni fogja a konfliktus-hatást, mivel az időbeli információ növeli a válaszreakciók aktivációját, amely a gátlás folyamatát magába foglaló inkongruens próbáknál további lassuláshoz vezet, kongruens próbáknál viszont további gyorsuláshoz (Correa, 2010). A negyedik hipotézist a kombinált blokkokban vizsgáltuk. A konfliktus-hatás megmaradt: kongruens próbákra gyorsabban, míg inkongruens próbákra lassabban válaszoltak a résztvevők. Kíváncsiak voltunk arra, hogy vajon a kombinált blokkban mért konfliktus-hatás mennyire tér el a tiszta konfliktus blokkban mért hatástól. A kombinált blokkok átlagos reakcióideje csökkent a tiszta konfliktus blokkokhoz viszonyítva, ugyanakkor fontos kihangsúlyozni, hogy a különbségek egyformák, vagyis a konfliktus-hatás mintázata megegyezik mind a kettő blokk típusban. A lassulás az időbeli bizonytalanságnak tudható be, a változó késleltetés befolyásolta a válaszreakciók gyorsaságát.

A kombinált blokkban a késleltetés hatása eltűnt, viszont a szekvenciális hatás és a konfliktus-hatás megmaradt. Eredményeink ellentmondanak Correa (2010) tanulmányának, amely szerint az időbeli felkészülés hatására növekszik a konfliktus-hatás. A mi eredményeink alapján nincs különbség a felkészültségi állapot függvényében, vagyis a negyedik hipotézisünk nem nyert alátámasztást. Fontos kiemelni, hogy Correa (2010) explicit jelzőingert használt, amíg a mi vizsgálatunkban implicit módon lehetett következtetni az inger várható időpontjára.

A szekvenciális hatás stabilnak bizonyult a kombinált blokkok alatt, amíg a késleltetés-hatás eltűnt. Feltételezhetően differenciálni kell a két hatás hátterében meghúzódó kognitív folyamatokat. A kettős folyamat modell (Vallesi és mtsai., 2007b) megőrzi a stratégikus felkészülési folyamat modell és a nyom-kondicionálás modell elemeit is, így árnyaltabb képet nyújt. A kettős folyamat modell szerint a szekvenciális hatás egy automatikus folyamatnak, míg a késleltetés-hatás egy kontrollált folyamatnak tudható be. A dorsolaterális prefrontális kéreg

(DLPFC) léziója esetén a betegek nem tudták bejósolni az ingerek megjelenésének várható időpontját (Elithorn & Lawrence, 1955), így a további kutatások a DLPFC-re irányultak. Stuss és munkatársai (2005) feltételezték, hogy amennyiben a késleltetés-hatás és a szekvenciális hatás háttérében különböző folyamatok állnak, akkor a DLPFC feletti TMS csökkenti a késleltetés-hatást, de a szekvenciális hatás megmarad. Predikciójuk beigazolódott, a két folyamat háttérében álló folyamatok funkcionális és anatómiai szempontból is differenciálhatóak. További kutatások igazolják, hogy a bal premotoros kéreg tumorjának sebészeti eltávolítása után eltűntek a szekvenciális hatások (Vallesi és mtsai., 2007a). A szakirodalom a kettős folyamat modellt támasztja alá. Eredményeink tehát az időbeli felkészülés mögött álló folyamatok szétválaszthatóságára utalnak: a szekvenciális hatás az automatikus folyamatok révén megmarad, viszont a gátló kontrollt magába foglaló késleltetés-hatás eltűnik, amikor a kontroll a konfliktus feladat megoldására irányul.

4.1. Kitekintés

Kutatásunkban egy új vizsgálati paradigmát hoztunk létre, amely alkalmas az implicit időbeli felkészülés mérésére konfliktus feladatban. Az új eredmények további kérdésekhez vezetnek el, amelyek a vizsgálat folytatására ösztönöz. Az elkövetkezőkben választ szeretnénk kapni arra a kérdésre, hogy vajon a késleltetés-hatás miért gyengül az utolsó tiszta késleltetés blokkban, illetve miért tűnik el a kombinált blokkban. Az ezzel kapcsolatos mérések jelenleg is folyamatban vannak, részeredményeink megerősítik eddigi eredményeinket. A végső konklúzióhoz az elemszám növelése szükséges. Jelen vizsgálat limitációjának tekinthető, hogy a kezesség tekintetében nem hoztunk létre kontroll blokkot, viszont ezt korrigáltuk a folyó kutatásunkban.

Érdekes kérdésnek bizonyul, hogy vajon milyen további kognitív funkciók kapcsolódnak a vizsgált folyamatokhoz. A jövőben a paradigmát szeretnénk elektrofiziológiai mérések során alkalmazni, amely hozzájárul a magasabb rendű kognitív folyamatok, illetve a gátló kontroll feltárásához. Hosszútávon az időbeli figyelmi folyamatok kutatása információt nyújthat az időskori kognitív hanyatlás és demencia kezelésére irányuló neurofarmakológiai törekvésekhez, továbbá a kombinált flanker-feladat diagnosztikai célokat is szolgálhat.

5. Irodalomjegyzék

Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological review*, 108(3), 624.

- Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. *PLoS biology*, 10(3), e1001293.
- Correa, Á., Cappucci, P., Nobre, A. C., & Lupiáñez, J. (2010). The two sides of temporal orienting: facilitating perceptual selection, disrupting response selection. *Experimental psychology*, 57(2), 142.
- Coull, J. T., & Nobre, A. C. (1998). Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *Journal of Neuroscience*, 18(18), 7426-7435.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135.
- Elithorn, A., & Lawrence, C. (1955). Central inhibition-some refractory observations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 7(3), 116-127.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, 16(1), 143–149.
- Fuster, J. (2015). *The prefrontal cortex*. Academic press.
- Gilbert, S. J., & Burgess, P. W. (2008). Executive function. *Current biology*, 18(3), R110-R114.
- Korolczuk, I., Burle, B., & Coull, J. T. (2018). The costs and benefits of temporal predictability: impaired inhibition of prepotent responses accompanies increased activation of task-relevant responses. *Cognition*, 179, 102-110.
- Los, S. A. (2010). Foreperiod and sequential effects: theory and data. In: Nobre, C. A. & Coull, T. J.: *Attention and time*, Oxford University Press Inc., New York.
- Los, S. A., & Van Den Heuvel, C. E. (2001). Intentional and unintentional contributions to nonspecific preparation during reaction time foreperiods. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(2), 370.
- Los, S. A., Knol, D. L., & Boers, R. M. (2001). The foreperiod effect revisited: Conditioning as a basis for nonspecific preparation. *Acta Psychologica*, 106(1-2), 121-145.
- Los, S. A., Kruijne, W., & Meeter, M. (2014). Outlines of a multiple trace theory of temporal preparation. *Frontiers in Psychology*, 5, 1058.
- Márkus, M. (2006). *Neurológia pszichológia szakos hallgatók számára*. Akadémia kiadó. Budapest.
- Müller, U., & Kerns, K. (2015). The development of executive function. In L. S. Liben, U. Müller, & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology and developmental science: Cognitive processes* (pp. 571–623). John Wiley & Sons, Inc.

- Niemi, P., & Näätänen, R. (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychol. Bull.* 89, 133–162.
- Nobre, A. C. (2001). Orienting attention to instants in time. *Neuropsychologia*, 39(12), 1317–1328.
- Ridderinkhof, K. R., Wylie, S. A., van den Wildenberg, W. P., Bashore, T. R., & van der Molen, M. W. (2021). The arrow of time: Advancing insights into action control from the arrow version of the Eriksen flanker task. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 83(2), 700–721.
- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Shallice, T., Picton, T. W. Binns, M. A., Macdonald, R., et al. (2005). Multiple frontal systems controlling response speed. *Neuropsychologia*, 43, 396–417.
- Vallesi, A. (2010). Neuro-anatomical substrates of foreperiod effects. *Attention and time*, 303–316.
- Vallesi, A., Mussoni, A., Mondani, M., Budai, R., Skrap, M., and Shallice, T. (2007a). The neural basis of temporal preparation: insights from brain tumor patients. *Neuropsychologia*, 45, 2755–63.
- Vallesi, A., Shallice, T., & Walsh, V. (2007b). Role of the prefrontal cortex in the foreperiod effect: TMS evidence for dual mechanisms in temporal preparation. *Cereb.Cortex* 17, 466–474.
- Van Veen, V., Cohen, J. D., Botvinick, M. M., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2001). Anterior cingulate cortex, conflict monitoring, and levels of processing. *Neuroimage*, 14(6), 1302–1308.
- Vohs, K. D., & Baumeister, R. F. (2004). Understanding self-regulation. *Handbook of self-regulation*, 19.
- Woodrow, H. (1914). The measurement of attention. *Psychol. Monogr.* 17, 1–158.

6. Melléklet

6.1. Vizsgálati instrukció

Az első és a nyolcadik tiszta késleltetés blokkra vonatkozóan a vizsgálatvezető az alábbi instrukciót adta: *„A következő feladatban a képernyő közepén egy fixációs kereszt lesz látható. Kérlek, végig figyeld ezt a keresztet! Ha a kereszt mérete nagyobb lesz, az jelezni fogja, hogy mikortól figyelj jobban! Ezt követően hét darab, két irányba mutató nyíl lesz látható egy sorban. Amikor megjelennek a nyilak, kérlek a domináns kezed hüvelykujjával válaszolj amilyen gyorsan csak tudsz!”*

A másodiktól a hetedik blokkig a következő instrukciót kapták az alanyok: *„A következő feladatban a képernyő közepén egy fixációs kereszt lesz látható. Kérlek, végig figyeld ezt a keresztet! Ha a kereszt mérete nagyobb lesz, az jelezni fogja, hogy mikortól figyelj jobban! Ezt követően hét nyíl lesz látható egy sorban, amelyek vagy jobbra vagy balra fognak mutatni. A középső nyílra kell összpontosítani és annak az irányától függően kell jobb vagy bal gombot nyomni. A feladat az, hogy minél gyorsabban és pontosabban válaszolj!”*