

A mély neuromuscularis blokk szerepe a laparoszkópos műtétek során

Irodalmi összefoglaló

Asztalos László dr.¹ ■ Kanyári Zsolt dr.² ■ Szabó-Maák Zoltán dr.¹
Farkas Orsolya dr.¹ ■ Tóth Dezső dr.² ■ Fülesdi Béla dr.¹

¹Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Tanszék/Klinika, Debrecen

²Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Sebészeti Klinika, Debrecen

A laparoszkópos műtéti technikák és a hozzájuk kapcsolódó robotasszisztált sebészet egyre dinamikusabb elterjedésével a betegbiztonság érdekében mind nagyobb jelentősége van az interdiszciplináris együttműködésnek. Az utóbbi egy évtizedben egyre több klinikai megfigyelés szól amellett, hogy a laparoszkópos beavatkozásokhoz alkalmazott mély neuromuscularis blokk kedvező lehet, mert alacsonyabb intraabdominalis nyomások használatát teszi lehetővé, hogy nem befolyásolja hátrányosan a sebési látóteret. A beavatkozás közben alkalmazott kisebb intraabdominalis nyomás kedvezőbb hemodinamikai, légzésmechanikai körülményeket teremt az intraoperatív szakban, és a beavatkozáshoz társuló posztoperatív fájdalmat is mérsékli. Közleményünkben a mély neuromuscularis blokk alkalmazásával kapcsolatosan rendelkezésre álló evidenciákat és biztonságos alkalmazásának feltételeit foglaljuk össze. *Orv Hetil.* 2024; 165(52): 2039–2046.

Kulcsszavak: laparoszkópos sebészeti beavatkozások, mély neuromuscularis blokk, betegbiztonság

Deep neuromuscular block in laparoscopic surgical interventions

With the increasingly dynamic spread of laparoscopic surgical techniques and related robot-assisted surgery, interdisciplinary cooperation is becoming increasingly important for patient safety. In the last decade, more and more clinical observations have suggested that the use of a deep neuromuscular block for laparoscopic interventions can be beneficial because it enables the use of lower intra-abdominal pressures and does not adversely affect the surgical field of view. The lower intra-abdominal pressure applied during the procedure creates more favorable hemodynamic and respiratory mechanical conditions in the intraoperative period and also reduces the postoperative pain associated with the procedure. In our paper, we summarize the available evidence regarding the use of deep neuromuscular block and the conditions for its safe use.

Keywords: laparoscopic surgical interventions, deep neuromuscular block, patient safety

Asztalos L, Kanyári Zs, Szabó-Maák Z, Farkas O, Tóth D, Fülesdi B. [Deep neuromuscular block in laparoscopic surgical interventions]. *Orv Hetil.* 2024; 165(52): 2039–2046.

(Beérkezett: 2024. szeptember 24.; elfogadva: 2024. október 15.)

Rövidítések

EMG = elektromiográfia; ERAS = (enhanced recovery after surgery) műtét utáni gyors felépülés; L-SRS = (Leiden Surgical Rating Scale) leideni sebési értékelőskála; PTC = (posttetanic count) posttetaniás szám; TOF = (train of four) négyes ingerlés; TOFC = (TOF count) TOF-szám; TOFR = (TOF ratio) TOF-arány

Az elmúlt évtizedekben a laparoszkópos sebészeti beavatkozások számának ugrásszerű növekedése tapasztalható. A nyitott műtétekkel szemben a beavatkozás számos előnnyel rendelkezik, melyek közül a legfontosabbak a kisebb sebési behatolási kapu, a sebfertőzéses szövődmények csökkent volta, a jelentősen mérsékelt posztoperatív fájdalom, a jobb kozmetikai eredmény, a poszt-

operatív kórházi tartózkodás csökkenése és ezek együttes hatása révén a betegelégedettség növekedése. Egyes irodalmi adatok szerint az USA-ban évente 2,5 millió laparoszkópos műtéti beavatkozás történik, és a számuk dinamikusan emelkedik [1]. Nincs ez másképp hazánkban sem: a nyitott hasi sebészeti beavatkozások mellett a laparoszkópos technikák egyre inkább elterjedté váltak a nőgyógyászati és az urológiai beavatkozások területén is [2–6]. A közelmúltban hazánkban is elterjedőben lévő robotasszisztált műtétek során is a laparoszkópia az alapvetően alkalmazott technika.

Ezek a beavatkozások hazánkban is mind nagyobb számban egynapos körülmények között kerülnek elvégzésre, és így fokozottan igénylik a műtét utáni gyors felépülést (az angolszász gyakorlatban az „enhanced recovery after surgery” – ERAS) elveinek alkalmazását. E koncepciónak megfelelően a sebészi és az aneszteziológiai módszert is úgy kell kialakítani, hogy a minimál-invazív sebészi technika mellett a választott aneszteziológiai eljárás is hozzájáruljon a posztoperatív szakban a fájdalom és a narkózzsal kapcsolatos potenciális posztoperatív szövődmények csökkenéséhez. Az utóbbi egy évtizedben egyre szélesebb körben terjedt el a laparoszkópos műtétek anesztéziájában a mély neuromuscularis blokk alkalmazása. Közleményünk célja, hogy összefoglaljuk a módszer alkalmazásával kapcsolatos, jelenleg rendelkezésre álló ismeretanyagot.

A laparoszkópos beavatkozások potenciális élettani hatásai

Laparoszkópos beavatkozások során a hasüreg szén-dioxiddal történő insufflációja alapvetően az alábbi mechanizmusokon keresztül gyakorolhat befolyást az élettani folyamatokra [7, 8]:

1. A hasüregbe juttatott szén-dioxid felszívódása révén kiváltott hypercapnia általában átmeneti hatást gyakorol. Ritka légzőrendszeri mellékhatásai a pulmonalis artériás nyomás és a pulmonalis vascularis rezisztencia növekedése, pulmonalis vasoconstrictio, esetenként subcutan emphysema vagy gázembolisatio fordulhat elő. A cardiovascularis rendszer oldaláról ritmuszavarok, esetleg myocardiumdepresszió vagy ischaemia léphet fel. A hypercapnia hatásai általában az intraoperatív lélegeztetési stratégia változtatásával a műtét során rendezhetők.

2. Az intraabdominalis nyomás emelkedése miatti tünetek: a megfelelő sebészi látótér biztosításához tradicionálisan elengedhetetlenek tartották a 12–16 Hgmm-es intraabdominalis nyomás fenntartását, ugyanakkor ennek a nyomásemelkedésnek számos élettani hatása lehet. A légzőrendszer részéről a rekesz felnyomódása, a tüdőcompliance csökkenése, a légúti nyomásértékek megemelkedése, valamint a ventilációs-perfúziós arány megváltozása fordulhat elő. A cardiovascularis

rendszer részéről a perifériás vascularis rezisztencia emelkedése és a „cardiac output” (keringési perctérfogat) csökkenése, a szisztémás vérnyomás emelkedése és a vena cava inferior kompressziója figyelhető meg. A splanchnicus terület és a vese vérátáramlása csökken.

3. A laparoszkópos beavatkozásokat követően jelentkező, különböző súlyosságú és lokalizációjú fájdalom incidenciája egyes statisztikai adatok szerint 30–70% között változhat [9–11]. Ennek hátterében számos faktor állhat, egyebek között a capnoperitonealis acidosis, a szén-dioxid reziduális hasüregi akkumulációja, a hasi drének, az intraabdominalis túlfeszülés következtében létrejövő nervus (n.) phrenicus neuropraxia és a has fel-fúvásához alkalmazott gázvolumen. A leggyakrabban – az esetek közel harmadában – vállfájdalom jelentkezik, amely befolyásolhatja a posztoperatív betegelégedettséget.

Ezeknek az élettani mellékhatásoknak a mérséklésére már 2012-ben ajánlották a megfelelő hidrálás mellett a lehető legkisebb, még megfelelő sebészi látótérrel lehetővé tevő intraabdominalis nyomás alkalmazását [12]. Ahhoz, hogy megfelelő sebészi vizualizációt lehessen a laparoszkópos műtétek során létrehozni, az utóbbi évtizedben egyre szélesebb körben elterjedt a mély neuromuscularis blokk alkalmazása. Ezt a koncepciót az a mindennapos tapasztalat hívta életre, hogy az egyes izmoknak az izomlazító szerekkel kapcsolatos érzékenysége rendkívüli módon eltérő. A leghamarabb a rekeszizomban működik el a relaxálóhatás, a legkésőbb pedig a garat izomzatában. Ez a mindennapos klinikai gyakorlatban azt idézi elő, hogy a rekeszizom és a hasfali izmok területén visszatérő kontrakciós készség már nem biztosít elegendő tágulékonyságot a kisebb intraabdominalis nyomás esetén ahhoz, hogy a megfelelő sebészi látótér megmaradjon, esetlegesen akaratlan mozgások zavarhatják a sebészi manipulációt. Ez utóbbinak különösen nagy jelentősége van a robotasszisztált beavatkozások esetén. Ahhoz, hogy ez elkerülhetővé váljék, tartós mély neuromuscularis blokkot kell létrehozni, amely azonban csak úgy valósítható meg, ha folyamatos neuromuscularis monitorozással követjük az izomrelaxáció mértékét, és szükség szerint még idejében újabb izomrelaxáns szert alkalmazunk [13]. A megfelelő mély blokk fenntartása mellett a folyamatos neuromuscularis monitorozás a beavatkozások végén azt is lehetővé teszi, hogy a reziduális neuromuscularis blokk felismerésre és felfüggesztésre kerüljön. Ennek biztosításához alapvető feltétel a megfelelő monitorok és felfüggesztőszerek rendelkezésre állása.

Az, hogy egy adott laparoszkópos beavatkozáshoz van-e szükség, illetve lehetőség mély neuromuscularis blokk biztosítására, számos tényezőtől függhet, amelyek közül a műtétek típusa és lokalizációja, a beteggel kapcsolatos tényezők (korábbi műtétek, alkat, életkor, cardiovascularis állapot) és a sebész gyakorlata a legfontosabbak.

Mély neuromuscularis blokk és laparoszkópos beavatkozások. Mit mondanak a klinikai evidenciák?

A fenti leírás alapján egyértelmű, hogy többtényezős kérdéskörrel van szó, és az e tényezőkkel kapcsolatos eredményeket csak részleteikben lehet értékelni. A legfontosabb kérdéseket és az ezekhez kapcsolódó evidenciákat az alábbiakban ismertetjük.

Javítja-e a mély neuromuscularis blokk a sebészi feltételeket?

Ahhoz, hogy a kérdésre adott válaszokat objektíven lehessen értékelni, a korábbi vizsgálatok során széles körben a Leiden Surgical Rating Scale-t (L-SRS) alkalmazták [14]. Ez az 5 fokozatú skála leegyszerűsítve a következő fokozatokat tartalmazza: 1 = extrém rossz sebészi látótér; 2 = rossz sebészi látótér; 3 = elfogadható sebészi látótér; 4 = jó sebészi látótér; 5 = kiváló sebészi látótér. (Az egyes pontszámokhoz tartozó részletes leírásokat a referenciaközlemény tartalmazza.) Az eddigi vizsgálatok során a laparoszkópos műtétek alatt szándékosan fenntartott mély blokk és a felszínesebb, a rutinyakorlatban alkalmazott izomrelaxációs stratégiák összehasonlítására ezt az értékelőskálát használták. Számos összefoglaló vizsgálat és közelmúltban megjelent metaanalízis tanúsága szerint [15–18] egyértelműnek mondható, hogy a mély neuromuscularis blokk javítja a sebészi látótérrel laparoszkópos műtétek során. Ha a kérdést sebészi területek szerint vizsgáljuk, akkor valamilyen beavatkozástípus esetén egyértelmű, hogy a nőgyógyászati [19–21], a felső hasi [22–24] és az urológiai [25, 26] laparoszkópos beavatkozások esetén a műtétechnika a sajátosságai (látótér, a hasfal feszülése stb.) szempontjából sokkal jobb feltételeket biztosít, és az is nyilvánvaló, hogy a mély neuromuscularis blokk az optimális sebészi látótér szempontjából kedvezőbb, mint a beavatkozáshoz alkalmazott mérsékelt blokk.

Külön ki kell emelni annak a retrospektív analízisnek a megállapítását, amely szerint a folyamatosan fenntartott mély neuromuscularis blokk különösen súlycsökkentő céllal végzett (bariátriai) műtétek esetén jelentős mértékben és egyértelműen csökkenti a Clavien–Dindo-klasszifikáció szerinti sebészi szövődmények számát [27]. Emellett a sebészi feltételek egyik fontos eleme a megfelelő látótéren kívül az is, hogy a mély neuromuscularis blokk alkalmazásával és folyamatos fenntartásával egyértelműen elkerülhetők a műtéti beavatkozást zavaró akaratlan izommozgások [18].

Csökkenthetők-e a laparoszkópos beavatkozással kapcsolatos nem sebészi szövődmények és mellékhatások a mély neuromuscularis blokk alkalmazásával?

Amint fentebb részletesen ismertettük, az intra- és posztoperatív mellékhatások jelentős részének hátterében az insufflatiót követő intraabdominalis nyomásemelkedés áll. A mély neuromuscularis blokk alkalmazásának egyik javallata éppen az, hogy lehetővé tegye egy kisebb, de még a sebészi látótér szempontjából elfogadható intraabdominalis nyomás alkalmazását a laparoszkópos beavatkozások során. A legtöbb vizsgálatban definíciószerűen a 10 Hgmm alatti nyomást tekintik megfelelő nyomásnak, értéke az egyes vizsgálatok során 6–10 Hgmm között változik.

Ami az intraoperatív hemodinamikai változásokat illeti, a vizsgálatok tanúsága szerint az intraperitonealis tér insufflatióját követően mind a stroke-volumen, mind a „cardiac output” jelentős és összehasonlítható mértékben csökkent mély neuromuscularis blokk és kisebb intraabdominalis nyomások alkalmazása esetén [28, 29]. Az alapvető különbség az, hogy nagyobb intraabdominalis nyomás esetén a stroke-volumen csökkenése tartósan megmarad, míg kis nyomás esetén az insufflatiót követően a kiindulási értékhez képest 10%-os emelkedés figyelhető meg. Egészséges cardiovascularis statusszal rendelkező betegekben ezek a változások érdemben még nagyobb nyomásértékek mellett sem befolyásolják a szív- és érrendszeri statust a beavatkozás során, de bizonyos, kis szívpumpa-funkciójú betegekben (például szívsebészeti műtétek előtti vagy góctalanítási céllal végzett laparoszkópos beavatkozások) minden bizonnyal érdemes ezeket az élettani változásokat is figyelembe venni.

A mély neuromuscularis blokk laparoszkópos műtétek esetén kedvező hatást gyakorol a műtét alatt alkalmazott lélegeztetés során a belégzési csúcsnyomásra. Ezt a megfigyelést laparoszkópos colorectalis sebészeti beavatkozások, valamint robotasszisztált technikával végzett radikális prostatectomiák esetén is kimutatták [6, 26]. *Cho és mtsai* vizsgálataikban arra is rámutattak, hogy a légzési compliance a mély neuromuscularis blokkal lehetővé tett kisebb intraabdominalis nyomásérték alkalmazása mellett jelentősebb, mint a standard, szokványos 12 Hgmm-es nyomás mellett [30].

Egyes irodalmi adatok szerint elsősorban a jobb oldali lapockára lokalizálódó vállfájdalom a laparoszkópos műtéteket követően 30–50%-ban fordul elő. Egy közelmúltban megjelent metaanalízis tanúsága szerint a kis intraabdominalis nyomás alkalmazása szignifikánsan csökkenti a 24 órás vállfájdalom intenzitását, de nem befolyásolja a 48 órás fájdalom erősségét [18].

Noha a mély neuromuscularis blokk alkalmazása nem volt hatással a betegek sebészi szövődményeinek gyakoriságára, a vérveszteség mennyiségére és a kórházi tartózkodás időtartamára sem [18], összességében mégis azt kell mondani, hogy a lehetséges szövődmények csökkentése pozitív hatással van a betegek gyógyulására és a betegelégedettségre [31].

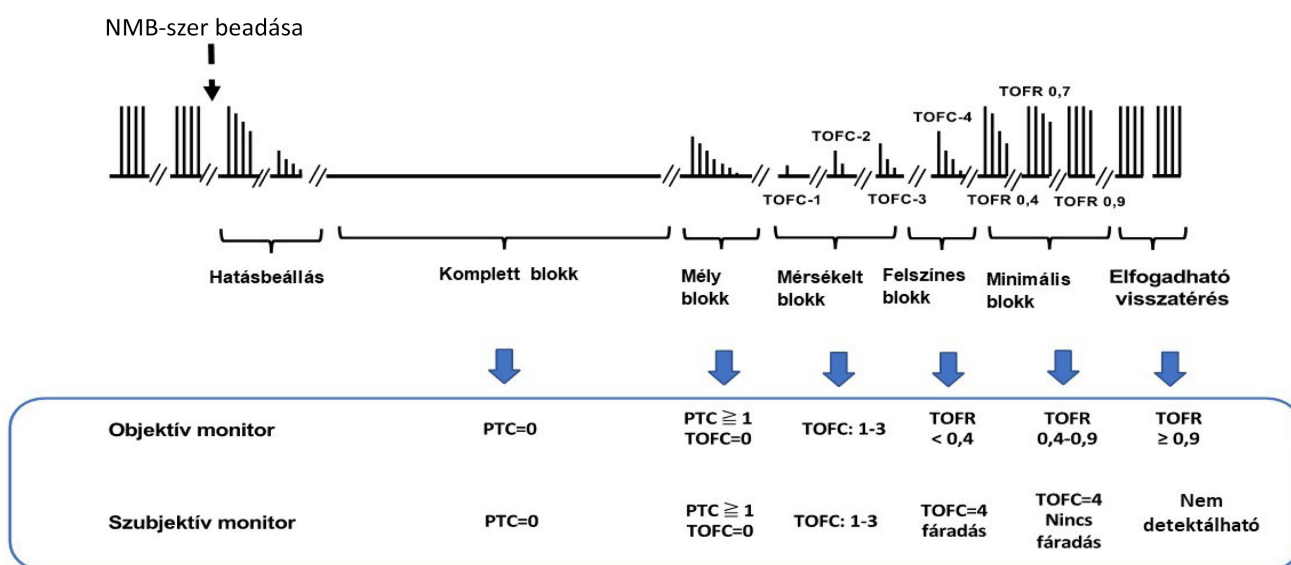
A mély neuromuscularis blokk technikai feltételei és kivitelezése

A neuromuscularis monitorozás alapfogalmai, a mély neuromuscularis blokk definíciója

A mély neuromuscularis blokk elsődleges célja a harántcsíktal izomzat teljes relaxációjának biztosítása a műtéti beavatkozások során. A műtét alatti izomműködés objektív megítélésére az utóbbi évtizedekben egyre szélesebb körben elterjedt neuromuscularis monitorok szolgálnak. Ezek lényege az, hogy általában a n. ulnaris ingerlését követően a hüvelykujj abduktorainak izomösszehúzódásait tanulmányozzuk. Az izomműködésnek az ingerlést követő regisztrálása történhet vizuálisan vagy tapintással való érzékelés útján, ebben az esetben szubjektív monitorokról beszélünk. Az objektív monitorok esetén a n. ulnaris négyes ingerlését követően az izomkontrakciók regisztrálása felszíni elektrodák segítségével (EMG-alapú monitorok) vagy valamilyen mechanikus szenzor közbeiktatásával, az elmozdulás erejét vagy annak gyorsaságát regisztrálva (akceleromiográfiás vagy mechanomiográfiás monitorok) történik. A műtét alatti izomrelaxáció különböző mélységi fázisainak meghatározása elsősorban az objektív monitorok alkalmazásával történik. Az izomműködés egyes fázisait az izom-

relaxánsok használatát követően sematikus az 1. ábrán foglaltuk össze [13].

A műtét kezdeti fázisában, az izomrelaxáns hatás beállításánál idején a négyes idegi ingerlések során a stimulációt követően fokozatosan tűnik el az izomkontrakció. Amikor a hatás teljes, és kialakul az izomrelaxáció, akkor a négyes ingerlés hatására a regisztrált izmon semmilyen kontrakció nem észlelhető. Jellemzően ilyenkor a készülékkel tetanizáló ingerlést is végzünk, és amennyiben a tetanizáló ingerlésre sem alakul ki izomválasz, akkor a posttetaniás szám 0. Ezt a fázist nevezzük az izomrelaxáció komplett blokk fázisának. Amikor az izomrelaxáns molekula fokozatosan elkezd lediffundálni a neuromuscularis junctio acetil-kolin-receptoráról, a tetanizáló ingerlést követően már különböző számú kontrakció regisztrálható. Attól függően beszélünk posttetaniás számról (posttetanic count – PTC), hogy ilyenkor a tetanizálást követően hány izomválaszt észlelünk. A mély blokk elsődleges jellemzője az, hogy tetanizálásra már legalább 1 izomválasz van (PTC >1), ugyanakkor a négyes ingerlésre (TOF = train of four) még nincs izomválasz, azaz a TOF-szám (TOF count = TOFC) 0 marad. Az izomrelaxáns hatásának fokozatos eltűnésével párhuzamosan a négy ingerlés hatására fokozatosan tér vissza mind a négy izomkontrakció. Ilyenkor beszélünk TOFC 1–4-ről, a kontrakciók számától függően. Amikor mind a 4 izomválasz visszatér, TOFC 4-ről beszélünk, ilyenkor az objektív monitor azt is meghatározza, hogy milyen a négyes ingerlés során az első és a negyedik izomválasz százalékos aránya. Ez a fogalom a TOF-arány (TOF ratio – TOFR). Klinikai vizsgálatok tanúsága és az ajánlások alapján az izomműködés műtét előtti erejének biztonságos visszatéréséhez legalább TOFR 0,9 szükséges (azaz a negyedik inger által kiváltott izomválasz az első inger által kiváltottnak a 90%-a).



1. ábra | A neuromuscularis blokk fokozatai és a monitorozás során mért paraméterek (módosítva Fuchs-Buder et al. [13] után)
NMB = neuromuscularis blokkoló; PTC = posttetaniás szám; TOFC = négyes ingerlési szám; TOFR = négyes ingerlési arány

A mély neuromuscularis blokk gyakorlata laparoszko­pos műtét­ek­hez

A mély neuromuscularis blokk biztosításához az izomrelaxánsokat alkalmazhatjuk bolusban vagy folyamatos, perfúzoros adagolással. Mindkét esetben indokolt a folyamatos neuromuscularis monitorozás, de különösen igaz ez a közepesen hosszú hatású szerek (rokuronium, atracurium, ciszatrakurium és vekuronium) bolusban történő alkalmazása esetén. Tekintettel arra, hogy a laparoszko­pos műtét­ek nagyobb hányada általában hosszabb, mint a közepes hatástartamú izomrelaxánsok által biztosított mély blokk tartama, saját gyakorlatunkban előszeretettel alkalmazzuk a hosszú hatású pipekuroniumot (Arduan) a mély blokk intraoperatív fenntartásához.

A neuromuscularis blokkolószer megválasztásakor fontos szempont, hogy a relaxáns hatás hatékonyan és biztonságosan felfüggeszthető legyen a laparoszko­pos beavatkozás végén, lehetőleg minél hamarabb. Az utóbbi évtizedben a szteránvázis izomrelaxánsok (rokuronium, vekuronium, pipekuronium) felfüggesztésében rendelkezésre álló szugammadex megjelenése elsősorban ezek alkalmazását hozta előtérbe, mert a műtét végén néhány percen belül képesek az izomrelaxáns hatás teljes felfüggesztésére. A felfüggesztéshez szükséges dózis attól függ, hogy a műtét végén milyen mélységű a neuromuscularis blokk. Rokuronium alkalmazása esetén a blokk mélységétől függő szugammadex- és neosztigmin-dózisokat az 1. táblázatban foglaltuk össze [32]. A táblázatban az is látható, hogy amennyiben a laparoszko­pos műtét végén, a desufflatiót követően komplett vagy mély neuromuscularis blokk áll fenn, akkor a korábban rutin-szerűen alkalmazott felfüggesztőszer, a neosztigmin nem alkalmas a felfüggesztésre, hanem várakozni kell, ameddig az izomrelaxáns hatása az enyhe blokk szintjére mérséklődik. A gyakorlatban ezért mondhatjuk a benzil-

izokinolin izomrelaxánsokra (atracurium, ciszatrakurium) azt, hogy kevésbé alkalmasak a mély blokkban végzett laparoszko­pos műtét­ekre. Amennyiben ugyanis valóban a műtét beavatkozás végéig mély blokkot tartunk fenn, ezek felfüggesztéséhez kizárólag neosztigmin alkalmazható, de ez a szer akkor, ha a műtét végén komplett vagy mély blokk áll fenn, még ellenjavallt. Ennek következtében a műtét végén ezekben az esetekben is várakozás szükséges, ameddig az izomrelaxáció enyhe fokozatúvá válik. A felfüggesztésnek ezek a jellegzetességei arra is felhívják a figyelmet, hogy az izomműködés monitorozása nélkül sem mély blokk fenntartása, sem pedig biztonságos felfüggesztés nem lehetséges.

Saját gyakorlatunkban a mély blokk tartós fenntartására mind a laparoszko­pos, mind a robotasszisztált műtét­ek esetén a hosszú hatású pipekuroniumot részesítjük előnyben. Ennek előnye, hogy az egyszeri intubációs dózis (0,09 mg/kg) pipekuronium inhalációs anesztetikummal együtt adva nagyjából 50–55 percen keresztül képes mély blokk biztosítására. Amennyiben a beavatkozás a mély blokk további fenntartását igényli, akkor ez 0,01–0,02 mg/kg ismételt dózissal biztosítható. A pipekuronium megválasztásakor a hosszú hatása mellett az is szempontként szerepelhet, hogy a szugammadex affinitása a szerhez 4-szerese a rokuroniumhoz való affinitásnak, ennek köszönhetően 2 mg/kg dózissal néhány percen belül teljesen felfüggeszthető az izomrelaxáció [33, 34].

A reziduális neuromuscularis blokk mint az izomrelaxánsok legjelentősebb lehetséges mellékhatása

Klinikai jelentősége miatt külön kell foglalkoznunk a reziduális neuromuscularis blokk jelentőségével, különösen azért, mert a folyamatos mély blokk biztosítását követően ennek felismerése elengedhetetlen. Döntően az 1970-es évekig elfogadott volt, hogy bizonyos klinikai jelek megléte esetén a beteg a műtét végén különösebb szövődmények nélkül extubálható. Különböző klinikai jeleket vettek figyelembe, ezek közül a fej emelése és megtartása 5 másodpercig, a kéz szorítóerejének megtartása 5 másodpercig, a szemnyitás képessége, beszéd-képesség, a nyelv kinyújtásának képessége, a spontán légzési térfogat visszatérése voltak a leggyakoribbak. Később ezekről igazolódott, hogy TOFR 0,7 alatt ezeknek a funkcióknak a visszatérése csak nagyon kis arányban következik be [35], és az elmúlt időszak összehasonlító vizsgálatainak tanúsága szerint ezeknek a klinikai tüneteknek a szenzitivitása a TOFR 0,9-es visszatérés felismerésében 30% alatt van [36]. Érdekeség, hogy – egyébként a nemzetközi felmérésekkel összhangban – a hazai aneszteziológusok közel egynegyede továbbra is megbízhatónak ítéli a klinikai jeleket a reziduális neuromuscularis blokk kizárására és az extubációról való döntéshozatal során [37].

1. táblázat | A rokuroniumblokk felfüggesztéséhez alkalmazható szugammadex- és neosztigmindózisok, a neuromuscularis blokk mélységének függvényében

	Szugammadexdózis	Neosztigmindózis
Komplett blokk PTC: 0, TOFC: 0	16 mg/kg	Nem javasolt
Mély blokk PTC >1, TOFC: 0	4–8 mg/kg	Nem javasolt
Enyhe blokk TOFC: 1–3	2 mg/kg	50–70 µg/kg
Felszínes blokk TOFC: 4, TOFR: 0,1–0,4	2 mg/kg	50 µg/kg
Mínimális blokk TOFC: 4, TOFR: >0,4 – <0,9	2 mg/kg	20 µg/kg
Teljes visszatérés TOFC: 4, TOFR: >0,9	–	Nem javasolt

PTC = posttetaniás szám; TOFC = négyes ingerlési szám; TOFR = négyes ingerlési arány

2. táblázat | A különböző mélységű reziduális neuromuscularis blokkok a műtét végén és az egyidejűleg megfigyelhető klinikai tünetek

TOFR 0,7 alatt	TOFR 0,8 alatt	TOFR 0,9 alatt
Generalizált izomgyengeség (kettős látás, nyelés- és beszédzavar, a végtagizmok gyengesége)	A felső garatizmok működésének összerendezettsége nem megfelelő	Posztoperatív hypoxaemia
Csökkenett légzési 'drive'	Nyelési nehezítettség	A felső oesophagus sphincter záródásának zavara
A posztoperatív tüdőszövődmények emelkedett száma	Az aspirációs rizikó fokozott	Felső légúti elzáródás veszélye a posztoperatív őrzőbe szállítás során
	A felső légút obstrukciója légvételtkor (főleg belégzési fázisban)	Az extubatio elhúzódása
	A felső légúti volumen csökkenése	

TOFR = négyes ingerlési arány

A neuromuscularis funkció vizsgálatára alkalmas monitorok bevezetését követően lehetővé vált a különböző klinikai tünetek és az egyidejűleg objektív monitorok segítségével mért TOFR összehasonlítása is. A legfontosabb eredményeket *Murphy és Brull* összefoglaló közleményéből adaptálva a 2. táblázatban foglaltuk össze [36].

Az elmúlt évtizedek klinikai vizsgálatai alapján a biztonságos extubációt lehetővé tevő neuromuscularis blokk mélységének határát a szakirodalom TOFR 0,9-nél húzza meg, ez alatti TOFR esetén reziduális neuromuscularis blokkról beszélhetünk.

A klinikai vizsgálatok eredményei alapján eléggé egyértelműnek tűnik, hogy a hypoxaemiás események és a posztoperatív légúti elzáródás lényegesen gyakoribb reziduális neuromuscularis blokk esetén [38, 39]. Egy multicentrikus tanulmány azt is megállapította, hogy TOFR 0,9 alatt történő extubálás esetén nemcsak a kezelést igénylő légzési mellékhatások gyakoribbak, hanem a kényszerű reintubációkra is lényegesen gyakrabban van szükség [40]. Egy, a kérdést más oldalról megközelítő vizsgálat tanúsága szerint a posztoperatív időszakban jelentkező légzési elégtelenségek gyakorisága reziduális neuromuscularis blokk esetén 6,4-szeres [41]. A *Patrocinio és mtsai* által végzett, nagy esetszámú retrospektív analízisben a betegek extubációja 60%-ban TOFR 0,9 alatt történt meg, és a posztoperatív légzési szövődmények gyakorisága 4,9% volt [42]. Hangsúlyozni szükséges, hogy e posztoperatív légzési szövődmények nagyjából 5%-os aránya nagy populációs szinten nem tűnik ugyan nagyinak (bár 100 betegből potenciálisan 5-öt érinthet), bizonyos rizikópopulációk tagjainál (idősek, alvási apnoe szindrómában szenvedők), akikben a felső légutak összeesése a posztoperatív szakban gyakoribb, és kompenzációs lehetőségeik is korlátozottabbak, ez az arány lényegesen nagyobb is lehet [43–45].

Következtetés

A mély neuromuscularis blokk alkalmazása a jelenlegi evidenciák szerint lehetővé teszi a kis intraabdominalis nyomás alkalmazását laparoszkópos beavatkozások ese-

tén. A módszer előnye, hogy nem befolyásolja hátrányosan a sebési látóteret, ugyanakkor segítségével a nagy cardiovascularis kockázatú betegeken is biztonságosan végezhető a laparoszkópos beavatkozás. A technika alkalmazásának feltétele a folyamatos neuromuscularis monitorozás és a műtét végén a megfelelő izomrelaxáló felfüggesztőszer alkalmazása. Ezek személyi és tárgyi feltételeinek megteremtése (objektív neuromuscularis monitor a műtétben, képzett aneszteziológiai személyzet) alapvető a biztonságos kivitelezéshez. A laparoszkópos műtétek számának ugrásszerű növekedése és a robotasszisztált technika fokozatos térnyerése mellett a beavatkozások utáni jobb kimenetel érdekében az interdiszciplináris együttműködés elengedhetetlen.

Anyagi támogatás: A kutatómunka és a kézirat elkészítése anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: A. L.: Az irodalom gyűjtése, kéziratírás, a közlemény ellenőrzése a benyújtás előtt, ábrászerkesztés. K. Zs., Sz.-M. Z., F. O., T. D.: Kéziratírás, a közlemény ellenőrzése a benyújtás előtt. F. B.: Konceptió, a dolgozat írása, ellenőrzése és szerkesztése a benyújtás előtt, ábrászerkesztés. A közlemény végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] St John A, Caturegli I, Kubicki NS, et al. The rise of minimally invasive surgery: 16 year analysis of the progressive replacement of open surgery with laparoscopy. *J Soc Lapar Robot Surg.* 2020; 24: e2020.00076.
- [2] Sztípiás T, Mészáros P, Dubóczki Z, et al. Comparison of open and laparoscopic minor liver resections for malignant tumors – based on the experience of the first 50 cases. [Malignus májdaganatok miatt végzett laparoszkópos minor reszekciók eredményei az első 50 eset kapcsán.] *Orv Hetil.* 2019; 160: 104–111. [Hungarian]
- [3] Fadgyas B, Garai GI, Óri D, et al. Appendectomy in children: laparoscopic or open approach? [Appendectomy in children: laparoscopic or open approach?]

- ban: laparoszkópia vagy nyitott műtét?] *Orv Hetil.* 2024; 165: 742–746. [Hungarian]
- [4] Németh G. Indications and methods of hysterectomy. [A méheltávolítás javallatai és módszerei.] *Orv Hetil.* 2014; 155: 1152–1157. [Hungarian]
- [5] Kanyári Z, Kincses Z, Orosz L, et al. Increasing dominance of laparoscopic techniques in the surgery of the spleen in hematologic syndromes. [A laparoszkópia elterjedése a lépsebészeten hematológiai kórképek esetén.] *Magy Seb.* 2006; 59: 7–11. [Hungarian]
- [6] Flaskó T, Tóth G, Benyó M, et al. A new technical approach for extraperitoneal laparoscopic bladder diverticulectomy. *J Laparosc Adv Surg Tech A.* 2007; 17: 659–661.
- [7] Atkinson TM, Giraud GD, Togioka BM, et al. Cardiovascular and ventilatory consequences of laparoscopic surgery. *Circulation* 2017; 135: 700–710.
- [8] Sárkány P, Lengyel S, Nemes R, et al. Non-invasive pulse wave analysis for monitoring the cardiovascular effects of CO₂ pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy – a prospective case-series study. *BMC Anesthesiol.* 2014; 14: 98.
- [9] Kim MH, Lee KY, Lee KY, et al. Maintaining optimal surgical conditions with low insufflation pressures is possible with deep neuromuscular blockade during laparoscopic colorectal surgery: a prospective, randomized, double-blind, parallel-group clinical trial. *Medicine (Baltimore)* 2016; 95: e2920.
- [10] Bisgaard T, Kehlet H, Rosenberg J. Pain and convalescence after laparoscopic cholecystectomy. *Eur J Surg.* 2001; 167: 84–96.
- [11] Tsai HW, Wang PH, Yen MS, et al. Prevention postlaparoscopic shoulder and upper abdominal pain: a randomized controlled trial. *Obstet Gynecol.* 2013; 121: 526–531.
- [12] Wetter PA, Kavic MS, Levinson CJ, et al. (eds.) Prevention & management of laparoendoscopic surgical complications. 2nd ed. Society of Laparoendoscopic Surgeons, Miami, FL, 2005.
- [13] Fuchs-Buder T, Brull SJ, Fagerlund MJ, et al. Good clinical research practice (GCRP) in pharmacodynamic studies of neuromuscular blocking agents III: the 2023 Geneva revision. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2023; 67: 994–1017.
- [14] Torensma B, Martini CH, Boon M, et al. Deep neuromuscular block improves surgical conditions during bariatric surgery and reduces postoperative pain: a randomized double blind controlled trial. *PLoS ONE* 2016; 11: e0167907.
- [15] Bruintjes MH, van Helden EV, Braat AE, et al. Deep neuromuscular block to optimize surgical space conditions during laparoscopic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2017; 118: 834–842.
- [16] Richebé P, Boussette N, Fortier LP. A narrative review on the potential benefits and limitations of deep neuromuscular blockade. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2021; 40: 100915.
- [17] Park SK, Son YG, Yoo S, et al. Deep vs. moderate neuromuscular blockade during laparoscopic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Anaesthesiol.* 2018; 35: 867–875.
- [18] Liu S, He B, Deng L, et al. Does deep neuromuscular blockade provide improved perioperative outcomes in adult patients? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLOS ONE* 2023; 18: e0282790.
- [19] Chen BZ, Tan L, Zhang L, et al. Is muscle relaxant necessary in patients undergoing laparoscopic gynecological surgery with a ProSeal LMA? *J Clin Anesth.* 2013; 25: 32–35.
- [20] Williams MT, Rice I, Ewen SP, et al. A comparison of the effect of two anaesthetic techniques on surgical conditions during gynaecological laparoscopy. *Anaesthesia* 2003; 58: 574–578.
- [21] Dubois PE, Putz L, Jamart J, et al. Deep neuromuscular block improves surgical conditions during laparoscopic hysterectomy: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol.* 2014; 31: 430–436.
- [22] Boon M, Martini CH, Aarts LP, et al. Deep neuromuscular block and surgical conditions during bariatric surgery. *Anesth Analg.* 2017; 124: 2094–2095.
- [23] Staehr-Rye AK, Rasmussen LS, Rosenberg J, et al. Surgical space conditions during low-pressure laparoscopic cholecystectomy with deep versus moderate neuromuscular blockade: a randomized clinical study. *Anesth Analg.* 2014; 119: 1084–1092. Erratum: *Anesth Analg.* 2015; 120(4): 957.
- [24] Arumugaswamy PR, Chumber S, Rathore YS, et al. Low-pressure pneumoperitoneum with deep neuromuscular blockade versus standard pressure pneumoperitoneum in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy for gallstone disease: a non-inferiority randomized control trial. *Surg Endosc.* 2024; 38: 449–459.
- [25] Koo CH, Chung SH, Kim BG, et al. Comparison between the effects of deep and moderate neuromuscular blockade during transurethral resection of bladder tumor on endoscopic surgical condition and recovery profile: a prospective, randomized, and controlled trial. *World J Urol.* 2019; 37: 359–365.
- [26] Koo CH, Park I, Ahn S, et al. Effect of neuromuscular blockade on intraoperative respiratory mechanics and surgical space conditions during robot-assisted radical prostatectomy: a prospective randomized controlled trial. *J Clin Med.* 2021; 10: 5090.
- [27] Mulier JP, Dillemans B. Anaesthetic factors affecting outcome after bariatric surgery, a retrospective levelled regression analysis. *Obes Surg.* 2019; 29: 1841–1850.
- [28] Dexter SP, Vucevic M, Gibson J, et al. Hemodynamic consequences of high- and low-pressure capnoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 1999; 13: 376–381.
- [29] Wallace DH, Serpell MG, Baxter JN, et al. Randomized trial of different insufflation pressures for laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg.* 1997; 84: 455–458.
- [30] Cho YJ, Paik H, Jeong SY, et al. Lower intra-abdominal pressure has no cardiopulmonary benefits during laparoscopic colorectal surgery: a double-blind, randomized controlled trial. *Surg Endosc.* 2018; 32: 4533–4542.
- [31] Fülesdi B, Asztalos L, Tassonyi E. Deep neuromuscular block facilitates laparoscopic surgery or probably does not? *Turk J Anaesthesiol Reanim.* 2018; 46: 73–74.
- [32] Brull SJ, Kopman AF. Current status of neuromuscular reversal and monitoring: challenges and opportunities. *Anesthesiology* 2017; 126: 173–190.
- [33] Tassonyi E, Asztalos L, Szabó-Maák Z, et al. Reversal of deep pipecuronium-induced neuromuscular block with moderate versus standard dose of sugammadex: a randomized, double-blind, noninferiority trial. *Anesth Analg.* 2018; 127: 1344–1350.
- [34] Fábrián ÁI, Tassonyi E, Csernoch V, et al. Carboxymethyl- γ -cyclodextrin, a novel selective relaxant binding agent for the reversal of neuromuscular block induced by aminosteroid neuromuscular blockers: an ex vivo laboratory study. *BMC Anesthesiol.* 2021; 21: 206.
- [35] Brand JB, Cullen DJ, Wilson NE, et al. Spontaneous recovery from nondepolarizing neuromuscular blockade: correlation between clinical and evoked responses. *Anesth Analg.* 1977; 56: 55–58.
- [36] Murphy GS, Brull SJ. Residual neuromuscular block: lessons unlearned. Part I: definitions, incidence, and adverse physiologic effects of residual neuromuscular block. *Anesth Analg.* 2010; 111: 120–128.
- [37] Fedor M, Fónyad B, Nemes R, et al. Evaluation of monitoring and reversal habits of neuromuscular blockade by anesthesiologists in Hungary. [Az izomrelaxáció műtét alatti monitorozási és felfüggesztési gyakorlata a hazai aneszteziológusok körében.] *Orv Hetil.* 2024; 165: 574–583. [Hungarian]
- [38] Martínez-Ubieto J, Ortega-Lucea S, Pascual-Bellosta A, et al. Prospective study of residual neuromuscular block and postoperative respiratory complications in patients reversed with neostigmine versus sugammadex. *Minerva Anesthesiol.* 2016; 82: 735–742.
- [39] Murphy GS, Szokol JW, Marymont JH, et al. Intraoperative acceleromyographic monitoring reduces the risk of residual neuro-

- muscular blockade and adverse respiratory events in the postanesthesia care unit. *Anesthesiology* 2008; 109: 389–398.
- [40] Errando CL, Garutti I, Mazzinari G, et al. Residual neuromuscular blockade in the postanesthesia care unit: observational cross-sectional study of a multicenter cohort. *Minerva Anesthesiol.* 2016; 82: 1267–1277.
- [41] Xará D, Santos A, Abelha F. Adverse respiratory events in a post-anesthesia care unit. *Arch Bronconeumol.* 2015; 51: 69–75.
- [42] Patrocínio MD, Shay D, Rudolph MI, et al. REsidual neuromuscular block Prediction Score versus train-of-four ratio and respiratory outcomes: a retrospective cohort study. *Anesth Analg.* 2021; 133: 610–619.
- [43] Fülesdi B, Brull SJ. Quantitative neuromuscular monitoring: “Love all, trust a few, do wrong to none”. *Anesth Analg.* 2022; 135: 35–38.
- [44] Ledowski T, Szabó-Maák Z, Loh PS, et al. Reversal of residual neuromuscular block with neostigmine or sugammadex and postoperative pulmonary complications: a prospective, randomised, double-blind trial in high-risk older patients. *Br J Anaesth.* 2021; 127: 316–323.
- [45] Brull SJ, Fülesdi B. Residual neuromuscular block in vulnerable patients: obesity, obstructive sleep apnea and postoperative pulmonary complications. *Rev Esp Anesthesiol Reanim (Engl ed).* 2019; 66: 237–240.

(Fülesdi Béla dr.,
Debrecen, Nagyerdei krt. 98., 4032
e-mail: fulesdi@med.unideb.hu)

„Tuta viam omnium tutissima.”
(Mindig a járt út a veszélytelenebb.)

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)