

# Anvendelse af præhospital tourniquet ved livstruende ekstremitetstraumer

Christian Lyngsaa Lang<sup>1</sup>, Trine Lauridsen<sup>2</sup> & Thomas Boel<sup>3</sup>

## STATUSARTIKEL

1) Klinik for Plastikkirurgi, Brystkirurgi og Brandsårsbehandling, Rigshospitalet  
2) Kirurgisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital  
3) Gastroenheden, Kirurgisk Sektion, Herlev Hospital

Ugeskr Læger  
2014;176:V02140124

De seneste årtiers engagement i Afghanistan og Irak og erkendelsen af, at blødning er den primære dødsårsag blandt faldne soldater [1], har ført til en række tiltag med sigte på at øge overlevelsen. Dels ved at begrænse blødning mest muligt på skadestedet, dels ved at optimere patientens mulighed for overlevelse ved hurtig transport til de primære behandlingsfaciliteter. Ud af 4.596 krigsdræbte soldater i Irak og Afghanistan døde 87,3%, inden de nåede et *medical treatment facility* [1]. I 50% af tilfældene blev blødning vurderet som værende den primære dødsårsag [2]. Et af tiltagene for at øge overlevelsen har været implementering af *tourniquet* som en del af standardudrustningen til soldaterne. Amerikanske soldater, der var udsendt til Afghanistan, er siden 2005 blevet trænet i anvendelse af og udstyret med *tourniquet* – Combat Application Tourniquet (C-A-T), hvilket også er gældende for danske soldater.

Denne artikel har til formål at beskrive de militære erfaringer med anvendelse af *tourniquet* præhospitalt og at diskutere dets anvendelse i det civile præhospitalt miljø.

## METODE

Der er foretaget systematisk litteratursøgning i Pub-Med. Der er brugt følgende søgeord *tourniquet*, *com-plications*, *nerve injury* og *hemorrhagic control*. De

fundne artiklers referencelister er endvidere gennemlæst.

## BAGGRUND

*Tourniquet* har været anvendt medicinsk i mindst 2.000 år og blev brugt af hinduistiske munke til behandling af slangebider. Siden 1600-tallet er *tourniquets* blevet brugt i forbindelse med blødningskontrol under ekstremitetsamputationer [3]. Det pneumatiske *tourniquet* anvendes fortsat i ortopædkirurgien til operation i et blodtomt felt.

Under den amerikanske borgerkrig (1861-1865) blev der for første gang udleveret *tourniquets* til soldaterne. De blev dog inddraget igen, da man oplevede mange komplikationer i forbindelse med anvendelsen [3]. Under første og anden verdenskrig samt vietnamkrigen har dette gentaget sig. I begyndelsen af krigen indførtes *tourniquets* for at begrænse dødsfald på grund af voldsom ekstremitetsblødning. Efterfølgende opstod der forårsaget af registrerede komplikationer en heftig diskussion om anvendelsen. Erfaringer fra de seneste års krige i Afghanistan og Irak støtter anvendelsen af *tourniquet* i krigssituationer [4-6]. De gode resultater kan formentlig tilskrives en grundig uddannelse af soldaterne i førstehjælp og i anvendelsen af *tourniquets*. Derudover har den korte evakueringsstid fra fronten til resursefulde felthospitaler haft essentiel betydning. Det har betydet en reduktion i iskæmitid og dermed en reduktion af komplikationer [5]. Tidligere kriges store antal sårede og ringe mulighed for hurtig evakuering har givet en ufavorabel tidsfaktor til kirurgisk intervention, og dermed øget antallet af komplikationer [3].

De tidlige *tourniquets* bestod af et stykke stof eller reb, som man kunne spænde sammen ved hjælp af en pind. I 1718 videreudviklede den franske kirurg *Jean-Louis Petit* modellen. Værktøjet kaldte han *tourniquet* efter det franske verbum *tourner*, at dreje [3].

Der findes flere forskellige nutidige typer af *tourniquets*. Det mest udbredte er C-A-T (**Figur 1**), der bl.a. bruges af danske, engelske og amerikanske soldater. Typen anvendes også præhospitalt i Danmark. Esmarchs bind er en anden type, der bl.a. har været brugt af den israelske hær og består af et elastikbånd



## FAKTABOKS

Blødning er overordnet set den primære årsag til dødsfald hos 30-40% af traumepatienter. Hos soldater stiger denne andel til op mod 50%.

I retrospektive registerstudier støttes brugen af præhospital anvendelse af *tourniquet* på slagmarken ved svære ekstremitetsblødninger.

Brugen af *tourniquet* er kontroversiel pga. risiko for sekundær amputation, rabdomyolyse, iskæmi, kompartmentsyndrom og nerveskade.

Elektivt bruges *tourniquets* bl.a. ved knæ operationer og hyperterm regional perfusion-behandlinger.

Elektiv anvendelse anses for relativt sikker ved iskæmitid på < 2 timer.

Præhospitalt kan den patientgruppe, der muligvis vil have gavn af *tourniquet*, karakteriseres ved at have svær isoleret ekstremitetsskade, svært hypovolæmisk shock og massivt transfusionsbehov.

Hurtig transport er essentiel for at undgå komplikationer.

på 6,5 × 200 cm. Esmarchs bind vikles om en ekstremitet proksimalt for skaden og giver samme effekt som de mere traditionelle *tourniquets* [7].

### ANVENDELSE AF TOURNIQUET

*Tourniquet* anvendes på to måder: 1) Primær præhospitalbehandling. Ved traumatiske amputationer, hvor der ikke er behov for den store hensyntagen til perifere komplikationer pga. skadens omfang. 2) Midlertidig behandling. *Tourniquet* anlægges for at opnå hurtig kontrol over en kraftig ekstremitetsblødning. Efter anlæggelse forsøger behandleren at opnå sekundær kontrol først og fremmest med simple forbindinger og kompressionsforbindinger. Derudover er der mulighed for at bruge udtamponerende forbindinger (*pack to bone*). Hertil kommer bandager med hæmostatiske egenskaber såsom HemCon og Quick-Clot, der virker trombocytaktiverende. Når man med disse metoder har opnået kontrol over blødningen, kan *tourniquet*'et løsnes med minimal iskæmitid.

### PATOFYSIOLOGI

Et korrekt anlagt *tourniquet* applicerer i det underliggende væv et tryk, der er større end det systoliske blodtryk. Den mekaniske deformation af vævet påvirker direkte underliggende hud, muskler, kar og nerver. Pga. vævsiskæmi opstår der ødemdannelse med ophobning af CO<sub>2</sub>, K<sup>+</sup> og laktat i vævet distalt for *tourniquet*'et [8].

### PRIMÆRE KOMPLIKATIONER

Direkte tryk på nerver eller iskæmi kan medføre uoprettelig nerveskade eller forbigående neuropraksi. Muskeliskæmi kan medføre kompartmentsyndrom, rabdomyolyse, øget intravaskulær koagulation og nekrose. Dette kan i yderste konsekvens nødvendiggøre senere amputation [9]. Når et *tourniquet* fjernes, kan reperfusionen give skader på mikrocirkulationen i det reperfunderede område [10]. Derudover medfører reperfusionen et hurtigt (60 min) systemisk inflammatorisk respons, der i sig selv kan medføre en endnu større skade end hypoperfusionen i sig selv [10, 11].

### SEKUNDÆRE KOMPLIKATIONER

Et korrekt anlagt *tourniquet* er meget smertefuldt for patienten pga. vævsiskæmi. Hvis et *tourniquet* er anlagt for løst og kun standser det venøse tilbageløb, men ikke det arterielle tilløb, vil det øge blødningen og fungere som en staseslange. Dette fænomen er kendt som paradoks blødning. Fænomenet kan også opstå under resuscitation, hvor blodtrykket stiger [12].

Hos patienter, der er ved bevidsthed, er det nødvendigt med stærke analgetika, for at de kan udholde

FIGUR 1

*Tourniquet* anlagt proksimalt for læsionen.



de iskæmiske smerter. En kendt årsag til behandlingssvigt er, at *tourniquet*'et løsnes for at mindske smerterne eller ikke er strammet sufficient pga. voldsom smertereaktion [10].

Det pneumatisk *tourniquet* anvendes i vid udstrækning på ortopædkirurgiske afdelinger for at opnå et blodtomt operationsfelt. Under elektive forhold og med anvendelse af et pneumatisk *tourniquet* anser man risikoen for komplikationer som absolut minimal, såfremt man respekterer en tidsmargin på < 2 timer for både over- og underekstremiteter [13]. Der findes kun et enkelt arbejde, der omhandler risikoen for komplikationer ved anvendelse af *tourniquet* i krigssituationer. Ud af 232 sårede soldater og civile, der var indlagt med præhospitalt anlagt *tourniquet* på et hospital i Bagdad, fandt man, at 1,7% fik forbigående nerveskade. Der var ikke nogen tilfælde af ekstremitetsamputation forårsaget af brug af *tourniquet* [14].

### INDIKATION

Indikationen for anlæggelse af *tourniquet* er for danske soldater enhver »skræmmende« ekstremitetsblødning. Så snart situationen tillader det og senest efter en time, skal der anlægges udtamponerende forbindelse eller trykforbinding. Herefter skal *tourniquet* forsøges løsnet og må kun anlægges igen, hvis der opstår reblødning. Dette gøres med henblik på at mindske komplikationsraten. *Tourniquets* anlagt på indikationen traumatisk amputation bør ikke løsnes [6, 15].

 TABEL 1

Lægers og specialuddannede paramedicineres håndtering af livstruende ekstremitetsblødning.

Tryk straks på det blødende sted
Anlæg <i>tourniquet</i> 10 cm over det skadede sted
Ved fortsat blødning anlægges endnu et <i>tourniquet</i> tættere på hjertet
Patienten ABC-stabiliseres ved relevante procedurer, herunder infusion/transfusion til følelig radialispuls
Åbenbart fejlanlagte og unødvendige <i>tourniquets</i> fjernes
Ved stabil patient (= håndledspuls) og situation anlægges trykforbinding, og <i>tourniquet</i> løsnes forsøgsvist
Dersom et hospital sandsynligvis ikke kan nås inden for 1 t., og situationen åbner mulighed for et kort indgreb under improviserede forhold, søges skiftet til en metode, der muliggør vævsperfusion, f.eks. simpel forbindelse, trykforbinding, tamponering, påsætning af tang, karshunt eller -kirurgi, alt efter behandlerens kompetence
På hospital erstattes <i>tourniquet</i> , straks mulighed gives med anden form for »proximal og evt. distal kontrol«, og perfusion i ekstremiteten søges retableret, medmindre det vurderes, at amputation er nødvendig

 TABEL 2

Førstehjælperes håndtering af overvældende eller livstruende blødninger fra arme og ben.

Tryk straks på det blødende sted
Anlæg trykforbinding
Ved manglende effekt anlægges endnu en trykforbinding
Ved fortsat kraftig blødning anlægges <i>tourniquet</i> 10 cm over det skadede sted
Ved fortsat blødning anlægges endnu et <i>tourniquet</i> tættere på hjertet
Ved stabil patient (= håndledspuls) og situation anlægges trykforbinding, og <i>tourniquet</i> løsnes forsøgsvist
Ved amputation må <i>tourniquet</i> ikke løsnes
Rekvirer eller gennemfør om muligt evakuering således, at den sårede kommer hurtigt til hospital (inden for 1 t.)
Kontroller placering og stramning af <i>tourniquet</i> ved videre blødning, efter håndtering og under evakuering

## DISKUSSION

Indikationerne for anvendelse af *tourniquet* præhospitalt både militært og civilt har været og er stadig genstand for livlig diskussion. Debatten har været præget af megen empiri og lidt evidens [15]. Argumenterne for og imod *tourniquet* har været farvet af, om man har befundet sig i frontlinjen eller *in the rear with the gear*. Anvendelsen af *tourniquet* præhospitalt i krigssituationer er hovedsageligt baseret på empiri, men der findes få retrospektive registerundersøgel-

ser. I et retrospektivt case-kontrol-studie af *Beekley et al* var der ingen forskel i mortalitet, når man sammenlignede to grupper med ens skader, hvor den ene gruppe var behandlet med *tourniquet* præhospitalt. Man fandt dog en signifikant forskel i blødningskontrol ved ankomst til hospital med 85% i gruppen med *tourniquet* vs. 17% i gruppen uden [5]. Dette støttes af *Kragh et al*, der undersøgte forekomsten af shock i forhold til brug af *tourniquet*. Her fandt man, at *tourniquet* anlagt inden manifest shock var stærkt associeret med overlevelse (90% vs. 10%). Man fandt også en lavere mortalitet i gruppen, der havde fået anlagt *tourniquet* præhospitalt, end i gruppen, der først fik det anlagt ved ankomst til hospitalet (11% vs. 24%) [14]. Erfaringerne fra krigene i Irak og Afghanistan støtter anvendelsen af *tourniquets* i krigssituationer [4, 5, 14]. De militære erfaringer er gjort på et meget selekteret patientmateriale. Både hvad angår køn, alder, fysik og komorbiditet samt under forhold med forholdsvis hurtig evakueringsvej til behandlingsfaciliteter. Man kan derfor ikke uden videre overføre de relativt gode militære erfaringer til det civile præhospitale miljø.

Det er dog muligt at argumentere for præhospitale situationer, hvor anvendelse af *tourniquet* kan have sin berettigelse civilt: ved terrorangreb, hvor antallet af sårede er stort, og hvor antallet af præhospitale behandlere er lille. I forbindelse med terrorangreb i bl.a. London, Madrid, Bali, Israel, Libanon og Palæstina har man set et stort antal sårede med bl.a. komplekse skader på ekstremitetskar og amputationer [16]. I disse tilfælde vil den præhospitale behandler kunne lægge et stort antal *tourniquets* på kort tid hos patienter med voldsomme ekstremitetsblødning. Man kan herefter tage sig af supplerende behandling og erstatte *tourniquets* med trykforbindinger. Under bombeangrebet i Boston i 2013 sås flere eksplosions-skader, der mindede om f.eks. *blast-injuries* fra krigsområder [16].

*Lee et al* argumenterer for at anvende *tourniquet* præhospitalt i tilfælde med isoleret ekstremitetsskade, som ses ved trafikuheld, knivstikkeri eller skudepisoder [17]. *Doyle & Taillac* vurderede, at *tourniquet* passer godt til det præhospitale mantra *scoop and run* [18], hvor begrænset initial behandling og efterfølgende hurtig transport til et traumecenter er essentiel for patientens overlevelse. Dette understøttes af *Dorlac et al*, der gennemgik 75.000 besøg på Emergency Center i Houston over en periode på fem et halvt år. Her fandt man, at i alt 14 patienter døde pga. blødning fra en isoleret ekstremitetsskade. Man vurderede, at 8/14 (57%) af disse havde en læsionsblødning, der teoretisk kunne have været stoppet ved brug af *tourniquet* [19].

Anlæggelse af *tourniquet* ved fronten fordrer en grundig uddannelse af kampsoldaterne i førstehjælp og *tourniquet*-anlæggelse for at minimere antallet og dermed de potentielle komplikationer i forbindelse med unødigt anlagte *tourniquets*. Ud af en gruppe på 728 sårede soldater, der havde 953 sårede ekstremiteter og fik anlagt *tourniquet*, fandt Kragh *et al.*, at 27% var anlagt på indikationen åbne frakturer, 26% på indikationen traumatisk amputation, 20% på indikationen bløddelslæsioner, og 17% havde vaskulære skader [6]. I det civile præhospitale miljø vil *tourniquet* blive anlagt af læger og paramedicinere, og man må forvente en mere præcis indikation. Er indikationen for bred, kan anlæggelse af *tourniquet* være årsag til øget morbiditet [20]. Improviserede *tourniquets* giver større risiko for kun at forsørge det venøse tilbageløb og større risiko for at øge komplikationsraten. Derfor bør et standardiseret og afprøvet *tourniquet* foretrakkes, såfremt det er til rådighed. Både improviserede *tourniquets* og standardversioner anlagt af lægmand må vurderes som risikable [21, 17].

Et forslag til en fremgangsmåde for læger og paramedicinere kan ses i **Tabel 1** og for førstehjælpere i **Tabel 2**.

*Tourniquet* har sin plads i det civile præhospitale miljø. Bruges *tourniquet* med omtanke hos en selekteret patientgruppe, og sørger man for hurtig transport til et hospital, kan man betragte det som relativt sikkert. Patientgruppen karakteriseres ved at have svært isoleret ekstremitetsskade, svært hypovolæmisk shock og massivt transfusionsbehov. Her kan et eller flere *tourniquets* anlagt præhospitalt være livreddende [21]. Et *tourniquet* er både et nødvendigt og livreddende middel i det militære miljø og i det civile præhospitale miljø, hvor tiden fra anlæggelse til operation bør kunne holdes på under to timer, og hvor man har mulighed for systematisk uddannelse og ensartede guidelines.

## SUMMARY

Christian Lyngsaa Lang, Trine Lauridsen & Thomas Boel:

The use of pre-hospital tourniquets in life-threatening extremity traumas.

Ugeskr Læger 2014;176:V02140124

Tourniquets have been used for centuries. They have been called lifesavers and "an invention of the evil one". 90.9% of deaths on the battlefields result from haemorrhage. Lessons learned during the wars in Iraq and Afghanistan have developed the treatment given to hypovolaemic patients on the battlefield. Treating bleeding and hypovolaemia is now considered as the primary intervention. The tourniquet has proven to be an indispensable tool treating wounded soldiers, with little risk of complications. The tourniquet might also show to be a valuable asset in a pre-hospital urban setting.

**KORRESPONDANCE:** Christian Lyngsaa Lang, Klinik for Plastikkirurgi, Brandsårsbehandling og Brystkirurgi, Rigshospitalet, Blegdamsvej 9, 2100 København Ø. E-mail: c.lyngsaa@gmail.com

**ANTAGET:** 14. maj 2014

**PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK:** 1. september 2014

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

## LITTERATUR

1. Eastridge BJ, Mabry L, Seguin P *et al.* Death on the battlefield (2001-2011): implications for the future of combat casualty care. *J Trauma Acute Care Surg* 2012;73:431-7.
2. Champion HR, Bellamy RF, Roberts CP *et al.* A profile of combat injury. *J Trauma* 2003;54:13-9.
3. Kragh JF, Swan KG, Mabry RL *et al.* Historical review of emergency tourniquet use to stop bleeding. *The Am J Surg* 2012;203:242-52.
4. Brodie S, Hodgetts TJ, Ollerton J *et al.* Tourniquet use in combat trauma: UK Military Experience. *J Spec Oper Med* 2009;1:74-7.
5. Beekley AC, Sebesta JA, Blackburne LH *et al.* Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes. *J Trauma* 2008;64:28-37.
6. Kragh JF, O'Neill ML, Beebe DF *et al.* Survey of the indications for use of emergency tourniquets. *J Spec Oper Med* 2011;1:30-8.
7. Lakstein D, Blumenfeld A, Sokolov T *et al.* Tourniquets for hemorrhage control on the battlefield: a 4-year accumulated experience. *J Trauma* 2003;5:221-5.
8. Røjskjær J, Foss NB, Kristensen BB. Ingen evidens for rutinemæssig anvendelse af tourniquet til ortopædkirurgi. *Ugeskr læger* 2011;173:3097-100.
9. Dayan L, Zinmann C, Stahl S *et al.* Complications associated with prolonged tourniquet application on the battlefield. *Military Med* 2008;1:63-6.
10. Wakai A, Wang JH, Winter DC *et al.* Tourniquet-induced systemic inflammatory response in extremity surgery. *J Trauma* 2001;51:922-6.
11. Husum H, Gilbert M, Wisborg T *et al.* Prehospital tourniquets: there should be no controversy. *J Trauma* 2004;1:214-5.
12. Starnes BW, Beekley AC, Sebesta JA *et al.* Extremity vascular injuries on the battlefield: tips for surgeons deploying to war. *J Trauma* 2006;60:432-42.
13. Noordin S, McEwen JA, Kragh JF. Surgical tourniquets in orthopaedics. *J Bone Joint Surg Am* 2009;12:2958-67.
14. Kragh JF, Walters TJ, Baer DG *et al.* Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma. *Ann Surg* 2009;1:1-7.
15. Instruks for anvendelse af Combat Application Tourniquet i hæren. København: Forsvarets Sundhedstjeneste, 2008.
16. Caterson EJ, Carty MJ, Weaver MJ *et al.* Surgical view of lessons learned from combat casualty care and the applicability to Boston's terrorist attack. *J Craniofacial Surg* 2013;24:1061-7.
17. Lee C, Porter KM, Hodgetts TJ. Tourniquet use in the civilian prehospital setting. *Emerg Med J* 2007;24:584-7.
18. Doyle GS, Taillac PP. Tourniquets: a review of current use with proposals for expanded prehospital use. *Prehosp Emerg Care* 2008;2:241-56.
19. Dorlac WC, DeBakey ME, Holcomb JB *et al.* Mortality from isolated civilian penetrating extremity injury. *J Trauma* 2005;59:217-22.
20. Parker PJ, Clasper J. The military tourniquet. *J R Army Med Corps* 2007;153:10-2.
21. Navien J. The tourniquet controversy. *J Trauma* 2003;54:219-20.