Egy szótagos kérdő és kijelentő megnyilatkozások prozódiája Down-szindrómával diagnosztizált beszélők ejtésében – Előtanulmány

Juhász Kornélia[1,3,4], Jankovics Julianna[2,3], Pirsel Katalin[1,3,4], Markó Alexandra[3]

[1] *ELTE Nyelvtudományi Kutatóközpont*
[2] *BGéSZC Öveges József Technikum és Szakképző Iskola*
[3] *MTA–ELTE NYTK Lendület Neurofonetikai Kutatócsoport*
[4] *ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem*

Abstract

The present study investigates the acoustic characteristics of Hungarian monosyllabic rising interrogative and falling declarative utterances produced by adult speakers with Down syndrome (DS). Although DS is the most prevalent aneuploid disorder, the prosodic production of this population remains a relatively under-explored field of research. In this study, monosyllabic utterances were elicited from a cohort of eight adult DS speakers (six females and two males) and eight neurotypical (female) controls. To ensure the reliability of the data, DS realizations were filtered through a perception experiment involving four evaluators, and only those items that achieved uniform categorization were subjected to subsequent acoustic analysis. Fundamental frequency (f0) contours were analyzed using generalized additive mixed models (GAMMs), complemented by a descriptive analysis of static parameters, including minimal, maximal, and mean f0. The findings reveal significant intra-speaker variability within the DS group. Notably, the data suggest that female DS speakers exhibit lower maximal f0 values while maintaining mean f0 levels similar to those of the neurotypical group, a result that diverges from certain previous findings reporting higher f0 values for DS speakers. In summary, while most DS speakers demonstrated the physiological capacity to produce distinct rising and falling f0 patterns, the systematic elicitation of this phonological contrast remains a methodological challenge that warrants further scientific investigation.

Keywords: Down syndrome, acoustic phonetics, interrogative-declarative contrast, monosyllables, f0

Email addresses: juhasz.kornelia@nytud.elte.hu (Juhász Kornélia), jankovics.julianna@btk.elte.hu (Jankovics Julianna), pirsel.katalin@nytud.elte.hu (Pirsel Katalin), marko.alexandra.phd@gmail.com (Markó Alexandra)

Beszédtudomány – Speech Science 2026/1. 6–28. DOI: 10.15775/Besztud.2026.1.6-28

1. Bevezetés

A jelen tanulmány célja a beszédprodukció egy kevéssé kutatott területének, az egy szótagos magyar eldöntendő kérdő és kijelentő megnyilatkozások prozódiájának vizsgálata Down-szindrómával diagnosztizált felnőtt beszélők esetében. A Down-szindróma (a továbbiakban DS) egy genetikai hiba következtében kialakuló rendellenesség, amelyben leggyakrabban az embrió a 21-es kromoszóma három példányát hordozza. Napjainkban a DS a leggyakoribb aneuploid rendellenesség, amely fejlődési késést és tanulási nehézségeket okoz, beleértve a beszéd és a nyelvi funkciók elsajátításának problémáit (Stojanovik, 2011; Kent & Vorperian, 2013). Világszerte minden 800 élveszületésre jut egy DS-s eset (Bull, 2020). Míg 1983-ban ezeknek a személyeknek a várható élettartama 25 év volt, ez ma már 50-60 évre is kitolódhat (Kent & Vorperian, 2013). Ebből adódóan a népességben megnőtt a DS-val érintett felnőttek száma. Az ő beszédprodukciójuk vizsgálata hozzájárulhat a csoportra vonatkozó tudásunk gyarapításához, illetve a kommunikációs lehetőségeik és képességeik javításához. A jelen vizsgálat a prozódia terén szolgáltat előzetes eredményeket és vet fel (elsősorban módszertani jellegű) kérdéseket.

A DS-s beszédre vonatkozó tanulmányok száma a nemzetközi színtéren az 1970-es évek óta folyamatos növekedést mutat, amit az elmúlt két évtizedben egy még termékenyebb korszak követett (Kent & Vorperian, 2013). Ezzel szemben hazai kutatások igen kis számban készültek és jellemzően gyermekekre fókuszáltak, a szupraszegmentumok esetében pedig csak a beszédtempót vizsgálták (Homor, 2008; Rohár, 2016). Általánosságban véve a DS-beszélők változó súlyosságú fonológiai zavarok jeleit mutatják, azonban a források szerint a prozódia az egyik legritkábban vizsgált terület (Kent & Vorperian, 2013).

A korábbi prozódiai elemzések túlnyomórészt (de nem kizárólag) a zönge és az alapfrekvencia (f0) észlelési jellemzőire összpontosítottak. Ezek szerint a DS-beszélők hangminősége nazális, rekedt, érdes és levegős (Lee et al., 2009), valamint a neurotipikus beszélőkhöz képest nagymértékű egyéni variabilitást mutat (Martin et al., 2009). Moran és Gilbert (1978) a vizsgált férfi és női DS-s

csoportokban a nemben illesztett kontrollcsoportokhoz képest magasabb átlagos beszéd-alapfrekvenciáról számoltak be. Ezeket az eredményeket más források is megerősítették, amelyek szerint az átlagos f0 magasabb a DS-s beszélőknél, mint a kontrollszemélyeknél, nemtől függetlenül (Lee et al., 2009). A DS-s beszédben tapasztalható magasabb f0 a pubertáskori gégenövekedés elmaradásából is adódhat, de a hangmagasság jellemzőinek alakulásában a kulturális-társadalmi és pszichológiai tényezők szerepe sem zárható ki.

Ezen túlmenően a DS-s beszédet a felső légúti funkciók csökkent hatékonysága jellemzi, ami megmagyarázza, miért igényel ezeknek a beszélőknek a részéről kétszer akkora erőfeszítést a fonáció elindítása, mint a neurotipikus beszélők esetében (Pryce, 1994). Pryce (1994) az erőfeszítés mértékét egy elektromiográfiás vizsgálattal számszerűsítette, amely az izmok elektromos aktivitását mérte egy idegi impulzus hatására. Míg a kontrollcsoport beszélői számára 72,52 mikrovolt energiára volt szükség a zöngeképzés megindításához, addig a DS-s beszélőknél ez az érték 131,57 mikrovolt volt (Pryce, 1994: 109). Lee és munkatársainak (2009) eredményei fiziológiai szempontból korlátozott gégei kontrollra utalnak. Ennek következtében a DS-s beszélők szűkebb organikus alapfrekvencia-tartománnyal rendelkeznek, amely a kontrollbeszélők f0-tartományának mindössze 40%-ára korlátozódik. Ez a tendencia a szerzők szerint megfigyelhető a nyelvileg funkcionális alapfrekvencia-tartomány terjedelmében is (az ún. *Rainbow passage* intonációs frázisainak kezdeti és végpontján mért f0-érték különbsége alapján). A DS-s beszélők f0-eltérései kisebbek voltak a kontrollcsoport produkciójához képest, ami az előbbieknél monotonabb hanglejtéskontúrokkal járt együtt (Lee et al., 2009: 86). Meg kell azonban jegyezni, hogy az említett elemzés kizárólag a kijelentő módú megvalósításokról szolgáltatott eredményeket, és nem vizsgálta, hogyan különülnek el a különböző mondattípusok az f0-különbségek tekintetében.

Ami a prozódia és más nyelvi funkciók összefüggését illeti, Lee és munkatársai (2009) szerint a DS-s felnőtt beszélők esetében a prozódia elkülönül a többi nyelvi képességtől, azaz nincs szignifikáns korreláció az expresszív-perceptív nyelvi képességek és a prozódiai készségek között.

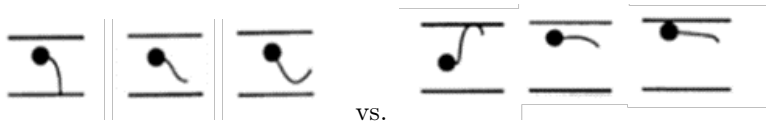
Ugyan a jelen elemzés felnőtt beszélőkre összpontosít, a gyermekekre vonatkozó korábbi kutatások eredményei is tanulsággal szolgálhatnak. Zampini és munkatársai (2016) azt találták, hogy a DS-s gyermekeknek nehézséget okozott az alapfrekvencia megemelése a kérdő megnyilatkozások végén. A szerzők arra következtettek, hogy a megnyilatkozásvégi emelkedés problematikus volta a magasabb szintű pragmatikai kompetencia hiányának vagy károsodásának, valamint annak a ténynek tulajdonítható, hogy a hétköznapi beszédtapasztalatban az ereszkedő hanglejtéskontúrok dominálnak az emelkedőkkel szemben. Stojanovik (2011) eredményei alapján a DS-s gyermekek prozódiai észlelése szignifikánsan jobb, mint a produkciójuk: például az emelkedő-eső és eső-emelkedő intonációs mintázatok azonosítása nem okozott gondot, míg ugyanezen f0-menetek létrehozása kihívást jelentett.

Habár tanulmányunk fókusza DS-val diagnosztizált beszélők prozódiai produkcióján van, és a felvételek akusztikai elemzéséből indul ki, szükségesnek látszik kitérni a gyakori neuropszichológiai zavarokra is, mivel az adatok laboratóriumi fonológiai kísérletből származnak, amelyben a felvételt nehezítették az ilyen jellegű diszfunkciók. A DS-s beszélők körében (legyenek gyermekek vagy felnőttek) gyakori a repetitív viselkedés (Fucà et al., 2024), jellemző a rövid távú memória gyengesége (Chapman & Hesketh, 2001), a figyelemzavar (Martinez et al., 2011), és gyakoriak az információintegrációs nehézségek (Chapman, 1997), ami komoly kihívást jelent a prozódiai mintázatok célzott elicitálása során (vö. Corrales-Astorgano et al., 2024: 2 összefoglalását). Mindezek a tényezők oda vezetnek, hogy a tipikus fejlődésű populáció tagjaival végzett kísérletekben bevált felvételi eljárások nem feltétlenül használhatók eredményesen a DS-s populáció tagjaival, illetve a köztük lévő nagymértékű egyéni különbségek miatt előre kiszámíthatatlan, hogy melyik résztvevőnél melyik felvételi módszer válik be (ha van ilyen egyáltalán). Maga az itt közölt elemzés tehát abban a tekintetben is előzetes (pilot-)vizsgálat, hogy a nyelvi formák elicitálása során különböző módszerekkel kísérleteztünk, és nem választottuk külön az eltérő technikával (lásd alább, a módszertani részben) kiváltott bemondásokat. Sajnos a DS-val diagnosztizált beszélők esetében a felvételi helyzetben vagy a megelőző felkészülés

során mutatott kommunikációs készségük, de még az előzetesen átadott egészségügyi dokumentumokban szereplő adatok (például az IQ) sem orientál arra vonatkozóan, hogy milyen jellegű feladatban tudnak adekvát módon reagálni, illetve produkálni a megfelelő prozódiai mintázatokat, amelyek a jelen vizsgálat tárgyát képezik.

Varga (1994/2006) leírása szerint a magyar egy szótagú kijelentő mondat ereszkedő dallamkontúrral realizálódik, azonban az ereszkedésnek három típusát különbözteti meg (l. 1. ábra bal oldali panel): az eső, a féleső és az eső-emelkedő karakterkontúrt. Mindhárom eső kontúr önálló és zárt jelentést hordoz, azonban míg az eső karakterkontúr a közlés egyértelműen befejezett természetét jelöli, addig a féleső dallamot követően további megjegyzés várható. Az eső-emelkedő dallam pedig valamilyen ellentétet, konfliktust jelöl az egy szótagú megnyilatkozást követően.

Az eső dallammenetekkel szöges ellentétben áll a magyar egy szótagú eldöntendő kérdések dallama, hiszen ennek ejtésekor emelkedő f0-kontúr figyelhető meg (1. ábra jobb oldali panel). Az első változatban lehetséges a szótag végi lecsúszás, ugyanakkor el is maradhat. A három változat között Varga (1994/2006: 481) szerint az a különbség, hogy csak az első (emelkedő-eső) kontúr fejez ki valódi kérdést, információvárást. Az ereszkedő-eső ezzel szemben felkiáltásként értelmeződik: megütközést fejez ki az elvárásainkkal ellentétes információ miatt. A harmadik átmenet a kettő között.



1. ábra. A vizsgált egy szótagos kontúrok ábrázolása Varga (1994/2006: 476–481) leírásában.

A korábbi szakirodalmi eredmények alapján azt feltételezzük, hogy a változatos prozódiai mintázatok létrehozása és az illokúciós aktusok (beszédszándékok) közötti különbségtétel nehézséget okoz a DS-s felnőtt beszélők számára. Az emelkedő vs. eső kontúrok esetében ezek a problémák fokozottak lehetnek, mivel az emelkedő f0-kontúrok viszonylag ritkák a mindennapi kommunikáci-

óban. A jelen elemzés egy szélesebb körű vizsgálat első lépéseit mutatja be: habár különféle szótagszámú eldöntendő és kérdő mondatok felvétele történt meg (sok más feladat között) a kísérletben, az itt bemutatott vizsgálat csak az egy szótagos kérdő (emelkedő) és kijelentő (ereszkedő) f0-kontúrok különféle akusztikai jellemzőire összpontosít (vö. Varga, 2002; Juhász & Bartos, 2024). A tanulmány ezen túlmenően beszámol a vizsgált populáció beszédének prozódiai sajátosságaira irányuló kutatás módszertani kihívásairól és nehézségeiről is.

2. Módszer

Felvételeket készítettünk 8 felnőtt DS-s beszélővel (6 nő: DS00X = 1, 2, 4, 5, 6, 7; 2 férfi: DS00X = 3, 8; életkoruk 23 és 40 év között szóródott) és 8 kontrollbeszélővel (mindannyian nők, KO0XX = 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 10; életkoruk 19 és 23 év között szóródott). A DS-s beszélők többsége szakiskolába járt, és jelenleg dolgozik és/vagy oktatási jellegű színházi tevékenységekben vesz részt. A kutatás rendelkezik érvényes etikai engedéllyel, amelynek száma: K/3-1/2025. A vizsgálat résztvevői, illetve cselekvőképtelen személyek esetén jogi képviselőjük (gyámjuk), informált beleegyezést adtak a vizsgálathoz.

Egy nagyobb anyag részeként három CVC szerkezetű, egy szótagos megnyilatkozást rögzítettünk szintaktikailag jelöletlen kérdő és kijelentő mondattípusokban: *Jár./?; Jön./?; Mély./?* Az ingereket a beszélők véletlenszerű sorrendben, legalább kétszeri ismétléssel mondták be, ami összesen maximum 18 lehetséges megvalósítást jelent beszélőnként (az anyag részletes leírását lásd alább). A résztvevőket arra kértük, hogy olvassák fel hangosan a monitoron megjelenő megnyilatkozást, amelynek az értelmezését egy hozzá tartozó kép segítette (az 1. táblázatban erre utal az „olvasott" kiegészítés). Mivel a DS-s beszélők több esetben nem megfelelően valósították meg prozódiai eszközökkel a szándékolt illokúciós aktust, más elicitációs módszereket, több feladattípust is alkalmaztunk. A felolvasási feladatot kiegészítettük úgy, hogy a kísérletvezető orientáló szituációk felolvasásával próbálta rávezetni a DS-s beszélőket a megfelelő intonációs kontúr produkciójára (pl. *Peti vásárolni indul apukájával.*

Nem tudja, anyukája jön-e. Megkérdezi apukáját: ***Jön?*** A célszót a vastagított kiemelés jelöli). Ezt az elicitáló módszertant az 1. táblázatban a „teljes szitu." rövidítés jelöli. Valamint egy további, utánmondásos módszertan esetében a DS-s beszélőnek imitálnia kellett a kísérletvezető megnyilatkozását és dallamkontúrját (az 1. táblázatban „utánmondott"). Ezen három feladattípust több beszélő esetében egymás után rendezett blokkokban alkalmaztuk. Arra vonatkozóan, hogy mely beszélőnél mely módszertant alkalmaztuk, az 1. táblázat szolgál iránymutatásul.

Az alkalmazott elicitációs módszerek egyike sem bizonyult általánosan sikeresnek, így a DS-s beszélők körében változatos elemszámú anyagmennyiség birtokába jutottunk, amelyek között ráadásul több példány nem felelt meg az eredetileg megadott beszédszándéknak. Annak érdekében, hogy a felvételeket mégis elemezni tudjuk, a DS-s beszélőktől rögzített megnyilatkozásokat egy percepciós teszt segítségével megszűrtük. Erre azért is szükség volt, hogy a különféle karakterkontúr-változatok közül csak a tipikusan eső kijelentő és a tipikusan emelkedő kérdő verziók szerepeljenek az anyagban (lásd az 1. ábrán). Ebben a vizsgálatban elsősorban az eső (vagy esetleg a félig eső) dallamok megjelenésére számítottunk a megnyilatkozások önálló és lezárt természetéből fakadóan. Az eső-emelkedő dallammenetet a jelen vizsgálat nem tervezte elicitálni, ugyanakkor a kísérleti anyagból adódóan megjelenhetett ez a kontúr is, amennyiben a beszélő listaként, felsorolásszerűen produkálta a megnyilatkozásokat. Kísérletünkben a kérdő mondatokat tekintve is az első, egyértelműen emelkedő verzióra számítottunk elsősorban, de előfordultak a másik két jelentést hordozó előfordulások is.

A percepciós tesztben (amelyet Praat ExperimentMFC (Boersma & Weenink, 2022) programmal végeztünk el, a tanulmány szerzőinek közreműködésével) az összes rögzített megvalósítást (kontextus nélkül) random sorrendben játszottuk le, és mindegyiket minősítettük négy kategória segítségével: „kérdő", „kijelentő", „felszólító" és „problémás" (azaz a fentiek egyike sem, vagy gyenge minőségű – például egyszerre beszélést tartalmaz, vagy zajos). A további akusztikai elemzésbe kizárólag azokat a megvalósításokat vontuk be, amelyeket

a percepciós tesztben a tanulmány szerzői egyöntetűen kategorizáltak. Ezeket a megvalósításokat beszélőnként összegeztük a megnyilatkozás észlelt illokúciós ereje alapján, ennélfogva nem prozódiai kontrasztot vizsgáltunk, hanem észlelt realizációtípusokat hasonlítottunk össze.

Általánosságban elmondható, hogy a megjelenített megnyilatkozástípus létrehozása az esetek több mint felében problémát jelentett a DS-s beszélők számára, mivel gyakran repetitív viselkedést és perszeverációt mutattak, és ugyanazt az emelkedő vagy eső kontúrt ismételték a megjelenített ingertől függetlenül; vagy pedig a feladat által rájuk mért jelentős kognitív terhelés miatt nem voltak képesek követni az utasításokat. Emiatt döntöttünk úgy, hogy a további elemzéseket az észlelt illokúciós aktus alapján végezzük el, függetlenül az eredeti ingerek (stimulusok) által sugallt szándéktól. A további elemzésből a DS002 kódú beszélő adatait kizártuk, mivel tőle egyetlen egy szótagos kérdő megnyilatkozás sem szerepelt az így megszűrt anyagban. Az 1. táblázat bemutatja az elemezhető megnyilatkozások darabszámait beszélőnként és összesítve, illetve az eredeti szándéknak való megfelelőség alapján csoportosítva.

A rögzített megnyilatkozásokat a Praat szoftverben (Boersma & Weenink, 2022) annotáltuk, majd az f0-értékeket 100 Hz és 600 Hz között mértük lineáris interpolációval a normalizált időtartam minden 1%-ánál, és 50 Hz-es bázisértékkel félhangokká konvertáltuk. Az f0-mérések alapján a DS004 kódú beszélőt is ki kellett zárnunk a további vizsgálatból az irreguláris fonáció miatt keletkezett nagyszámú mérhetetlen f0-adat miatt, pontosítva a 2 elemzett kijelentő kontúr 202 értékéből az adatpontok fele (49%-a) hiányzott, és a meglévő adatpontok kizárólag a normalizált időtartam középső 50%-ában jelentek meg, tehát nem nyújtottak információt a dallammenet kritikusnak számító kezdeti és végső szakaszáról. A DS002 beszélő esetében is – akinél nem voltak kérdőnek észlelt dallamkontúrok – a 303 értékből 152 hiányzott. A fennmaradó DS-s és kontrollbeszélők ejtésében a szélsőséges értékeket alapvetően a 15 félhang alatti és 36 félhang feletti intervallumokból zártuk ki.

1. táblázat. Az elemzett megnyilatkozások száma beszélőnként és az alkalmazott felvételi módszertan a hozzájuk rendelt tokenek számával.

	Szándékolt > észlelt realizáció			
	kérdő > kérdő	**kijelentő > kijelentő**	**kérdő > kijelentő**	**kijelentő > kérdő**
DS001 (18, azaz az összes token olvasott)	6	1	0	3
DS002 (6 olvasott, 10 teljes szitu.)	0	1	2	0
DS003 (18, azaz az összes token olvasott)	1	6	5	0
DS004 (6 olvasott, 6 teljes szitu, 6 utánmondott)	6	2	0	1
DS005 (6 olvasott, 6 teljes szitu, 6 utánmondott)	7	5	1	0
DS006 (6 olvasott, 6 teljes szitu, 6 utánmondott)	5	0	1	1
DS007 (6 olvasott, 6 teljes szitu.)	3	3	1	1
DS008 (6 olvasott, 6 teljes szitu.)	3	0	2	3
Összesen	**31**	**18**	**12**	**9**
Összes elemzett (DS002 és DS004 nélkül)	**25**	**15**	**10**	**8**

A kizárt értékek az f0-kontúrok átlagától jelentős, legalább 3 szórás távolságra valósultak meg, vagyis nem voltak a kontúrok szerves részei. A DS-val diagnosztizált további beszélők esetében ez az adatok mintegy 3%-át, összesen 19 adatpont kizárását jelentette (DS001: 5, DS003: 5, DS005: 5, DS006: 1, DS007: 3, DS008: 0). A kontrollbeszélőknél mintegy 12%-ot, vagyis összesen 216 adatpontot jelöltünk meg kilógó értékként (KO002: 34, KO003: 0, KO004: 37, KO005: 23, KO006: 29, KO008: 33, KO010: 60). Ily módon 58 DS-s f0-kontúrt hasonlítottunk össze a kontrollbeszélők 144 megvalósításával, ami a két beszélői csoport közötti jelentős számbeli egyenlőtlenséget mutatja.

A statisztikai elemzést az R szoftverkörnyezetben (R Core Team, 2019) készítettük. Elsődleges célunk az f0-mintázatok dinamikus elemzése volt, így a két mondattípus kinyert f0-görbéit általánosított additív kevert modellekkel (GAMM, Wood, 2011, 2017) hasonlítottuk össze minden beszélőnél. A modellekben az f0-t az egy szótagos megnyilatkozások normalizált időtartamának függvényében elemeztük (adaptív simítással), a modellt továbbá kiegészítettük az észlelt illokúciós aktus kétszintű parametrikus faktorával, az egyes kontúrokhoz pedig véletlen simítást (random smooth) alkalmaztunk. A becsült görbéket az *itsadug* csomaggal ábrázoltuk (van Rij et al., 2022). Emellett meg kell jegyezni, hogy az adatok meglehetősen kiegyensúlyozatlanok, mivel a DS-s beszélőktől csak kevés megvalósítás állt rendelkezésre, ami közvetlenül befolyásolja a GAMM-becslések minőségét, gyakran az f0-görbék szélesebb konfidenciaintervallumát eredményezve. Az f0-menetekből a normalizált időtartam 1%-ainál kinyert nyers félhangértékek alapján kiszámítottuk a minimális, a maximális és az átlagos f0-értéket az adott mintázatra, valamint a minimum- és a maximumérték alapján meghatároztuk a hangközt (a két, félhangban megadott érték különbségét). A DS-s megvalósítások kis száma miatt inferenciális statisztikai próbák futtatására nem volt módunk, így leíró statisztikai elemzést végeztünk, azaz beszélőnként, megnyilatkozástípusonként és beszélői csoportonként számoltunk átlagot és szórást a mért értékekre. Az ábrákat a *ggplot2* csomag segítségével készítettük (Wickham et al., 2024).

3. Eredmények

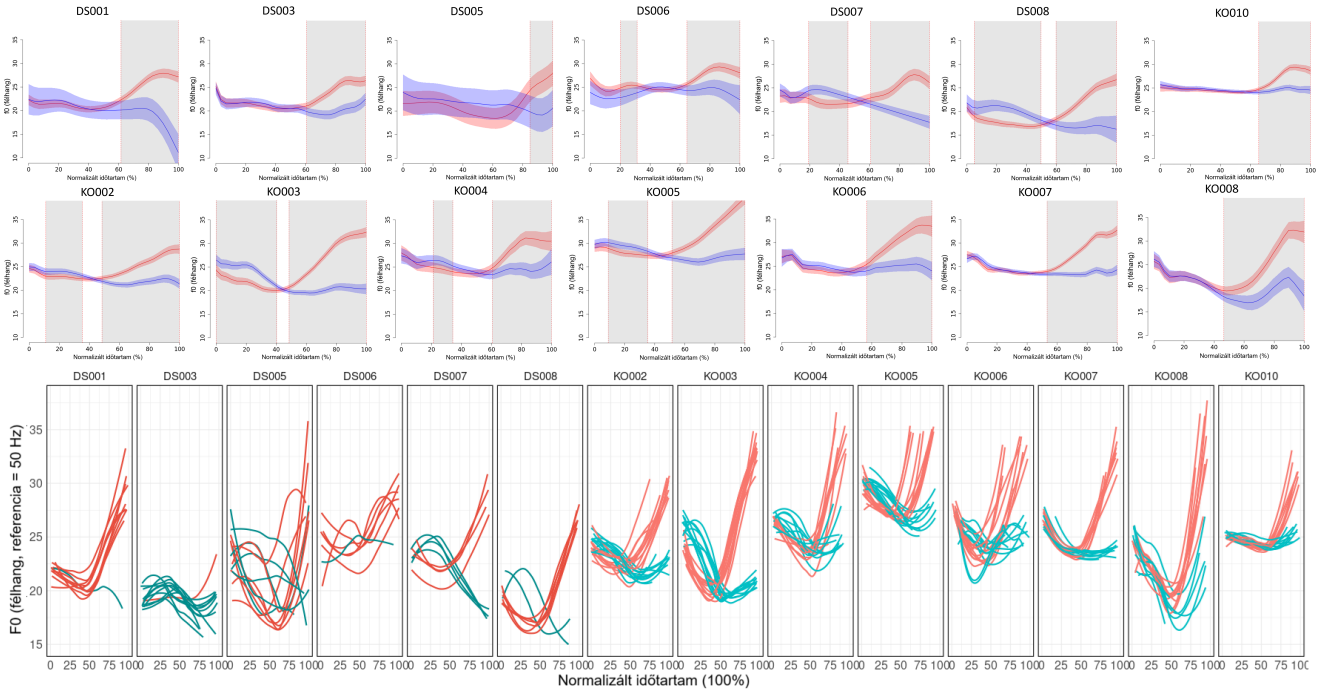
A kérdő és kijelentő f0-görbék dinamikus elemzése azt mutatta, hogy – a várakozásoknak megfelelően – az f0-kontúrok szignifikánsan eltérő intervallumai (lásd a 2. ábrán a szürke sávokat) minden beszélő produkciójában elsősorban a megnyilatkozások végén jelentek meg, hiszen emelkedő kérdő és ereszkedő kijelentő dallamkontúrokat vetettünk össze egymással. Emellett a nyolc kontrollbeszélőből négyen már az egy szótagú megnyilatkozások normalizált időtartamának első felében is eltéréseket produkáltak a kérdő és kijelentő kontúrok között. Ez a mintázat a DS-val diagnosztizált beszélőkre is érvényes volt: a hatból három beszélő megkülönböztette a kérdő és kijelentő f0-kontúrokat egymástól (eltekintve a kontúrok metszéspontjaitól, valamint az azonos kezdeti f0-értékektől). A 2. ábra alapján mind a DS-val diagnosztizált, mind a kontrollbeszélők változatosan más-más f0-regiszterekben produkálták a két megnyilatkozástípushoz tartozó f0-görbéket, valamint a legtöbb kontrollbeszélő a DS-s beszélők többségéhez képest magasabb f0-értékekkel realizálta ezeket a megnyilatkozásokat. Ezzel szemben a DS003 és a DS008 kódú férfi beszélők – érthető módon – mind az f0-görbe regisztere, mind az átlagos, a maximális és a minimális f0 tekintetében alacsonyabb f0-t produkáltak a DS-s és a kontrollcsoport női beszélőihez képest (2., 3. ábra). Mivel a vizsgálatban nem szerepeltek férfi kontrollbeszélők, nem mutatunk be további akusztikai összehasonlítást a férfi adatközlői csoportra vonatkozóan.

Mindkét beszélői csoportban volt egy-egy női beszélő (KO005 és DS006), akik kifejezetten magas maximális, minimális és átlagos f0-t produkáltak. Fontos megemlíteni azonban, hogy a DS006 kódú beszélő viszonylag magas (csoporton belüli) f0-átlagértéke csak megközelítette a kontrollbeszélők többségének felső f0-tartományát. A fennmaradó három, DS-val diagnosztizált nő f0-átlaga hasonló volt annak a három kontrollbeszélőnek az átlagos f0-értékéhez, akik a legalacsonyabb f0-átlagot mutatták a csoporton belül. Más szóval, a DS-s női beszélők f0-átlagai a kontrollbeszélők tartományának alsó részét közelítették meg. Mindkét csoportban egyértelmű tendencia, hogy a kérdő megnyilatkozások ma-

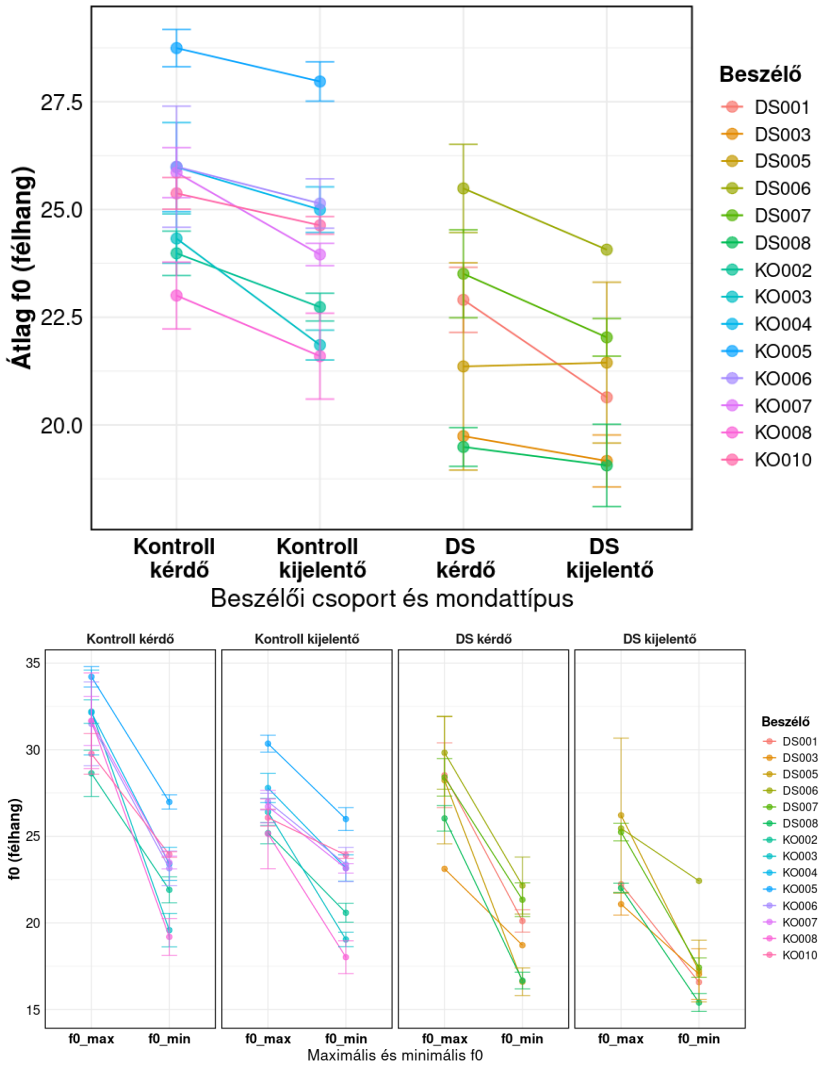
gasabb átlagos és maximális f0-értékkel jellemezhetők a kijelentőkhöz képest (3. ábra), egy kivétellel: a DS005 kódú beszélő esetében a kijelentő mondatok átlagai árnyalatnyival magasabbak voltak a kérdő megvalósulásokhoz képest, de ugyanezen beszélő f0-értékei mutatták a legnagyobb variabilitást is a DS-s csoportban.

Ha csoportszinten vizsgáljuk a maximális és minimális f0-t, akkor a legtöbb DS-s beszélő maximális f0-jainak átlagértéke – a teljes f0-kontúrok átlagértékeihez hasonlóan – a kontrollbeszélők kérdő megvalósulásaiban a maximális f0-intervallumában az alsóbb értékeket közelítették meg, míg a minimális f0-k hasonló átlagokat mutattak a két csoportban. A kijelentő megnyilatkozások esetében a DS-s és a kontrollbeszélők maximális f0-átlagértékei hasonlók voltak. Ezzel szemben a minimális f0 esetében a DS-s beszélők átlagai a beszélői szélső értékek által kijelölt f0-tartomány alsó részére koncentrálódtak (kivéve a DS006 kódú beszélőt, aki szokatlanul kompresszált, lapos és domború mintázatot mutatott, vö. 2., 3. ábra).

A DS-s beszélők átlagos f0-terjedelme (4. ábra) – ellentétben a korábbi szakirodalmi eredményekkel – szélesebb volt a kontrollcsoporténál mind a kérdő, mind a kijelentő megnyilatkozások esetében, és ez a DS-s beszélők esetén magasabb szórásértékekkel is társult. Ugyanakkor a DS-s produkcióban a két megnyilatkozástípus f0-tartományai közelebb (átlagosan 1,4 félhang eltéréssel) valósultak meg egymáshoz, mint a kontrollok ejtésében, ahol az átlagértékek közötti különbség 4,1 félhang volt. Mindenesetre a DS-s beszélők f0-tartományainak átlagai körüli szórás magas volt, ami jelentős variabilitást jelezhet a megvalósításokban.

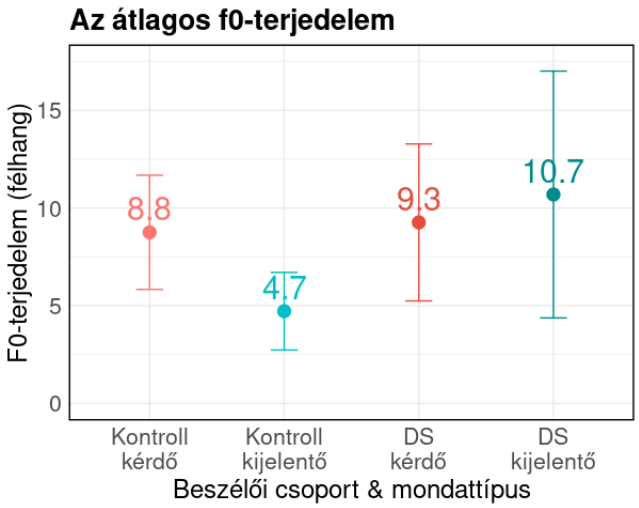


2. ábra. A kérdő szándékúnak (piros) és kijelentő szándékúnak (kék) észlelt mondatok becsült f0-görbéi (átlag és 95%-os konfidenciaintervallum), ahol a szürke sáv a szignifikáns különbségeket jelzi (fent, DS = Down-szindrómával diagnosztizáltak, KO = kontrollbeszélők), valamint az egyes beszélők által elemzett f0-görbék simított megvalósításai (lent, azonos szín- és beszélőkódolással).



3. ábra. Az átlagos f0 (fent), a maximális és a minimális f0 (lent) a kérdő és kijelentő megnyilatkozások esetében a két beszélőcsoport minden tagjánál (azonos színkódolással mindhárom grafikonon, az átlagot és szórást megjelenítve).

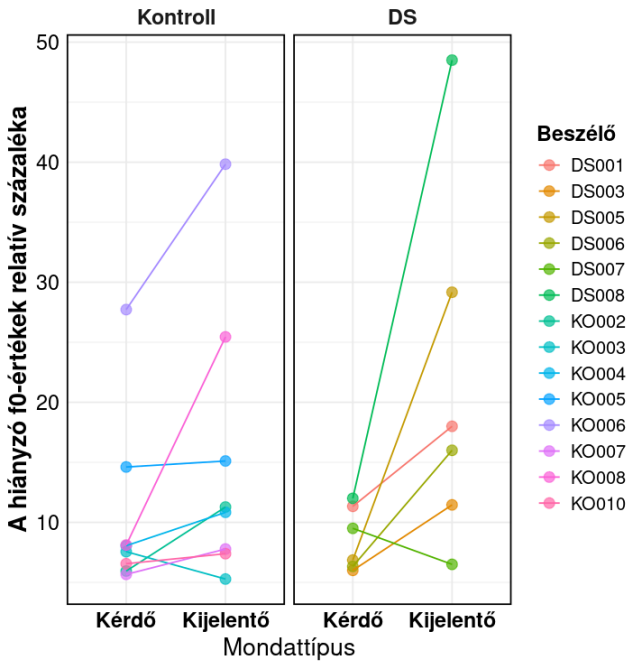
A 2. ábrán látható egyéni, a GAMM-modellek által becsült és simított megvalósításokat figyelembe véve nyilvánvaló a vizsgált megvalósulások számának kiegyensúlyozatlansága a két beszélőcsoport között. Az is szembetűnő továbbá, hogy viszonylag nagy számban hiányoznak f0-értékek az adatsorból, különösen



4. ábra. Átlagos f0-terjedelem (szórással) a két beszélőcsoport és a két megnyilatkozástípus szerint átlagolva.

a kijelentő mondatok végén. A hiányzó adatpontok feltételezhetően közvetett és nem kizárólagos kapcsolatban állnak az irreguláris zöngeképzés előfordulásával (pontosabban a Praat program (Boersma & Weenink, 2022) mérési limitációival az irreguláris zöngeképzés tekintetében). A hiányzó f0-értékekről az 5. ábra nyújt összefoglalót. A nyolc kontrollbeszélő közül heten kevesebb mint 15%-nyi hiányzó f0-értéket produkáltak a kérdő szándék megvalósítása közben. Hasonlóképpen, a hat kontrollbeszélő kevesebb mint 15%-nyi hiányzó értékkel produkálta a kijelentő megnyilatkozásokat. Ezek a mintázatok arra utalnak, hogy a kontrollbeszélők nagy része mindkét mondattípust viszonylag teljes kontúrokkal hozta létre, a kijelentő dallam ereszkedő volta, vagyis a relatíve alacsony záró f0-értékek ellenére (5. ábra). A DS-s beszélők produkciójában a hiányzó f0-értékek mennyisége a kijelentő megnyilatkozások esetén volt szembetűnőbb (a kérdőkhöz képest).

Végül, de nem utolsósorban, jelentősebb átlagos szórásértékek voltak megfigyelhetőek a DS-s csoport esetében a kontrollbeszélők produkciójához képest (6. ábra). Ez a különbség megfigyelhető volt attól függetlenül, hogy mely mondattípusról vagy statikus akusztikai mérési típusról (azaz maximális, minimális

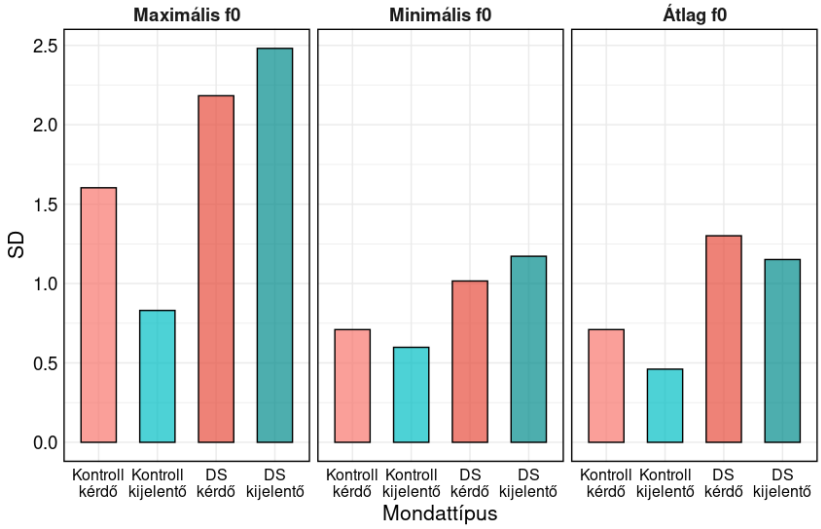


5. ábra. A hiányzó f0-értékek relatív átlagos előfordulása a kérdő és kijelentő megnyilatkozások esetében a két beszélőcsoport minden tagjánál (a 3. ábrával azonos színkódolással).

vagy átlagos f0) volt szó (6. ábra). Összességében a maximális f0 nagyobb variabilitást mutatott a minimális és átlagos f0-hoz viszonyítva. A mondattípusok közötti mintázatokra összpontosítva, a kontrollcsoport ejtésében a kijelentő megnyilatkozások rendelkeztek alacsonyabb szórásértékekkel a kérdőkhöz képest mindegyik paraméter tekintetében. Ezzel szemben a DS-s beszélők esetében a maximális és minimális f0-mérésekben inkább a kijelentő kontúrokat jellemezte magasabb szórásérték.

4. Következtetések

Elemzésünk célja a magyar egy szótagú eldöntendő kérdő és kijelentő mondati intonációs mintázatok akusztikai sajátosságainak feltárása volt Down-szindrómával diagnosztizált felnőtt beszélők produkciójában. Az eredeti kutatási cél-



6. ábra. A szórás a minimális, maximális és átlagos f0 esetében a két beszélői csoport és a két mondattípus függvényében.

kitűzés a két mondattípus közötti prozódiai kontrasztok vizsgálatára irányult, azonban az elicitáció során előbukkanó számos módszertani nehézség miatt az elemzést azokra a megvalósulásokra korlátoztuk, amelyeket percepciósan kérdő vagy kijelentő megnyilatkozásként azonosítottunk. Ennek megfelelően eredményeink kizárólag az egyértelműen azonosítható emelkedő és ereszkedő egy szótagú realizációk akusztikai jellemzőire vonatkoznak és nem a prozódiai fonológiai kontrasztok megvalósulási módjaira. A percepciós teszt eredménye rávilágított, hogy a korábbi szakirodalmi forrásokkal megegyezően (pl. Zampini et al., 2016 – DS-s gyermekek esetében) a DS-val diagnosztizált beszélők számára nehézséget okoz az elicitált kérdő és kijelentő megnyilatkozásokhoz emelkedő és ereszkedő kontúrokat rendelni produkciójukban (az általunk kipróbált módszertanokban legalábbis), továbbá a realizált kontúrok percepciós azonosítása sem volt egyértelmű. Mindezen nehézségek azt eredményezték, hogy a DS-val diagnosztizált beszélők esetében jelentősen kevesebb megvalósulással tudtunk dolgozni, ami a két vizsgált beszélői csoport között kiegyensúlyozatlan adatmennyiséget eredményezett. Ennek megfelelően a statisztikai összehasonlítások kizárólag az egyes

beszélők f0-görbéiben jelentkező akusztikai különbségek feltárására irányultak. A DS-s megvalósítások kis száma miatt inferenciális statisztikai próbák futtatására nem volt módunk, így leíró statisztikai elemzést végeztünk, azaz beszélőnként, megnyilatkozástípusonként és beszélői csoportonként számoltunk átlagot és szórást a mért értékekre. Fontos azonban kiemelni, hogy a redukált méretű DS-s adatállományban az egyéni realizációk jelentősebb hatást gyakoroltak az átlagértékekre, tehát egy-egy megvalósulás nagyobb súlyozással alakította a csoportszintű eredményeket a neurotipikus beszélőkhöz képest. A neurotipikus beszélők esetében nagyobb adatmennyiség állt rendelkezésre, így az egyes – potenciálisan nem a sztenderd ejtést megvalósító – dallamrealizációk kevésbé tudták elmozdítani és jelentős hatást gyakorolni az átlag értékére.

A korábbi eredményekkel összhangban a DS-s beszélők produkciója fokozottabb beszélőn belüli variabilitást mutatott a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Az adatokban megjelenő hiányzó f0-értékek mennyisége – amely közvetetten az irreguláris zöngeképzés előfordulásával is összefüggésbe hozható – szintén összhangban áll a hangképzés során a neurotipikus beszélőkhöz képest korlátozottabb fiziológiai kontrollra utaló korábbi eredményekkel. Mindazonáltal a méréseink olyan akusztikai jellemzőket is feltártak, amelyek ellentmondanak a szakirodalmi forrásokban korábban bemutatott mintázatoknak. Vizsgálatunk eredményei szerint a DS-s beszélők f0-ja mindkét megnyilatkozástípus esetében hasonló vagy alacsonyabb átlagos és maximális f0-értékeket mutatott a kontrollcsoporthoz képest, ami eltér a korábbi (Moran & Gilbert, 1978; Lee et al., 2009) tanulmányok eredményeitől, ahol a DS-s beszélők esetében magasabb f0-értékeket azonosítottak a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Továbbá a maximális és minimális f0-értékek különbségéből kinyert f0-terjedelmek is a kontrollcsoport ejtéséhez hasonlóan valósultak meg a DS-s beszélők produkciójában. A kontrollt megközelítő, sőt, esetenként a kontrollejtésnél tágabb f0-terjedelmű dallamkontúrok ellentétben állnak a Lee és munkatársai (2009) tanulmányában közölt eredményekkel, ahol monotonabb intonációs kontúrokról (pl. laposabb deklinációs vonalakról) számoltak be a DS-s beszélők esetében (Lee et al., 2009: 86). Ez a jelenség visszavezethető az egy szótagú megnyilatkozások rövid időtar-

tamára, amely a hosszabb megnyilatkozásokhoz viszonyítva kevesebb prozódiai tervezést igénylő fókuszált, intenzív és rövid idejű f0-változásokat indukálnak. Mivel a mindennapi interakciókban az emelkedő intonációjú kérdő mondatok ritkábban fordulnak elő, mint az ereszkedő hanglejtésű kijelentő mondatok, a korábbi eredményekkel összhangban (Zampini et al., 2016) feltételezhető volt, hogy a DS-s beszélők számára a kijelentő mondatok megvalósítása a kérdőkhöz képest könnyebb. Ennek ellenére vizsgálatunkban a DS-s beszélők produkciójában mégis az emelkedő hanglejtésű kérdő megnyilatkozások voltak jelentős többségben a vizsgált anyagban (függetlenül az elicitált mondattípustól). Ennek hátterében feltehetően a vizsgálat módszertani sajátosságai állnak: a monoton felolvasási feladat könnyen teret engedhetett az echoláliának, valamint perszeverációval járó repetitív viselkedésmintákat válthatott ki. Ugyanakkor az egy szótagos kérdő hanglejtés sajátossága, hogy egybeesik a listaszerű felsorolás elemeinek a hanglejtésével, így könnyen lehet, hogy a kérdő megnyilatkozások nagyobb száma a listaszerű megvalósításból fakad. Ezen túlmenően a korábbi, DS-s gyermekekre vonatkozó eredmények (Zampini et al., 2016) nem rövid monoszillabikus egységek, hanem több szótagú megnyilatkozások és a megnyilatkozásvégi emelkedések vizsgálatából álltak elő, amely dallammenetek megvalósítására jelentősebb hatást gyakorolhatnak a rövid távú memória korlátai és a megnövekedett kognitív terhelés. Ennek feltételezhetően az az oka, hogy habár az egy szótagú kérdés emelkedő dallama ritkább, viszont a beszédtervezés időzítése, vagyis a mögöttes prozódiai célok szegmentális szinttel való összehangolása szempontjából éppen a megnyilatkozás rövidsége miatt egyszerűbbnek feltételezhető.

A beszédtervezésnek azonban van egy másik aspektusa is, amit figyelembe kell venni: a hangmagasság finom motorikus kontrollja, vagyis a monoszillabikus kontúr intenzív és rövid idejű f0-változása. Az eredmények, pontosabban a jelentős variabilitás az f0 maximum- és minimumértéke tekintetében a szakirodalomban is tárgyalt irányokba mutat, vagyis az f0-kontroll nehézségeit és instabilitását jelezheti. Ennek az összefüggésnek az aerodinamikai oldalát szemlélve: fiziológiai szempontból a magasabb tartományokban végbemenő f0-

produkció könnyebb és kifinomultabb, mint az alacsonyabb f0-értékek esetében (Xu, 1993), ezért a magasabb f0-értékek felé törekvő kérdő dallam előállítása is nagyobb arányban lehet sikeres, szemben az ereszkedő kijelentő dallam relatíve alacsony f0-értékeivel, amit gyakran irreguláris zöngeképzés kísér, mérési nehézségeket és így az adatok kizárását okozva.

Végül, de nem utolsósorban az eredményeket a két beszélői csoport életkorbeli eltérései is befolyásolhatták: a DS-s beszélők életkora széles tartományban mozgott, és az idősebb korosztály felé tolódott (23–40 év), ami önmagában hozzájárulhat az alacsonyabb f0-értékek produkciójához a fiatalabb kontrollcsoporthoz viszonyítva (Tuomainen et al., 2022). Ugyanakkor, mivel ezzel párhuzamosan anatómiai különbségek is jelen lehetnek a DS-csoportban, ezért az f0 alakulását meghatározó tényezőkre nehéz következtetni.

A különböző módszertani paradigmák sikerességét és az ehhez kapcsolódó eredményeinket tekintve ebben a pilotkísérletben sajnos nem sikerült olyan módszertant azonosítani, amelynek alkalmazásával a DS-s beszélők a kontrollbeszélőknek megfelelő számban tudnának emelkedő és ereszkedő dallamokat, főleg nem kérdő és kijelentő kontrasztot elicitálni. Ennek valószínűsíthető oka az egyéni variabilitásban is gyökerezik.

Összességében elmondható, hogy a DS-s beszélők produkciójában jelentős mértékű egyéni variabilitást figyeltünk meg, amely egyaránt visszavezethető lehet artikulációs-fiziológiai, illetve neuropszichológiai zavarokra. A vizsgálat egyúttal ráirányítja a figyelmet a Down-szindrómával diagnosztizált személyek beszéde kapcsán a fonetikai elemzés módszertani nehézségeire és korlátaira, valamint hozzájárul a DS-s populáció beszédében található prozódiai sajátosságok mélyebb megértéséhez.

Köszönetnyilvánítás

A Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP–26 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Hivatkozások

Boersma, P., & Weenink, D. (2022). Praat: Doing phonetics by computer (version 6.3.03.

Bull, M. (2020). Down syndrome. *New England Journal of Medicine*, *382*, 2344–2352. URL: https://doi.org/10.1056/NEJMra1706537. doi:10.1056/NEJMra1706537.

Chapman, R. (1997). Language development in children and adolescents with down syndrome. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, *3*, 307–312.

Chapman, R., & Hesketh, L. (2001). Language, cognition, and short-term memory in individuals with down syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*, *7*, 1–7.

Corrales-Astorgano, M., González-Ferreras, C., Escudero-Mancebo, D., & Cardeñoso-Payo, V. (2024). Prosodic feature analysis for automatic speech assessment and individual report generation in people with down syndrome. *Applied Sciences*, *14*, 293. URL: https://doi.org/10.3390/app14010293. doi:10.3390/app14010293.

Fucà, E., Costanzo, F., & Vicari, S. (2024). Characterising repetitive behaviours in children and adolescents with down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, *68*, 1287–1300. URL: https://doi.org/10.1111/jir.13179. doi:10.1111/jir.13179.

Homor, V. (2008). *Down-szindrómások és más értelmi akadályozottak spontán beszédének összehasonlítása. Szakdolgozat*. Budapest: ELTE BGGYK.

Juhász, K., & Bartos, H. (2024). Could l1 intonation patterns be applied in teaching mandarin tones to atonal learners of chinese? an acoustic phonetic study. *Chinese as a Second Language Research*, *13*, 157–182. URL: https://doi.org/10.1515/caslar-2024-2001. doi:10.1515/caslar-2024-2001.

Kent, R., & Vorperian, H. (2013). Speech impairment in down syndrome: A review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *56*, 178–210. URL: https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012/12-0148). doi:10.1044/1092-4388(2012/12-0148).

Lee, M., Thorpe, J., & Verhoeven, J. (2009). Intonation and phonation in young adults with down syndrome. *Journal of Voice*, *23*, 82–87.

Martin, G., Klusek, J., Estigarribia, B., & Roberts, J. (2009). Language characteristics of individuals with down syndrome. *Topics in Language Disorders*, *29*, 112–132. URL: https://doi.org/10.1097/TLD.0b013e3181a71fe1. doi:10.1097/TLD.0b013e3181a71fe1.

Martinez, M., Duran, X., & Navarro, J. (2011). Attention deficit disorder with or without hyperactivity or impulsivity in children with down's syndrome. *International Medical Review of Down Syndrome*, *15*, 18–22.

Moran, M., & Gilbert, H. (1978). Speaking fundamental frequency characteristics of institutionalized adults with down's syndrome. selected acoustic characteristics and listener judgements of the voice of down syndrome adults. *American Journal of Mental Deficiency*, *86*, 248–252.

Pryce, M. (1994). The voice of people with down syndrome: An emg biofeedback study. *Down Syndrome Information Network*, *2*.

R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing (Version 3.6.1*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

van Rij, J., Wieling, M., Baayen, R., & van Rijn, H. (2022). itsadug: Interpreting time series and autocorrelated data using gamms.

Rohár, A. (2016). Down-szindrómás személyek nyelvi képessége. *Gyógypedagógiai Szemle*, *44*, 195–215.

Stojanovik, V. (2011). Prosodic deficits in children with down syndrome. *Journal of Neurolinguistics*, *24*, 145–155. URL: https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2010.01.004. doi:10.1016/j.jneuroling.2010.01.004.

Tuomainen, O., Taschenberger, L., Rosen, S., & Hazan, V. (2022). Speech modifications in interactive speech: Effects of age, sex and noise type. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *377*.

Varga, L. (1994/2006). A hanglejtés. In F. Ferenc (Ed.), *Strukturális magyar nyelvtan 2. Fonológia* (p. 468–580). Budapest: Akadémiai Kiadó.

Varga, L. (2002). The intonation of monosyllabic hungarian yes-no questions. *Acta Linguistica Hungarica*, *49*, 307–320.

Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., & Dunnington, D. (2024). ggplot2: Create elegant data visualisations using the grammar of graphics.

Wood, S. (2011). Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology*, *73*, 3–36.

Wood, S. (2017). *Generalized additive models: An introduction with R*. Boca Raton: Chapman and Hall.

Xu, Y. (1993). Contextual tonal variation in mandarin chinese.

Zampini, L., Fasolo, M., Spinelli, M., Zanchi, P., Suttora, C., & Salerni, N. (2016). Prosodic skills in children with down syndrome and in typically developing children. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *51*, 74–83.