

Gäller för: Flera enheter - se eftersättsblad

Giltig från: 2026-01-20

Innehållsansvar: Noémi Szabó-Némedi, (nomsz1), Överläkare

Giltig till: 2028-01-20

Godkänd av: Peter Dahm, (petda5), Verksamhetschef

Neuromuskulär monitorering och reversering

Förändringar sedan föregående version

Omfattande uppdatering. Rekommendation för Sugammadex som förstahandsval för reversering av rokuroniums neuromuskulära blockad.

Syfte

Att säkerställa god och enhetlig arbetsrutin för övervakning av patienter som fått Rokuronium, förenligt med gällande europeisk rekommendation. För barn vgs. [Rutin Muskelrelaxantia och reversering, användning på Op1 Barn](#)

Innehållsförteckning

Arbetsbeskrivning	1
Teoretiska principer av monitorering	1
Mättekniker: AMG vs. EMG.....	3
Muskelrelaxantia	5
Huvudprinciper för vardagsbruk	6
Reversering.....	7
Referenser.....	9
Granskare.....	10

Arbetsbeskrivning

Teoretiska principer av monitorering

Vid stimulering av en perifer motorisk nerv med en elektrisk kvadratimpuls genereras ett muskulärt svar enligt "allt eller inget"-principen. Kontraktionskraften och intensiteten korrelerar med antalet effektivt stimulerade muskelfibrer. Vid

adekvat supramaximal stimulus rekryteras samtliga innerverade muskelfibrer, vilket resulterar i ett maximalt motoriskt svar.

Inom neuromuskulär monitorering förordas användning av **supramaximala stimuli** (nivåer 15–20 % över det tröskelvärde där maximalt svar uppnås) för att säkerställa reproducerbara mätvärden och minimera artefakter. Vid kalibrering nyttjar monitorn *single twitch*-stimulering för att fastställa optimal strömstyrka.

Single twitch stimulering kan användas för att utvärdera depolariserande muskelrelaxantia (succinylkolin) effekt.

Vid **Train-Of-Four (TOF)**-stimulering avges fyra sekventiella impulser för att inducera muskelkontraktioner. Vid tilltagande icke-depolariserande neuromuskulär blockad ses en gradvis reduktion av amplituden i de efterföljande svaren i förhållande till det första, ett fenomen benämnt "**fade**". **TOF-ratio (TOFR)** definieras som kvoten mellan den fjärde (T4) och den första (T1) kontraktionens amplitud och uttrycks som ett decimaltal eller i procent.



I takt med fördjupad blockad försvinner svaren i omvänd ordning. Antalet detekterbara kontraktioner – **TOF-count (TOFC)** – fungerar som en indikator på blockadens intensitet.



Vid djup neuromuskulär blockad (TOFC 0) kan graden av muskelavslappning kvantifieras via **Post-Tetanic Count (PTC)**.

Vid tetanisk stimulering appliceras 50 Hz under 5 sekunder, följt av en 3 sekunders paus innan single twitch-stimulering återupptas. Antalet svar efter den tetaniska impulsen utgör PTC-värdet. Som klinisk riktlinje gäller att vid PTC 1 förväntas återkomst av det första TOF-svaret efter ca 30 minuter; ett högre PTC-värde indikerar en snabbare regress av blockaden. Då tetanisk stimulering inducerar en transient lokal potentiering bör TOF-monitorering pausas i minst 2 minuter efter utförd PTC-mätning för att undvika falskt positiva värden.



Mättekniker: AMG vs. EMG

Acceleromyografi (AMG)

Acceleromyografen mäter acceleration baserat på Newtons andra lag. En teknisk begränsning med AMG är risken för "reverse fade", där utgångsvärdet för TOF överstiger 100 %, vilket reducerar mätningens reliabilitet. För att optimera precisionen bör monitoreringen påbörjas preoperativt för att etablera ett referensvärde (normalisering). Om baslinjen exempelvis är 120 %, krävs ett normaliserat värde på minst 108 % (motsvarande 90 % av referensvärdet) för säker extubation.

Vid utebliven kalibrering kan acceleromyografen ändå användas med 60mA stimulation, så monitorn kan användas nästan lika effektivt även utan den själva kalibreringen.

TOF mätning på ulnarisnerven med acceleromyografi

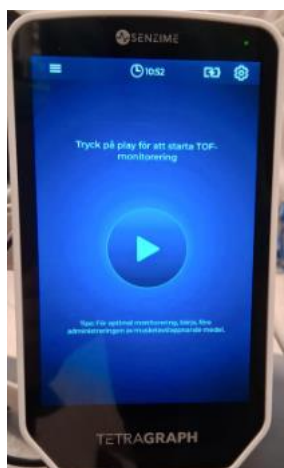


N. ulnaris - m.adduktor pollicis

1. Förbered huden noggrant. Rengör med alkohollösning och gnugga. (hudtemp bör vara över 32 grader)
2. Armen bör roteras utåt, tummen ska ha fri rörelse.
3. Accelerometern tejpas fast på insidan tummen.
4. Elektroder enligt bild ovan med den svarta elektroden över ulnarisnerven strax proximalt om handleden.
5. Den röda elektroden placeras 2,5-4 cm (se bild) mellanrum till den svarta elektroden.
6. TOF värdet som uppmäts på tummen är en tillförlitlig indikator på patientens förmåga att hålla sin luftväg fri. (m.adduktor pollicis och m.genioglussos är lika känsliga mot muskelrelaxantia)

Elektromyografi (TetraGraf)

Elektromyografen (EMG) registrerar den sammansatta aktionspotentialen (CMAP) i målmuskeln. Metoden är oberoende av muskelns rörelseomfång, vilket gör den mindre känslig för mekaniska störningar jämfört med AMG. EMG uppvisar en stabil baslinje kring 100 %, varför normalisering sällan är indicerad. TetraGrafen har en specialtryckt elektromyografisk elektrodmatris (TetraSens) som kan kopplas till handen på olika sätt (helst till tummen-bästa resultat). Tejpa på TetraSens både på underarmen och hypotenarområdet! Tryck "AUTO" knapp när patienten är nedsövd. Vid "AUTO" mode utförs kalibrering automatiskt under 30 sekunder och varefter TOF monitoreringen påbörjas direkt.



Muskelrelaxantia

Depolariserande muskelrelaxantia- Succinylkolin (Celocurin 50 mg/ml)

Succinylkolin består av två sammanfogade acetylkolinmolekyler som binder till de två α subenheter av nikotinerga acetilkolin receptorer och inducerar en allmän, desorganiserad muskelkontraktion, så kallad fascikulationer. Membranen blir oemottagliga för nya impulser, och därmed uppnås en kortvarig slapp muskelparalys (**fas I block, desensitisationsblock**). Denna typ av blockad kan monitoreras med single twitch stimulation.

Under fortsatt tillförsel av succinylkolin minskar den initiala depolarisationen av ändplattan och repolarisation av membranerna sker, vilket liknar bilden av ett kompetitivt block. Acetylkolin kan då ej depolarisera membranerna så länge succinylkolin är närvarande (**fas II block**). Även från fas II block bör **spontan återhämtning** avvaktas.

7. Dosering: **1,0–1,5 mg/kg.**

8. Anslagstid: **30–60 sekunder**.
9. Duration: **2–6 minuter**.

Succinylkolin hydrolyseras snabbt via plasmapseudokolinesteras.

Pseudokolinesterasbrist (autosomal recessiv nedärvd typ eller förvärvad typ vid leversvikt/malnutrition) kan förlänga succinylkolinseffekt och leder till fas II block.

Kontraindikationer: Malign hypertermi, hyperkalemi, immobilisering, muskelsjukdomar samt brännskador (>24h).

Ickedepolariserande, kompetitiv muskelrelaxantia

Rokuronium

Rokuroniumbromid är en steroidbaserad molekyl.

10. Normal induktionsdos är **0,6 mg/kg**, efter denna dos är förväntad **anslagstid 1,5-2 minuter** och verkningstid är **30-50 minuter**.
11. **För RSI** används en dos på **0,9–1,2 mg/kg**, vilket ger goda intubationsförhållanden inom **1 minut**.
12. På IVA kan **kontinuerlig infusion** användas hos svårventilerade patienter med **0,3-0,6 mg/kg/t** hastighet – TOF monitorering bör användas för att optimera doseringen.

Biverkningar: flush, histamin frisättning, blodtrycksfall. Fördröjd effekt vid lever- och njursvikt.

För reversering är förstahandsval sugammadex. Om TOFR är $\geq 20\%$ kan neostigmin användas. (vgs nedan)

Atrakurium

Atrakuriumbezylat är en benzyllisokinolindiester (icke-steroid).

Rekommenderad dos är **0,5-0,6 mg/kg**, efter denna dos är förväntad **anslagstid 90 sekunder**, verkningstid är **20-35 minuter**.

Atrakurium genomgår spontan nedbrytning i plasma (Hofmann-eliminering), vilket inte är beroende av lever- eller njurfunktion.

Biverkningar: histamin frisättning, hypotension, flush, bronchospasm, krampfall (utlösta av metaboliten laudanosin).

Reversering kan utföras med **neostigmin om TOFR är $\geq 20\%$** . (vgs nedan)

Huvudprinciper för vardagsbruk

Det rekommenderas starkt att muskelrelaxera patienten inför intubation för att minska risken för svår intubation eller larynxskador. Innan muskelrelaxantia ges bör monitoreringen startas (se ovan). Tiden som krävs för att uppnå adekvat

muskelavslappning kan variera avsevärt beroende på dos, patientens cirkulation och muskelmassa.

Neuromuskulär monitorering bör fortsättas under hela operationen.

Kirurgisk relaxantia motsvarar med **måttlig (TOFC 1-3) eller djup (TOFC 0, PTC \geq 1)** neuromuskulär blockad. Vanligtvis räcker att upprätthålla måttlig blockad under kirurgi, även vid laparoskopi. Vid behov, om de kirurgiska förutsättningarna bör förbättras kan blockaden fördjupas.

Vid **robotkirurgi** bör djup blockad eftersträvas från portinläggning till slutet av den kritiska perioden av kirurgin (anastomos sutur eller uttagning av organ). Utan PTC monitorering rekommenderas att bibehålla **TOFC värdet på 0-1 nivå**. Vid TOFC 2 bör rokuronium ges som fyllnadsdos med 0,1–0,15 mg/kg (minst 10 mg).

Reversering

Innan extubation bör neuromuskulär funktion uppmätas via n. ulnaris stimulation.

TOFR \geq 90% (vid AMG av normaliserat värde) **accepteras för säker extubering**.

TOFR \geq 20% kan neostigmin användas. Den förväntade effekten av neostigmin förekommer om 10 minuter. Dosen beror på blockadens djup.

TOF värde	Neostigmin dos av Robinul®-Neostigmin
20-40%	40 μ g/kg
41-90%	20 μ g/kg

Reversering av rokuronium

Rokuroniums effekt kan reverseras med neostigmin eller sugammadex.

Sugammadex är ett derivat av gamma-cyklodextrin som bildar ett stabil komplex med steroidbaserade ämnen i plasma -inklusive rokuronium och vekuronium. Detta ger en snabb och tillförlitlig antidoteffekt mot rokuronium. Mot bakgrund av en mer fördelaktig biverkningsprofil, bättre klinisk effektivitet och jämförbara kostnader **rekommenderas sugammadex som förstahandsval för reversering av rokuroniums neuromuskulära blockad**.

Sugammadexs dosen beror på blockadens djup.

TOF värde	Sugammadex dos
≥ 2 svar	2mg/kg
< 2 svar	4 mg/kg
omedelbar reversering efter rocuronium 1,2 mg/kg	16 mg/kg

För att undvika den neostigmininducerade svagheten rekommenderas det inte att använda sugammadex som rescue medikation efter neostigmin reversering.

Sugammadex-rocuronium-komplex utsöndras genom njurarna. Man får längre återhämtning från blockad hos patienter med kraftigt nedsatt njurfunktion (GFR < 30 ml/min). Njursvikt utgör i sig ingen kontraindikation mot sugammadex – inga patientfall med rekurarisering har rapporterats.

Sugammadex minskar effekten av könshormoner, varför det är relativt kontraindicerat under graviditetens första trimester. En dos sugammadex motsvarar en missad dos p-piller. Kvinnor som använder p-piller bör använda kompletterande preventivmetoder efter administrering av sugammadex – patienten bör informeras om detta!

Återadministrering av rocuronium efter sugammadex

Vid behov av återadministrering av rocuronium påverkas anslags- och verkningstiderna av den tidigare rocuroniumdosen, sugammadexdosen samt tidsintervallet mellan injektionerna. Detta förhållande är inte helt förutsägbart.

Generella rekommendationer:

13. En **vanlig dos rocuronium (0,6 mg/kg)** bör övervägas **tidigast 4 timmar** efter administrering av **upp till 4 mg/kg sugammadex**.
14. **Inom 5 minuter efter 4 mg/kg sugammadex** kan en dos på **1,2 mg/kg rocuronium användas**, men durationen förkortas då till ca 25 minuter.
15. Efter **en högdos sugammadex (16 mg/kg)** bör man vänta **24 timmar** innan rocuronium ges på nytt.

Alternativt kan succinylkolin eller atrakurium användas, beroende på den kliniska situationen. Detta är ofta en mer rimlig strategi för neuromuskulär blockad efter reversering med sugammadex. **Atrakurium bör därför finnas tillgängligt på operationsavdelningar med akut verksamhet.**

Mot bakgrund av ovanstående rekommenderas att **minsta effektiva dos sugammadex används, anpassad efter TOF-värdet.**

Referenser

16. Fusch-Buder T et al: Peri-operative management of neuromuscular blockade. *Eur J Anaesthesiol* 2023; 40:82–94
17. Kirmeier E et al.: Post-anesthesia pulmonary complications after use of muscle relaxants (POPULAR): a multicenter prospective observational study. *Lancet Respir Med.* 2019; 7: 129-140
18. Yoo YC, Kim NY, Shin S, et al.: The Intraocular Pressure under Deep versus Moderate Neuromuscular Blockade during Low-Pressure Robot Assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy in a Randomized Trial. *PLoS One.* 2015; 10(8)
19. Rosenberg J, Herring WJ, Blobner M, et al.: Deep Neuromuscular Blockade Improves Laparoscopic Surgical Conditions: A Randomized, Controlled Study. *Adv Ther.* 2017; 34(4): 925–36
20. Naguib M, Brull SJ, Johnson KB. Conceptual and technical insights into the basis of neuromuscular monitoring. *Anaesthesia.* 2017 Jan;72 Suppl 1:16-37.
21. Ipsilateral and Simultaneous Comparison of Responses from Acceleromyography- and Electromyography-based Neuromuscular Monitors. Nemes, R. *Anesthesiology.* 135(4):597-611, October 2021
22. Bowdle: A comparison of a prototype electromyograph vs. a mechanomyograph and an acceleromyograph for assessment of neuromuscular blockade. *Anaesthesia.* 2020 Feb; 75(2): 187–195
23. Fuchs-Buder et al. Neuromuscular monitoring *Anaesthesia*, 2009, 64 (Suppl. 1), pages 82–89
24. ATOTW 290 – Residual Neuromuscular Blockade, 26/08/2013
25. Rutin „Muskelrelaxantia och reversering av muskelrelaxantia” Verksamhet Anestesi Operation IVA Östra
26. Rutin „Muskelrelaxantia, TOF-mätning och reversering” Verksamhet An-Op-IVA Mölndal
27. Kim YH. Repeat dosing of rocuronium-sugammadex: unpredictable. *Korean J Anesthesiol.* 2014 Jul;67(1):1-3.
28. Cammu, G et al.: Repeat dosing of rocuronium 1.2 mg kg⁻¹ after reversal of neuromuscular block by sugammadex 4.0 mg kg⁻¹ in anaesthetized healthy volunteers: a modelling-based pilot study, *British Journal of Anaesthesia*, Volume 105, Issue 4, 487 - 492

Granskare

Peter Larsson Sektionschef/Överläkare, Område 5, SU/SS

Ellinor Wisén Sektionschef/Överläkare, Område 5, SU/SS

Mathias Konkel VÖL Op 1, Område 5, SU/SS

Tobias Bown, VÖL Op5, Område 5, SU/SS

Carl Hallgren VÖL Intervention, Område 5, SU/SS

Hanna Drougge, VÖL Op6, Område 5, SU/SS

Christopher Lundborg VÖL Op 7, Område 5, SU/SS

Alexandru Ille VÖL Op 8, Område 5, SU /SS

Per Persson VÖL CIVA, Område 5, SU/SS

Jane Hayden VÖL NIVA, Område 5, SU/SS

Jonas Grevsten VÖL PIVA, Område 5, SU/SS

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Operation 7 Sahlgrenska, Operation 6 Sahlgrenska, Operation 5 Sahlgrenska, Operation 4 Sahlgrenska, Operation 1 och 8 Sahlgrenska, Neurointensivvårdsavdelning, Central intensivvårdsavdelning, Avdelning 22 postoperativ intensivvård, Anestesi 5 Sahlgrenska, Anestesi 1 och 2 Sahlgrenska

Innehållsansvar: Noémi Szabó-Némedi, (nomsz1), Överläkare

Godkänd av: Peter Dahm, (petda5), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9805-1593997-2603

Version: 3.0

Giltig från: 2026-01-20

Giltig till: 2028-01-20