

---

## Hemoglobinløsninger

---

REDAKSJONELT

SOLHEIM BG

---

Ett skritt nærmere kunstig blod?

Diaspirinstabilisert humant hemoglobin (diaspirin crosslinked haemoglobin, DCLHb) vurderes nå av European Medicines Evaluation Agency. En eventuell godkjenning av dette første hemoglobinbaserte legemiddel kan foreligge rundt årsskiftet. Samtidig er flere andre hemoglobinløsninger under klinisk utprøving og forventes markedsført de nærmeste år (1-3). I tillegg kan også forbedrede perfluorkarbonbaserte preparater bli aktuelle.

Hemoglobin i løsning dissosierer fra tetramer til dimer som er toksisk og vasoaktiv, og utskilles gjennom nyrene. Dimerene mister 2,3-DPG og oksygen ( $O_2$ )-affiniteten øker. I terapeutiske hemoglobinløsninger er molekylet derfor stabilisert i tetramer- eller polymerform og søkt modifisert slik at  $O_2$ -affiniteten blir mest mulig fysiologisk.

DCLHb ble utviklet på 1980-tallet i et prosjekt med det amerikanske forsvar. Det er stabilisert ved introduksjon av en diaspirinbinding mellom alfa-kjedene. Dette sikrer både hemoglobinetts tetramere form og den  $O_2$ -affinitetsom hemoglobin har ved tilstedeværelse av 2,3-DPG i erythrocytter. Binding av nitrogenoksid (NO) sammen med effektiv endotel-nær oksygenfrigjøring kan forklare eksperimentelt observert redusert kapillærperfusjon (1, 4). Kliniske studier indikerer imidlertid så langt ikke redusert kapillærperfusjon i vitale organer, men lett blodtrykkstigning med mobilisering av blod pga. en mindre reduksjon av det venøse blodvolum (T. Reppucci, personlig meddelelse).

Andre produsenter har søkt å stabilisere hemoglobin gjennom andre intramolekylære bindinger eller forskjellige former for kryssbinding mellom hemoglobinmolekylene, alternativt polymerisering av disse (1, 3).

Molekylvekten varierer fra 70000 til rundt 300000. Tre firmaer har basert seg på humane erythrocytter som råstoff. To har oppnådd gunstigeresultater med bovin hemoglobin som råstoff. En annen mulig fremtidig råstoffkilde er transgene dyr. Rekombinant alfa-alfa stabilisert tetramert hemoglobin produseres av *Escherichia coli* med så godt utbytte at det nå planlegges et produksjonsanlegg. Alle produktene viser fysiologisk  $O_2$ -affinitet og binder NO.

Ingen av produktene har så langt vært immunogene eller utløst allergiske reaksjoner. Heller ikke inneholder deblodtypeantigener. Halveringstiden er bare 10-20 timer. Preparatene gjennomgår omfattende virusinaktivering. Deaffiserer en del klinisk-kjemiske prøver, derfor vil noen analysemetoder måtte modifiseres.

I kliniske studier har hemoglobinløsning vært infundert i konsentrasjoner på 7-10 g/100 ml, og i volumer på 500-1000 ml (til voksne). Kolloidosmotisk tilsvarer løsningen plasma, samtidig transporterer de O<sub>2</sub> uten den viskositet erythrocytter forårsaker. I tillegg til NO binder hemoglobin endotoksiner effektivt. Forklaringen på mange av de rapporterte bivirkningene under utvikling av preparatene er trolig nettopp kontaminasjon med endotoksiner. Alle produsentene synes nå å ha kontroll med dette problemet.

Hemoglobinløsninger har vært utprøvd på flere områder. Størst erfaring er vunnet i å redusere eller unngå blodtransfusjon innen hjertekirurgi og ved sjokk/traume. Hemoglobinløsningen sikrer da O<sub>2</sub>-tilførsel ved lavere hematokrit, har en moderat vasoaktiv effekt og muliggjør oppsamling og vask av pasientens blod for reinfusjon. Skulle allogen blodtransfusjon likevel bli nødvendig, får man tid til immunhematologisk utredning og valg av optimale blodprodukter. Ved multitraumebehandling synes tidlig bruk av hemoglobinløsning å redusere faren for utvikling av alvorlig sjokktilstand (T. Reppucci, personlig meddelelse).

Andre anvendelsesområder for hemoglobinløsninger:

- Ved septisk sjokk, for å binde NO og dekke det ekstremt høye O<sub>2</sub>-behovet.
- Ved trombose/infarkt. Ved å tilføre hemoglobinløsning samtidig som pasienten tappes for eget blod, reduseres blodets viskositet mens O<sub>2</sub>-transportkapasiteten opprettholdes. Dermed kan O<sub>2</sub>-behovet dekkes selvi trombose-/infarkt-affiserte områder. Etter vellykket trombolytisk behandling kan så autologe erythrocytter reinfunderes. Foreløpig foreligger et omfattende dyreeksperimentelt materiale; kliniske studier er påbegynt.
- Ved cancerterapi. Vevsperfusjonen er ofte dårlig i svulstvev, og oksygeneringen er lav. I dyreeksperimentelle studier har hemoglobinløsninger bedret vevsoksygeneringen i solide tumorer og økt følsomheten både for strålebehandling og cytostatika (5).
- Ved stimulering av erythropoesen. En interessant uoppklart observasjon ved de kliniske studiene er at hemoglobinløsninger stimulerer erythropoesen (3).

Kan så hemoglobinløsningene i overskuelig fremtid erstatte behovet for erythrocytter? De vil i akutte situasjoner kunne redusere erythrocyttforbruket og endre forbruksmønstrene, men de kan ikke eliminere behovet for blodgiver erythrocytter pga. kort halveringstid. Derfor vil erythrocytter fra blodgivere fortsatt være uunnværlige ved store akutte blødninger der man ikke lykkes i å samle opp og reinfundere pasientens egne blodceller og ved kronisk transfusjonsbehov.

Vil hemoglobinløsningene redusere behovet for blodgivere? Også her er svaret i dag nei. Humane erythrocytter representerer fortsatt det viktigste råstoffet. Først ut i neste århundre kan rekombinant hemoglobin bli en vesentlig råstoffkilde.

EU-vedtaket som i praksis forbyr legemidler som inneholder bestanddeler fra kveg, sau eller geitutelukker utnyttelse av bovin hemoglobin. Prionfrykten blir også et viktig argument mot introduksjon av hemoglobin fratransgene dyr.

Hva så med prisen? I et høykostland som Norge vil 250 ml importert hemoglobinløsning neppe bli vesentlig dyrere enn én enhet leukocyttiltrerte SAG-erythrocytter (V.K. Garg, foredrag ved 4. International Business Communication Conference: Blood substitutes. The commercial development and clinical application of oxygen carriers, 1996). Derfor vil trolig klinikere og pasienter velge den sikkerhet som ligger i et smittesikkert blodtypeuavhengig preparat fremfor ikke-smittesikrede blodgivererythrocytter. Skal vi imidlertid satse på nasjonal selvforsyning, vil høy norsk pris på erythrocytter øke prisen på hemoglobinløsningen, og valget blir vanskeligere. På den annen side er valg innen transfusjonsmedisinen ofte styrt av ikke-økonomiske krefter (6).

Hvilken videreutvikling kan vi regne med for hemoglobinløsninger? I tillegg til forlenget halveringstid vil trolig tre utviklingsområder utmerke seg:

- Løsninger som er vasoaktivt nøytrale, dvs. ikke binder NO eller fører til O<sub>2</sub>-utløst reduksjon av kapillær perfusjon (3).
- Løsninger med forskjellig O<sub>2</sub>-affinitet eller varierende evne til å binde CO<sub>2</sub>.
- Løsninger som også etterlikner erythrocyttens evne til å fjerne frie radikaler. Kovalent kobling av superoksid-dismutase og -katalase til hemoglobin er en mulighet. En annen er polynitroksylhemoglobin, der 16 NO-grupper er bundet kovalent per hemoglobinmolekyl (7). Polynitroksylhemoglobin nøytraliserer frie radikaler, har tetramerstruktur og fysiologisk O<sub>2</sub>-affinitet, men binder ikke ytterligere NO. Prekliniske studier er lovende, og kliniske studier er planlagt i 1998. Preparatet er spesielt interessant i forbindelse med iskemi og reperfusjon etter trombose/infarkt, der frie radikaler spiller en sentral rolle i vevsskaden.

Det er derfor sannsynlig at Winslow (1) kan få rett når han forutsier at man i tillegg til første generasjon hemoglobinløsninger vil få skreddersydd forskjellige hemoglobinløsninger for ulike kliniske situasjoner.

*Bjarte G. Solheim*

---

## LITTERATUR

1. Fricker J. Artificial blood - bad news for vampires? *Lancet* 1996; 347: 1322.
2. Northoff H, Dinkelman S. Artificial oxygen carriers - state of the art. *Biomedical Progress* 1996; 9: 337-41.
3. Winslow RM. Blood substitutes. *Science and Medicine* 1997; 4: 54-63.
4. Stamler JS, Jia L, Eu JP, McMahon TJ, Demchenko IT, Boventura J et al. Blood flow regulation by S-nitrosohemoglobin in the physiological oxygen gradient. *Science* 1997; 276: 2034-7.
5. Teicher BA. PEG-Hemoglobin: effects on tumor oxygenation and response to chemotherapy and radiation therapy. *Proceedings 5. International Business Communication Conference: Blood substitutes. Latest pre-clinical and clinical developments.* Southborough, MA: IBC USA Conferences, 1997.
6. Solheim BG, Evensen SA. Blodige beslutninger. Mastergradsavhandling. Oslo: Senter for helseadministrasjon, Det medisinske fakultet, Universitetet i Oslo, 1997.
7. Hsia CJC. Polynitroxyl-Hemoglobin (PNH) as an oxygen carrier and ischemic reperfusion therapeutic. *Proceedings 5. International Business Communication Conference: Blood substitutes. Latest pre-clinical and clinical developments.* Southborough, MA: IBC USA Conferences, 1997.

---

Publisert: 10. oktober 1997. Tidsskr Nor Legeforen.

© Tidsskrift for Den norske legeforening 2026. Lastet ned fra tidsskriftet.no 24. juni 2026.