



Trude Steinsvik

Bioingeniør, PhD og avdelingssjef i Avdeling for laboratoriemedisin, Vestre Viken HF



Phuong Tuyet Nguyen

Bioingeniør ved medisinsk mikrobiologi Bærum sykehus, Avdeling for laboratoriemedisin, Vestre Viken HF

Hovedbudskap

- Kvalitet på blodprøver transportert med drone og budbil viste lite variasjon.
- Godt isolerte transportkasser er viktig ved transport med droner.
- Det er strengt lovverk i dag for droneflyvning (GDPR og personvern).
- Det er behov for flere studier og forenkling i lovverket før droner kan benyttes rutinemessig til transport av blodprøver i Norge.

Sammendrag

Formål: Sammenligne praktiske rutiner og kvaliteten på blodprøver transportert med drone og budbil.

Metode: Dobbel sett med blodprøver ble tatt av 22 frivillige, friske voksne (ett EDTA-glass og ett gelrør). Serumprøvene ble sentrifugert før transport. Ett sett blodprøver ble sendt med budbil fra Sunnaas sykehus til Blakstad sykehus og det andre settet ble sendt med drone. Fra Blakstad sykehus ble begge kassene transportert til Bærum sykehus for analyse rett etter ankomst. Analytter som ble analysert var hematologiparametere, elektrolytter, leverenzym, glukose og triglyserider.

Resultater: Det var godt samsvar både i gjennomsnittlig analyseresultat og standardavvik for prøver transportert med budbil og med drone. Den totale analysevariasjonen for de enkelte analytter er vesentlig høyere enn den prosentvise forskjellen mellom de to transportmetodene, noe som ytterligere indikerer at det ikke var klinisk signifikante forskjeller.

Konklusjon: Temperatur i kassene under dronetransporten var innenfor anbefalt temperatur, men ble litt lavere enn i kasser transportert med budbil. Analyseresultatene viste godt samsvar og lite variasjon mellom prøver transportert med budbil og drone. Dette er de første resultatene fra reell transport av blodprøver med drone i Norge, og et viktig skritt for å avgjøre om laboratorietester for de vanligste analyttene som brukes i helsevesenet er pålitelige også ved dronetransport.

Nøkkelord

Drone, blodprøver, temperatur, transport

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

Effekt av dronetransport på biokjemi- og hematologiparametere i blodprøver

Innledning

Droner er i vinden og teknologien har kommet langt. I teorien er bruksmulighetene nærmest uendelige. Når det gjelder transport av humant materiale med droner så er dette på verdensbasis kun i oppstartsfasen. Helse Vest har nylig gjennomført et kartleggingsprosjekt for om og hvordan en kan benytte droner som transportløsning i helsesektoren (1). Potensielle gevinster ved dronetransport er å bringe helsetjenestene nærmere der folk bor, i kraft av at pasienter i enkelte tilfeller kan slippe å reise til spesialisert lab for å ta prøver, men i stedet ta prøvene ved sitt lokale legekontor og vente hjemme på svar. Dronelogistikk muliggjør at det kan foretas hastebestillinger i akutte situasjoner, hvor tid er avgjørende og hvor man ellers ville mistet dyrebare minutter med tradisjonell bakketransport. I tillegg kan droner være et godt hjelpemiddel med tanke på beredskap. Vi har akkurat lagt bak oss en pandemi, hvor rask transport av koronaprøver til analyse var kritisk, og vi vet det vil komme nye pandemier.

Transport av humant materiale må alltid følge GDPR-forordningen om personvern (2). Det er i tillegg strenge krav til pakking, og alt biologisk materiale skal merkes i henhold til UN 3373 BIOLOGISK STOFF, KATEGORI B (3). Det er et fremtidig mål å etablere et Unmanned Traffic Management-system (UTM) i Norge, hvor droner og annen luftfart kommu-

niserer med hverandre. I dag kreves det omfattende søknader til Luftfartstilsynet og godkjenninger for å kunne fly drone i såkalt «spesifikk kategori» (4). «Spesifikk kategori» er en operatørkategori som dekker droneflyvning med middels risiko. Kategorien tillater blant annet flyvning utenfor synsrekkevidde og flyvninger høyere enn 120 meter over bakken.

Globalt er det transport av blodprodukter til transfusjon som er det bruksområdet som har kommet lengst når det gjelder dronetransport av humant materiale. Allerede i 2016 ble de første blodproduktene transportert med drone, og det er ikke påvist negativ innvirkning hverken på SAG-erytrocytter eller blodplater (5, 6). I Rwanda har blodprodukter blitt transportert rutinemessig mellom sykehus i flere år, og i tillegg til raskere tilgang på blodprodukter har det medført mindre svinn (7).

Studier av blodprøver transportert med droner har blitt publisert i flere land (8-11). I Norge er det så langt ikke publisert studier av reelle flyvninger med blodprøver. Det er derimot gjort simulering med vibrasjon og turbulens (12), samt evaluering av kostnader, implementering og nytteverdi (13-15).

Vår studie hadde til hensikt å undersøke praktiske rutiner rundt dronetransport av blodprøver og å sammenligne kvaliteten på blodprøver som transporteres med drone og med ordinær budbiltransport.

**Beathe Mittet**

Overbioingeniør ved medisinsk biokjemi Bærum sykehus, Avdeling for laboratoriemedisin, Vestre Viken HF

**Merete Rasmussen Ueland**

Bioingeniør og seksjonsleder ved medisinsk mikrobiologi Bærum sykehus, Avdeling for laboratoriemedisin, Vestre Viken HF



FIGUR 1A: Transportkasser som ble brukt til budbil var VACUETTE Termobag, mens transportkasser i plast ble brukt til dronetransporten. Fra venstre Phuong Nguyen, Merete Ueland og Trude Steinsvik.

Materialer og metode

Studiedesign og etiske aspekter

Studien var en del av et samarbeidsprosjekt for utvikling av dronebruk i Bærum kommune (16). Høsten 2022 ble det gjennomført et pilotprosjekt med transport av blodprøver utført av droneoperatøren Nordic Unmanned, i samarbeid med Bærum kommune, Sunnaas sykehus og Bærum sykehus (Vestre Viken HF). Samtykkeskjema med informasjon om studien ble signert, og prøvene ble aidentifisert manuelt. Studien er godkjent av personvernombudet ved Vestre Viken HF.

Prøvetaking og prøvebehandling

Dobbelt sett med blodprøver ble tatt av 22 frivillige, friske voksne, ett EDTA-glass og ett gelrør i hvert sett. Prøvetakere var bioingeniører fra Bærum sykehus. Serumprøvene ble sentrifugert før transport ved 1800 G i 10 minutter i en Sigma 2-7 sentrifuge (Sigma Laborzentrifugen GmbH, Germany). Prøvene ble pakket likt for begge transportmåter i henhold til standard for forsendelse av smitte-

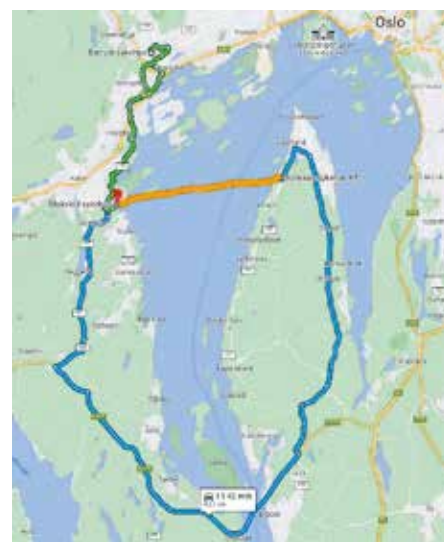
farlig biologisk materiale; UN 3373 BIOLOGISK STOFF, KATEGORI B (3). Denne standarden krever en lekkasjesikker sekundæremballasje utenpå prøverøret og en tilstrekkelig sterk ytteremballasje. VACUETTE Termobag fra MedKjemi ble brukt til transporten med budbil, tilsvarende det som benyttes daglig ved Bærum sykehus. Inne i termobagen ble prøvene satt i skumgummistativ som ble plassert i en boks med lokk i hardplast. Til dronetransporten ble det brukt plastkasser med lokk, da Vacuette Termobag ikke passet til dronens festeanordning. Her ble prøvene også satt i et skumgummistativ inni en lukket, forsterket pose med absorberende materiale i bunn. Alle transportkassene hadde kalibrerte temperaturloggere (Testo 174T) festet på innsiden. Figur 1a viser bilde av de to transportkassene.

Transport

Figur 2 illustrerer transportrutene med bil og drone. Det var ikke mulig å få tillatelse til å fly dronen over tettbebyggelse, så dronen fløy over Oslofjorden fra Sunnaas



FIGUR 1B: Dronen som ble benyttet var en firemotors Staaker® Logistics drone fra Nordic Unmanned med transportkasse festet under.



FIGUR 2: Kart over transportruter med budbil og drone.

- Kjørerute bil Sunnaas sh – Blakstad sh 55 km
- Kjørerute bil Blakstad sh – Bærum sh 15 km
- Flyrute Drone Sunnaas sh – Blakstad sh 7 km

FIGUR 2: Kart over transportruter med budbil og drone.

sykehus til Blakstad sykehus. Ett sett blodprøver fra hver frivillig ble sendt på vanlig måte med budbil fra Sunnaas til Blakstad sykehus og det andre settet ble sendt med drone. Fra Blakstad sykehus ble begge kassene transportert med bil til Bærum sykehus, hvor prøvene ble analysert umid-

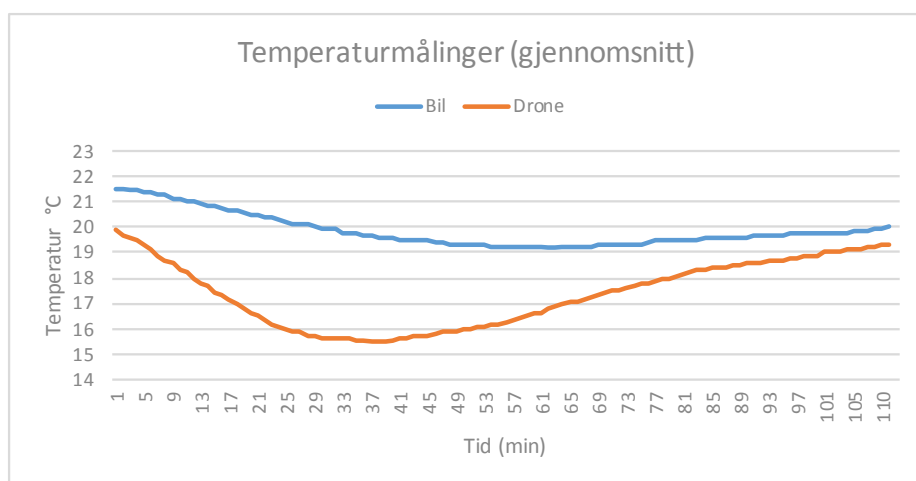
TABELL 1: Total variasjon for analyttene, gjennomsnitt, standardavvik, korrelasjonskoeffisient, p-verdi og gjennomsnittlig forskjell i prosent ved de to transportalternativene.

Analytt	CVt % (total variasjon)	Gjennomsnitt ± standardavvik		Gjennomsnittlig forskjell mellom bil og drone	Korrelasjonskoeffisient	p-verdi bil/drone	
		Bil	Drone				
Hematologi	Hemoglobin (g/dl)	3,40%	13,37 ± 0,76	13,33 ± 0,69	0,3 %	0,95	0,41
	Hematokrit (EVF)	3,80%	0,41 ± 0,03	0,41 ± 0,02	0,0 %	0,94	0,75
	Erytrocytter (10 ¹² /L)	3,30%	4,52 ± 4,50	4,53 ± 4,50	-0,2 %	0,99	0,19
	MCV (fL)	2,60%	91,36 ± 6,75	90,91 ± 6,66	0,5 %	0,98	0,01
	MCH (pG)	2,60%	30,23 ± 2,78	30,00 ± 2,69	0,8 %	0,96	0,06
	MCHC (g/dl)	2,70%	32,82 ± 0,96	33,00 ± 0,93	-0,5 %	0,83	0,12
	Trombocytter (10 ⁹ /L)	9,10%	273,95 ± 55,53	273,14 ± 56,63	0,3 %	0,99	0,43
	Leukocytter (10 ⁹ /L)	11,50%	5,76 ± 1,38	5,82 ± 1,44	-1,0 %	0,98	0,17
	Nøytrofile granulocytter (10 ⁹ /L)	14,40%	3,23 ± 1,00	3,24 ± 1,00	-0,3 %	0,98	0,66
	Lymfocytter (10 ⁹ /L)	12,60%	1,79 ± 0,41	1,81 ± 0,39	-1,1 %	0,98	0,10
	Monocytter (10 ⁹ /L)	16,60%	0,46 ± 0,09	0,46 ± 0,10	0,0 %	0,68	0,71
	Eosinofile granulocytter (10 ⁹ /L)	18,00%	0,16 ± 0,14	0,16 ± 0,12	0,0 %	0,96	1,00
	Basofile granulocytter (10 ⁹ /L)	13,40%	0,06 ± 0,05	0,05 ± 0,05	16,7 %	0,58	0,08
	Klinisk kjemi	Natrium (mmol/L)	1,60%	139,82 ± 1,18	140,00 ± 1,23	-0,1 %	0,67
Kalium (mmol/L)		4,20%	4,27 ± 0,23	4,30 ± 0,24	-0,7 %	0,78	0,20
Klorid (mmol/L)		2,30%	103,41 ± 1,59	103,36 ± 1,40	0,0 %	0,76	0,79
ASAT (10 ⁹ /L)		11,90%	26,36 ± 15,65	27,32 ± 15,97	-3,6 %	0,91	0,36
ALAT (10 ⁹ /L)		11,70%	20,63 ± 6,29	21,42 ± 7,10	2,7 %	0,95	0,06
ALP (10 ⁹ /L)		7,30%	70,18 ± 19,17	69,68 ± 19,18	0,3 %	0,99	0,17
LD (10 ⁹ /L)		6,60%	165,95 ± 21,56	172,68 ± 21,56	-4,1 %	0,96	0,24
Glucose (mmol/L)		5,80%	4,71 ± 0,54	4,72 ± 0,56	-0,2 %	0,98	0,45
Triglycerid (mmol/L)		21,10%	1,10 ± 0,43	1,11 ± 0,43	0,3 %	0,99	0,33

delbart etter ankomst. Dronen som ble benyttet var en 4-motors Staaker® Logistics drone fra Nordic Unmanned, hvor transportkassen ble festet i fire punkter under dronen (figur 1b). Før droneflyvningene kunne gjennomføres, måtte laboratoriet utføre såkalt «drop test» av transportkassen for å sikre at kassen skulle tåle et eventuelt fall fra dronen eller en hard landing. Dette er i henhold til gjeldende regelverk fra den internasjonale organisasjonen for sivil luftfart ICAO (17). Det var også flere skjemaer som måtte fylles ut i forkant av hver forsendelse. Dronene ble operert av sertifiserte dronepiloter i spesifikk kategori fra Nordic Unmanned, en pilot til å styre dronen og en som tok imot dronen ved ankomst. Før avgang måtte flyskjema fylles ut og signeres.

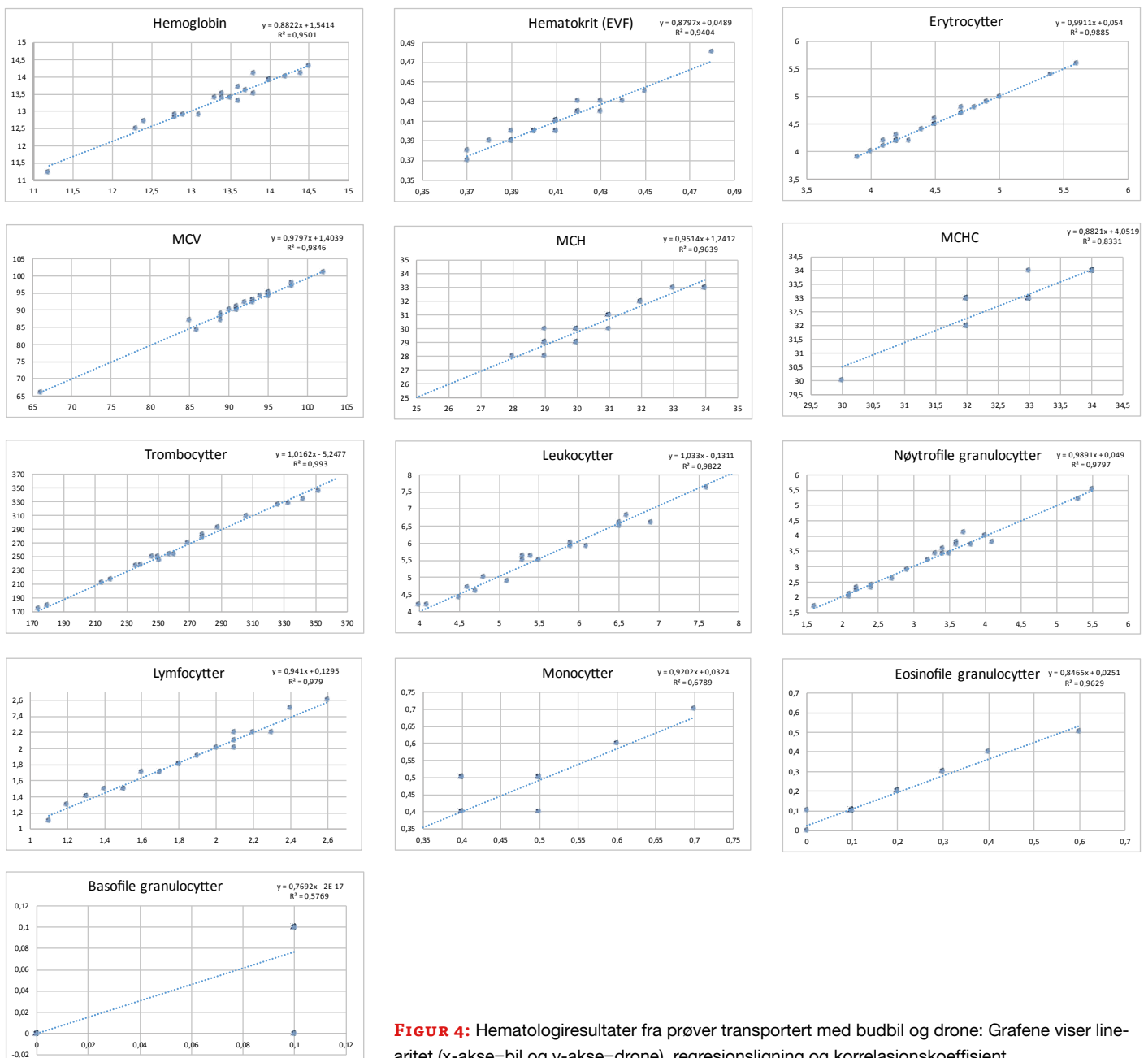
Analysing av prøver

Analytter som ble analysert var valgt ut med tanke på hva som er de vanligste



	Temperatur (°C)		
	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt
Bil	19	22,9	19,9
Drone	14,8	22,6	17,4
Differanse	4,2	0,3	2,5

FIGUR 3: Temperaturmålinger i transportkassene under transport med budbil og drone.



FIGUR 4: Hematologiretultater fra prøver transportert med budbil og drone: Grafene viser linearitet (x-akse=bil og y-akse=drone), regresjonsligning og korrelasjonskoeffisient

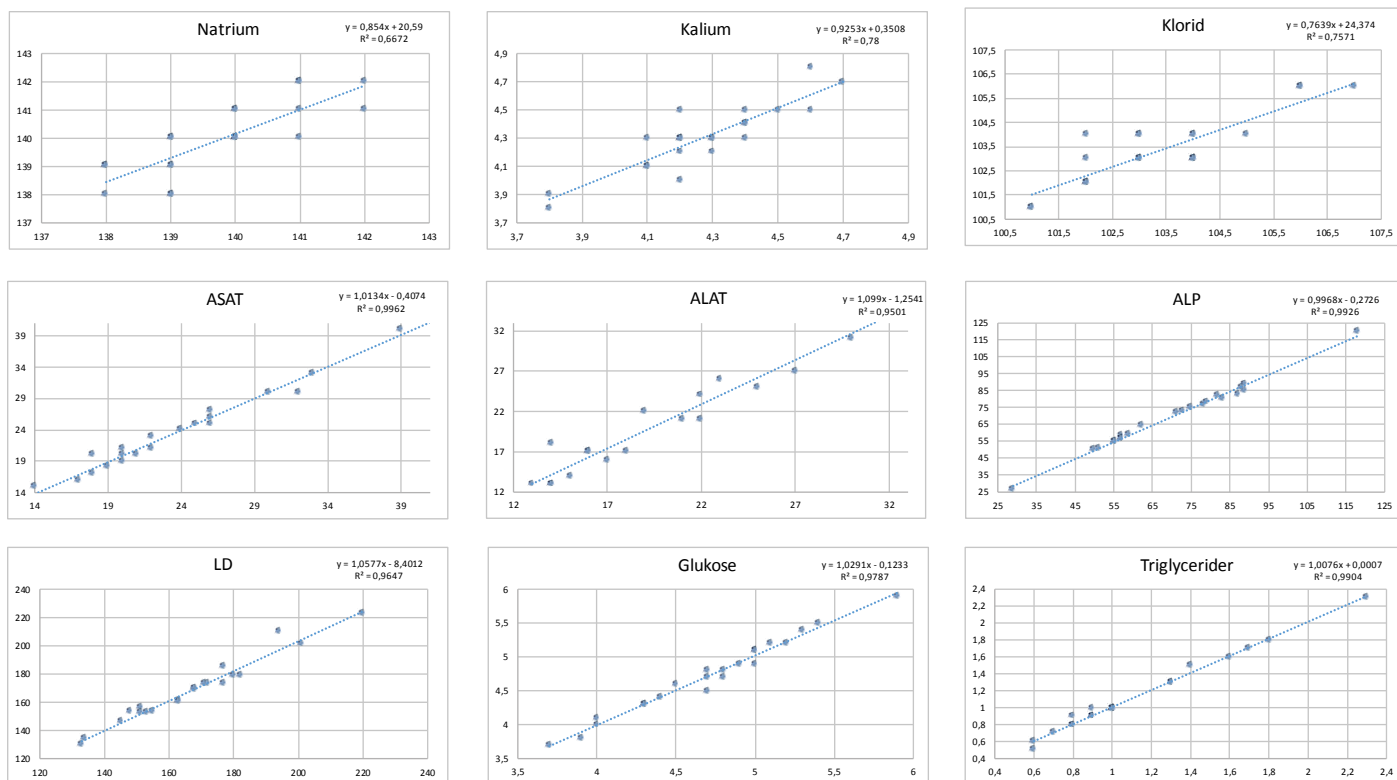
parameterne å undersøke hos pasienter. I tillegg valgte vi analytter som man vet kan være ustabile under skiftende forhold og dermed kunne tenkes å bli påvirket av vibrasjon, trykk, temperatur e.l. under dronetransport. I studien ble derfor hematologiparametere, elektrolytter, leverenzymer, glukose og triglyserider valgt. Alle prøvene ble analysert kort tid etter ankomst til Bærum sykehus. Hematologiparametere ble analysert på Sysmex XN-9100 (Sysmex Corporation,

Kobe, Japan), og de resterende analysene ble analysert på Atellica CH (Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Germany).

Dataanalyse

Analyseresultater på blodprøvene ble sammenlignet i følgende to grupper: prøver transportert med budbil og prøver transportert med drone. På grunn av vanskelig prøvetaking med påfølgende hemolysing ble resultater fra to prøvesett utelatt fra beregningene. Analysene

ble gjort med Excel og SPSS (IBM, Chicago, USA, versjon 28). Analysemotodene som ble benyttet var Pearson-korrelasjon, beskrivende statistikk og parettosidigt t-test. Statistisk signifikansnivå ble satt til $\leq 0,05$. Bland-Altman differanseplott ble brukt for å visualisere samsvar mellom prøver transportert med bil og drone. Total variasjon for de ulike analyttene beregnet ved laboratoriet på Bærum sykehus (18), ble benyttet for å vurdere klinisk relevans ved signifikante forskjeller. ➤



FIGUR 5: Klinisk kjemi-resultater fra prøver transportert med budbil og drone: Grafene viser linearitet (x-akse=bil og y-akse=drone), regresjonsligning og korrelasjonskoeffisient.

Resultater

Transporttid og temperatur ved transport av blodprøvene

Ett sett blodprøver fra hver frivillig ble sendt på vanlig måte med budbil fra Sunnaas til Blakstad sykehus og det andre settet ble sendt med drone. Dronen fløy 120 meter over bakken og transporttid med drone fra Sunnaas til Blakstad sykehus var 18-19 minutter. Distansen over Oslofjorden var cirka 7000 meter. Transport med budbil fra Sunnaas til Blakstad, en strekning på 55 kilometer, tok cirka 60 minutter. Fra Blakstad sykehus ble begge kassene transportert til Bærum sykehus for analysering, en strekning på 15 kilometer. Total tid fra prøvene forlot Sunnaas sykehus til ankomst Bærum sykehus var cirka 111 minutter.

Selve prøvetransporten ble utført den 6. oktober 2022. Gjennomsnittlig utetemperatur ved Sunnaas sykehus var cirka 12 °C. Vindstyrken var opp mot 15 m/s og nedbør dette døgnet var på 5,4 mm, men det var opphold mens dronen var i luften (19).

Figur 3 viser gjennomsnittlig temperatur i kassene som ble transportert med

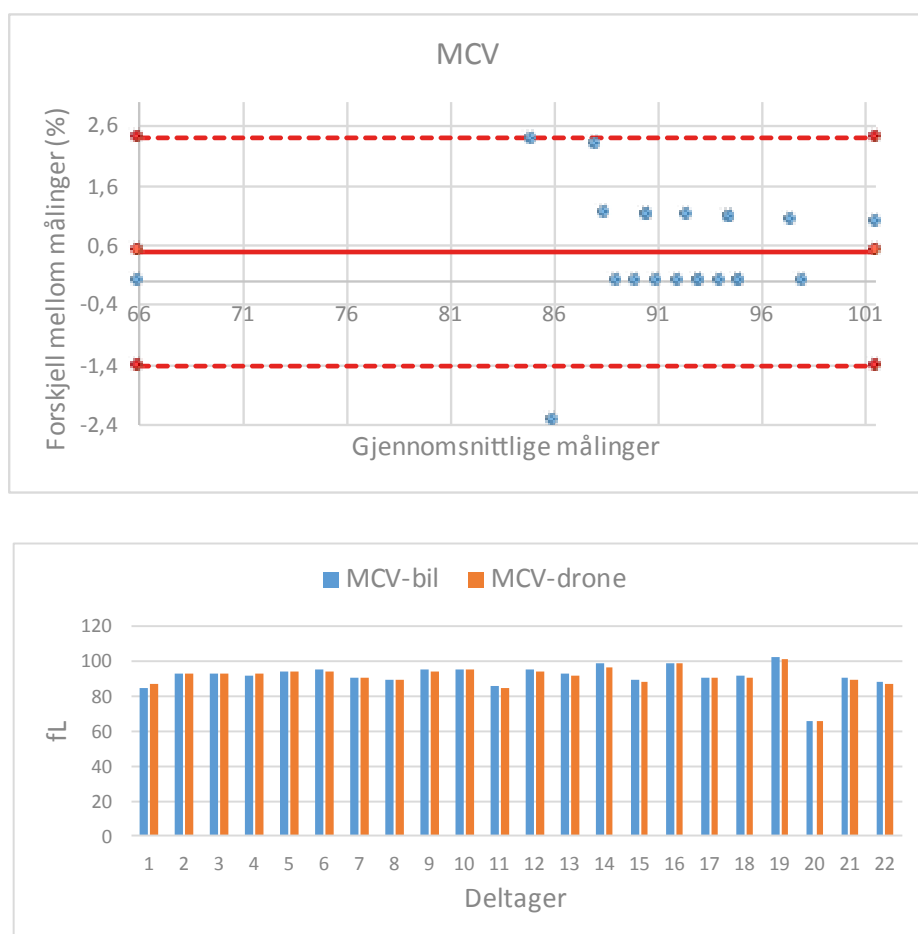
budbil og med drone. I kassene som ble transportert med drone varierte temperaturen fra 14,8 °C til 22,6 °C, mens temperaturen i kassene transportert med ordinær budbil varierte fra 19,0 °C til 22,9 °C.

Analyseresultater

Resultat fra analysering av prøvene er presentert i tabell 1. Det var godt samsvar både i gjennomsnittlig analyseresultat og standardavvik for prøver transportert med budbil og med drone. Total variasjon for de ulike analyttene er angitt i tabellen i tråd med beregnet variasjon for analysene ved laboratoriet (18). Gjennomsnittlig forskjell i prosent mellom bil og drone ble beregnet og er angitt i tabellen. Med unntak av basofile granulocytter var prosentvis forskjell mellom de to transportmetodene betydelig lavere enn total variasjon for analyttene. Pearsons korrelasjonskoeffisient er et mål på grad av lineær sammenheng mellom to variabler. Korrelasjonskoeffisienten forteller hvor relatert to variabler er og ligger mellom -1 og 1. En koeffisient på 1 eller -1 er henholdsvis perfekt positiv eller negativ kor-

relasjon, mens en koeffisient på 0 betyr ingen korrelasjon mellom to variabler. Figur 4 og 5 viser det lineære forholdet for prøver transportert med budbil og drone, regresjonsligningen og korrelasjonskoeffisienten for henholdsvis hematologi- og klinisk kjemianalyttene. Figurene viser god linearitet og god korrelasjon for alle analyttene. Korrelasjonskoeffisienten for de hematologiske prøvene var mellom 0,83 og 0,99 for alle prøver, unntatt basofile granulocytter (0,58) og monocytter (0,68), som viste noe lavere korrelasjon. Korrelasjonskoeffisientene for natrium, kalium og klor var på henholdsvis 0,67, 0,78 og 0,76, mens korrelasjon for resterende biokjemiske analytter lå mellom 0,91 og 0,99.

Av alle de 22 analyttene var det kun MCV som viste signifikant forskjell mellom prøver transportert med bil og med drone, med p-verdi på 0,01. Figur 6 viser data for MCH som er plottet i stolpediagram og Bland-Altman-plot. Stolpediagrammene viser lite variasjon mellom de to transportmetodene og Bland-Altman-plottene viser lav gjennomsnittlig



FIGUR 6: Stolpediagram og Bland-Altman plot, som viser forskjell i resultater fra prøver transportert med budbil og drone (x-akse = gjennomsnittlige målinger, y-akse = % forskjell mellom målinger).

forskjell (0,5 %). Som tidligere poengtert viser tabell 1 også at den totale analysevariasjonen for denne analytten er vesentlig høyere enn den prosentvise forskjellen mellom de to transportmetodene.

Diskusjon

Anbefaling for oppbevaring av blodprøver under transport er at temperaturen ikke bør være lavere enn 2 °C eller overstige 30 °C (20). I våre forsøk varierte temperaturen under transport med drone og budbil i gjennomsnitt med kun 2,5 °C, og alle målinger var godt innenfor anbefalingene. Lavest temperatur under transport var med drone, hvor minimumstemperaturen var 14,8 °C. Høyest temperatur ble oppnådd med ordinær budbiltransport, med 22,9 °C. I fremtidige forsøk anbefales det imidlertid å bruke bedre isolerte transportkasser til transport med drone,

spesielt ved mer langvarige flyvninger og under mer ekstreme temperaturforhold. Om droner skal kunne benyttes til ordinær transport av blodprøver i fremtiden, må man kunne garantere at prøvene ikke utsettes for temperaturer som påvirker analyseresultater. Det er gjort studier med transport av blodprøver der bruk av ekspandert polystyren (EPS)-skum som pakkemateriale ga mest stabil temperatur ved transport med droner (11).

Det ble gjort målinger av vibrasjon under transport, men det var dessverre ikke mulig å hente ut data i etterkant. Nordic Unmanned har gitt informasjon om at gravitasjonskraft ved flyvning med denne typen drone er lav og sjelden overstiger 0,8 – 1,2 G. Det er derfor liten grunn til å anta at vibrasjon har hatt en vesentlig påvirkning på blodprøvene. Det er tidligere gjort forsøk med 1-2 timers simu-

lert droneflyvning med ekstensiv range i turbulens (gravitasjonskraft 10-30 G) (12). Disse simuleringene konkluderte med at fullblod viste liten sårbarhet for turbulens, mens plasmaprøver separert fra blodceller med gel kan være betydelig påvirket av turbulens når de sentrifugeres før eksponeringen.

Alle målinger av analytter i biologisk materiale har en viss variasjon, analytisk variasjonskoeffisient. Samtidig er det også biologisk variasjon på en analytt mellom personer. Total variasjon, CVt, skal teoretisk inkludere preanalytiske faktorer, analytiske faktorer og biologisk variasjon innen person. Noen analytter, som triglyserider, granulocytter, monocytter og lymfocytter har høy totalvariasjon (> 12 %) mens andre analytter har middels eller lav totalvariasjon. Med unntak av basofile granulocytter var prosentvis forskjell mellom de to transportmetodene betydelig lavere enn totalvariasjon for alle analyttene. Unntaket kan forklares med at gjennomsnittsverdier på de basofile granulocytterne er svært lave, noe som matematisk resulterer i både høy totalvariasjon i metoden og høy prosentvis forskjell.

Korrelasjonskoeffisienten for 17 av 22 analytter var mellom 0,83-0,99. De fem andre analyttene varierte mellom 0,58-0,78. Korrelasjonskoeffisienten påvirkes av lav middelvei for en kohort, et smalt verdiområde (høyest til lavest) i en kohort, eller bare noen få muligheter innenfor en kohort (f.eks. en dikotom variabel). De seks analyttene med lavest korrelasjonskoeffisient (basofile granulocytter (0,58), monocytter (0,68), natrium (0,67), kalium (0,78) og klor (0,76) hadde enten både lav middelvei og smalt verdiområde (basofile granulocytter, monocytter og kalium) eller kun smalt verdiområde (natrium og klor).

En studie med simulert vibrasjon indikerer at sentrifugering av patologiske serumprøver før dronetransport kan påvirke analysekvaliteten ved lengre strekninger med betydelig høyere vibrasjoner enn i vårt forsøk (12). Reell dronetransport av blodprøver i tre timer viste imidlertid at kun to av 19 klinisk kjemianalytter viste signifikante forskjeller sammenlignet med biltransport (9). ➤

I den aktuelle studien var det glukose og kalium som viste forskjell, noe som kan forklares ved at prøvene først ble sentrifugert etter transport. Holdbarheten for mange analytter i usentrifugerte prøver er kortere enn når prøven er sentrifugert, og det anbefales å sentrifugere serumprøver innen to timer etter prøvetaking for å unngå preanalytiske feil. Usentrifugerte prøver er derfor avhengig av kort transporttid til laboratoriet.

Denne studien er utført på et begrenset antall frivillige, friske voksne og et utvalgte analytter. Måleområdet for de utvalgte analyttene var således smalere enn variasjonen i prøver fra syke mennesker. Det må derfor utføres mer omfattende studier på reelt pasientmateriale og flere analytter for å bekrefte at kvaliteten på prøvene ikke påvirkes av transport med drone.

Vår studie viser at relativt korte transportruter med drone uten ekstrem turbulens ikke påvirker analysekvaliteten på hematologiprøver eller serumprøver som sentrifugeres før transport. En studie med kort dronetransport støtter våre funn (8), og en annen sammenlignbar studie viste klinisk signifikant forskjell på kun to av 39 undersøkte analytter (LD og glukose) når prøvene ble sentrifugert etter transport (10). Hvilke analytter som påvirkes av tidspunkt for sentrifugering når det gjelder dronetransport, må også sees opp mot klinisk relevans for pasientbehandlingen.

Konklusjon

Hensikten med vår studie var todelt. Vi ønsket for det første å undersøke praktiske rutiner rundt dronetransport av blodprøver. Her fant vi at temperatur i kassene under dronetransporten var innenfor anbefalt temperatur, men ble lavere enn i kasser kun transportert med budbil. I fremtidige studier anbefales bruk av mer isolerte transportkasser til dronetransport.

For det andre ønsket vi å se på kvaliteten på parametere i blodprøver som transporteres med drone, sammenlignet med budbiltransport. Våre analyseresultater viste godt samsvar og lite variasjon mellom prøver transportert med budbil og prøver transportert med drone. Dette er de første resultatene som presenteres fra reell transport av blodprøver med

drone i Norge. Studien er dermed et viktig skritt for å avgjøre om laboratorietester for de vanligste analyttene som brukes i helsevesenet er pålitelige også ved dronetransport.

Flere forsøk må gjøres under varierende værforhold og over lengre distanser før dronetransport forhåpentligvis kan benyttes rutinemessig til transport av blodprøver i Norge. ■

Takk

Takk til våre samarbeidspartnere i prosjektet for støtte til planleggingen og finansiering av arbeidet: Bærum kommune, Sunnaas sykehus HF og dronetransportør Nordic Unmanned. Vi ønsker også å takke laboratoriet ved Sunnaas sykehus for samarbeid under forsøket og lån av prøvetakingsrom og utstyr, og blodbanken på Bærum sykehus for utlån og avlesning av temperaturloggere.

Referanser

1. Sluttrapport – Droner for effektivisering av Helse Norge: <https://sites.google.com/nestegenerasjonplan.no/droner-i-helse-norge/hjem-sluttrapport> (29.06.2023).
2. Regjeringen. Ny personopplysningslov: <https://www.regjeringen.no/no/tema/statlig-forvaltning/personvern/ny-personopplysningslov/id2340094/> (29.06.2023).
3. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Veileder for forsendelse av smittefarlig biologisk materiale: <https://www.dsb.no/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterie/veileder-for-forsendelse-av-smittefarlig-biologisk-materiale2/> (29.06.2023).
4. Luftfartsverket. Guide til droneregulverket, Introduksjon til spesifikk kategori: https://rise.articulate.com/share/Tdosz95AKcnM1-eP1DwS_s_KcTWvH54e#a/lessons/aso1OmzM_3rK2bPzVAM_oOlpr5qmBx837 (29.06.2023).
5. Amukele TK, Ness PM, Tobian AAR, Joan Boyd J, Street J. Drone transport of blood products. *Transfusion*. 2017;57(3):582-8.
6. Zailani MAH, Azma RZ, Aniza I, Rahana AR, Ismail MS, Shahnaz IS, et al. Drone versus ambulance for blood products transportation: an economic evaluation study. *BMC Health Serv Res*. 2021;21(1):1308.
7. Nisingizwe MP, Ndishimye P, Swaibu K, Nshimiyimana L, Karame P, Dushimiyimana V, et al. Effect of unmanned aerial vehicle (drone) delivery on blood product delivery time and wastage in Rwanda: a retrospective, cross-sectional study and time series analysis. *Lancet Glob Health*. 2022;10(4):e564-9.
8. Amukele TK, Sokoll LJ, Pepper D, Howard DP, Street J. Can unmanned aerial systems (drones) be used for the routine transport of chemistry, hematology, and coagulation laboratory specimens? *PLoS One*. 2015;10(7):e0134020.
9. Amukele TK, Hernandez J, Snozek CHL, Wyatt G, Douglas M, Amini R, et al. Drone transport of chemistry and hematology samples over long distances. *Am J Clin Pathol*. 2017;148(5):427-35.
10. Perlee D, van der Steege KH, den Besten G. The effect of drone transport on the stability of biochemical, coagulation and hematological parameters in healthy individuals. *Clin Chem Lab Med*. 2021;59(11):1772-6.
11. Zailani MAH, Sabudin RZAR, Ismail A, Rahman RA, Saiboon I, Sabri SI, et al. Influence of drone carriage material on maintenance of storage temperature and quality of blood samples during transportation in an equatorial climate. *PLoS One*. 2022;17(9):e0269866.
12. Johannessen KA, Wear NKS, Toska K, Hansbo M, Berg JP, Fosse E. Pathologic blood samples tolerate exposure to vibration and high turbulence in simulated drone flights, but plasma samples should be centrifuged after flight. *IEEE J Transl Eng Health Med*. 2021;9:4000110.
13. Johannessen KA, Comtet H, Foss EA. Drone logistic model for transporting the complete analytic volume of a large-scale university laboratory. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9):4580.
14. Comtet HE, Keitsch M, Johannessen KA. Realities of using drones to transport laboratory samples: Insights from attended routes in a mixed-methods study. *J Multidiscip Healthc*. 2022;15:1871-85.
15. Liljebakk SA. Dronefrakt av blodprøver: Ikke helt modent for å «ta av». *Bioingeniøren*. 2022;4:12.
16. Bærum kommune. Bærum kommune satser på droner: <https://www.baerum.kommune.no/aktuelt/barum-kommune-satser-pa-droner/> (20.10.2022).
17. International Civil Aviation Organization. Technical Instructions For The Safe Transport of Dangerous Goods by Air (Doc 9284): <https://www.icao.int/safety/DangerousGoods/Pages/Doc9284-Technical-Instructions.aspx> (29.06.2023).
18. Vestre Viken. MBK-BS Analysevariasjon: <https://ehandbok.vestreviken.no/document/11534> (29.06.2023).
19. Norsk Klimaservicesenter. Observasjoner og værstatistikk: <https://seklima.met.no/observations/> (06.10.22).
20. Husøy AM. Blodprøvetaking i praksis. 3. utgave. Oslo: Cappelen Damm akademisk; 2018.