

Elek Dávid

A soleus push up glükóztoleranciára gyakorolt hatása prediabetikus állapotban

1. Bevezetés

Az elmúlt évtizedek nagymértékű technológiai fejlődésének a társadalmi berendeződésre és a szociális körülményekre gyakorolt hatásán keresztül egyik vitathatatlan következménye, hogy a fejlett országokban a populáció fizikai aktivitása csökkenő trendet mutat. 2016-ban a világban a felnőtt populációjának 28%-a, a serdülők 81%-a nem éri el a WHO irányelvei alapján az egészség megőrzése érdekében javallott, felnőttek esetében 150 perc, heti rendszerességgel végzett mérsékelt intenzitású, vagy 75 perc magas intenzitású, a serdülők esetében napi rendszerességgel 60 percen át végzendő mérsékelt-erős intenzitású testmozgást [1].

A csökkent fizikai aktivitás és a kalóriadús táplálkozás együttes következményeként kialakuló kalóriatöbblet tartós fennállása utat nyit az elhízás és a magas BMI felé. A világ népességének több mint 10%-a túlsúlyos, mely tényező közismerten a kardiovaszkuláris, ortopédiai és sok egyéb betegség, mint például a kettes típusú diabetes mellitus esetén jelentős rizikófaktort jelent. A hazai viszonylatokat tekintve, Magyarországon az OECD országok közül a negyedik helyen áll az országok felnőtt lakosságának túlsúlyra vonatkozó rangsorában. Az ország felnőtt lakosságának körében közel minden harmadik ember túlsúlyos, mely tényező közvetlen rizikófaktor a számos kardiovaszkuláris, daganatos és metabolikus megbetegedésnek, amilyen a kettes típusú cukorbetegség is [2].

Hazánkban 2021-ben körülbelül 661 400 ember szenvedett diagnosztizált cukorbetegségben, ami 9,1%-os prevalenciát jelentett, 110 300 diagnosztizálatlan kettes típusú cukorbeteg mellett. A Magyarországon továbbá 237 000 ember élt csökkent glükóztoleranciával (IGT), 306 000 ember pedig emelkedett éhomi vércukorértékkel (IFG). Az IGT és az IFG a kettes típusú diabetesz előszobájának tekinthető. 2019-ben a diabetes mellitusban szenvedő betegek szakellátására összesen 8 milliárd forintot fordított a társadalombiztosító. A kifizetett összeg 70%-a, 5.8 milliárd forint a kettes típusú diabéteszrel kapcsolatos ellátásokra került elszámolásra, a társadalombiztosító 500 000 forintot fordított [3,4].

A fentebb említett életmódbeli attitűdökből eredő prediabetikus állapot kezelésére számos tanulmány keresett megoldást, azonban egy 2022-ben publikált, Houstoni egyetemen végzett kutatómunka során egy eddig még nem tanulmányozott, úgynevezett „Soleus Push Up” (a továbbiakban: SPU) mozdulat három órán keresztül történő ismétlésével ért el nagymértékű

javulást a kísérletben résztvevők VLDL-triglicerid értékére és glükóztoleranciájára. A mozgásforma egy, a szervezet össztömegének mindösszesen ~1%-át kitevő, meghatározóan lassú oxidatív rostösszetételű izom (musculus soleus) izolált kontrakciója révén, a lokális oxidatív anyagcsere fokozása mellett nagy szisztémás hatás volt kiváltható. Mivel a mozdulat kivitelezése ülő testhelyzetben történik, és órákon keresztül kivitelezhető fáradtság nélkül, ezért nagy potenciállal rendelkezik, mint kényelmesen, a mindennapi tevékenységek során kivitelezhető de hatásos anyagcsere fokozó módszer. A kísérletben résztvevők demográfiai adatait áttekintve, a legtöbb paraméter esetében nagy a szórás mutatkozott, az SPU mégis hatékonyan javította a glükóz regulációt alacsony fizikai aktivitás mellett [5].

Tanulmányunk során célunk a prediabetikus állapotban lévő emberek körében megvizsgálni az SPU hatásosságát, valamint a klinikai alkalmazási lehetőségeit elemezni.

2. Célkitűzés

A kettes típusú diabétesz megelőzése mind életminőségbeli, mind pénzügyi szempontból fontos kihívás a jelenben és a jövőben, egyéni és társadalmi szinten egyaránt. Korábban az SPU hatásosságát vizsgáló tanulmány diverz populáción hatékonyan alkalmazta a mozgásformát folyamatos EMG visszajelzés mellett, a posztprandiális glükóztolerancia javításával.

A kutatásunk célja kideríteni, hogy prediabetikus állapotú emberek esetében 2 órán keresztül végzett SPU gyakorlat milyen hatással van az orális glükóztolerancia teszt során mért vércukorértékekre. Vizsgáljuk továbbá a folyamatos EMG visszajelzés befolyásoló szerepét a gyakorlati alkalmazhatóság érdekében.

Kutatásunk során az alábbi kérdésekre kerestük a választ:

1. Van eltérés az EMG visszajelzés mellett végzett SPU gyakorlat közben mért vércukorértékek átlagai által meghatározott görbe alatti terület és a kontrollmérésen mért vércukorértékek átlagai által meghatározott görbe alatti területhez képest?
2. Van eltérés az EMG visszajelzés *nélkül* végzett SPU gyakorlat közben mért vércukorértékek átlagai által meghatározott görbe alatti terület és a kontrollmérésen mért vércukorértékek átlagai által meghatározott görbe alatti területhez képest?
3. Van különbség a vércukorértékek átlagai által meghatározott görbe alatti terület változásának mértéke az EMG visszajelzéssel SPU-t végző és az EMG visszajelzés *nélkül* SPU-t végző csoport között?

3. Anyagok és módszerek

3.1. Kutatás típusa:

A kutatásunk során a résztvevők két alkalommal, körülbelül egy hét eltéréssel teljesítettek orális glükóztolerancia tesztet. Az első teszt során az alanyok nyugalomban ültek a terheléses vizsgálat ideje alatt, a második mérés során pedig a soleus push up nevezetű mozgásformát végezték a cukorterhelés közben instrukciók alapján. A résztvevők SPU közben végzett orális glükóztolerancia teszten mért értékeit összehasonlítottuk a kontrollmérésen mért értékekkel - Elmondható tehát, hogy típusát tekintve kutatásunk longitudinális, prospektív volt, melyben a résztvevők saját kontrolljukként szolgáltak.

3.2. Kutatás helye, ideje

A kutatáshoz szükséges adatgyűjtésre és az intervenciókra Csákváron, a Fejér Vármegyei Szent György Egyetemi Oktató Kórház Mozgásszervi Rehabilitációs Intézetében került sor a 2023-as év második félévében.

3.3. Résztvevők

A kutatás célcsoportjául prediabetikus állapotú embereket jelöltünk meg. A kettes típusú cukorbetegség előszobájaként értelmezhető emelkedett éhomi vércukorérték (IFG) és csökkent glükóztolerancia (IGT) külön-külön kimerítik a prediabetikus állapot fogalmát. A World Health Organisation és a Nemzeti Erőforrás Minisztérium szakmai protokolljának egybevágó klasszifikációja szerint az IFG kritériuma a 6.1 és 6.9 mmol/l közti éhomi, valamint az orális glükóztoleranciateszt 120. percében mért 7,8 mmol/l alatti vércukorszint. Az IGT kritériuma a 7 mmol/l alatti éhomi és az orális glükóztolerancia teszt 120. percében mért 7.8 mmol/l és 11.1 mmol/l közti vércukorszint [6,7].

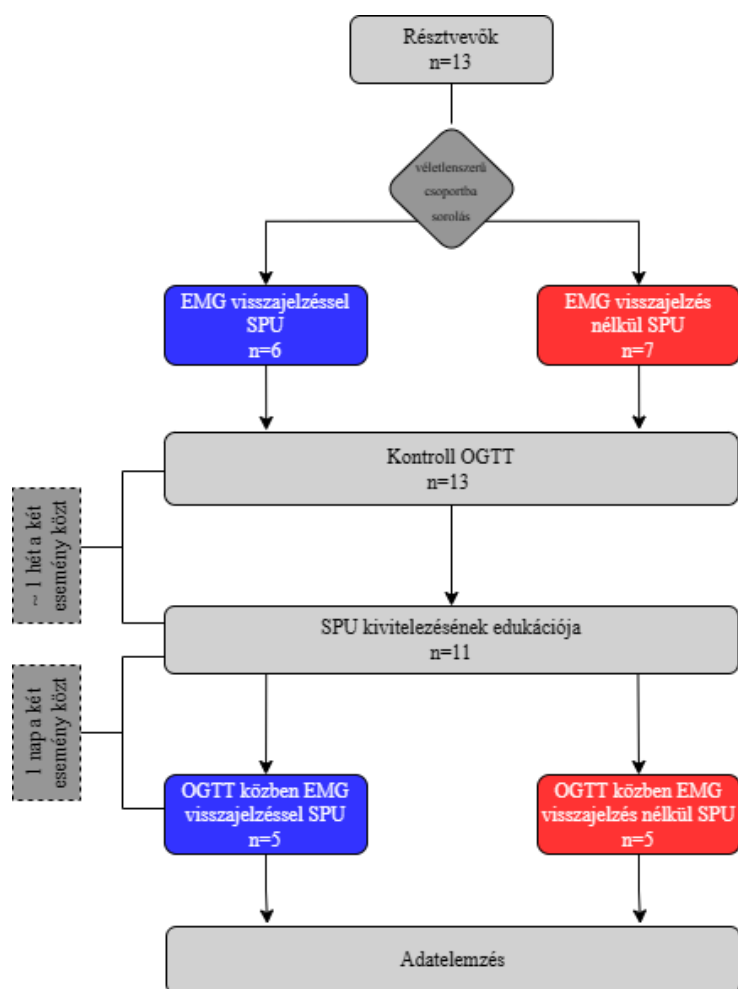
Beválasztási kritériumként 6.1 és 6.9 mmol/l közti éhomi, valamint az orális glükóztolerancia teszt 120. percében mért legfeljebb 11.1 mmol/l vércukor értéket határoztuk meg.

Amennyiben az adott résztvevő éhomi vércukorszintje a 7 mmol/liter értéket meghaladta, az OGTT 120. percében mért érték nagyobb, vagy egyenlő volt mint 11.1 mmol/l, az illető glükóztoleranciát befolyásoló gyógyszert használt, vagy nem jelent meg a mérések valamelyikén, kizárásra került.

A résztvevők toborzásában és a kontrollmérések lebonyolításában a SYNLAB Hungary Korlátolt Felelősségű Társaság intézetben található mintavételi helye segédkezett. A 21310 és a 23130-as OENO kódokkal indikált glükóz terheléses vizsgálatot az intézményi laboratóriumban lebonyolító személyeknek volt lehetőségük jelentkezni a kutatásban való

részvételre. Először verbális, majd írásos tájékoztatást követően a résztvevő a 23/2002. (V. 9.) EüM rendeletben foglaltak szerint és az Orvos Világszövetség Helsinki Deklarációjának megfelelően beleegyező nyilatkozat kitöltésével tehetett hivatalossá részvételi szándékát. A kutatás a Fejér Vármegyei Szent György Egyetemi Oktató Kórház Intézeti Kutatásetikai Bizottsága és a főigazgató által engedélyezésre került.

A kísérletben való részvételi szándékát összesen 13 ember jelezte. A jelentkezőket szoftver segítségével véletlenszerűen két csoportra osztottam. A jelentkezők páratlan számára való tekintettel az egyik csoportot priorizálnom kellett a létszám tekintetében. Az EMG visszajelzés elhagyási lehetőségének pontosabb vizsgálata érdekében az EMG visszajelzést nem használó csoportot (n=7) favorizáltam az EMG visszajelzést használó csoporttal szemben (n=6). Az EMG visszajelzést nem használó csoport kontrollmérésén hét főt vett részt, az utómérésen öt ember jelent meg. Az EMG visszajelzést használó csoport esetében a kontrollmérésen hat fő vett részt, az utómérésen öt ember jelent meg. A kizárási kritériumok érvényesítése után összesen 10 fő mérési eredményeit rögzítettük és elemeztük.



1. ábra

A kísérlet kivitelezésének folyamata.

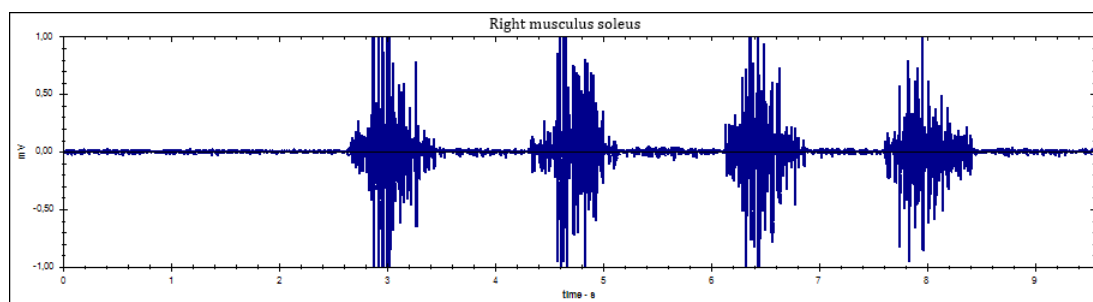
3.4. Alkalmazott módszertan és eljárás

Kutatásunk során célunk volt a folyamatos EMG visszajelzéssel SPU-t végző és az EMG visszajelzés nélkül SPU végzése közben mért posztprandiális vércukorértékeit összehasonlítani a kontrollmérés során rögzített értékeket és a statisztikai különbségeket elemezni.

A kontrollmérés a két csoport között egységesen zajlott. Az orális glükóztolerancia teszt elvégzésére reggel, éhgyomorra, legalább 10 órás koplalást követően került sor. A glükóztérhelést megelőző három napban a résztvevőknek naponta legalább 150 gramm szénhidrátot tartalmazó étrend fogyasztása volt szükséges, átlagos fizikai aktivitási szint mellett. A terhelés előtt a résztvevők vércukorszint értéke egyszeri időpontban mérésre került, amennyiben az érték 7 mmol/l alá esett, elkezdődhetett a vizsgálat. A 0. perces vércukorérték rögzítésre került, majd a vizsgált alanyoknak 75g glükóz (Magilab Kft. - 1061 Budapest, Király utca 12. CAS szám: 50-99-7) terméket kellett 250-350 ml vízben feloldva 5 perc alatt elfogyasztani. A kontrollmérés során kilenc időpontban - a 0. perces érték rögzítését követően tizenöt percenként, 120 percig – történt mintavételezés. A vércukor meghatározása lehetőség szerint melegített kézről, a résztvevő ujjbegye oldalának megszúrásával nyert kapilláris vérből történt. Az mintavételezés módja, és a kapilláris vérminta megbízhatósága a vércukorszint kimutatására nemzetközileg validáltak [8,9]. Az eljárás során Accu-Check Active (Roche Magyarország Korlátolt Felelősségű Társaság - 1112 Budapest, Balatoni út 2/A) vércukormérő eszközt és tesztcsíkot használtunk, melyek megfelelnek a hatályos International Organisation for Standardization 15197:2013 szabványnak [10]. Az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoportba sorolt résztvevők közül, az egyik illető kontroll glükóztérhelésének 105. és 120. perces mintavételi eredménye nem került rögzítésre.

A glükóztérhelés végeztével a résztvevővel egyeztetettük a következő mérési időpontot, lehetőség szerint egy héten belül. Ezen alkalom során a kutatásban résztvevő személyek által tetszőlegesen kiválasztott oldali alsóvégtagra, a musculus soleus izomhasára helyeztünk el egy vezeték nélküli EMG elektródát (FREEMG 1000 - BTS S.p.A. Viale Forlanini 40, 20024 Garbagnate Milanese (MI), Olaszország). Az EMG szenzor pontos lokációjának meghatározásához a SENIAM javaslatát vettük figyelembe [11]. Az adott alany 5 percig sétált 4.5 km/h sebességgel egy futópadon. A futópad szalagjának síkja a talajjal végig párhuzamos volt. Ez idő alatt EMG mintavételező szoftver segítségével (BTS EMG-Analyzer Version 2.10.43.0, BTS S.p.A. Viale Forlanini 40, 20024 Garbagnate Milanese (MI), Olaszország) meghatároztuk a résztvevő m. soleus átlagos aktivitási szintjét séta közben. Az alany számára ezt követően demonstráltuk a soleus pushup mozdulat kivitelezését. A mozdulat

kiindulóhelyzetének felvételéhez a résztvevők széken ülve helyezkedtek el komfortosan. A térdízületnek a csípőízülettel egy síkban kellett elhelyezkedniük. A térdízületből a talajra bocsájtott merőleges egyenes az adott alsóvégtag metatarsophalangealis ízületi sorára kellett hogy essen, minimalizálva ezzel a musculus gastrocnemius izomaktivitását a mozdulat során [12]. A mozdulat kivitelezése a sarkak talajról való elemelését, majd a gravitációval asszisztált talajra engedését jelentette. A soleus izomnak a lábszár súlyát kellett megemelnie a talajtól. Ügyeltünk rá, hogy a résztvevők csak a soleus izom izolált, anizometrikus kontrakciójával hozzák létre a mozdulatot. A résztvevők számára a musculus soleus izomhasakon található EMG-elektrodák által rögzített izomaktivitást az eléjük helyezett laptop (ASUS VivoBook S15 S510UA - ASUSTEK COMPUTER INC. (TAIWAN, CHINA)) kijelzőjén valós időben nyomonkövethették. A résztvevők addig gyakorolták a mozdulat végrehajtását, amíg kényelmesen, konzisztensen fent tudták tartani az előzetesen, futópadon történő séta során mért soleus izomaktivitási szintet.



2. ábra

A soleus izom EMG-vel megfigyelt aktivitása az SPU kivitelezése közben.

A kalibrációs napot követően került sor az intervenció közben végzett kétórás orális glükóztolerancia tesztre.

Az EMG visszajelzés mellett SPU-t végző csoportba (n=5) sorolt személyek a kalibrációs napot követő reggelen 10 órás koplalást, valamint az előzetes 3 nap során önbevalláson alapulva legalább napi 150 gramm szénhidrátot tartalmazó étrendet követően jelentek meg a vizsgálat helyszínén. A résztvevők vércukorszintjének ujjbegyes, Accu-Check Active (Roche Magyarország Korlátolt Felelősségű Társaság - 1112 Budapest, Balatoni út 2/A) eszközzel követő mérése következett. Amennyiben az érték nem haladta meg a 6,9 mmol/litert, az alany preferált oldali alsóvégtagján lévő m. soleus izomhasára a SENIAM javaslata alapján felhelyeztünk egy vezeték nélküli EMG elektródát (FREEMG 1000 - BTS S.p.A. Viale Forlanini 40, 20024 Garbagnate Milanese (MI), Olaszország) [11]. Az adott résztvevő az előző

napon begyakoroltak szerint kényelmesen elhelyezkedett a széken, az adott oldali térdízületből a talajra bocsájtott merőleges egyenes az adott oldali metatarsophalangealis ízületi sorára esett. A résztvevőnek néhány perc állt a rendelkezésére, hogy az elé helyezett laptop (ASUS VivoBook S15 S510UA - ASUSTEK COMPUTER INC. (TAIWAN, CHINA)) kijelzőjén valós idejű szoftveres (BTS EMG-Analyzer Version 2.10.43.0, BTS S.p.A. Viale Forlanini 40, 20024 Garbagnate Milanese (MI), Olaszország) 1000 Hz-es frekvenciára állított EMG visszajelzést figyelve konzisztensen elérje az előzetes futópados mérés során meghatározott soleus aktivitási szintet. Ehhez a résztvevőnek $\sim 0-45^\circ$ -os plantárflexiós mozdulatot kellett végeznie ~ 60 ismétlés/perc sebességgel. Ezt követően az adott alany elfogyasztott 75g glükóz (Magilab Kft. - 1061 Budapest, Király utca 12. CAS szám: 50-99-7) terméket 250-350 ml vízben feloldva 5 perc alatt. A cukoroldat elfogyasztása után közvetlenül sor került a 0. perces vércukormérésre, majd az alany elkezdte az SPU kivitelezését. A csoport számára az OGTT során végig rendelkezésre állt a valós idejű EMG visszajelzés annak érdekében, hogy az SPU során a soleus izom aktivitási szintjéről folyamatosan visszajelzést kapjanak a résztvevők. Az EMG visszajelzéssel végzett SPU közben végrehajtott kétórás orális glükóztolerancia teszt időtartama alatt 15 percenként került sor vércukormérésre. A résztvevőknek lehetőség szerint nem szabadott a tesztet megszakítaniuk egyéb fizikai igénybevétellel járó tevékenységgel. A kísérlet során egy résztvevő 60. perces vércukorértéke nem került rögzítésre. A kísérletben résztvevőket arra kértük, hogy bármilyen diszkomfortérzetet, fáradtságot éreznek, izomgörcsölést tapasztalnak, haladéktalanul jelentsék. A vizsgálat során az alanyok nem jeleztek olyan panaszt, amely miatt fel kellett volna függesztenünk azt.

Az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoportba ($n=5$) sorolt személyek a kalibrációs napot követő reggelen 10 órás koplalást, valamint az előzetes 3 nap során önbevalláson alapulva legalább napi 150 gramm szénhidrátot tartalmazó étrendet követően jelentek meg a vizsgálat helyszínén. A résztvevők vércukorszintjének ujjbegyes, Accu-Check Active (Roche Magyarország Korlátolt Felelősségű Társaság - 1112 Budapest, Balatoni út 2/A) eszközzel követő mérése következett. Amennyiben az érték nem haladta meg a 6,9 mmol/litert, az alany preferált oldali alsóvégtagján lévő m. soleus izomhasára a SENIAM javaslata alapján felhelyeztünk egy vezeték nélküli EMG elektródát (FREEMG 1000 - BTS S.p.A. Viale Forlanini 40, 20024 Garbagnate Milanese (MI), Olaszország) [11]. Az adott résztvevő az előző napon begyakoroltak szerint kényelmesen elhelyezkedett a széken, az adott oldali térdízületből a talajra bocsájtott merőleges egyenes az adott oldali metatarsophalangealis ízületi sorára esett. A résztvevőnek néhány perc állt a rendelkezésére, hogy az elé helyezett laptop (ASUS VivoBook S15 S510UA - ASUSTEK COMPUTER INC. (TAIWAN, CHINA)) kijelzőjén

valós idejű szoftveres (BTS EMG-Analyzer Version 2.10.43.0, BTS S.p.A. Viale Forlanini 40, 20024 Garbagnate Milanese (MI), Olaszország) 1000 Hz-es frekvenciára állított EMG visszajelzést figyelve konzisztensen elérje az előzetes futópados mérés során meghatározott soleus aktivitási szintet. Ehhez a résztvevőnek ~0-45° -os plantárflexiós mozdulatot kellett végeznie ~60 ismétlés/perc sebességgel. Ezt követően az adott alany elfogyasztott 75g glükóz (Magilab Kft. - 1061 Budapest, Király utca 12. CAS szám: 50-99-7) terméket 250-350 ml vízben feloldva 5 perc alatt. A cukoroldat elfogyasztása után közvetlenül sor került a 0. perces vércukormérésre, majd az alany elkezdte az SPU kivitelezését. A csoport számára az OGTT során nem állt rendelkezésre való idejű EMG visszajelzés, a korábban mindössze pár percig gyakorolt soleus aktivitási szintet és a mozdulat mozgástartományát az addig tapasztaltak alapján kellett megbecsülniük. A soleus pushup kivitelezését az OGTT időtartama alatt nem korrigáltuk. A kétórás orális glükóztolerancia teszt időtartama alatt 15 percenként került sor vércukormérésre. A résztvevőknek lehetőség szerint nem szabadott a tesztet megszakítaniuk egyéb fizikai igénybevétellel járó tevékenységgel. A kísérlet során egy résztvevő eredményei a vizsgálat 75. percétől nem kerültek rögzítésre. A kísérletben résztvevőket arra kértük, hogy bármilyen diszkomfortérzetet, fáradtságot éreznek, izomgörcsölést tapasztalnak, haladéktalanul jelentsék. A vizsgálat során az alanyok nem jeleztek olyan panaszt, amely miatt fel kellett volna függesztenünk azt.

3.5. Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzés első lépéseként a demográfiai adatokat és a két orális glükóztolerancia teszt során keletkező vércukorértékeket táblázatszerűen rögzítettük Microsoft Excel program (Microsoft® Excel® a Microsoft 365-höz MSO (2402 buildverzió16.0.17328.20124) 64 bites) használatával. Az résztvevők életkorának és a vércukorértékek eloszlásának normalitásvizsgálata SPSS program segítségével történt (IBM Corp. Released 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.). A résztvevők SPU közben végzett kétórás orális glükóztolerancia teszt adott időpontjában mért vércukorértéke és a kontroll orális glükóztolerancia teszt ugyanazon mérési időpontjában rögzített vércukorértéke közti különbség kiszámolása Microsoft Excel programmal történt (Microsoft® Excel® a Microsoft 365-höz MSO (2402 buildverzió16.0.17328.20124) 64 bites), majd az értéket „Δmmol/liter”-ként aposztrofáltuk. Azoknál a paramétereknél, ahol több mérési eredményt átlagolva hoztunk létre egy új változót, az átlageredmény standard hibája is feltüntetésre került. A standard hibát a következő képlet segítségével számoltuk ki: $SEM = \frac{s}{\sqrt{n}}$ Ahol a „SEM” a standard error of mean, magyarul: standard hiba, s a minta szórása, n pedig a minta elemszáma.

Az orális glükóztolerancia teszt adott mérési időpontjában a Δ mmol/liter érték - tehát a vércukorszint változásának mértéke – statisztikai szignifikanciájának a vizsgálatára csoporton belül, valamint a OGTT adott mérési időpontjában a Δ mmol/liter értékek különbözőségének vizsgálatára az EMG visszajelzéssel SPU-t végző és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport között kevert modellt és Tukey-féle posthoc tesztet használtunk 95%-os megbízhatósági szinten GraphPad Prism 10 for windows 64-bit verzió 10.2.1(395)(GraphPad Software, Boston, Massachusetts USA, www.graphpad.com”) program használatával. Azon okból kifolyólag választottuk a kevert modellt a varianciaanalízis helyett, mivel az kétórás orális glükóztolerancia tesztek során a maximálisan mérhető 180 vércukorérték adatból 7 adat hiányzott (Kontrollmérések során ID=7 személy OGTT 105. és 120. perces mintavételi adatai, az EMG visszajelzéssel SPU-t végző csoportban ID=1 személy intervenciós OGTT 60. perces mintavételi adata, az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoportban ID=10 személy intervenciós OGTT 75., 90., 105. és 120. perces mintavételi adata).

Az orális glükóztolerancia tesztek során 15 percenként mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület meghatározása GraphPad Prism 10 for windows 64-bit verzió 10.2.1(395)(GraphPad Software, Boston, Massachusetts USA, www.graphpad.com”) program segítségével történt, a trapezoid szabály használatával. Mind az EMG visszajelzés mellett SPU-t végző, mind az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport esetében, egy résztvevőhöz két görbe alatti terület adat tartozott. Az egyik adat a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület, a másik adat az intervenció közbeni orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület.

Minden résztvevő esetében az intervenció közbeni orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület értékéből kivontuk a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület értékéből Microsoft Excel program (Microsoft® Excel® a Microsoft 365-höz MSO (2402 buildverzió16.0.17328.20124) 64 bites) használatával. Az eredményt „ Δ AUC”-ként (AUC = Area Under the Curve, magyarul görbe alatti terület) aposztrofáltuk. Az EMG visszajelzéssel SPU-t végző csoport, és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport Δ AUC értékeinek normáeloszlását megvizsgáltuk, majd statisztikai különbséget kerestünk a két csoport Δ AUC értéke között annak érdekében, hogy megállapítsuk valamelyik intervenció hatékonyabban csökkentette-e az OGTT során 15 percenként mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület nagyságát, mint a másik. A statisztikai elemzéshez egytényezős varianciaanalízist végeztünk 95%-os megbízhatósági szinten SPSS program

segítségével történt (IBM Corp. Released 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.) Mivel az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport intervenciós orális glükóztolerancia tesztjén ID=10 személy 4 mérési adata nem került rögzítésre (Az OGTT során mérendő 9 mintavételi időpontból), ezért ID=10 személy Δ AUC értéke nem került meghatározásra.

Minden résztvevő esetében az intervenció közbeni orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület értékét elosztottuk a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület értékével Microsoft Excel program (Microsoft® Excel® a Microsoft 365-höz MSO (2402 buildverzió16.0.17328.20124) 64 bites) használatával. Az eredményt „AUC%”-ként (AUC = Area Under the Curve, magyarul görbe alatti terület) aposztrófáltuk. Az EMG visszajelzéssel SPU-t végző csoport, és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport AUC% értékeinek normáeloszlását megvizsgáltuk, majd statisztikai különbséget kerestünk a két csoport Δ AUC értéke között annak érdekében, hogy megállapítsuk valamelyik intervenció hatékonyabban csökkentette-e az OGTT során 15 percenként mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület arányát a kontrollméréshez képest, mint a másik. A statisztikai elemzéshez egytényezős varianciaanalízist végeztünk 95%-os megbízhatósági szinten SPSS program segítségével történt (IBM Corp. Released 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.) Mivel az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport intervenciós orális glükóztolerancia tesztjén ID=10 személy 4 mérési adata nem került rögzítésre (Az OGTT során mérendő 9 mintavételi időpontból), ezért ID=10 személy AUC% értéke nem került meghatározásra.

Az adatok grafikus megjelenítéséhez a táblázatok és grafikonok GraphPad Prism 10 for windows 64-bit verzió 10.2.1(395)(GraphPad Software, Boston, Massachusetts USA.), Microsoft Excel (Microsoft® Excel® a Microsoft 365-höz MSO (2402 buildverzió16.0.17328.20124) 64 bites) és Microsoft® Word a Microsoft 365-höz MSO (2402 buildverzió16.0.17328.20124) 64 bites programok használatával készültek.

3.6. A kutatás alapjául szolgáló tanulmány

A vizsgálat koncepciójának és megtervezésének alapjául Hamilton és munkatársai által végzett, 2022-ben publikált kutatás szolgált [5].

A két kutatás legfontosabb közös eleme az alkalmazott intervenció során használt gyakorlat, a soleus pushup. A gyakorlatot Hamilton és munkatársai nevezték el, pontos kivitelezését a hivatkozott kutatás írta le először. Az intervenció során alkalmazott soleus pushup pontos

kivitelezését a fent említett kutatás alapján edukáltuk. A két kutatásban a vizsgált populációk életkora hasonló volt. Míg a houstoni kutatás releváns részében vizsgált résztvevőinek életkora átlagosan 52.8 ± 18.3 , valamint 54.3 ± 19.0 év volt, addig a mi kutatásunk résztvevői átlagosan 53.3 ± 2.7 évesek voltak. Mindkét kutatásban 15 percenként történt vércukorszint mérés az orális glükóztolerancia teszt során. A résztvevők SPU közben végzett kétórás orális glükóztolerancia teszt adott időpontjában mért vércukorértéke és a kontroll orális glükóztolerancia teszt ugyanazon mérési időpontjában rögzített vércukorértéke közti különbség kiszámolása és az érték „ Δ mmol/liter”-ként történő elnevezésének ötlete az amerikai kutatásból származott. Az orális glükóztolerancia teszt adott mérési időpontjában a Δ mmol/liter érték - tehát a vércukorszint változásának mértéke – statisztikai szignifikanciájának a vizsgálatára csoporton belül, valamint a OGTT adott mérési időpontjában a Δ mmol/liter értékek különbözőségének vizsgálatára az EMG visszajelzéssel SPU-t végző és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport között kevert modellt és Tukey-féle posthoc tesztet használtunk 95%-os megbízhatósági szinten, csakúgy mint Hamilton és munkatársai. Minden résztvevő esetében az intervenció közbeni orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület értékéből kivontuk a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület értékéből, statisztikai különbséget kerestünk és grafikusan megjelenítettük Hamilton és munkatársai tanulmánya alapján. Minden résztvevő esetében az intervenció közbeni orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület értékét elosztottuk a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület értékével, statisztikai különbséget kerestünk és grafikusan megjelenítettük Hamilton és munkatársai tanulmánya alapján.

Eredmények és megbeszélés

A résztvevők SPU közben végzett kétórás orális glükóztolerancia teszt adott időpontjában mért vércukorértéke és a kontroll orális glükóztolerancia teszt ugyanazon mérési időpontjában rögzített vércukorértéke közti különbség értékét „ Δ mmol/liter”-ként aposztrofáltuk. Az orális glükóztolerancia teszt adott mérési időpontjában a Δ mmol/liter érték - tehát a vércukorszint változásának mértéke – statisztikai szignifikanciájának a vizsgálata csoporton belül, valamint a OGTT adott mérési időpontjában a Δ mmol/liter értékek különbözőségének vizsgálata az EMG

visszajelzéssel SPU-t végző és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport között az I. táblázatban látható.

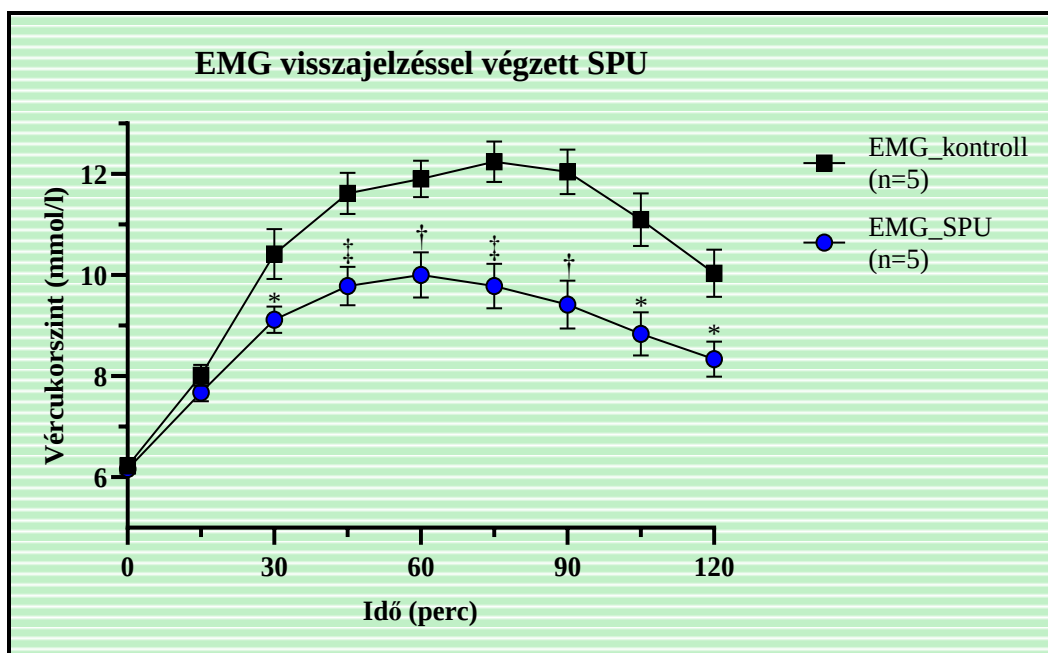
OGTT	EMG visszajelzéssel			EMG visszajelzés nélkül		
Idő (perc)	Kontroll (n=5)	SPU (n=5)	Δ mmol/l	Kontroll (n=5)	SPU (n=5)	Δ mmol/l
0	6.2 $\pm$ 0.1	6.2 $\pm$ 0.1	-0.1 $\pm$ 0.1	6.3 $\pm$ 0.1	6.2 $\pm$ 0.1	-0.1 $\pm$ 0.1
15	8 $\pm$ 0.2	7.7 $\pm$ 0.2	-0.3 $\pm$ 0.2	7.8 $\pm$ 0.1	7.6 $\pm$ 0.1	-0.2 $\pm$ 0.1
30	10.4 $\pm$ 0.5	9.1 $\pm$ 0.3	-1.3 $\pm$ 0.3*	10.4 $\pm$ 0.3	9.5 $\pm$ 0.3	-1 $\pm$ 0.2*
45	11.6 $\pm$ 0.4	9.8 $\pm$ 0.4	-1.8 $\pm$ 0.2***	11.4 $\pm$ 0.4	10.1 $\pm$ 0.3	-1.3 $\pm$ 0.3*
60	11.9 $\pm$ 0.4	10 $\pm$ 0.5	-1.8 $\pm$ 0.1**	12.1 $\pm$ 0.3	10.4 $\pm$ 0.3	-1.7 $\pm$ 0.3*
75	12.2 $\pm$ 0.4	9.8 $\pm$ 0.4	-2.5 $\pm$ 0.2***	11.8 $\pm$ 0.3	10.1 $\pm$ 0.4	-1.7 $\pm$ 0.4*
90	12 $\pm$ 0.4	9.4 $\pm$ 0.5	-2.6 $\pm$ 0.3**	11.4 $\pm$ 0.3	9.6 $\pm$ 0.5	-1.8 $\pm$ 0.3*
105	11.1 $\pm$ 0.5	8.8 $\pm$ 0.4	-2.3 $\pm$ 0.4*	10.7 $\pm$ 0.4	9.3 $\pm$ 0.4	-1.4 $\pm$ 0.4*
120	10 $\pm$ 0.5	8.3 $\pm$ 0.4	-1.7 $\pm$ 0.4*	10.1 $\pm$ 0.3	8.7 $\pm$ 0.4	-1.5 $\pm$ 0.3*

I. táblázat

Az EMG visszajelzéssel és az EMG visszajelzés nélkül végzett SPU hatása az OGTT során mért vércukorértékekre. A vércukorértékek átlaga $\pm$ standard hiba. * $p < 0.05$, ** $p < 0.005$, *** $p < 0.001$

Az éhomi és vércukormérések eredménye közt nem volt különbség a csoportok átlagai között. A kontroll OGTT-hez képest az intervenció közben végzett kétórás orális glükóztolerancia teszt közben mért vércukorértékek átlagai a harmadik mintavételi időponttól szignifikáns különbséget mutattak egészen az utolsó mérési időpontig. Az intervenció OGTT során tapasztalt szignifikáns mértékű vércukorszintcsökkenés mind az EMG visszajelzéssel SPU-t végző, mind az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport esetében megfigyelhető volt. Az EMG visszajelzéssel SPU-t végző csoport esetében az intervenció közben végzett kétórás orális glükóztolerancia teszt során a résztvevők vércukorszintje átlagosan adott mintavételi időpontban 1,6 mmol/ literrel volt alacsonyabb, mint a kontroll orális glükóztolerancia teszt során ugyanazon mintavételi időpontban mért vércukorszint. Az EMG visszajelzéssel SPU-t végző csoport esetében a legnagyobb mértékű vércukorcsökkenés az intervenció OGTT során a kontroll OGTT-hez képest a 90. percben volt megfigyelhető. Ekkor az EMG visszajelzéssel SPU-t végző résztvevők vércukorértéke átlagosan 2.6 ± 0.3 mmol/literrel volt alacsonyabb, mint a kontrollmérés ugyanezen mérési időpontjában ($p < 0.005$). Az EMG visszajelzés nélkül

SPU-t végző csoport esetében az intervenció közben végzett kétórás orális glükóztolerancia teszt során a résztvevők vércukorszintje átlagosan adott mintavételi időpontban 1,2 mmol/literrel volt alacsonyabb, mint a kontroll orális glükóztolerancia teszt során ugyanazon mintavételi időpontban mért vércukorszint. Az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport esetében a legnagyobb mértékű vércukorcsökkenés az intervenció OGTT során a kontroll OGTT-hez képest szintén a 90. percben volt megfigyelhető. Ekkor az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző résztvevők vércukorértéke átlagosan 1.8 ± 0.3 mmol/literrel volt alacsonyabb, mint a kontrollmérés ugyanezen mérési időpontjában ($p < 0.05$). Az intervenció során adott mintavételi időpontban mért vércukorérték átlagok és a kontrollmérés során ugyanazon mintavételi időpontban mért vércukorérték átlagok különbségének a mértéke szignifikánsan nem tért el egymástól az EMG visszajelzéssel SPU-t végző és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport között egyetlen mintavételi időpontban sem. Az EMG visszajelzés mellett végzett SPU csoport intervenció közben és kontrollmérésen mért vércukorértékek átlagainak összehasonlítását a 3. ábra, az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport intervenció közben és kontrollmérésen mért vércukorértékek átlagainak összehasonlítását a 4. ábra mutatja be.

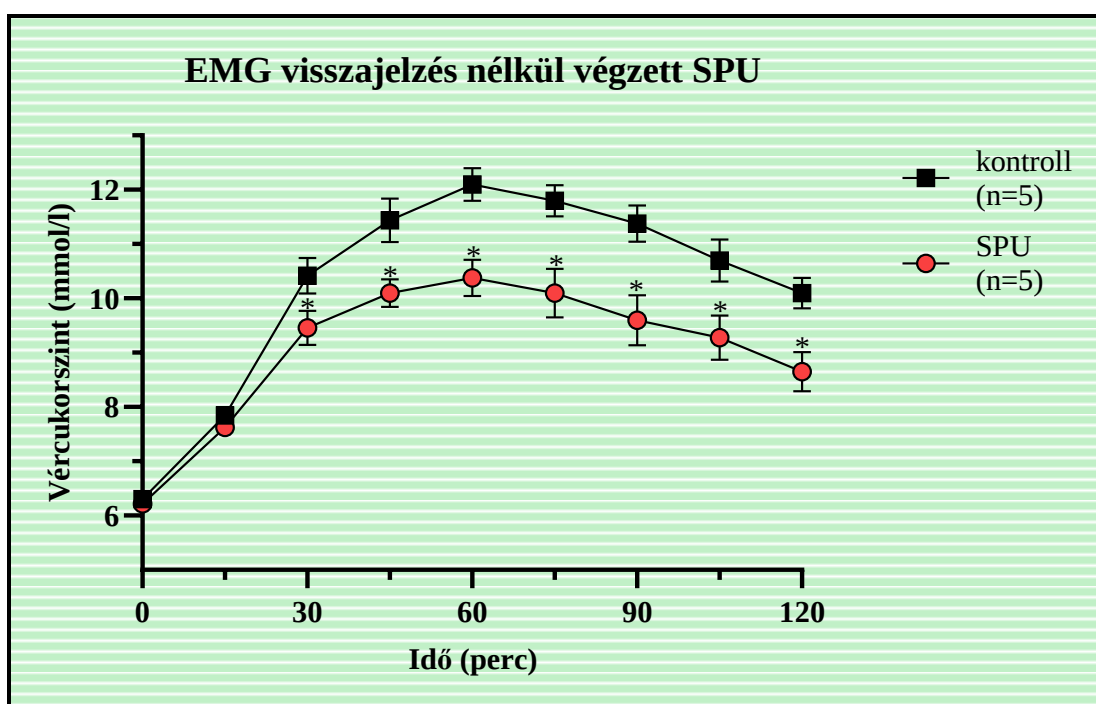


3. ábra

Az EMG visszajelzés mellett SPU-t végző csoport vércukorátlagai intervenció (EMG_SPU) és a kontrollmérés (EMG_kontroll) során. * $p < 0.05$, † $p < 0.005$, ‡ $p < 0.001$

Az EMG visszajelzés mellett végzett SPU hatása az orális glükóztolerancia teszt 30. percétől kezdődően egész az utolsó mérési időpontig jelen volt. Az OGTT ezen időtartama alatt az EMG visszajelzés mellett intervenciót végző csoport vércukorértéke átlagosan 2 mmol/literrel voltak

alacsonyabb az SPU végzése közben, mint a kontrollmérés során. A kontroll orális glükóztolerancia teszt során a vércukorérték maximumát az OGTT 75. percében mértük, az érték ekkor 12.2 mmol/liter volt. Ezzel szemben az intervenciós orális glükóztolerancia teszt során a vércukorérték maximumát az OGTT 60. percében regisztráltuk, az érték ekkor 10.1 mmol/liter volt. Az intervenciós OGTT és a kontroll orális glükóztolerancia mérésen a vércukorértékek átlaga közötti legnagyobb regisztrált különbség a 90. percben mutatkozott. Ezen mintavételi időpontban a kontrollmérésen 12 ± 0.4 mmol/liter, az intervenciós mérésen pedig 2.6 ± 0.3 -mal kevesebb, 9.4 ± 0.5 mmol/liter volt az EMG visszajelzés mellett SPU-t végző csoport átlagértéke ($p < 0.005$).



4. ábra

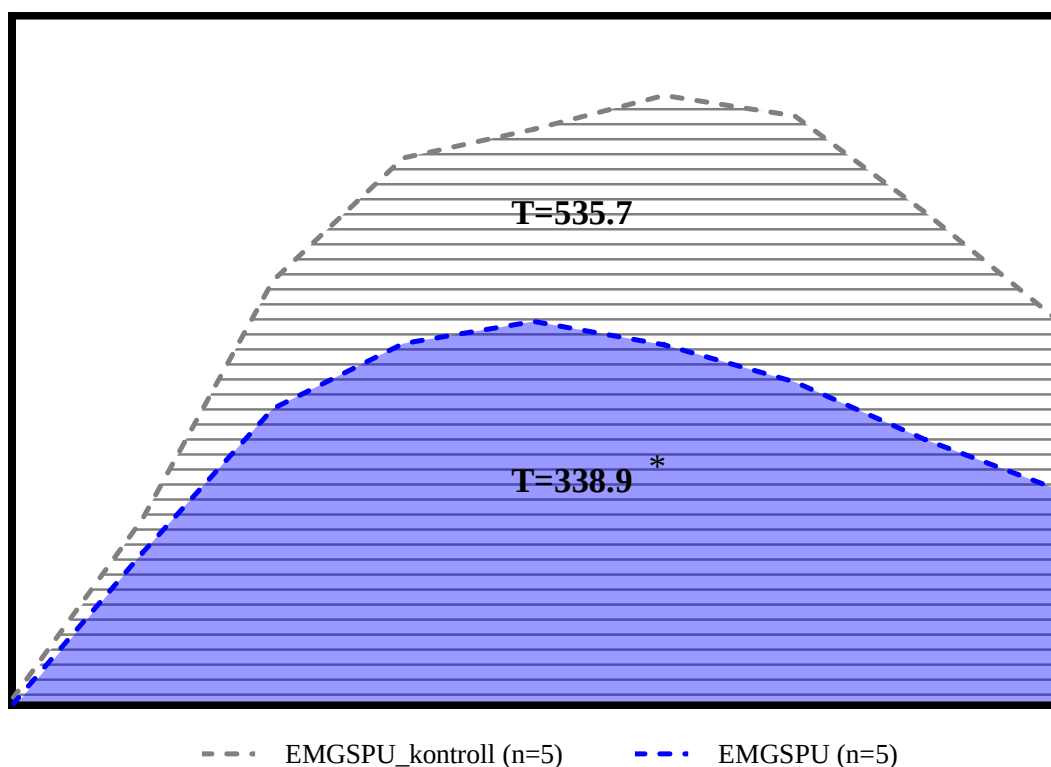
Az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport vércukorátlagai intervenció (SPU) és a kontrollmérés (kontroll) során. * $p < 0.05$

Az EMG visszajelzés nélkül végzett SPU hatása az orális glükóztolerancia teszt 30. percétől kezdődően egész az utolsó mérési időpontig megfigyelhető volt. Az OGTT ezen időtartama alatt az EMG visszajelzés mellett intervenciót végző csoport vércukorértéke átlagosan 1,49 mmol/literrel voltak alacsonyabb az SPU végzése közben, mint a kontrollmérés során. A kontroll orális glükóztolerancia teszt során a vércukorérték maximumát az OGTT 60. percében mértük, az érték ekkor 12.1 mmol/liter volt. Az intervenciós orális glükóztolerancia teszt során a vércukorérték maximumát szintén az OGTT 60. percében regisztráltuk, az érték ekkor 10.4 mmol/liter volt. Az intervenciós OGTT és a kontroll orális glükóztolerancia mérésen a

vércukorértékek átlaga közötti legnagyobb regisztrált különbség a 90. percben mutatkozott. Ezen mintavételi időpontban a kontrollmérésen 11.4 ± 0.3 mmol/liter, az intervenciós mérésen pedig -1.8 ± 0.3 -mal kevesebb, 9.6 ± 0.5 mmol/liter volt az EMG visszajelzés mellett SPU-t végző csoport átlagértéke ($p < 0.005$).

A trapezoid szabály használatával mind az EMG visszajelzéssel SPU-t mind az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport esetében meghatározásra került az adott csoport kontroll orális glükóztolerancia teszten, valamint az SPU végzése közbeni orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek átlagai által meghatározott görbe alatti terület nagysága. A kontroll OGTT és az intervenciós OGTT görbe alatti területének különbözőségét az EMG visszajelzéssel SPU-t végző csoport esetében az 5. ábra, az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport esetében a 6. ábra mutatja be.

EMG visszajelzés mellett végzett OGTT közbeni görbe alatti területek összehasonlítása

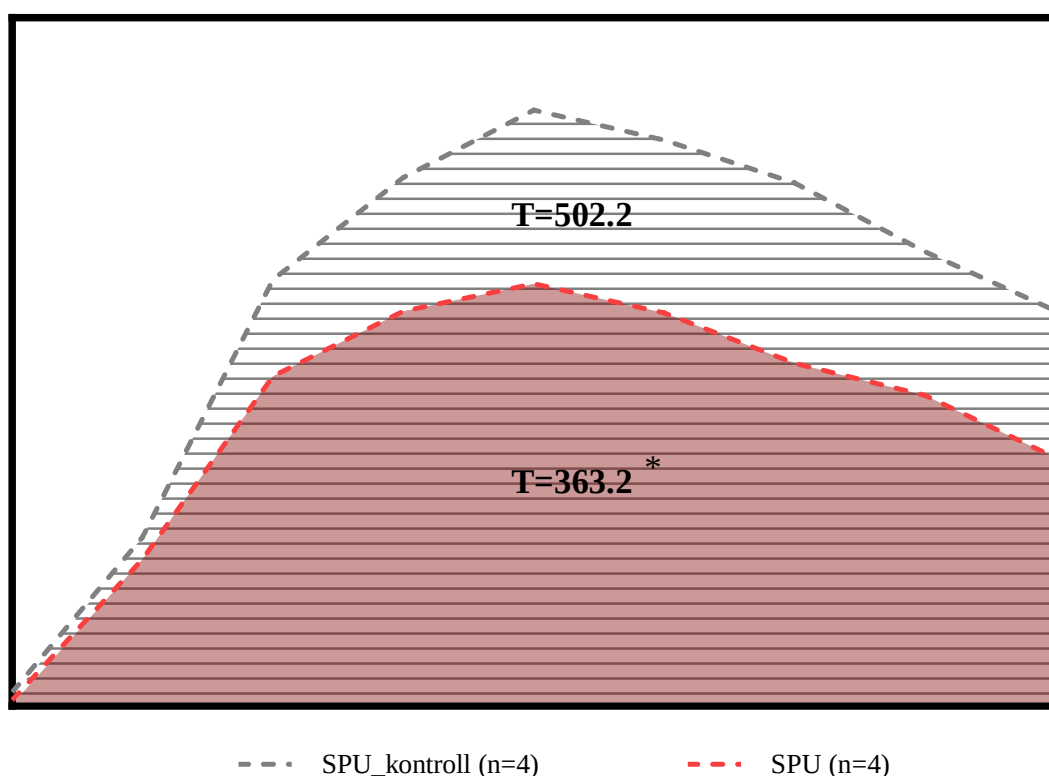


5. ábra

Az EMG visszajelzéssel SPU-t végző csoport kontroll OGTT-n (EMSPU_kontroll) és intervenciós OGTT-n (EMGSPU) rögzített vércukorértékek átlagai által meghatározott görbe alatti területek összehasonlítása. * $p < 0.05$

Az EMG visszajelzés mellett végzett SPU közben kivitelezett orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület nagysága 196,8 területegységgel bizonyult kisebbnek a kontroll OGTT-n mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület nagyságánál ($p < 0.05$). A csoport esetében az intervenció közben kivitelezett orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület 63,3%-át teszi ki a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti területnek.

EMG visszajelzés nélküli OGTT közbeni görbe alatti területek összehasonlítása



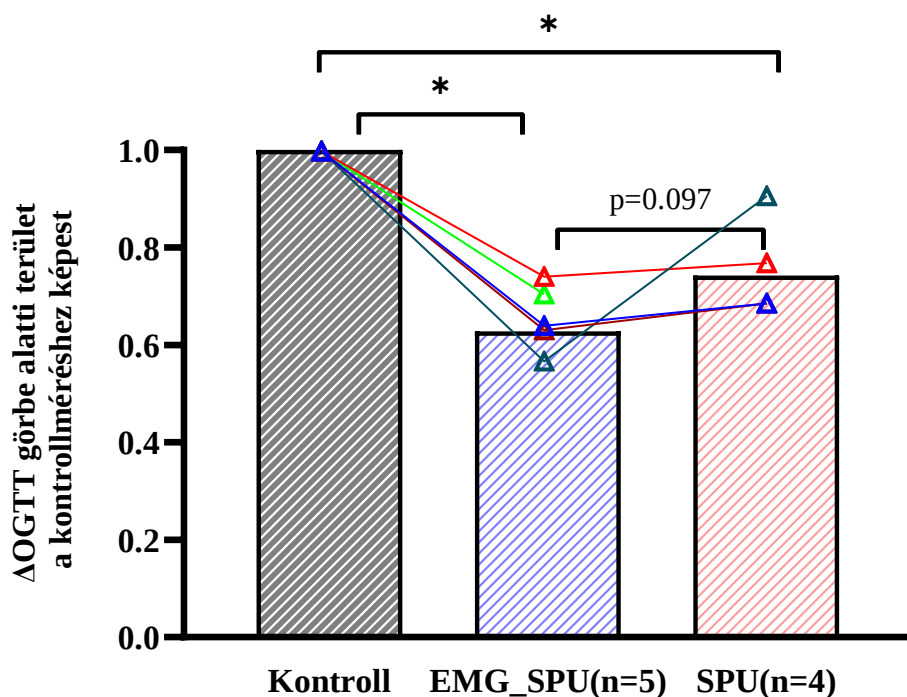
6. ábra

*Az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport kontroll OGTT-n (EMSPU_kontroll) és intervenciós OGTT-n (EMGSPU) rögzített vércukorértékek átlagai által meghatározott görbe alatti területek összehasonlítása. * $p < 0.05$*

Az EMG visszajelzés nélkül végzett SPU közben kivitelezett orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület nagysága 139 területegységgel bizonyult kisebbnek a kontroll OGTT-n mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület nagyságánál ($p < 0.05$). A csoport esetében az intervenció közben kivitelezett orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület 72,3%-át

teszi ki a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti területnek.

Az EMG visszajelzés mellett SPU-t végző csoport és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport intervenció közben kivitelezett orális glükóztolerancia teszt során mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület aránya a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti területéhez képest a 9. ábrán látható.



7. ábra

Az egyének és az adott csoport átlagértékének az intervenciós OGTT során mért vércukorértékek görbe alatti területének arányát mutatják a kontroll OGTT során mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti területhez viszonyítva, az EMG visszajelzés mellett SPU-t végző csoport (EMG_SPU) és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport (SPU) esetében. * $p < 0.05$

Az EMG visszajelzéssel SPU-t végző csoport esetében megfigyelhető, hogy az intervenció közben kivitelezett orális glükóztolerancia teszt során mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület aránya a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti területhez viszonyítva minden résztvevő esetében csökkent. A legnagyobb mértékű csökkenést ezen csoport esetében ID=3 személynél figyeltük meg. Az alany esetében az intervenciós OGTT görbe alatti területe 53%-a volt a kontrollmérés OGTT görbe alatti területének. A legkisebb mértékű csökkenést ezen csoport esetében ID=4 személynél figyeltük meg. Az alany esetében az intervenciós OGTT görbe alatti területe 73%-

a volt a kontrollmérés OGTT görbe alatti területének. A csoport esetében átlagosan az intervenciós OGTT görbe alatti területe 63%-a volt a kontrollmérés OGTT görbe alatti területének ($p < 0.05$).

Az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport esetében szintén azt tapasztaltuk, hogy az intervenció közben kivitelezett orális glükóztolerancia teszt során mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület aránya a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti területhez viszonyítva minden résztvevő esetében csökkent. A legnagyobb mértékű csökkenést ezen csoport esetében ID=6 és ID=9 személynél figyeltük meg. Mindkét résztvevő esetében az intervenciós OGTT görbe alatti területe 66%-a volt a kontrollmérés OGTT görbe alatti területének. A legkisebb mértékű csökkenést ezen csoport esetében ID=7 személynél figyeltük meg. Az alany esetében az intervenciós OGTT görbe alatti területe 90%-a volt a kontrollmérés OGTT görbe alatti területének. A csoport esetében átlagosan az intervenciós OGTT görbe alatti területe 74%-a volt a kontrollmérés OGTT görbe alatti területének ($p < 0.05$). Az EMG visszajelzéssel SPU-t végző és az EMG visszajelzés nélkül SPU-t végző csoport között nem mutatkozott különbség az intervenció közben kivitelezett orális glükóztolerancia teszt során mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület arányának nagyságában a kontroll orális glükóztolerancia teszten mért vércukorértékek által meghatározott görbe alatti terület nagyságához képest ($p = 0.097$).

Összefoglalás

Kutatásunk során célunk volt kideríteni, hogy miként hat a soleus pushup gyakorlat kivitelezése prediabetikus állapotú emberek glükózregulációjára. Fontos feladat volt továbbá, a soleus pushup mindennapi életbe történő integrálásának lehetőségét is megvizsgálni azáltal, hogy az egyik csoport számára a folyamatos EMG visszajelzés nem állt rendelkezésre.

Összegzésként elmondható, hogy a soleus pushup gyakorlat konzisztensen, fáradtságérzet keletkezése nélkül kivitelezhető legalább két órán keresztül. Az SPU végzése képes egyszeri tanulást követően, EMG visszajelzés használata nélkül pozitívan befolyásolni a prediabetikus állapotú emberek vércukorszintjét. A továbbiakban érdemes lehet nagyobb elemszámú mintán, EMG visszajelzés használata nélkül tesztelni a soleus pushup hatékonyságát. Az SPU ígéretes, hiszen egy bárhol kivitelezhető, eszközt nem igénylő, izomfáradást hosszas végrehajtás mellett sem előidéző, mindenki számára elérhető, lokális kontraktilis elemek aktiválása révén szisztémás hatást kiváltó, vércukorszintet hatékonyan csökkentő mozgásforma.

Irodalomjegyzék

1. World Health Organization. Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2018 [idézi 2022. december 13.]. 101 o. Elérhető: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272722>
2. Blüher M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nat Rev Endocrinol*. 2019. május;15(5):288–98.
3. NEAK [Internet]. [idézi 2024. március 22.]. Cukorbetegség világnapja - november 14. Elérhető: https://www.neak.gov.hu/sajtoszoba/kozlemenyek_eu_napok/egeszsegugyi_vilagnapok_cukorbetegseg/egeszsegugyi_vilagnapok_cukorbetegseg
4. IDF Atlas 10th Edition 2021.pdf [Internet]. [idézi 2024. március 22.]. Elérhető: https://diabetesatlas.org/idfawp/resource-files/2021/07/IDF_Atlas_10th_Edition_2021.pdf
5. Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. A potent physiological method to magnify and sustain soleus oxidative metabolism improves glucose and lipid regulation. *iScience*. 2022. augusztus 5.;25(9):104869.
6. World Health Organization, International Diabetes Federation. Definition and diagnosis of diabetes mellitus and intermediate hyperglycaemia: report of a WHO/IDF consultation. 2006 [idézi 2024. március 23.]; Elérhető: <https://iris.who.int/handle/10665/43588>
7. NEFMI szakmai protokoll (HÉ 2010/104.) a diabetes mellitus dietoter... [Internet]. [idézi 2024. március 22.]. Elérhető: <https://jogkodex.hu/doc/7756017>
8. Förster H, Haslbeck M, Mehnert H. Metabolic Studies Following the Oral Ingestion of Different Doses of Glucose. *Diabetes*. 1972. november 1.;21(11):1102–8.
9. Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, és mtsai. Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev*. 2005. június;18(1):145–71.
10. 14:00-17:00. ISO. [idézi 2024. március 24.]. ISO 15197:2013. Elérhető: <https://www.iso.org/standard/54976.html>
11. Welcome to SENIAM [Internet]. [idézi 2024. március 25.]. Elérhető: <http://www.seniam.org/>
12. Cresswell AG, Löscher WN, Thorstensson A. Influence of gastrocnemius muscle length on triceps surae torque development and electromyographic activity in man. *Exp Brain Res*. 1995. augusztus 1.;105(2):283–90.