

Potentielle skadelige virkninger ved brug af strømpistol

Jakob Hartvig Thomsen¹, Jesper Kjærgaard¹, Christian Hassager¹, Claus Graff², John Hansen², Thomas Worbech³, Jens Henning Jensen⁴, John Bro-Jeppesen¹ & Steen Pehrson¹

STATUSARTIKEL

1) Hjertemedicinsk Klinik B, Rigshospitalet
2) Institut for Medicin og Sundhedsteknologi, Aalborg Universitet
3) Civilingeniør
4) Center for Flåde- og Materiel-service, Rigspolitiet

Ugeskr Læger
2014;176:V10130635

Strømpistoler er pistollignende våben, der er designet til at gøre modstanderen ukampdygtig med mindre risiko for vedvarende skader end fra konventionelle skydevåben. TASER er en af de største producenter af strømpistoler og har ifølge egne tal fra 2011 solgt knap 600.000 enheder til 107 lande. Flere end 16.000 ordensmagts- og militærorganisationer benytter disse, herunder amerikanske, britiske og finske politistyrker samt dansk militærpoliti og jæger- og frømandskorpset [1]. Rigspolitiet har tidligere undersøgt muligheden for at bruge strømpistoler som magtmiddel til danske betjente, og fordele/ulemper ved udvidelse af magtmidler vurderes løbende. Lavere skadesrater for politibetjente og civile er påvist efter indførelse af strømpistoler [1]. Til trods for dette beretter den internationale presse med jævne mellemrum om tilfælde af pludselig død efter eksponering [3]. Amnesty International har siden 2001 indsamlet data, der dokumenterer over 500 dødsfald i relation til brug af strømpistol [4]. Rapporten »Less than lethal« bygger på artikler fra medier, udsagn fra pårørende og advokater samt undersøgelsesrapporter [5]. Rapporten omfatter eksempler med en påfaldende tidsmæssig sammenhæng mellem affyring af en strømpistol og umiddelbart kollaps, der er forene-

ligt med hjertestop. Denne artikels formål er at redegøre for den evidensbaserede viden om strømpistolers potentielle skadelige virkninger med fokus på risikoen for kardiale arytmier og heraf følgende pludselig død.

TEKNISK BAGGRUND

Strømpistoler er batteridrevne og afgiver strøm ved en høj spænding (Tabel 1). Ved affyring fremdrives to kobberkabler, der er tilkøbtet strømførende projektiler, som via modhager rammer personen. Projektilerne vejer 1,75 g og affyres via komprimeret nitrogen (tryk ca. 125 bar) med en rækkevidde på op til 10 m (Figur 1). Strømmen aktiverer type A-a-motorneuroner, hvorved skeletmuskulatur mellem de to projektiler kontraherer og umuliggør frivillig bevægelse og dermed muligheden for at gøre modstand. Sensoriske nerver aktiveres ligeledes med ubehag, sensorisk overbelastning og smerte til følge. De myeliniserede aksoner, herunder type III A-d-fibre, der er ansvarlige for skarp smerte, aktiveres 20 gange lettere end ikkemyeliniserede aksoner som type IV C, der er ansvarlige for dumpe diffuse smerter [1, 7-9]. Dermed indtræder der momentant kollaps pga. skarp smerte og ufrivillige muskelsammentrækninger.

TABEL 1

Parametre for TASER M26, X26, ekstern defibrillator, transkutan ventrikulær *pacing*, elektrisk hegn og en almindelig stikkontakt.

	Maks. spænding ubelastet, V	Spænding med elektrode-hudkontakt, V	Maks. strømstyrke for 1 impuls, mA	Pulsvarighed, ms	Energi/impuls, J	Impulser, n/s	Impulser, n/min
TASER M26 [6]	50.000	6.900-9.400	15.600-20.400	0,032-0,060	0,69-1,05	15-20	Operatørstyret
TASER X26 [7]	50.000	1.400-2.520	2.000-4.000	0,105-0,155	0,095-0,125	19	Operatørstyret
Ekstern defibrillator	2.000-3.000	2.000-3.000	25.000-30.000	10	100-360	Kun 1 impuls	Operatørstyret
Transkutan ventrikulær <i>pacing</i>		Impedans (patient)-afhængig	40-70 (indstilles til <i>capture</i>)	40	0,07	Ønsket hjertefrekvens	Ønsket hjertefrekvens
Elektrisk hegn: »heste og køer« M3500-PE	9.500	1.000-2.000 afhængig af forbindelse til jord ^a	2.000-6.000 afhængig af forbindelse til jord ^a	Ikke opgivet	3,5	3,4	206
Almindelig stikkontakt: 230 V	325	0-325	10.000-13.000	20	59,8	50	3.000

a) Reference i strømkredsløbet.

STRØMPISTOLERS EFFEKT PÅ HJERTETS ELEKTRISKE AKTIVITET OG FATALE ARYTMIER

Indtil for nylig er der ikke i nogen peer reviewede publikationer, med overbevisning, blevet konkluderet en sammenhæng mellem stød fra en strømpistol og ventrikelflimren (VF) hos mennesker. Resultaterne i en nyligt publiceret casebaseret rapport taler nu for en sådan sammenhæng [10]. Ved hjælp af politirapporter, medicinske og præhospitale journaler samt informationer fra automatiserede eksterne defibrillatorer, elektrokardiogrammer (ekg), vidneudsagn og obduktioner gennemgås otte cases fra perioden 2006-2008. Tidligere kardialt asymptomatiske mænd fik bevidsthedstab umiddelbart efter stød fra en strømpistol. Ekg viste VF hos seks personer, asystoli hos en person og en person havde stødbar rytme med automatiseret ekstern defibrillator. Én blev genoplivet. Den samlede stødvarighed fra strømpistolen varierede fra 5 til 62 sekunder. Det konkluderes, med afsæt i disse cases og dyreeksperimentelle studier, at stød fra strømpistoler mod brystvæggen kan inducere VF hos mennesker. Rapporten er blevet anfægtet, idet der påpeges tilfælde med initial puls og respiration, samt at sikkerheden bag brug af strømpistoler mod mennesker er veldokumenteret i epidemiologiske studier [11]. Endvidere påpeges der alternative årsager til VF, da flere af de implicerede fik påvist enten aterosklerotisk eller strukturel hjertesygdom, var alkoholpåvirkede, tidligere stofmisbrugere eller i behandling med antipsykotisk medicin med forlænget QTc-interval [12, 13]. Rapportens forfatter har været indkaldt som ekspertvidne i retssager mod TASER. De nævnte anfægtelser er fremført af personer med tilknytning til TASER.

DYREEKSPERIMENTELLE STUDIER

I flere eksperimentelle studier med sederede grise har man påvist elektrisk kardial aktivering under stød fra strømpistoler. Stimulation med stød fra TASER X26 resulterede i umiddelbar ventrikulær takykardi (VT) med en ventrikelfrekvens på omkring 300/min. Frekvensen dokumenteredes vha. ekkokardiografi og efterfølgende ekg, da det ikke var muligt at foretage ekg-optagelser under affyringen pga. elektrisk støj fra strømpistolen og muskelsammentrækninger. I de fleste tilfælde blev der observeret selvlimiterende VT med spontan overgang til sinustakykardi. I enkelte tilfælde observeredes der degeneration til fatal VF. I studierne har man benyttet umodificerede strømpistoler og udsat grisene for forlænget eksponering i 2 × 40 sekunder [14, 15]. I ét studie, hvor der ikke blev givet muskelrelaxerende stoffer, observeredes metabolisk og respiratorisk acidose med et signifikant fald i pH [14]. Acidosen blev ikke genfundet ved brug af

FIGUR 1

A. TASER X26. Til venstre i billedet ses elektricitetsførende kobberkabler affyret fra patronhylstret (sort boks). Endvidere ses lasersigte nedadtil, aftrækker og afsikringsknap. **B.** Elektricitetsførende projektiler med modhager i spidsen, tilkoblet kobberkabler. **C.** TASER X26 + 600 ohms modstand til standardmålinger.



muskelrelaksantia, og da man fortsat observerede fatal VF, kunne man udelukke acidosen som tilgrundliggende årsag til arytmierne [15]. I studierne blev modhagerne (elektroderne) placeret i et *worst case*-scenarie, hvor strømpulsen potentielt ledes gennem hjertet.

Lignende studier er dog blevet kritiseret, da de elektrofysiologiske forskelle mellem grise og mennesker er for store. Der kan være andre faktorer som medvirkende årsag til udvikling af arytmierne, for eksempel anæstesi og gentagne stød på dyr, som størrelsesmæssigt er mindre end mennesker [16].

EPIDEMIOLOGISKE OG EKSPERIMENTELLE STUDIER MED MENNESKER

I et større observationelt, prospektivt multicenterstudie undersøgte man frekvensen af skader efter brug af strømpistoler i 1.201 tilfælde [17]. Skaderne blev inddelt i lette (ingen eller lette senfølger, f.eks. overfladiske hudlæsioner), moderate (f.eks. hæmopneumothorax) og svære (svære senfølger/livstruende skader, f.eks. hovedtraumer og ventrikulære arytmier). Man fandt, at 78% var uden skader, mens 22%, 0,2%, 0,1% havde lette, moderate og svære skader. Lette skader var oftest overfladiske stiksår fra projektilerne. De moderate og svære skader var to hovedtraumer sekundært til fald. Der rapporteredes et tilfælde med rhabdomyolyse med uklar sammenhæng med stød. Stigning i kreatininniveau blev tilskrevet hedebølge, fysisk anstrengelse og stofmisbrug. To personer døde i nær relation til stød fra en strømpistol, begge efter voldsom fysisk kamp/flugt fra politiet. Den ene var overvægtig, og ved obduktion påviste man dilateret kardiomyopati. Personen døde 20 min efter affyring af strømpistolen. Den anden døde



FAKTABOKS

Den første strømpistol TASER blev opfundet som et ikkedødbringende våben mod flykaprere i 1974.

Pt. benytter flere end 16.000 ordensmagts- og militærorganisationer disse pistoler på verdensplan, herunder dansk militærpoliti samt jæger- og frømandskorpset.

Strømpistoler er batteridrevne og afgiver ved høj spænding strøm, som aktiverer skeletmuskulatur og umuliggør frivillig bevægelse.

Dødsfald efter stød har rejst såvel offentlig som videnskabelig debat om magtmidlets sikkerhed, herunder risiko for kardial aktivering og hjertestop.

I en casebaseret rapport har man dokumenteret hjertestop hos otte tidligere kardialt asymptomatiske mænd, der har været udsat for stød fra en strømpistol, og der er påvist fatale ventrikulære arytmier hos grise efter udsættelse for strømmen.

Det er forfattergruppens overbevisning, at stød fra en strømpistol har været associeret med dødsfald hos mennesker, og at kardial elektrisk aktivering kan forekomme i sjældne tilfælde. Uafhængige humane studier opvejet mod etiske udfordringer ved disse, er nødvendige for at kunne vurdere arytmirisikoen.

Magtmidlet bør kun benyttes af personer, der er fortrolige med basal genoplivning, og eksponerede bør undersøges af sundhedsfagligt personel.

efter 5 min, uden forklarende obduktionsfund fraset høj koncentration af olanzapin i blodet. Ingen af tilfældene blev tilskrevet strømpistolinduceret fatal arythmi. I et kohortestudie, som dækkede perioden 2001-2006, fandt man ligeledes lave skadesrater [18]. Samlet vidner de epidemiologiske studier om lave skadesrater og få dødsfald, men giver ikke øget viden om årsager til de ovenfor dokumenterede dødsfald [10] og udelukker ikke kardial arythmi.

Erfaringsgrundlaget fra kliniske eksperimentelle studier med mennesker er stort, men i høj grad baseret på TASER-finansieret forskning. I et review af litteraturen har man korreleret industriassocierede studier med konklusion om strømpistolers virkninger og fundet, at man i 96% af studierne fandt dem ikkeskadelige eller sandsynligvis ikkeskadelige, men 46% af de inkluderede studier havde økonomisk tilknytning til TASER. Ved analyse af uafhængige studier fandt man, at det kun i 26% konkluderedes, at strømpistoler var ikkeskadelige [19]. I et stort review af resultaterne fra 23 eksperimentelle peer reviewede studier med mennesker vurderede man, at kardial aktivering er mulig, når stød appliceres nær en pacemaker, da ledningerne kan lede strømmen videre til hjertet, og at man i lægelige undersøgelser har angivet strømpistoler som medvirkende årsag til død i enkelte tilfælde [20]. Stød kan ligeledes fejlregistreres som VT

af en ICD-enhed og har i dyrestudier medført uhenigtsmæssig defibrillering [21].

I en anden casebaseret undersøgelse har man forsøgt at dokumentere den først tilgængelige hjerterytme hos 118 individer. De inkluderede havde klinisk hjertestop inden for 15 minutter efter stød fra en strømpistol netop for at estimere risikoen for elektrisk kardial aktivering [22]. Studiet begrænses af manglende præhospitale oplysninger om 62 personer, og af at den initiale hjerterytme kun var tilgængelig for 12 personer. Fire (33%) havde VF på det først tilgængelige ekg, én af disse fik øjeblikkeligt kollaps, hvilket er foreneligt med elektrisk induceret VF. Den retrospektive metode og få tilgængelige ekg'er øger muligheden for underdiagnosticering af VF.

UDSATTE GRUPPER

Kokain er et hyppigt anvendt narkotikum og ikke sjældent associeret med uventede dødsfald. I et systematisk review af kokains virkning på hjertets elektrofysiologi konkluderede man, at ventrikulære arytmier, inklusive VF og *torsades de pointes*-VT, er hyppige i caserapporter, men sjældent bliver påvist i kliniske studier [23]. Endvidere kan kokain forårsage en moderat forlængelse af QT-intervallet og grenblok. Trods denne potentielle proarytmiske effekt har man i et dyrestudie med grise fundet en stabiliserende effekt af kokain med øgning af tærsklen for VF [24].

I et retrospektivt studie af strømpistolers anvendelse mod unge (13-17-årige) påviste man ingen moderate eller svære skader, defineret på samme måde som tidligere nævnt. Lette skader som overfladiske stiksår fra projektiler blev set hos 20%. En 17-årig mand, der muligvis var narkotikapåvirket, fik påvist sinustakykardi med forlænget PR-interval og ventrikulære ekstrasystoler efter stød mod forreste thoraxvæg. Forandringerne forsvandt under observation på skadestuen [25].

Psykiatriske og agiterede tilstande som *excited delirium* er dokumenteret som risikofaktorer for død efter stød fra strømpistoler [26]. Omstændighederne omkring disse dødsfald er sparsomt beskrevet. I en kasuistisk rapport dokumenterede man, at gentagne stød mod en tidligere psykiatrisk rask mand medførte en akut agiteret og delirøs tilstand, hvor sedering og intubation gennem tre dage blev nødvendige [27]. Dette kan evt. forklare tilfælde med død, hvor strømpistoler er involveret, uden direkte kardial elektrisk aktivering som årsag.

IKKEKARDIALE SKADER

Det ligger uden for denne artikels rammer at beskrive de eksterne fysiske skader efter stød fra strømpisto-

ler. Disse omfatter overfladiske stikskader og forbrændinger af hud, øjenskader, pneumothorax, bloddelsskader og knoglebrud efter fald. Et enkelt tilfælde med cerebral dural penetration er dokumenteret, og som tidligere beskrevet forekommer der sekundære skader, f.eks. hovedtraumer efter fald [28].

KONKLUSION

Det er denne forfattergruppes overbevisning, at stød fra strømpistoler har været medvirkende til dødsfald hos mennesker, og at kardial elektrisk aktivering, der leder til fatale arytmier, kan forekomme i sjældne tilfælde. Særligt udsatte er berusede, narkotikapåvirkede, agiterede personer og personer med hjertelidelser (inklusive bærere af pacemaker og muligvis ICD), brugere af psykofarmaka og personer med lav kropsvægt, som vil indebære en kort afstand mellem elektroden og hjertet. Viden om brug af strømpistoler er i høj grad tilvejebragt af industrifinansieret forskning og endnu ikke komplet. Kliniske, uafhængige studier med mennesker er nødvendige, for at man under kontrollerede og sikre forhold kan vurdere risikoen for kardiale arytmier. Herunder vil patienter med hjertesygdom og f.eks. implanterede elektriske devices være relevante grupper at undersøge. Nødvendigheden af denne viden bør vejes mod de videnskabetiske udfordringer, et sådant studie medfører. Ved en indførelse af strømpistoler som magtmiddel til danske betjente anbefales grundig instruktion og undervisning i bivirkningsprofil, og strømpistoler bør kun benyttes af personer, der er fortrolige med basal genoplivning. Eksponerede bør undersøges af sundhedsfagligt personale efter stød fra en strømpistol.

KORRESPONDANCE: Jakob Hartvig Thomsen, Vølundsgade 24, 5. tv, 2200 København N. E-mail: Jakob@jht.dk

ANTAGET: 27. februar 2014

PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK: 9. juni 2014

INTERESSEKONFLIKTER: Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

TAKSIGELSE: Jan Stavnshøj, Institut for Medicin og Sundhedsteknologi, Aalborg Universitet, takkes for bidrag med opsætning og kontrol af standardmåleopsætning til forsøg. Autoriseret strømpistolbruger og instruktør Karsten Sørensen takkes for bidrag med udlån og brug af strømpistol under måleforsøg.

LITTERATUR

- MacDonald JM, Kaminski RJ, Smith MR. The effect of less-lethal weapons on injuries in police use-of-force events. *Am J Pub Health* 2009;99:2268-74.
- Nielsen HS. Sådan føles 50.000 volt. *Jyllands-Posten*. <http://jyllands-posten.dk/indland/krimi/article2045243.ece> (21. apr 2010).
- Carter H. Man dies after Taser arrest in Cumbria. *The Guardian*. www.theguardian.com/uk/2011/aug/17/man-dies-taser-arrest-cumbria (17. aug 2011).
- Statistical analysis of deaths following police Taser use. Amnesty International. www.amnesty.org/en/library/asset/AMR51/013/2012/en/6ac90938-73f2-41d3-aa08-bd971f2dffa0/amr510132012en.pdf 15.02.2012 (18. feb 2014).
- Less than lethal!? The use of stun weapons in US law enforcement. Amnesty International. www.amnesty.org/en/library/asset/AMR51/010/2008/en/530be6d6-437e-4c77-851b-9e581197ccf6/amr510102008en.pdf 2008 (18. feb 2014).
- International Taser. TASER® electronic control devices electrical characteristics – M26TM 2009. www.ecdlaw.info/outlines/EC_02-01-09_M26_Elec_Char.pdf (18. feb 2014).
- International Taser. TASER® electronic control devices electrical characteristics – X26TM 2009. www.ecdlaw.info/outlines/EC_02-01-09_%20X26_Elec_Char.pdf (18. feb 2014).
- Kunz SN, Zinka B, Fieseler S et al. Functioning and effectiveness of electronic control devices such as the TASER(R) M- and X-series: a review of the current literature. *J Forensic Sci* 2012;57:1591-4.
- Kroll MW. Physiology and pathology of TASER electronic control devices. *J Forensic Legal Med* 2009;16:173-7.
- Zipes DP. Sudden cardiac arrest and death following application of shocks from a TASER electronic control device. *Circulation* 2012;125:2417-22.
- Heegaard WG, Halperin HR, Luceri R. Letter by Heegaard et al regarding article, sudden cardiac arrest and death following application of shocks from a TASER electronic control device. *Svar. Circulation* 2013;127:e260.
- Vilke GM, Chan TC, Karch S. Sudden cardiac arrest and death following application of shocks from a TASER electronic control device. *Circulation* 2013;127:e258.
- Ho JD, Dawes DM. Sudden cardiac arrest and death following application of shocks from a TASER electronic control device. *Circulation* 2013;127:e259.
- Dennis AJ, Valentino DJ, Walter RJ et al. Acute effects of TASER X26 discharges in a swine model. *J Trauma* 2007;63:581-90.
- Walter RJ, Dennis AJ, Valentino DJ et al. TASER X26 discharges in swine produce potentially fatal ventricular arrhythmias. *Acad Emerg Med* 2008;15:66-73.
- Pippin JJ. Taser research in pigs not helpful. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:731-2, svar: 732-3.
- Bozeman WP, Hauda WE, Heck JJ et al. Safety and injury profile of conducted electrical weapons used by law enforcement officers against criminal suspects. *Ann Emerg Med* 2009;53:480-9.
- Strote J, Walsh M, Angelidis M et al. Conducted electrical weapon use by law enforcement: an evaluation of safety and injury. *J Trauma* 2010;68:1239-46.
- Azadani PN, Tseng ZH, Ermakov S et al. Funding source and author affiliation in TASER research are strongly associated with a conclusion of device safety. *Am Heart J* 2011;162:533-7.
- Pasquier M, Carron PN, Vallotton L et al. Electronic control device exposure: a review of morbidity and mortality. *Ann Emerg Med* 2011;58:178-88.
- Calton R, Cameron D, Masse S et al. Images in cardiovascular medicine – duration of discharge of neuromuscular incapacitating device and inappropriate implantable cardioverter-defibrillator detections. *Circulation* 2007;115:e472-4.
- Swerdlow CD, Fishbein MC, Chaman L et al. Presenting rhythm in sudden deaths temporally proximate to discharge of TASER conducted electrical weapons. *Acad Emerg Med* 2009;16:726-39.
- Ramirez FD, Femenia F, Simpson CS et al. Electrocardiographic findings associated with cocaine use in humans: a systematic review. *Expert Rev Cardiovasc Therap* 2012;10:105-27.
- Lakkireddy D, Wallick D, Ryschon K et al. Effects of cocaine intoxication on the threshold for stun gun induction of ventricular fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:805-11.
- Gardner AR, Hauda WE, Bozeman WP. Conducted electrical weapon (TASER) use against minors: a shocking analysis. *Pediatr Emerg Care* 2012;28:873-7.
- Strote J, Hutson HR. Taser use in restraint-related deaths. *Prehosp Emerg Care* 2006;10:447-50.
- Feeney C, Vu J, Ani C. Acute agitated delirious state associated with Taser exposure. *J Natl Med Assoc* 2010;102:1254-7.
- Robb M, Close B, Furyk J et al. Review article: Emergency Department implications of the TASER. *Emerg Med Australas* 2009;21:250-8.