

Av KNUT LISETH, Kst. overlege, PhD, LINDA SKORDAL, Fagbioingeniør, MSc, SOLFRID BJØRSVIK, Fagbioingeniør, TOR HERVIG, Professor, avdelingsoverlege, ROLF STØRKSON, Kst. overlege
 Avdeling for immunologi og transfusjonsmedisin, Haukeland universitetssykehus, Bergen
 KNUT LISETH og LINDA SKORDAL deler førsteforfatterskapet
 E-post: knut.liseth@helse-bergen.no

Praktisk bruk av tromboelastografi

Introduksjon

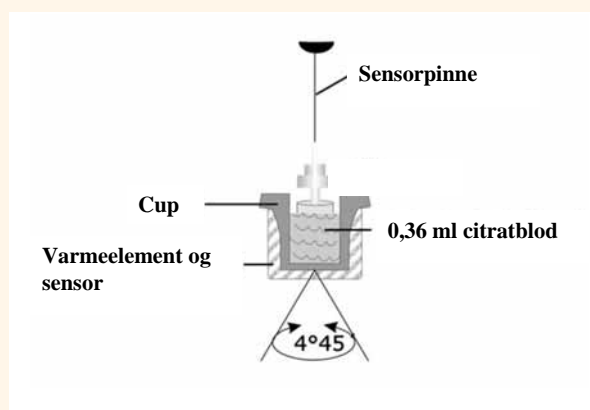
Retningslinjer for transfusjonsbehandling baserer seg hovedsakelig på størrelsen av blodtapet, samt en vurdering av pasientens tilstand (1). Dette betyr at pasienten ved blødning vil få transfundert et på forhånd bestemt forhold mellom røde blodceller, plasma og blodplater uavhengig av egne reserver. En pasient med trombocytverdi på $400 \times 10^9/l$ vil for eksempel ha mindre behov for transfusjon med blodplater enn en pasient med trombocytverdi på $150 \times 10^9/l$ før blødning. Tromboelastografi (TEG) gir innen 10 til 20 minutter svar på om en blødende pasient har størst behov for blodplater, fibrinogen eller koagulasjonsfaktorer. TEG er altså en målemetode som kan brukes under en pågående blødning og som kan gi en mer målrettet bruk av blodprodukter (2). Dette har ført til at TEG i økende grad brukes ved traumer med stort blodtap og ved elektive operasjoner med stort forventet blodtap (3, 4). Målrettet transfusjonsterapi er

viktig for å begrense blodtapet ved store blødninger, og flere studier har vist at TEG kan bidra til å redusere bruken av blodprodukter (5, 6).

TEG har vært i rutinemessig bruk ved Haukeland universitetssykehus siden januar 2008. Vi vil her gi en presentasjon av metodens muligheter og begrensninger, samt belyse den med et klinisk eksempel.

Materiale og metode

Gjennomgangen er basert på søk i PubMed og egne data. Ved søk i PubMed har vi vurdert minst 30 publikasjoner ved hver av søkeordene "thromboelastography", "thrombelastography", "thromboelastogram" og "thrombelastogram". Vi har også vurdert publikasjoner som det er referert til i de overnevnte publikasjonene. Artikkelen har vært vurdert ut i fra kvalitet, relevans og publikasjonsår. Vi har også gjennomgått referanser som har vært spesielt



Figur 1. Prinsipp for TEG. Under analyseringen roteres en prøve med 0,36 ml citrat eller fullblod kontinuerlig for å simulere venøs blodstrøm. Når koagulasjonen starter vil pinnen møte økende motstand, og denne motstanden registreres av en sensor koblet til en datamaskin. Datamaskinen vil presentere denne motstanden grafisk slik som demonstrert i figur 2.

Sammendrag

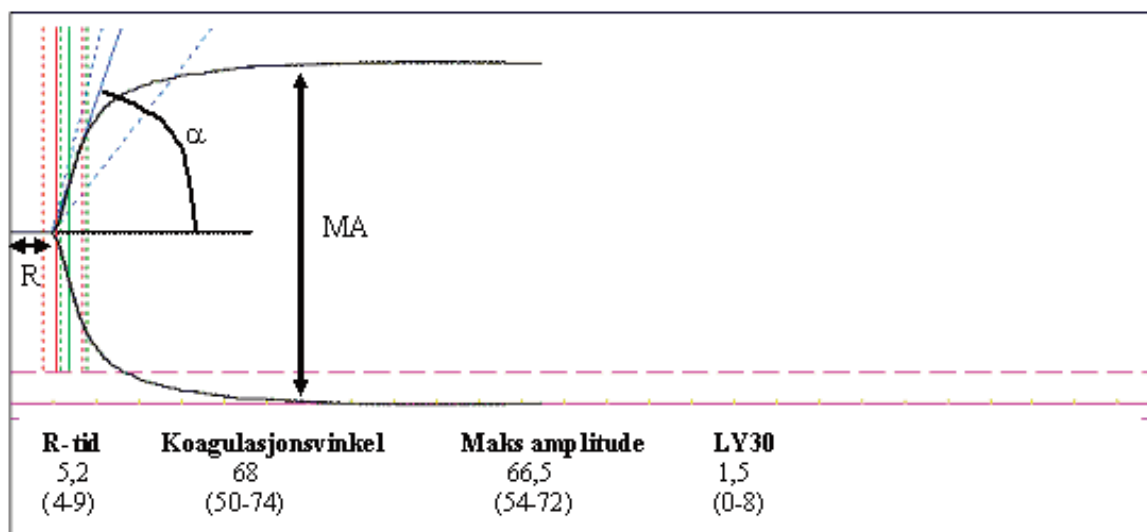
Bakgrunn: Tromboelastografi er en målemetode som gir et grafisk bilde av koagulasjonsprosessen. Forskjellige koagulopatier gir karakteristiske forandringer i dette grafiske bildet. Tromboelastografi gir svar innen 10 til 20 minutter og kan være et hjelpemiddel for å vurdere blødningsfare pre- og postoperativt. Tromboelastografi kan også benyttes til å gi individualisert transfusjonsterapi under pågående blødning. Denne artikkelen har hovedfokus på TEG uten spesialoppsett for å måle effekten av blodplatehemmere.

Materiale og metode: Artikkelen bygger på søk i PubMed og utvalgte publikasjoner. Vi har i tillegg tatt med egne data og observasjoner.

Resultater: Det foreligger dokumentasjon på at tromboelastografi kan gi mer målrettet transfusjonsterapi ved åpen hjertekirurgi, multitraumebehandling, levertransplantasjon og enkelte obstetriske tilstander. Ved flere sykehus har man nå skjermer som viser tromboelastografikurve i sanntid på operasjonsstuer og intensivavdelinger. Dette gjør at koagulopatier raskt kan korrigeres og bidrar til å redusere pasientens blodtap. Tromboelastografi kan også gi informasjon om hvilke pasienter som har størst risiko for blødning.

Konklusjon: Tromboelastografi kan være et nyttig verktøy for å gi målrettet transfusjonsterapi ved store blødninger. Analysen må utføres raskt og behandlende personell må ha hurtig tilgang til svar for å utnytte metodens potensial.

Nøkkelord: Blødning, blodoverføring, trombose, anestesi, kirurgi



Figur 2. Normal kurve for TEG. Jo større styrke koagelet har, jo bredere vil kurven bli.

anbefalt av Pär Johansson og medarbeidere ved Rigshospitalet i København.

TEG som metode

Prinsipp

Ved TEG forsøker man å gjenskape fysiologisk koagulasjon *in vitro* og få et mest mulig realistisk bilde på pasientens koagulasjonsprosess. Under analyseringen roteres en prøve med 0,36 ml citrat eller fullblod langsomt for å imitere venøs blodstrøm. En pinn føres ned i blodprøven og en sensor koblet til en datamaskin registrerer motstanden pinnen møter

(Figur 1). Når koagulasjonen starter vil pinnen møte stadig sterkere motstand, og datamaskinen registrerer dette og fremstiller denne motstanden grafisk (Figur 2 og 3). Datamaskinen vil også utgi tallverdier for motstanden pinnen møter (beskrevet i neste avsnitt). TEG registrerer påvirkning fra fibrinogen og hematokrit og man får et bilde på samspillet for alle de involverte komponentene i koagulasjonsprosessen.

Siden flere koagulasjonsfaktorer er labile *in vitro*, er det viktig at TEG utføres raskt etter prøvetakning. Ved Haukeland universitetssykehus krever vi at portøren bringer prøven direkte til laboratoriet etter prøvetakning, og vi starter analyseringen innen 15 minutter. Prøven kan lagres maksimalt to timer, men nøyaktigheten ved analysen er best dersom prøven analyseres umiddelbart (7).

Tallverdier

Den første verdien som registreres er tiden fra undersøkelsen starter til det er registrerbar koagulasjon, såkalt R-tid (Figur 2). "R-tid" er norsk oversettelse for "Reaction time". Ved Haukeland universitetssykehus er normalområdet for R-tid mellom 2,0 og 9,8 minutter. R-tid forlenges ved nedsatt nivå av effektive koagulasjonsfaktorer, noe som foreligger ved kvantitativ mangel, men også hvis pasienten har fått heparin, ettersom heparin effektivt hemmer koagulasjonsfaktorer. Effekten av heparin kan nøytraliseres ved å tilsette prøven heparinase før TEG-analysen. Hvis man

Abstract

Thromboelastography in clinical use

Background: Thromboelastography provides a functional evaluation of the coagulation process. By measuring viscoelastic changes during the haemostatic process thromboelastography provides a real-time evaluation of the coagulation cascade and the interaction of the different elements that participate in the coagulation process. Thus, thromboelastography has the potential for individualising transfusion therapy.

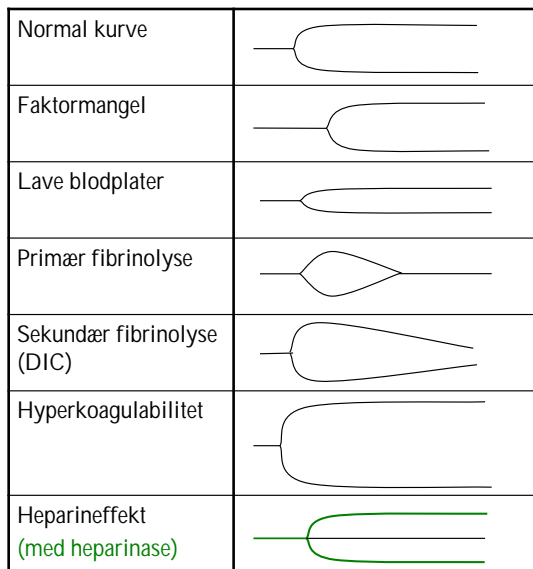
Material and methods: This review article is based on selected publications, search in PubMed and the authors' own experience.

Results: Thromboelastography has an established role in cardiopulmonary bypass and liver surgery. There is also expanding evidence for the usefulness of thromboelastography in the management of trauma-induced coagulopathy and obstetric medicine. Transfusion guidelines based on thromboelastography can reduce the use of allogeneic blood, thus minimising inappropriate blood product use.

Interpretation: Thromboelastography can be a useful tool for individualising transfusion therapy. In order to utilise the potential of thromboelastography the physician treating the patient needs to receive results swiftly, preferentially in real-time.

Key-words: Bleeding, blood transfusion, thrombosis, anesthesia, surgery

Bioingeniøren er godkjent som vitenskapelig tidsskrift. Denne artikkelen er fagfelleurdert og godkjent etter Bioingeniørens retningslinjer.



Figur 3. Karakteristiske TEG-kurver ved noen aktuelle tilstander. Ved manglete koagulasjonsfaktorer vil R-tiden bli forlenget, mens Maks amplitude forblir normal. Ved lavt nivå av fungerende blodplater er R-tiden normal, mens Maks amplitude blir lav som et mål på at det ikke dannes sterk blodplateplugg. Ved primær fibrinolyse vil ofte R-tid og Maks amplitude være normal, men koagelet brytes raskt ned. Disseminert intravaskulær koagulasjon gir ofte en rask og relativt kraftig koageldannelse, men koagelet brytes raskt ned. Ved hyperkoagulabilitet dannes det raskt et kraftig koagel. Dette ses som kort R-tid og høy Maks amplitude. Nederste eksempel er fra en heparinisert pasient (sort, rett linje). Det er ingen koageldannelse, noe som er forenlig med kraftig heparinisering. I en parallellprøve er det tilsatt heparinase (grønn kurve). Ved tilsetning av heparinase normaliseres kurven. Dette tyder på at pasienten ikke har noen til grunnliggende koagulopati.

mistenker at pasienten har fått heparin, kjøres vanligvis TEG parallelt med og uten heparinase. Forskjellen mellom de to kurvene gir et mål på heparineffekten.

Den maksimale styrken til koagelet registreres som Maks amplitude (MA) og måles i millimeter. Lav MA er typisk for redusert nivå av funksjonelle blodplater. Høy MA ses ved hyperkoagulabilitet. Vårt referanseområde for MA er mellom 51 og 69 mm. Vi er kjent med at enkelte andre laboratorier bruker litt andre referanseområder (7).

Koagulasjonsvinkelen "α" er et mål på hvor raskt styrken i koagelet øker. Når koagulasjonen starter er koagelet relativt svakt. Deretter øker koagelets styrke gradvis. Denne gradvise økningen av koagelets styrke kan kvantifiseres i grader og kalles koagulasjonsvinkel. Normalområdet for koagulasjonsvinkelen er mellom 55 og 78 grader. Ved mangel på fibrinogen vil koagulasjonsvinkelen være lav. Koagulasjonsvinkelen må vurderes med forsiktighet hvis MA er nedsatt eller R-tiden er forlenget. Ved isolert mangel på fibrinogen vil koagulasjonsvinkelen være lav, mens MA og R-tid er normale.

Videre registreres tiden koagelet består, og koagelet vil raskere miste styrke ved både primær og sekundær fibrinolyse. Graden av redusert styrke i koagelet 30 minutter etter maksimal styrke rapporteres som LY30 (Lysis after 30 minutes). LY30 øker ved alle former for fibrinolyse, men øker vanligvis mer ved primær enn ved sekundær fibrinolyse. Normalområdet for LY30 er mellom 0 og 8 prosent. Koagulasjonsindeksen (CI) gir et mål på koagulasjonsstyrken, hvor man har regnet med betydningen av fibrinolyse. CI er utregnet hoved-

saklig på bakgrunn av de ovennevnte parametrene etter formelen:

$$CI = -0,1227R + 0,0092K + 0,1655MA - 0,0241 \times \text{koagulasjonsvinkel} - 5,022 \text{ (8)}$$

I denne formelen er verdien K tid i minutter fra start av koageldannelse til TEG-kurven har fått en amplitude på 20 mm. CI benyttes for å skille mellom primær og sekundær fibrinolyse og har normalområde mellom -3 og 3 (9).

Behov for blodprodukter ved avvikende verdier

Ved registrering av TEG har man tre parametre som kan indikere mangel på hvert sitt blodprodukt: Lang R-tid kan tyde på behov for plasma, lav koagulasjonsvinkel kan tyde på behov for fibrinogenkonsentrat og redusert MA kan tyde på behov for blodplater. Detaljer for hvilke blodprodukter som er aktuelle ved spesifikke TEG-verdier er gitt i tabell 1.

TEG ved bruk av blodplatehemmere

TEG har potensial ved vurdering av effekt av blodplatehemmere som acetylsalisylsyre og clopidogrel. Dette krever et spesialoppsett og det er usikkert om dette oppsettet har tilfredsstillende spesifisitet for rutinemessig bruk (10, 11). Spesialoppsett for å kunne evaluere effekten av blodplatehemmere som virker på ADP-reseptor og GP IIb/IIIa-komplekset er kommersielt tilgjengelige under navnet "TEG platelet mapping®" fra Haemascop Corporation, Niles, Illinois, USA. Studier som har analysert "TEG platelet mapping®" har vist at teknikken er sensitiv for å registrere effekten av acetylsalisylsyre og clopidogrel, men at

den er for unøyaktig til å vise fravær av effekt hos personer som ikke bruker disse medikamentene. Ved behandling av store blødninger brukes vanligvis standard TEG, og denne artikkelen tar for seg TEG uten spesialoppsett for å måle effekten av blodplatehemmere.

TEG ved hypotermi

Hypotermi reduserer effektiviteten av koagulasjonsfaktorer og kompliserer behandlingen av blødninger. Hos hypotermie pasienter kan TEG-apparatet innstilles slik at prøven undersøkes ved samme temperatur som pasienten har. Man vil da vanligvis også kjøre en parallell prøve som undersøkes ved 37°C. Prøven som er kjørt ved 37°C vil gi informasjon om hvordan koagulasjonsstatus vil være hos pasienten når hypotermien er opphevet.

Indikasjoner for TEG

Multitraume

Det foreligger god dokumentasjon på at balansert transfusjonsterapi med optimal bruk av erythrocytter, blodplater og plasma bedrer overlevelsen ved multitraumebehandling (12, 13, 14). Behandling av multitraume er komplisert og utføres under stort tidspress. I en retrospektiv dansk studie fant man at det ble gitt for lite plasma eller blodplater hos mer enn 30 prosent av multitransfunderte pasienter (12). En av styrkene til TEG er tidlig detektering av spesifikke mangler som

kan korrigeres ved riktig valg av blodprodukter under den pågående blødningen, og den danske studien bidro til at traumemottaket ved Rigshospitalet i København fikk skjermer hvor traumeteamet kunne se TEG-kurver i sanntid.

Hjertekirurgi

Hjertekirurgi medfører et betydelig behov for blodtransfusjon og i USA utgjør transfusjon i forbindelse med hjertekirurgi mellom 15 og 20 prosent av det totale blodforbruket (15). Ved hjertekirurgi er transfusjon av både røde blodceller og blodplater assosiert med økt infeksjonstendens og dårlig prognose (16). Det er derfor en prioritert oppgave å unngå unødvendige transfusjoner. En amerikansk studie (17) rapporterer om signifikant reduksjon i bruk av blodprodukter ved hjertekirurgi etter at TEG ble tatt i bruk for å individualisere bruken av blodprodukter. Studien viser dessuten en ikke-signifikant trend mot lavere mortalitet i gruppen hvor transfusjonsterapien var styrt ved hjelp av TEG.

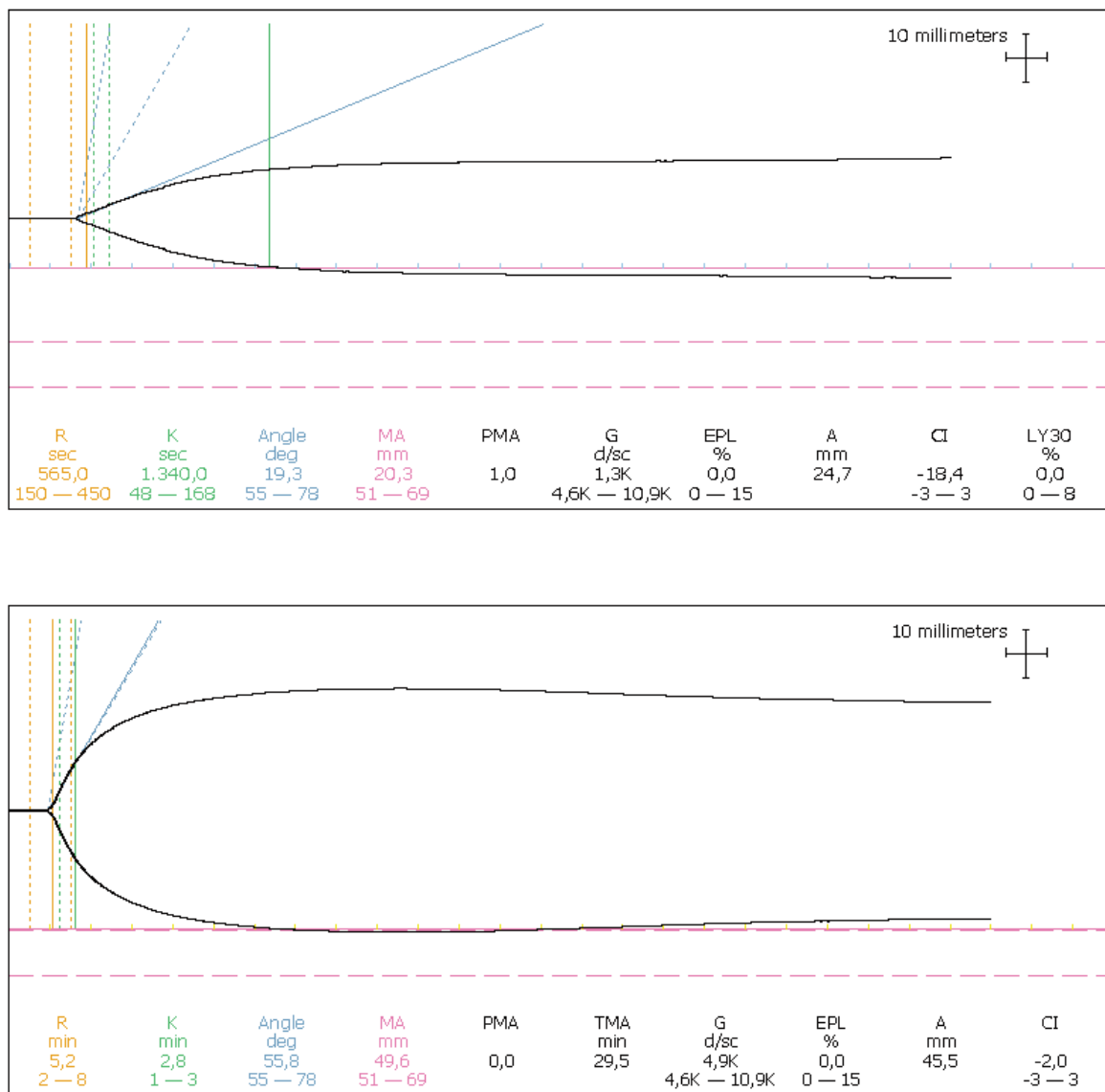
Obstetrikk

Graviditet er fysiologisk en protrombotisk tilstand hvor det samtidig foreligger hemodilusjon. TEG gir et totalbilde av koagulasjonsevnen og er særlig egnet i situasjoner hvor koagulasjonssystemet er under spesiell påvirkning som kompliserer blødningsstatus (18). TEG kan brukes til å forutsi blødningsrisikoen ved forskjellige inngrep og ved lokalanestesi i forbindelse

Tabell 1 Behandlingsalgoritme for transfusjonsterapi basert på patologiske verdier ved trombelastografi. Behandlingsalgoritmen er utviklet ved Rigshospitalet i København. Klinikk og øvrige prøvesvar må også vektlegges ved valg av terapi.

Parameter og funn	Sannsynlig koagulopati	Anbefalt behandling
R-tid 11-14 minutter	Nedsatt mengde effektive koagulasjonsfaktorer	Plasma, 3 enheter
R-tid >14 minutter	Sterkt nedsatt mengde effektive koagulasjonsfaktorer	Plasma, 6 enheter
Maks Amplitude 41-50 mm	Nedsatt blodplatefunksjon	Blodplater, 1 enhet
Maks Amplitude <40 mm	Sterkt nedsatt blodplatefunksjon	Blodplater, 2 enheter
Koagulasjonsvinkel <52°	Nedsatt fibrinogen	SD-cryo* eller plasma
LY30 >7,5%, CI <1,0	Primær fibrinolyse	Vurder antifibrinolytika
LY30 >7,5%, CI >3,0	Sekundær fibrinolyse	Primært behandle grunntilstand, eventuelt vurdere antikoagulantia

*SD-cryo (Solvent/Detergent treated Cryoglobulin) leveres fra Legemiddelverket etter søknad. 1 enhet SD-cryo inneholder 350 mg fibrinogen. Navnet "Solvent/Detergent treated Cryoglobulin" (SD-cryo) henspiller på metoden som brukes for å fremstille produktet fra plasma.



Figur 4. Klinisk eksempel, pasient med livstruende blødning etter fødsel. Øverst er pasientens TEG-kurve ved innkomst. Pasienten hadde da fått 32 enheter røde blodceller, 22 enheter plasma og én enhet blodplater på lokalsykehus. Maks amplitude er sterkt nedsatt, noe som er forenlig med nedsatt funksjon eller redusert antall av blodplater. Nederst er pasientens TEG-kurve etter transfusjon av ytterligere fem enheter røde blodceller, fem enheter plasma og to enheter blodplater. Maks amplitude er nå nærmest normalisert.

med fødsel (18). Dermed kan TEG bidra til å begrense unødvendige transfusjoner hos denne pasientgruppen (19). Det foreligger videre en del forskning på bruk av TEG for å kunne forutsi spontanaborter og preeklampsi (20, 21). Det er observert at kvinner med hyppige spontanaborter har høyere MA tidlig under graviditeten (20), men TEGs rolle til å forutsi svangerskapskomplikasjoner er ikke klarlagt.

Figur 4 viser et praktisk eksempel hvor TEG gav nyttig informasjon ved blødning etter fødsel. Øverst er pasientens TEG-kurve ved innkomst til Rigshospitalet i København. Pasienten hadde da fått 32 enheter røde

blodceller, 22 enheter plasma og én enhet blodplater på lokalsykehus. Det mest påfallende funnet var at Maks amplitude var sterkt nedsatt, noe som er forenlig med nedsatt funksjon eller redusert antall av blodplater. Nederst er pasientens TEG-kurve etter transfusjon av ytterligere fem enheter røde blodceller, fem enheter plasma og to enheter blodplater. Maks amplitude er nå nærmest normalisert. Det ble senere gitt ytterligere to enheter blodplater og TEG-kurven ble da helt normalisert.

Levertransplantasjon

Transfusjonsbehovet ved levertransplantasjon er varierende, men massivt blodtap forekommer og kompliseres ofte av hyperfibrinolyse, samt mangel på koagulasjonsfaktorer og blodplater (22). Ved levertransplantasjon kan det derfor foreligge komplisert koagulopati som gjør transfusjonsterapien krevende. Koagulopati ved levertransplantasjon kan forekomme både på grunn av inngrepet og som en følge av nedsatt leverfunksjon. En gruppe forskere fant at bruk av TEG ved levertransplantasjon reduserte forbruket av hemostatiske produkter som blodplater og plasma med 33 prosent uten at dette gav økt blødningsvolum (23).

Hematologiske tilstander

TEG kan brukes til å identifisere pasienter med hyperkoagulabilitet som vil ha spesielt stor risiko for trombose (24). Et mulig bruksområde er preoperativ screening, spesielt hvis det foreligger tilleggsrisiko for trombose i form av graviditet eller kreftsykdom. En amerikansk studie med 240 operasjonspasienter fant at risikoen for trombose var korrelert med høy MA. Spesielt MA-verdier over 68 var forbundet med økt risiko for trombose (25). Høy MA viste seg dessuten å være en uavhengig prediktor for økt risiko for peroperativ kardiell ischemi.

TEG er ikke spesielt sensitiv i diagnostikken av isolerte koagulasjonsdefekter som for eksempel hemofili A og B, og for disse tilstandene er kvantitering av relevante koagulasjonsfaktor nyttigere for diagnostikken. TEG gir et totalbilde av effekten av koagulasjonsfaktorer, og ved tilstander med isolerte

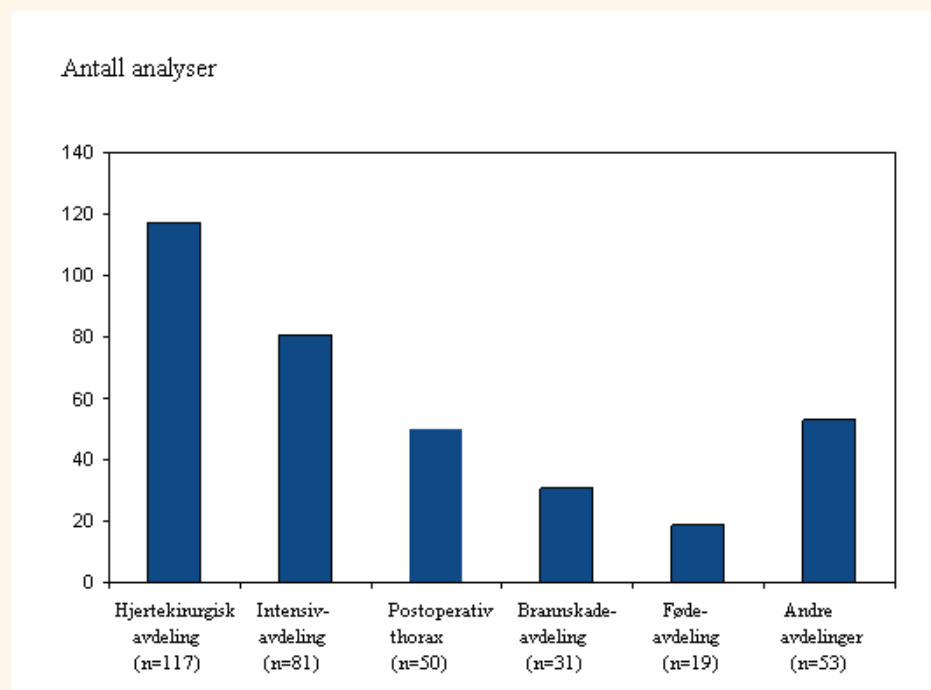
mangler gir det mer nøyaktig informasjon å måle den aktuelle koagulasjonsfaktoren. Det foreligger likevel to studier som har vist nytte av TEG for å måle effekten av behandlingen ved disse tilstandene (26, 27).

Konklusjonen er at TEG ikke er nøyaktig nok til å diagnostisere hemofili A og B, men at metoden kan gi nyttig informasjon om at den iverksatte behandlingen gir ønsket effekt hos blødere med kjent diagnose.

Til tross for enkelte publikasjoner med lovende resultater har TEG til nå ikke fått noen plass i standard utredning eller oppfølging av kronisk trombofili eller blødningstendens (27).

Begrensninger ved TEG

Analysering av TEG bør starte innen 15 minutter etter prøvetakning siden flere koagulasjonsfaktorer er labile i fullblod og citratblod. Dette gjør at TEG krever rask og god logistikk for å gi optimalt utbytte. Som nevnt er TEG uten spesialoppsett ikke sensitiv for blodplatehemmere og eventuelle problemer med plateadhesjon mot karvegg vil ikke bli registret. En av de fremste bruksområdene for TEG er ved hjertekirurgi, og dette er en pasientgruppe som ofte bruker blodfortynnende i form av blodplatehemmere. Hos denne pasientgruppen er TEG sin manglende nøyaktighet til å kunne kvantifisere effekten av eventuelle blodplatehemmere, en viktig begrensning (28). Den terapeutiske gevinsten ved bedret overvåking av perorale antikoagulantia vil være betydelig hvis sensitivitet og spesifisitet for TEG med spesialoppsett kan bedres hos pasienter som står på blodplatehemmere (29).



Figur 5. Oversikt over avdelinger ved Haukeland universitetssykehus som har rekvirert TEG i kalenderåret 2009.

TEG ved Haukeland universitetssykehus

Ved utgangen av 2009 hadde TEG vært i rutinemessig bruk i to år og det har i denne perioden vært en økende bruk av analysen. I 2009 ble TEG utført 351 ganger og mer enn 70 prosent av analysene ble rekvirert av intensivavdeling, postoperativ thoraxseksjon og hjerte-kirurgisk avdeling. Detaljer om hvilke avdelinger som rekvirerte TEG i 2009 fremgår av figur 5.

Ved Haukeland universitetssykehus er det nå installert forbindelse fra laboratoriet til intensivavdelingen, postoperativ thorax og operasjonsstuene som benyttes til hjerte- og gastrokirurgi. Slik kan TEG-kurver og verdier vises i sanntid der. Forskjellige tilstander gir karakteristiske TEG-kurver (Figur 3), og vår erfaring er at anestesipersonalet raskt kjenner igjen endringer i TEG-kurver og bare unntaksvis kontakter spesialist i koagulasjon for å få hjelp med tolkningen.

Diskusjon og konklusjon

TEG gir raskt et totalbilde av koagulasjonsprosessen og resultatet presenteres på en oversiktlig måte. I tillegg til å gi et estimat for effektiv mengde fibrinogen, blodplater og koagulasjonsfaktorer, gir TEG et bilde av samspillet mellom disse faktorene. Videre gir TEG informasjon utover det konvensjonelle blodprøver gir, for eksempel grad av fibrinolyse og hyperkoagulabilitet. TEG kan også gi nyttig informasjon om koagulasjonsstatus hos hypotermie pasienter ved at analysen utføres ved pasientens kroppstemperatur.

TEG kan være nyttig for å identifisere pasienter som har stor blødningsrisiko (30, 31) og gir mulighet for å forebygge i stedet for å erstatte blodtap. TEG legger således til rette for individualisert transfusjonsterapi, og gjør at man i noen tilfeller kan spare blodprodukter uten at blødningsrisikoen stiger (17, 23). Et eksempel på individualisert transfusjonsterapi er å la være å gi blodplater hvis TEG viser god MA, til tross for at pasienten har mistet et blodvolum som vanligvis ville resultert i transfusjon med blodplater. Mer målrettet transfusjonsterapi kan bidra til å bedre forsynings-situasjonen for blodprodukter og spare pasientene for unødig risiko forbundet med blodtransfusjoner.

Bruk av TEG for å individualisere transfusjonsterapi har blitt kartlagt i en rekke studier (5, 32, 33, 34). De konkluderer med at TEG reduserer bruk av blodprodukter som røde blodceller, blodplater og plasma, mens forbruket av visse spesialprodukter kan øke. Vi har i vår praksis registrert økt forbruk av fibrinogenholdige produkter, som SD-cryo, etter at vi tok i bruk TEG. Fibrinogenholdige produkter som SD-cryo er

kostbare, men målrettet bruk av slike hemostatiske produkter bidrar til å redusere blødningsvolumet. Det finnes flere publikasjoner som tyder på at TEG totalt sett bidrar til reduserte utgifter til transfusjonsterapi (35, 36, 37).

Det kan oppsummeres at fordelene med TEG er at teknikken er relativt rimelig og at dataene presenteres på en intuitiv og lett tolkbar måte. Videre gir TEG raskt svar og kan derfor gjentas flere ganger i forbindelse med en operasjon eller et blødningsforløp. Ulempene med TEG er at analysen må utføres raskt, ettersom flere koagulasjonsfaktorer er labile *in vitro*. TEG er heller ikke spesielt sensitiv for å detektere isolerte mangler av koagulasjonsfaktorer, og informasjon fra TEG må tolkes med omhu hos pasienter som står på blodplatehemmere.

Hovedstyrken for TEG er at metoden raskt gir et totalbilde av koagulasjonsevnen under påvirkninger som kan forstyrre tradisjonelle parametere for å vurdere koagulasjon.

Konklusjonen er at TEG er et nyttig instrument for overvåkning av koagulasjonsstatus og at metoden bidrar til en bedre transfusjonspraksis.

TAKK

til Pär Johansson ved Rigshospitalet i København for tillatelse til å bruke figur 4.

Litteratur

1. Murphy MF, Wallington TB, Kelsey P et al. Guidelines for the clinical use of red cell transfusions. *Br J Haematol*, 2001, 113: 24-31.
2. Essell JH, Martin TJ, Salinas J et al. Comparison of thromboelastography to bleeding time and standard coagulation tests in patients after cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 1993, 7: 410-5.
3. Rugeri L, Levrat A, David JS et al. Diagnosis of early coagulation abnormalities in trauma patients by rotation thrombelastography. *J Thromb Haemost*, 2007, 5: 289-95.
4. Tien H, Nascimento B, Jr., Callum J, Rizoli S. An approach to transfusion and hemorrhage in trauma: current perspectives on restrictive transfusion strategies. *Can J Surg*, 2007, 50: 202-9.
5. Shore-Lesserson L, Manspeizer HE, DePerio M et al. Thromboelastography-guided transfusion algorithm reduces transfusions in complex cardiac surgery. *Anesth Analg*, 1999, 88: 312-9.
6. Gillies BS. Thromboelastography and liver transplantation. *Semin Thromb Hemost*, 1995, 21 Suppl 4: 45-9.

7. Johansson PI. The blood bank: from provider to partner in treatment of massively bleeding patients. *Transfusion*, 2007, 47: 176S-81S; discussion 82S-83S.
8. Gorton HJ, Warren ER, Simpson NA et al. Thromboelastography identifies sex-related differences in coagulation. *Anesth Analg*, 2000, 91: 1279-81.
9. Reikvam H, Steien E, Hauge B et al. Thrombelastography. *Transfus Apher Sci*, 2009, 40: 119-23.
10. Bochsén L, Wiinberg B, Kjelgaard-Hansen M et al. Evaluation of the TEG platelet mapping assay in blood donors. *Thromb J*, 2007, 5: 3.
11. Tantry US, Bliden KP, Gurbel PA. Overestimation of platelet aspirin resistance detection by thrombelastograph platelet mapping and validation by conventional aggregometry using arachidonic acid stimulation. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46: 1705-9.
12. Johansson PI, Hansen MB, Sorensen H. Transfusion practice in massively bleeding patients: time for a change? *Vox Sang*, 2005, 89: 92-6.
13. Proceedings of the roundtable of experts in surgery blood management. Vienna, April 7-9, 1995. *Semin Hematol*, 1997, 33: 1-80.
14. Orlov D, O'Farrell R, McCluskey SA et al. The clinical utility of an index of global oxygenation for guiding red blood cell transfusion in cardiac surgery. *Transfusion*, 2009, 49: 682-8.
15. Shander A, Moskowitz D, Rijhwani TS. The safety and efficacy of "bloodless" cardiac surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*, 2005, 9: 53-63.
16. Spiess BD, Royston D, Levy JH et al. Platelet transfusions during coronary artery bypass graft surgery are associated with serious adverse outcomes. *Transfusion*, 2004, 44: 1143-8.
17. Westbrook AJ, Olsen J, Bailey M et al. Protocol based on thromboelastograph (TEG) out-performs physician preference using laboratory coagulation tests to guide blood replacement during and after cardiac surgery: a pilot study. *Heart Lung Circ*, 2009, 18: 277-88.
18. Hunt BJ, Lyons G. Thromboelastography should be available in every labour ward. *Int J Obstet Anesth*, 2005, 14: 324-5.
19. Sharma SK, Vera RL, Stegall WC, Whitten CW. Management of a postpartum coagulopathy using thrombelastography. *J Clin Anesth*, 1997, 9: 243-7.
20. Rai R, Tuddenham E, Backos M et al. Thromboelastography, whole-blood haemostasis and recurrent miscarriage. *Hum Reprod*, 2003, 18: 2540-3.
21. Orlikowski CE, Rocke DA, Murray WB et al. Thrombelastography changes in pre-eclampsia and eclampsia. *Br J Anaesth*, 1996, 77: 157-61.
22. Whitten CW, Greilich PE. Thromboelastography: past, present, and future. *Anesthesiology*, 2000, 92: 1223-5.
23. Kang YG, Martin DJ, Marquez J et al. Intraoperative changes in blood coagulation and thrombelastographic monitoring in liver transplantation. *Anesth Analg*, 1985, 64: 888-96.
24. Papa ML, Capasso F, Pudore L et al. Thromboelastographic profiles as a tool for thrombotic risk in digestive tract cancer. *Exp Oncol*, 2007, 29: 111-5.
25. McCrath DJ, Cerboni E, Frumento RJ et al. Thromboelastography maximum amplitude predicts postoperative thrombotic complications including myocardial infarction. *Anesth Analg*, 2005, 100: 1576-83.
26. Ghosh K, Shetty S, Kulkarni B. Correlation of thromboelastographic patterns with clinical presentation and rationale for use of antifibrinolytics in severe haemophilia patients. *Haemophilia*, 2007, 13: 734-9.
27. O'Donnell J, Riddell A, Owens D et al. Role of the Thrombelastograph as an adjunctive test in thrombophilia screening. *Blood Coagul Fibrinolysis*, 2004, 15: 207-11.
28. Hobson AR, Agarwala RA, Swallow RA et al. Thrombelastography: current clinical applications and its potential role in interventional cardiology. *Platelets*, 2006, 17: 509-18.
29. Weber AA, Adamzik M, Bachmann HS et al. Methods to evaluate the pharmacology of oral antiplatelet drugs. *Herz*, 2008, 33: 287-96.
30. Kaufmann CR, Dwyer KM, Crews JD et al. Usefulness of thrombelastography in assessment of trauma patient coagulation. *J Trauma*, 1997, 42: 716-20; discussion 20-2.
31. Spiess BD, Tuman KJ, McCarthy RJ et al. Thromboelastography as an indicator of post-cardiopulmonary bypass coagulopathies. *J Clin Monit*, 1987, 3: 25-30.
32. Avidan MS, Alcock EL, Da Fonseca J et al. Comparison of structured use of routine laboratory tests or near-patient assessment with clinical judgement in the management of bleeding after cardiac surgery. *Br J Anaesth*, 2004, 92: 178-86.
33. Spiess BD, Gillies BS, Chandler W, Verrier E. Changes in transfusion therapy and reexploration rate after institution of a blood management program in cardiac surgical patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 1995, 9: 168-73.
34. Royston D, von Kier S. Reduced haemostatic factor transfusion using heparinase-modified thrombelastography during cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth*, 2001, 86: 575-8.
35. Sorensen ER, Lorme TB, Heath D. Thromboelastography: a means to transfusion reduction. *Nurs Manage*, 2005, 36: 27-33; quiz -4.
36. Kozek-Langenecker SA. Perioperative coagulation monitoring. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2010, 24: 27-40.
37. Jackson GN, Ashpole KJ, Yentis SM. The TEG vs the ROTEM thromboelastography/thromboelastometry systems. *Anaesthesia*, 2009, 64: 212-5.