

Fotopletysmografi

En enkel, ikke-invasiv metode i diagnostikken av arteriell og venøs insuffisiens

Fotopletysmografi er en sensitiv metode til registrering av relative forandringer i hudens blodvolum ved å måle variasjonen i reflektert lys når en lyskilde plasseres på huden. Artikkelen presenterer en ny 5 kanalers fotopletysmograf med innebygget mulighet til å registrere EKG, hudtemperatur og systolisk blodtrykk.

Metoden er ikke-invasiv og velegnet i utredningen av pasienter med arteriell og venøs insuffisiens, som f.eks. arteriell obstruksjon i underekstremitetene, stenose i a. carotis og a. subclavia, pasienter med Raynaudfenomener og pasienter med venøs insuffisiens (varicer, leggsår).

Fotopletysmografi er en billig, enkel og pålitelig rutinemetode til undersøkelse av den arterielle og venøse sirkulasjon.

Pletysmografi blir mye benyttet i utredningen av pasienter med arteriell og venøs dysfunksjon. Undersøkelse av den arterielle sirkulasjon baserer seg på registrering av den volumforandring som fremkommer i en lemsdel enten pulssynkront med hjertets aktivitet (puls volumregistrering (PVR)) eller ved temporær avklemming av venesystemet. Volumregistreringen kan være basert på forskjellige tekniske prinsipper: Væske- og luftfylt pletysmograf (direkte volumregistrering), kvikksølv-«strain gauge»- og impedanspletysmograf (indirekte volumregistrering).

Fotopletysmografi er en femte metode som etter hvert benyttes i den kliniske rutine. Metoden baserer seg på registrering av reflektert lys når en lyskilde plasseres over huden. På grunn av blodets lysabsorpsjon i nær-infrarødt område vil lyset variere i takt med puls-bølgene.

En 5 kanalers fotopletysmograf er utviklet i samarbeid mellom Karkirurgisk seksjon, Aker sykehus, og Institutt for klinisk fysiologi, Regionsykehuset i Trondheim (fig 1). Det benyttes to typer transducere – én med synlig lys som lyskilde, den andre benytter infrarødt lys (lysoptimum ved 940 nm). Infrarødt lys går dypere i vevet på grunn

Einar Stranden
Karkirurgisk seksjon
Aker sykehus
Oslo 5

Arne Grip
Institutt for klinisk fysiologi
Regionsykehuset i Trondheim
7000 Trondheim

av lengre bølgelengde, og blir benyttet til registreringer fra større dybder.

I figur 2 vises oppbygningen av apparatet. Det har innebygget EKG-forsterker som er nødvendig ved bestemmelse av pulsgangtid. Selve pletysmografen består av 5 kanaler, slik at man kan registrere arterielle pulsasjoner (puls volumregistrering, AC-koblet signal) eller venøs blodmengde (DC-koblet signal) på inntil 5 steder samtidig. Synlig eller infrarødt lys kan benyttes ved alle kanalene. For hver kanal får man i tillegg til pulskurven derivert og tidsmidlet pulsasjonen. Den deriverte av pulsvolumregistreringen uttrykker pulskurvens helningsvinkel og kan gi nyttig tilleggsinformasjon ved eventuell arteriell insuffisiens. PVR-mean gir en ukalibrert verdi for arealet (integralet) under pulskurven.

Det er videre bygget inn mulighet for å registrere hudtemperatur. Til dette benyttes en temperaturfølsom integrert krets som legges på huden. Denne kan angi temperaturen til nærmeste 0,1 °C. Apparatet har også innebygget trykktansducer. På den måten kan systolisk blodtrykk bestemmes (fig 1 og 3).

PVR-mean, temperatur og blodtrykk kan man få både på skriver og på et display på apparatet. Alle de andre signalene kan overføres til skriver.

En del kliniske anvendelsesområder av apparatet skal omtales nærmere:

Blodtrykkmåling i ekstremitetene. Registrering av systolisk blodtrykk i ekstremitetene er svært nyttig i utredningen av pasienter med arteriell insuffisiens. Forholdet mellom blodtrykket på ankel og arm (ankeltrykkindex) gir

en objektiv informasjon om grad av sirkulasjonsnedsettelse. Ved mistanke om forsnevninger i aorta eller bekkenkar er det nyttig å registrere dette forholdet etter en arbeidsbelastningsprøve (f.eks.

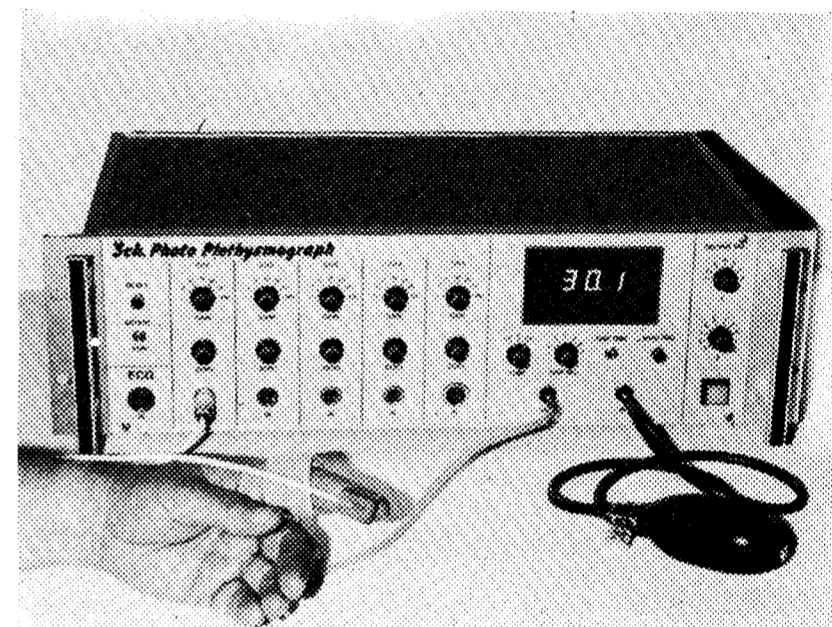


Fig 1 5 ch. Photo Plethysmograph. Til fingeren er tilkoblet transducer og mansjett for blodtrykkmåling. Foran til høyre ligger en håndbetjent luftpumpe

5 CH. PHOTO PLETHYSMOGRAPH

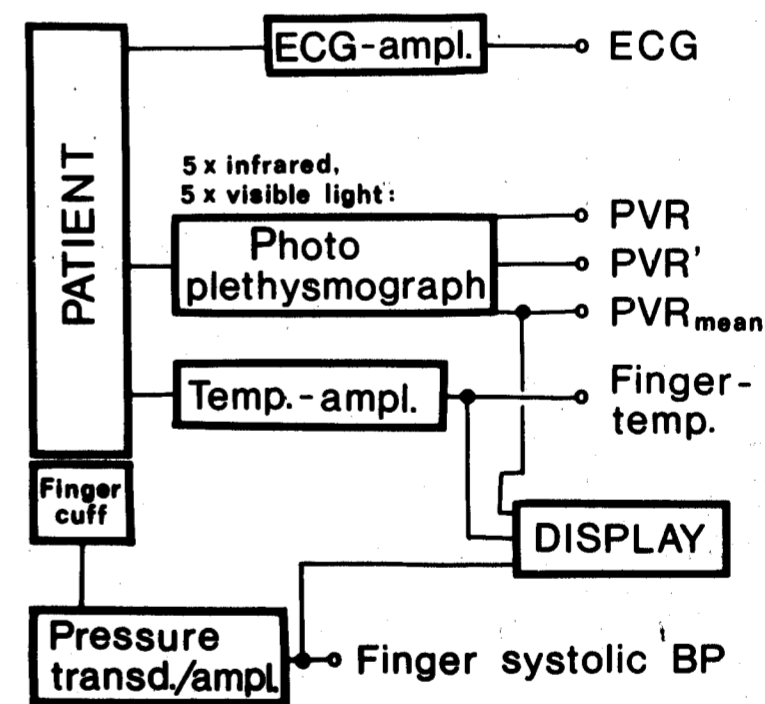


Fig 2 Blokkdiagram over oppbygningen av apparatet

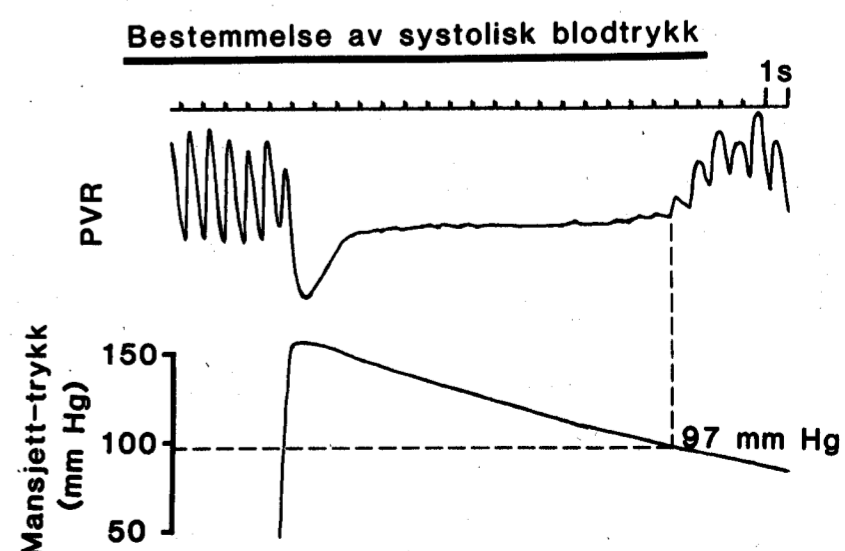


Fig 3 Registrering av systolisk blodtrykk. For nærmere forklaring, se teksten

knebøyninger) fordi slike stenoser ikke alltid påvirker trykket distalt når pasienten er i ro.

På grunn av dempede eller manglende Korotkoff-lyder kan man ikke benytte vanlig stetoskop ved måling av blodtrykket i underekstremitetene. Hirai & Kawai (5) har vist at bruk av fotopletysmograf som sensor er en meget nøyaktig metode sammenlignet med ultralydregistrering og strain gauge pletysmografi på underekstremitetene og med auskultasjon på overekstremitetene.

Obstruksjoner i hånd- eller fingerarterier kan man diagnostisere ved å måle fingerblodtrykk. Dette blir utført ved at man fester transducere på fingerpulpa og en okklusjonsmansjett proksimalt på fingeren (fig 1). Mansjetten blåses opp til suprasistolisk blodtrykk og deflateres sakte. Pulsasjonene blir da borte, men kommer tilbake, idet trykket i mansjetten er det samme som det systoliske blodtrykket (fig 3). Dette trykket kan avleses direkte eller på en skriver som vist på figuren.

Carotisstenose. Selv om arteriografi er indisert hos enkelte pasienter med tegn på cerebrovaskulær insuffisiens, vil metoden ikke egne seg som rutinemetode fordi den er relativt ressurskrevende og innebærer en risiko for komplikasjoner. Flere ikke-invasive målemetoder er blitt utviklet for å påvise forsnævring i a. carotis interna.

Fotopletysmografi har vært beskrevet som en meget følsom metode (1, 6). Metoden går ut på å registrere pulsasjonene i supraorbitalområdene samtidig som man komprimerer de tilførende arteriene fra a. carotis externa. Normalt får supraorbitalområdet blod fra a. carotis interna. Ved uttalt stenose eller okklusjon av denne vil området hovedsakelig få blodtilførsel fra a. carotis externa via a. temporalis. Ved å registrere pulsvolum i supraorbitalområdet samtidig med at man manuelt komprimerer a. temporalis vil funksjo-

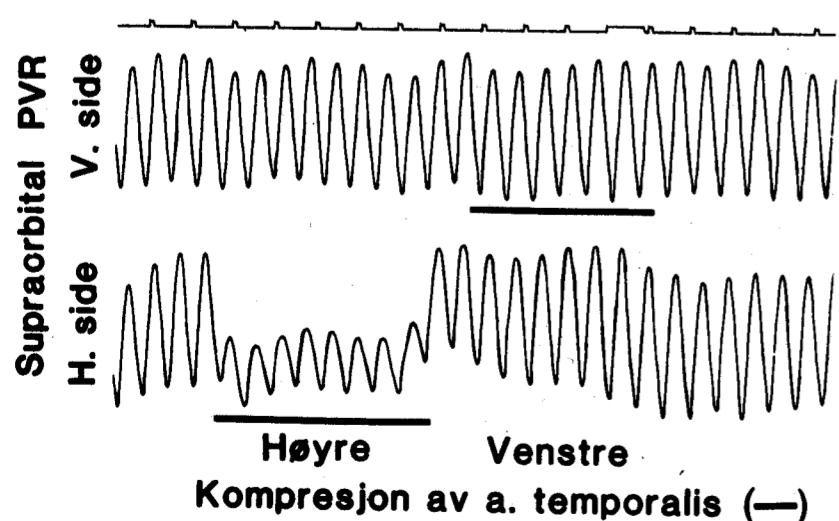


Fig 4 Pulsvolumregistrering fra hver side av pannen (supraorbitalområdene) hos pasient med betydelig stenose i høyre a. carotis interna

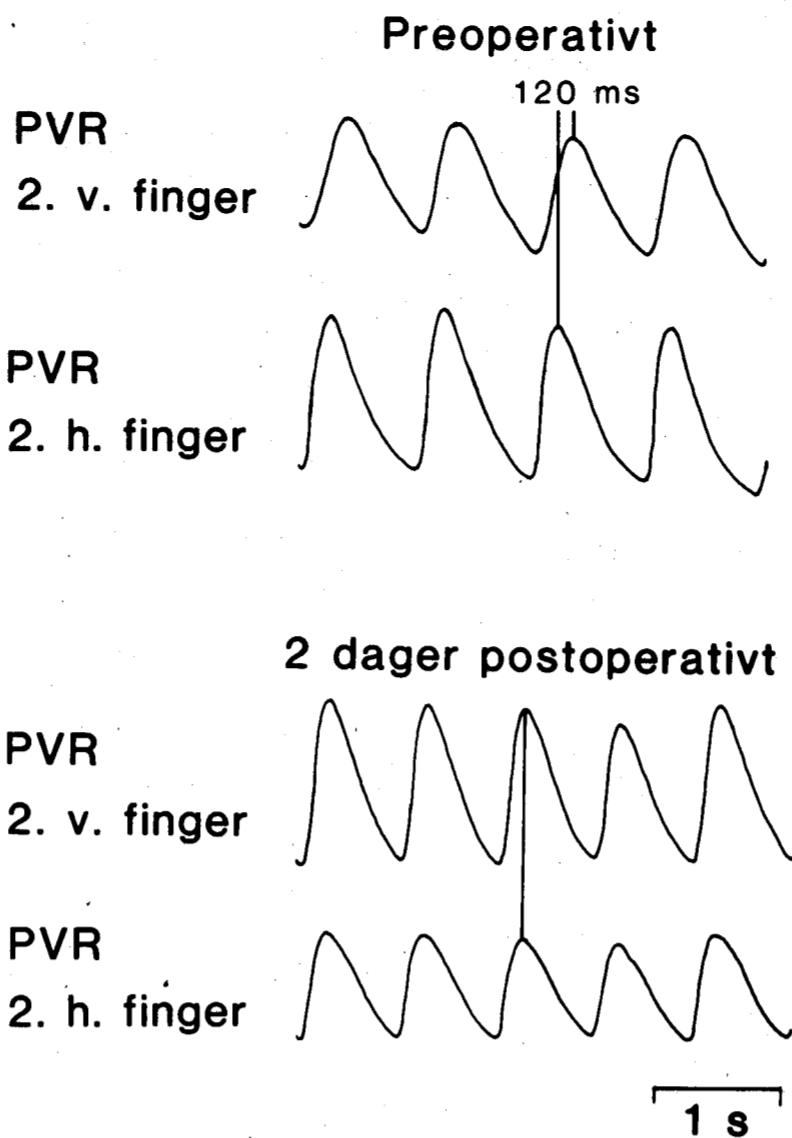
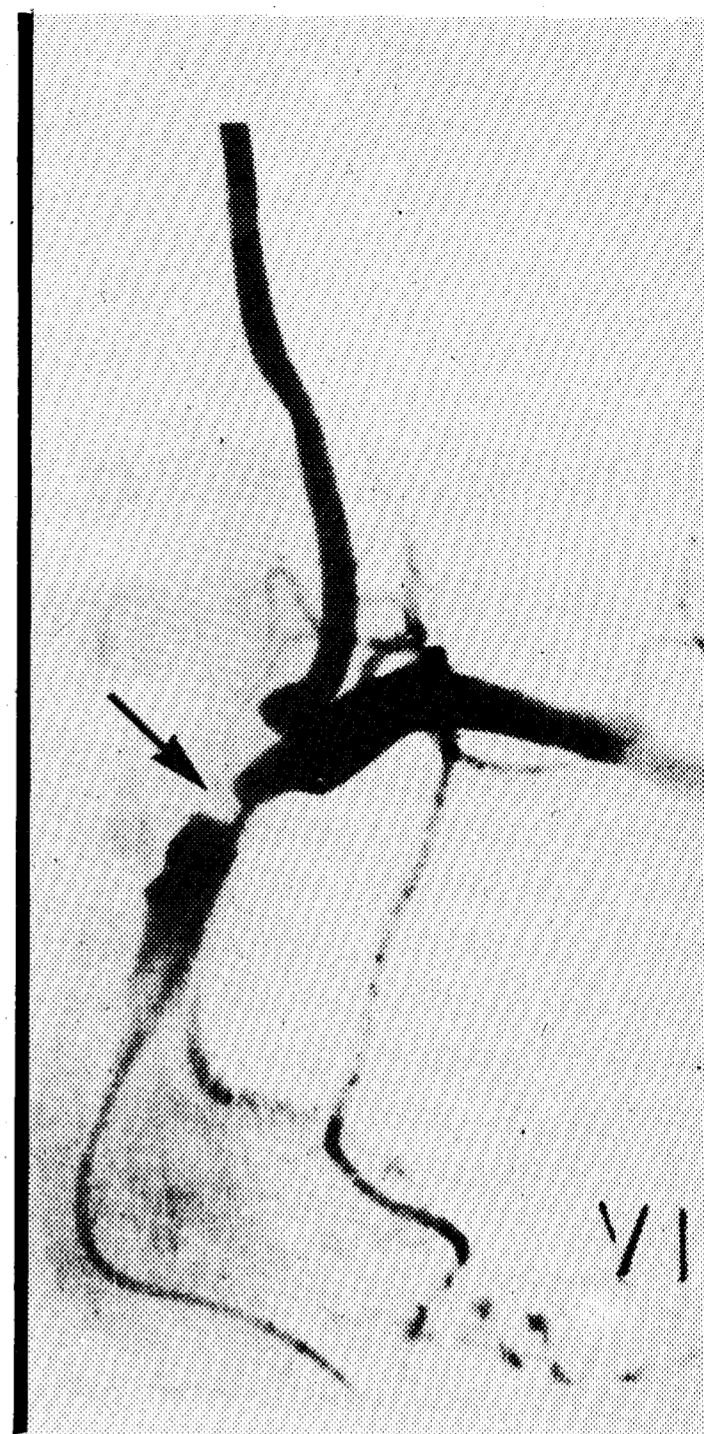


Fig 5 Pulsvolumregistrering fra fingre hos pasient med stenose i venstre a. subclavia før (øverst), og etter karkirurgi (nederst). Røntgenbilde av stenosen er vist til høyre

nell stenose, eventuelt okklusjon, kunne avsløres. Undersøkelsen utføres ved at to transducere festes til pannen med et elastisk bånd og pulsutslagene registreres. Ved avklemming av a. temporalis (ved tinningen) og eventuelt a. facialis (mot kjevebenet) vil man få pulsreduksjon som vedvarer under kompresjonen hvis uttalt patologi foreligger (fig 4). Metodens høye sensitivitet (1) gjør den velegnet til rutineundersøkelse. Den tillater imidlertid kun diagnostikk av uttalte stenoser eller okklusjon av a. carotis interna, ikke av mindre ulcererende plaques.

Stenoser i de brachiocefale kar. Muligheten til å registrere pulsasjonen på flere steder samtidig er nyttig. Eksempelvis finner man ved subclavia-stenose eller subclavia-stjelefenomener en tidsforsinkelse i pulsølgen i forhold til motsatt side. Figur 5 viser registreringer fra en slik pasient. Det forelå en tidsforskjell på 0,1 s mellom pulsvolumregistreringen fra høyre og venstre 2. finger. Denne forsinkelsen kan forklares ved en omvei for blodet på 60–100 cm (opp a. carotis, gjennom circulus willisi og ned a. vertebralis). Arteriografi viste betydelig stenose i a. subclavia (fig 5). Pasienten ble operert med bypass fra a. carotis communis til a. subclavia distalt for stenosen, tidsforskjellen forsvant, og pasienten ble symptomfri.



Raynaudfenomener. Ved Raynaudfenomener er det viktig å objektivisere den perifere sirkulasjon, blant annet for å vurdere effekten av behandling som f.eks. regional intravenøs injeksjon av vasodilaterende midler. Til dette kan anvendes registrering av pulsvolum, fingerblodtrykk (4) eller fingertemperatur (3) etter kuldeprovokasjon. Figur 6 viser registrering hos én kontrollperson (øverst) og én pasient med kuldeindusert vasospastisk sykdom (nederst). Med fotopletysmografen registreres pulsutslagene før og etter at hånden har vært plassert i 15 °C vannbad i 2 minutter. Normalt kommer pulsasjonene tilbake i løpet av 10 minutter, men hos pasienter med kuldeindusert vasospasme blir disse borte i lengre tid. Slike objektive målemetoder er viktige

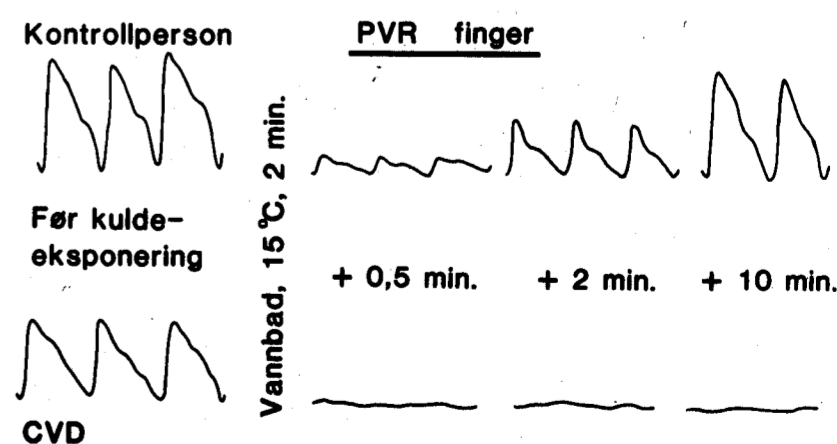


Fig 6 Registrering av pulsutslagene før og etter kuldeprovokasjonstest ved diagnostikk av Raynaudfenomener. Øverst normalperson, nederst pasient med kuldeindusert vasospastisk sykdom

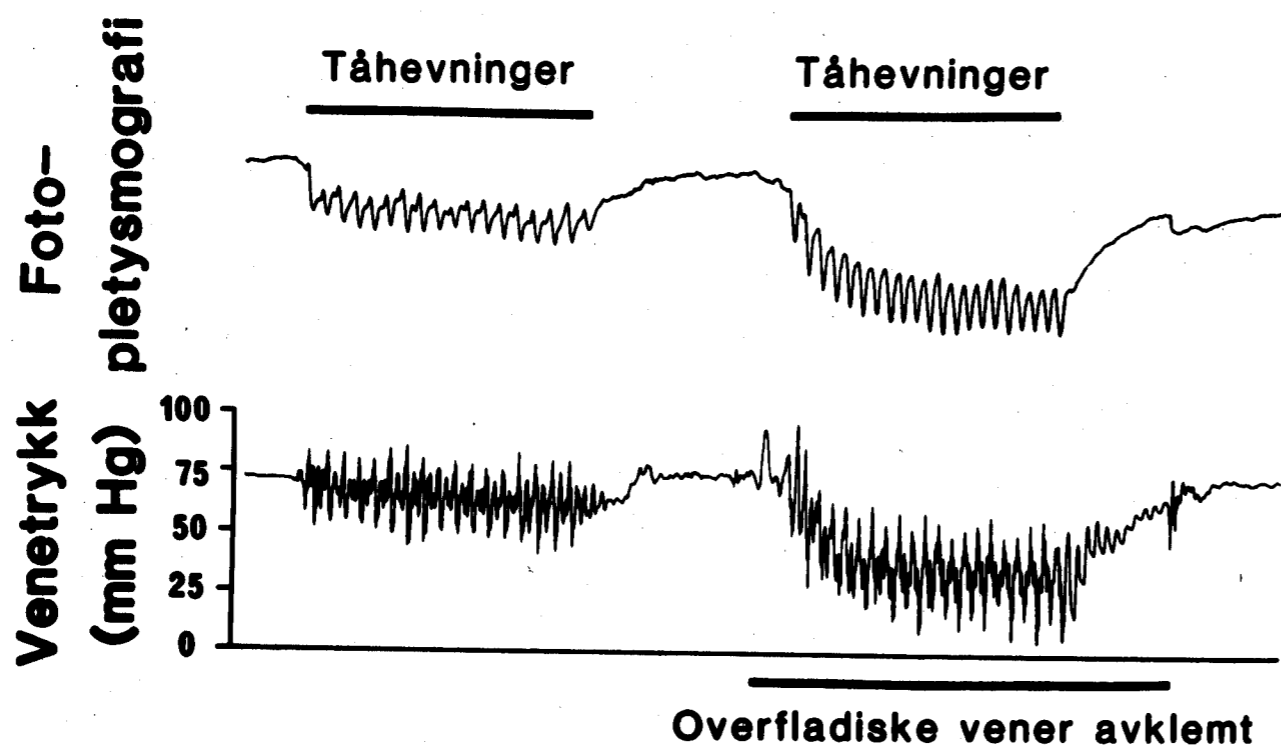


Fig 7 Fotopletysmografisk registrering og venetrykk under gange målt simultant hos pasient med ukompliserte varicer. Til høyre foretas kompresjon av den varikøse venestammen

både i utredningen av pasienter med Raynaudfenomener og ved eventuell behandling av tilstanden.

Venøs insuffisiens. Hos de fleste pasienter som har varicer, kan det foretas stripping og lokal exstirpasjon av venene uten at det får uheldige følger. Dersom det imidlertid foreligger mer komplisert venøs insuffisiens med sekundære hudforandringer, er det viktig å måle trykket i overfladiske vener mens pasienten går (2). Hos normalpersoner finner man en senkning av venetrykket under gange på grunn av venepumpen. Ved varicer og dyp venøs insuffisiens vil venetrykket fortsatt være høyt under gange (ambulatorisk hypertensjon). Dersom det foreligger en primær saphenadysfunksjon, vil man få et trykkfall når man okkluderer de overfladiske vener manuelt (fig 7). Et slikt resultat vil tale for fjerning av varicene. Hvis den ambulatoriske hypertensjon vedvarer under kompresjonen, tyder dette på dyp venøs insuffisiens, og slike pasienter vil profitere mindre på operativ behandling av varicene. Enkelte ganger har vi kunnet påvise at trykket har steget ved okklusjon av de overfladiske venene. I slike tilfelle må man anta at v. saphena magna har en transportfunksjon, og at fjernelse av denne er kontraindisert.

Venetrykkmåling er en invasiv teknikk med de begrensninger det medfører. Figur 7 viser at det er mulig å oppnå tilsvarende resultater med fotopletysmografi. Den pletysmografiske kurven gir imidlertid ikke uttrykk for venetrykket i seg selv, men for blodmengden i og like under huden. Når venetrykket synker, vil blod dreneres fra hud og subkutant vev til de sentrale venene, og lysrefleksjonen forandres (8).

Andre områder. Fotopletysmografi er en meget følsom metode til registrering av lokal mikrosirkulasjon. Den har

også fordeler ved at man kan registrere punktvis fra en plan overflate, mens andre pletysmografimetoder må omfatte en kroppsdel. Den er derfor blitt benyttet til å undersøke tilhelingsmulighetene ved decubitus og leggsår (7). Ved rikelig arteriell sirkulasjon rundt såret har man behandlet dette konservativt, mens manglende pulsregistrering har krevet kirurgisk intervensjon.

Metoden har også vært benyttet innen dermatologien. Thune (9, 10, 11) har benyttet fotopletysmografi til å studere effekten av farmaka på mikrosirkulasjonen i hud og subkutant vev.

Konklusjon

Etter våre erfaringer synes det klart at fotopletysmografi vil finne sin plass i den ikke-invasive utredning av pasienter med perifer sirkulasjonsinsuffisiens. Metoden er meget sensitiv, enkel å anvende, og utmerker seg ved lav kostnad og stor driftssikkerhet.

Litteratur

1. Barnes, R. W. et al.: Supraorbital Photoplethysmography. *J Surg Res* 1977, 22, 319-327.
2. Bjordal, R.: Praktische Pathophysiologie der Venendysfunktion der unteren Extremität. *Folia Angiologica* 1976, XXIV, 233-238.
3. Hansteen, V.: Medical treatment in Raynaud's disease. *Acta Chir Scand* 1976 (suppl. 465), 87-91.
4. Hirai, M.: Cold sensitivity of the hand in arterial occlusive disease. *Surgery* 1979, 85, 140-146.
5. Hirai, M. & Kawai, S.: The reliability of photoelectric technique for measuring systolic blood pressure of the limbs. *Vasa* 1977, 6, 215-219.
6. Howell, W. L.: Photosensor monitoring of supraorbital blood flow. *Medical annals of the district of Columbia* 1967, 36, 730-732.
7. Lee, B. Y.: Assessment of the healing potentials of ulcers of the skin by photoplethysmography. *Surg Gynecol Obstet* 1979, 148, 233-239.

8. Miles, C. R. et al.: Photoelectric plethysmography: A new technique for the non-invasive investigation of venous insufficiency. VII International Congress of Phlebology, København, 7.-11. juli 1980.

9. Thune, P.: Plethysmographic recordings of skin pulses. *Acta Derm Venereol (Stockh)* 1970, 50, 263-269.

10. Thune, P. & Rajka, G.: Investigations of Thurfyl Nicotinate and Methacholine reactions in atopic dermatitis by photoelectric reflectometry and plethysmography. *Arch Dermatol Res* 1974, 250, 285-294.

11. Thune, P. & Rajka, G.: Small vessel reactivity in atopic dermatitis. *Acta Derm Venereol (Stockh)* 1980 (suppl 9), 30-32.

Photoplethysmography

Einar Stranden, MD and Arne Grip, MD

Photoplethysmography is a sensitive method for detecting relative changes in dermal blood volume by measuring the variation in reflected light. This paper present a new 5-channel photoplethysmograph developed by the authors. The apparatus also includes ECG-amplifier, circuit for skin temperature measurement and blood pressure recording.

Photoplethysmography is a non-invasive method and well suited for quantification of arterial and venous circulatory insufficiency of the extremities. The technique can also be used in the diagnosis of carotid artery obstruction. Subclavian stenosis can be detected by measuring the time difference between pulse volume recordings of ipsi- and contralateral fingers. Cold induced vasospastic disease is diagnosed by measuring pulse volume, finger systolic blood pressure or finger temperature after cold exposure.

Venous dysfunction of the lower limb can also be evaluated by photoplethysmography. In the presence of competent valves the vein pressure and dermal blood content will decrease during leg exercise in cases of ambulatory hypertension the net drainage of blood from the skin is insignificant.

Photoplethysmography is a versatile, low cost and reliable screening method for the diagnosis of peripheral circulatory insufficiency.