
Peritonealdialys hos barn och vuxna

AGNETA EKSTRAND OCH CHRISTER HOLMBERG

De första försöken till peritonealdialys utfördes utomlands redan på 1920-talet och i Finland på 1950-talet. Först på 1980-talet med moderna s.k. cyclers, blev behandlingen rutin hos njursjuka barn och vuxna. Jämfört med hemodialys är inlärningsperioden kortare, behandlingen kan utföras såväl hemma som på resor och kan bättre anpassas till patientens/familjens livsstil. Behandlingsresultaten är jämförbara med hemodialys, och hos småbarn är peritonealdialys globalt sett den dominerande vårdformen framför hemodialys. I dag är behandlingsresultaten hos spädbarn vid specialiserade centra med dietetiker helt jämförbara med dem hos vuxna och äldre barn. Barnen växer och utvecklas helt normalt. Peritoneal dialys är ett gott komplement till hemodialys.

De allra första försöken med peritonealdialys (PD) hos vuxna gjordes redan på 1920-talet av professor Georg Ganter i Tyskland (1). Intermitterant peritonealdialysbehandling (IPD) påbörjades i Missouri på 1970-talet, och i slutet av 1970-talet utvecklades den kontinuerliga, ambulatoriska peritonealdialysen (CAPD) av amerikanerna Popovich, Nolph och Orepoulos (2). Automatisk peritonealdialys (APD) utvecklades och togs i bruk under 1980-talet (3,4).

Den första framgångsrika peritonealdialysen i Finland gjordes av Börje Kuhlback och Olli Kauste i maj 1956 på en barnpatient som

tagits in akut på barnkliniken i Helsingfors. Samma år i december gjordes den första lyckade peritonealdialysen på en vuxen person på IV medicinska kliniken på Maria sjukhus av Börje Kuhlback och Peter Wahlberg (5,6). Metoden var sedan i bruk på många central-sjukhus i begränsad omfattning vid behandling av både akut och kronisk njursvikt. År 1979 påbörjades CAPD-behandling i Finland i Kuopio under ledning av Erkki Lampainen, och efter det spred sig behandlingen till alla dialyscentra i Finland.

Hos barn hade Allan Bloxson och Norborne Powell 1948 rapporterat den första framgångsrika PD-behandlingen av en tio år gammal pojke med poststreptokokkal glomerulonefrit och anuri med "peritoneal irrigation", som det då kallades (7). Två katetrar placerades på vardera sidan ovanför crista iliaca och vätskan leddes in via den ena katetern och ut via den andra. När utflödeskatetern stockades, spolade man i motsatt riktning och tvärtom igen vid följande stopp. Man lyckades dialysera pojken i fem dygn, sedan började urinflödet igen.

I början hade man problem med sterilisering av PD-vätskorna och styva katetrar, men på 1950-talet fick man nylonkatetrar; genombrottet kom 1960 i och med den permanenta Tenkhoff katetern (8). Tidigare hade man satt in en ny kateter vid varje behandlings-session. Segar o. medarb. rapporterade 1961 tio patienter som var under tre år gamla och hade skötts med IPD (9). Nu hade man tillfört

FÖRFATTARNA

Agneta Ekstrand är docent i invärtes medicin och specialistläkare i invärtes medicin och nefrologi. Hon verkar som avdelningsöverläkare i nefrologi vid Helsingfors universitets centralsjukhus. Hennes forskning har främst fokuserat på diabetes och peritonealdialys.

Christer Holmberg är barnnefrolg och emeritus professor i barnsjukdomar vid Helsingfors universitet. Han har startat peritonealdialysbehandlingen av småbarn i Finland och bl.a. varit ordförande i European Society for Paediatric Nephrology och representerat Europa i International Society for Paediatric Nephrology i många år.

Tabell I. Förkortningar som används för de olika behandlingsalternativen vid peritoneal dialys (PD).

Förkortning	
CAPD	continuous ambulatory PD, fortgående ambulatorisk PD
APD	automated PD, automatisk PD
IPD	intermittent PD
NIPD	nocturnal intermittent PD, intermittent PD under natten
CCPD	continuous cyclic PD, fortgående cyklisk PD
TIPD	tidal IPD, enbart en del av vätskan, ofta 50 %, byts ut

glukos till lösningen för att skapa en osmotisk gradient och kunde avlägsna extra vätska ur kroppen. Två patienter hade anuri efter diarré med chock, två akut glomerulonefrit, tre salicylatförgiftning och tre borsyreförgiftning. Sju patienter tillfrisknade helt.

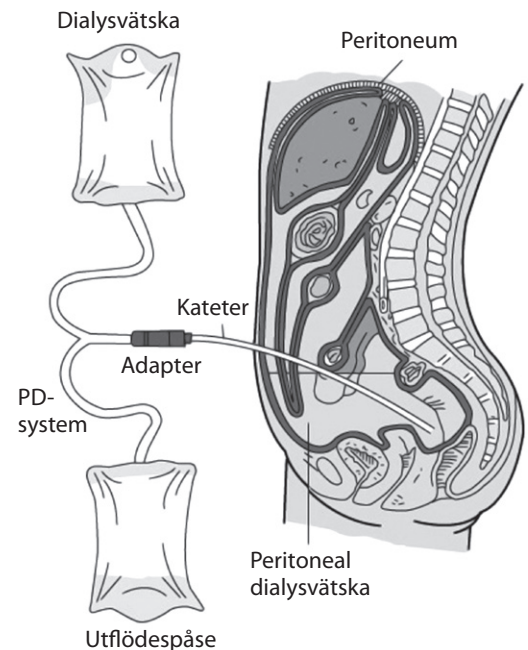
I och med framställningen av plastpåsar kunde man i slutet på 1970-talet starta CAPD, dvs. även barnpatienterna kunde skötas ambulantly hemma. Kanadensarna var först framme 1978 (10), och i början av 1980-talet skötte vi våra första barnpatienter med CAPD på Barnkliniken i Helsingfors. Småbarnen bar sina plastpåsar på ryggen mellan in- och uttappningarna av dialysvätskan. Vården underlättades betydligt i och med tillgång till maskiner (cyclers) som reglerar införseln, mängden av vätska och uttappningen av den. I slutet av 1980-talet började vi använda olika former av automatisk peritonealdialys = APD: IPD, CCPD, NIPD och TIPD (Tabell I).

Principen med peritonealdialys

PD utnyttjar: 1) den peritoneala mikrocirkulationen, 2) peritonealmembranen och 3) dialysvätskan. Det kapillära blodflödet är 50–100 ml/minut men det är oklart hur mycket som deltar i peritonealutbytet av vätska och olika ämnen. Dessutom har vi ju ett lymfatiskt system. Peritonealmembranen täcker den inre abdominalväggen, pelvis och intraperitonealorganen samt bildar omentum och det visceral mesenteriet (11).

Idén med PD är att införa en kateter i abdominalhålan, fylla den med en vätska som inte innehåller de skadliga ämnen och salter (bl.a. fosfat och kalium) som en anurisk person inte kan avlägsna via urinen samt t.ex. glukos för att skapa en osmotisk gradient och avlägsna extra vätska ur kroppen. Genom att låta vätskan vara en tid i abdominalhålan överförs skadliga slaggämnen och salter till PD-lösningen och vätskemängden tilltar.

Vätskan kan sedan tappas ut, och man gör byten med ny vätska så många gånger om dygnet att ett acceptabelt metaboliskt tillstånd samt normovolemi upprätthålls (Figur 1). Transporten av salter och slaggämnen sker genom kapillärväggen, interstitiet och mesotelet genom diffusion, ultrafiltration och konvektiv masstransport. Eliminationsgraden och hastigheten bestäms av koncentrationsgradienten mellan blod och dialysvätska, molekylvikten av ämnet i fråga och av peritonealmembranens yta. Ämnen med låg molekylvikt rör sig snabbare från blodet till peritonealvätskan beroende på koncentrationsgradienten. Membranens funktion påverkas negativt av t.ex.



Figur 1. Schematisk bild av peritonealdialys

peritonit eller fortsatt användning av stark intraperitoneal vätska.

Genom att patienterna själva kan koppla en intraabdominalt insatt kateter till PD-påsarna och själva eller via en reglerbar maskin (cy-cler) spola peritonealhålan flera gånger dag-ligen, kan de sköta sig själva hemma och ha en relativt fri diet eftersom slaggämnen, salter och vätska avlägsnas dagligen.

I samband med kontroller kan man mäta peritonealmembranens funktion och på basis av den och kontrollvärdena justera behandlingen. Man kan mäta masstransport ytkoefficienten (MTAC), utföra ett peritonealt ekvibrationsstest (PET), göra en standard permeabilitetsanalys (SPA) eller mäta den personliga dialyskapaciteteten (PDC). De visar hur peritonealdialysen fungerar hos patienten och hjälper vid planering av vården (12).

I dag har vi många slags katetrar att välja mellan. Hos barn fungerar spiralkatetrar med en kuff bäst, vi använder infant Flex-Neck® för de minsta och pediatric Flex-Neck® för äldre barn (13). Vi har i dag tre maskiner lämpliga för både barn och vuxna; programmeringsmöjligheterna är många och möjliggör en individuell dialys. Vätskorna levereras hem från apoteket, och hälsocentralerna förser patienterna med tillbehör, alternativt levererar dialysfirmorna dem direkt hem till patienterna. Hos barnpatienter kontrollerar dialyssköterskorna med två hembesök att allt är i ordning för PD i hemmet. Det andra besöket sker när barnet skrivs ut från sjukhuset. Hos vuxenpatienter ordnas hembesök enligt behov och sjukhusets resurser.

Peritonealdialys i vuxenåldern

Under 1980-talet ökade användningen av PD snabbt och ökningen fortsatte ända in på 1990-talet. Cirka 15 procent av dialyspatienterna globalt erhöll PD 1991–94 (14). Senare har användningen av PD hos vuxna inte ökat i samma takt som hemodialys (HD), och i dag behandlas mindre än 10 procent av dialyspatienterna i PD (15,16). Variationen mellan olika länder är stor med nästan 50 procent i PD på Nya Zeeland (17) men enbart ca 5 procent i Japan. Mellan 20 och 30 procent av dialyspatienterna i de skandinaviska länderna behandlas med PD. I Finland steg användningen av PD snabbt till ca en tredjedel, men den har sjunkit till ca 20 procent och förblivit oförändrad (18).

Sjukdomar, indikationer, kontraindikationer

PD kan användas vid såväl akut som kronisk njursvikt. Användningen av PD vid akut njursvikt varierar från ett centrum till ett annat. I Finland är PD vanligt i t.ex. Uleåborg, medan man i Helsingfors under de senaste åren har begränsat sig till ett fåtal patienter med kontraindikation för heparinisering och till patienter som varit planerade för PD-behandling och som behöver akut start av behandlingen.

I princip kan all njursvikt som orsakas av progredierande njursjukdomar behandlas med PD. Diabetes utgör i dag en av de främsta diagnosgrupperna för PD hos vuxna patienter (19). Kontraindikationer för PD är mycket stora njurar, en lever som fyller största delen av bukhålan hos patienter med policystisk njur- och leversjukdom, dåligt nutritions-tillstånd (t.ex. svår amyloidos eller sjukdom med riklig proteinuri), bräck som inte kan korrigeras och en icke kooperabel patient. Under senare år har man tagit assisterad PD i användning, där t.ex. hemsjukvården tar ansvar för och utför behandlingen i patientens hem eller på en sjukvårdsinrättning.

Teknik och uppföljning av behandling

Vid PD kan dialysvätskan bytas ut manuellt (CAPD), oftast fyra gånger per dygn, eller med hjälp av en cyclus, som byter dialysvätska under natten enligt ett inprogrammerat schema. Ungefär 60 procent av PD-patienterna i dagens Finland använder i dag automatisk peritoneal dialys, APD. Ofta passar båda metoderna, men om patienten har en bukhinna med mycket snabb eller långsam transport, kan den ena metoden vara mera effektiv än den andra. På senare år har det skett en ökning i användningen av APD, medan användningen av CAPD har minskat (20,21).

Det vanligaste osmotiska ämnet i dialysvätskan är glukos. Det finns dialysvätskor med olika glukoskoncentrationer för att man ska kunna reglera den önskade ultrafiltrationen. Andra osmotiska ämnen som används är aminosyror, som kan ha en viss effekt på proteinnutritionen (22), och icodextrin, som inte upptas på samma sätt som glukos eller aminosyror genom bukhinnan och som upprätthåller den osmotiska gradienten länge (23). Det finns dialysvätskor med olika koncentration av kalcium. Under de senaste åren har man tagit dialysvätskor med fysiologiskt pH i bruk. I dem är laktat, som tidigare användes som buffert, helt eller delvis ersatt med bikarbonat

(24). De har en skonande effekt på bukhinnan på lång sikt. Man har även påvisat en minskad frekvens av peritonit pga. effekten på bukhinnans celler med bättre immunologisk respons som följd (25).

Uppföljningen av en patient i PD bör förutom de vanliga uremiska parametrarna, som kreatinin och urea samt uppföljning av eventuell renal anemi och sekundär hyperparatyreos, även inkludera bestämning av bukhinnans typ och dialyseffekt. PET-testet (26), som först utvecklades av Twardowski, har modifierats på olika sätt och ger värdefull information om bukhinnans funktion. Med ett bukhinnetest (PDC, Adequest, + Fresenius-test) kan man mäta urea-Kt/V, kreatinin clearance och den residuala njurfunktionen. De bör användas som hjälpmedel för att individualisera behandlingen och säkerställa att man uppnår en tillräcklig dialyskapacitet.

Det finns olika såväl europeiska (27,28) som amerikanska (29) rekommendationer för PD-behandling, uppföljning m.m. De evalueras regelbundet och är goda hjälpmedel vid planering av behandlingen.

Komplikationer och problem

Den vanligaste komplikationen vid PD hos vuxna är infektioner, dvs. peritonit eller kateterrots-infektion. Cirka 30 procent av alla patienter i PD utvecklar i något skede en eller flera peritoniter. De kan behandlas med intraperitoneala antibiotika. Incidensen för peritonit borde inte vara högre än 0,45/patient/år hos vuxna. Ibland kan man vara tvungen att temporärt eller totalt byta till HD pga. peritonit, som inte svarar på behandling eller pga. upprepade peritoniter. Kateterrotsinfektioner är ovanliga, och kan oftast förebyggas med ett noggrant val av insticksställets läge och god skötsel av kateterroten. Andra komplikationer vid PD är läckage av dialysvätska från katetertunneln eller till pleurahålan, utveckling av bräck och kate-termalfunktion. Under långtidsuppföljning kan även ultrafiltrationsproblem uppstå, och en sällsynt men svår komplikation är skleroserande peritonit.

Överlevnad och prognostiska faktorer

Man har diskuterat patient- och tekniköverlevnaden vid PD jämfört med HD. Ett års tekniköverlevnad är i dag ca 80 procent. Den vanligaste orsaken till byte från peritoneal dialys till hemodialys är infektion. Utifrån de

flesta färiska studier är patienternas överlevnad vid PD och HD jämförbara (30-33).

Vissa studier har påvisat en mindre förlust av residual njurfunktion vid PD (34). Residual njurfunktion har en positiv effekt på mortalitet, morbiditet och livskvalitet. Dessutom finns det belegg för att det är mindre risk för fördröjd funktionsstart hos ett njurtransplanterat (delayed graft function) hos PD-patienter jämfört med patienter i HD (35). Däremot löper patienter i PD ofta en större risk för proteinmalnutrition jämfört med patienter i HD. Det kan å sin sida ha en negativ effekt på överlevnad och morbiditet. (36)

Många patienter i arbetsför ålder föredrar dialysbehandling i hemmet, vilket inte påverkar möjligheten till förvärvsarbete eller påverkar arbetsdagen. För de här patienterna är PD ett mycket gott alternativ. En finländsk undersökning om andelen förvärvsarbetande patienter i olika dialysbehandlingar och efter njurtransplantation, visade att 31 procent av patienter i PD arbetar jämfört med 19 procent i HD. Av patienter i hemodialys hemma förvärvsarbetar 39 procent och av patienter i APD 44 procent. Av transplantationspatienter arbetar 40 procent (37).

Framtiden

Även om man globalt ser en minskning i användningen av PD bör man ge patienter med uremi en möjlighet till den här behandlingsformen. PD och HD anses i dag vara kompletterande behandlingar och inte två behandlingsformer som konkurrerar med varandra. Många kliniker har gått in för ett hembehandlingsprogram där man kan erbjuda såväl PD som hem-HD för patienten.

Peritoneal dialys hos barn

Under 1980- och 1990-talen ifrågasatte man om det lönar sig och är etiskt rätt att sköta små barn med terminal uremi. Erfarenheterna var att dödligheten var stor och att barnen inte växte och utvecklades normalt (38,39). I slutet på 1990-talet erbjöds globalt endast 50 procent av alla centra dialysvård åt barn under två år. I Finland är den vanligaste svåra njursjukdomen finländsk typ av kongenital nefros (NPHS1), och de drabbade barnen behöver dialys och transplantation under de två första levnadsåren för att överleva. När vi alltså började med PD hos barn på 1980-talet fick vi ta oss an den mest krävande gruppen, de minsta barnen. I dag vet vi att resultaten i centra med erfarenhet är lika bra i all ålders-

grupper i fråga om mortalitet och morbiditet, tillväxt och utveckling samt senare livskvalitet (40,41). PD är den vanligaste vårdformen hos barn. Enligt det Nordamerikanska registret NAPRCT (42) inleder 70 procent av barnpatienterna behandlingen med PD och 30 procent med HD. Hos barn under två år är PD-andelen 96 procent medan den är 59 procent hos barn över 12 år. I Europa är PD:s andel 60,2 procent eftersom vissa länder, t.ex. Frankrike, har en lång tradition med HD. I Finland med NPHS1 och många småbarn är PD-andelen 88 procent (Bild 1).

Sjukdomar

Incidensen av kronisk njursvikt är globalt sett 7–8/en miljon barn (5,6 i Finland). De vanligaste diagnoserna är njurhypoplasi/dysplasi med eller utan obstruktiv uropati, autosomal recessiv polycystisk njursjukdom (ARPKD), kortikal nekros (vanligen efter neonatal asfyxi) och oxalos. Diagnoserna varierar från land till land, och i Finland är 37 procent av alla barn med kronisk njursvikt NPHS1-patienter, dvs. har den finska typen av kongenital nefros.



Bild 1.
Barnpatient i PD, ba-
by'n sover eller "läser"
medan PD:n rullar.

Speciella problem

Vad är annorlunda hos barn? Utmaningarna jämfört med vuxna patienter är större ju mindre barnet är. Vi får problem med näringstillförsel och medicinering, katetrarna är mindre och krånglar lätt och man bör vara noggrannare med volemin; tillför man för mycket vätska får barnen hjärtsvikt, tar man ut för mycket går de i chock med bl.a. blindhet som följd. För att garantera normal tillväxt och utveckling bör diagnosen ställas tidigt, behandlingen påbörjas omedelbart och en normal metabolism upprätthållas. Familjen bör beaktas på ett annat sätt än hos vuxna, och vården kan bara genomföras optimalt som samarbete mellan många olika specialister (barnnefrollog, dialyskötare, urolog, kirurg, dietetiker, socialvårdare, barn- eller ungdomspsykiater, psykolog, och fysioterapeut för att nämna några). I de yngsta åldersgrupperna kan bara ett erfaret team uppnå goda vårdresultat. I Finland har alla transplantationer som gäller barn och ansvaret för behandlingen av barn med svår njursvikt koncentrerats till Barnkliniken i Helsingfors; vi ser ca 10 nya patienter årligen.

Vården av äldre barn med obstruktiva uropati eller andra medfödda njurmissbildningar, glomerulonefrit, nefronoftis eller Alport följer den som beskrivits hos vuxna. Hälften av de yngre barnen har NPHS1, dvs. svår medfödd proteinförlust och nefros som under det första året kompenseras med intravenösa albumininfusioner och noggrann diet, antikoagulation etc. (43). För att råda bot på proteinbristen och korrigerera koagulationsstörningarna nefrektomerar och dialyserar de före njurtransplantation. Emellertid är deras vävnader, liksom hos spädbarn, i allmänhet mycket sköra och drabbas lätt av läckage och bräck. Därför läggs dialyskatetern in innan man tar ut njurarna så att den kan växa fast ordentligt under 2–3 veckor innan man nefrektomerar och långsamt påbörjar dialysen.

De dialysvätskor som används hos vuxna används även hos barn. Oftare används vätskor med låg kalciumhalt eftersom födan hos de små är mjölkbaserad med riklig fosfatstillförsel. Därför är risken för vaskulär kalcifikation större. Volemin är ett stort problem. Normalt använder man ju tre olika glukoskoncentrationer beroende på om patienten är hyper-, normo-, eller hypovolemisk. Hos spädbarn blir vi oftast tvungna att blanda dem för att inte få för stora variationer i volemin. De moderna cyclerna gör det möjligt

att blanda olika glukoskoncentrationer, utföra byten med olika koncentrationer och variera volymen. Man kan alltså finjustera vården och trygga normovolemin. Vanligen använder man CCPD med 10–14 byten på natten under 10–12 timmar med en volym på 800 ml/m² under det första levnadsåret och 800–1 000 ml/m² senare. Mot slutet av behandlingen lämnar man 400–500 ml/m² vätska inne under dagen, och hos de minsta kan man utföra tre manuella byten på eftermiddagen för att undvika hypervolemi på kvällen.

Vi utför regelbundna PET-tester och följer de normala DOQI-rekommendationerna för KT/Vurea. I fråga om kreatininclearance (CCR) kan man inte uppnå den nivå som rekommenderas för vuxna hos de allra minsta barnen, men en CCR på > 49 L/vecka är förenligt med god metabolisk balans och normal tillväxt (44).

Tillväxt

En förutsättning för normal tillväxt är att barn får tillräckligt med föda. Hos ett njursjukt spädbarn lyckas det sällan. Därför är man i allmänhet tvungen att använda näs-magsond eller gastrostomi under de första levnadsåren så länge barnet är uremiskt eller i dialys. Kräkning är vanligt och måste kompenseras. Eftersom spädbarnen växer, bör en erfaren dietetiker justera dieten med ca 3 veckors mellanrum.

I dag vet vi att barn i dialys växer normalt med noggrann vård, de som har blivit efter tar även igen skillnaden under PD, de har en s.k. tillväxtspurt (44). Så sent som för 10 år sedan var längden hos barn som kom till transplantation < -2 standard deviationer (SD) i dag är de mellan -1 – 0 SD. Med förbättrad vård har en allt normalare tillväxt uppnåtts. Få behöver tillväxthormon, men de som inte växer normalt reagerar bra på behandlingen. De första barnpatienterna som sköttes med dialys och njurtransplantation i Finland har i dag uppnått vuxen ålder. Tainio o. medarb. har visat att de har genomgått en normal pubertet och den slutliga längden hos flickor var -1,7 och hos pojkar -1,2 SD (45). De barn som vårdas i dag kommer med all sannolikhet att vara längre.

Utveckling

Den mest kritiska gruppen är de allra minsta barnen. De har ansetts ha jämförelsevis fler komplikationer och högre mortalitet och deras utveckling har ifrågasatts. Nyare studier

tyder på att om vården av de minsta PD-patienterna koncentreras till ett fåtal centra med ett erfaret team med en dietetiker så skiljer sig inte deras prognos från de äldre barnens. Under åren 2000–2005 då vi behandlade 21 barn under två år med PD dog enbart ett barn. Alla som hade neurologiska funktionshinder eller specialsvårigheter i skolan hade antingen andra handikapp (syndrom, hjärtfel etc.) eller var prematura med neonatala riskfaktorer. Peritonitfrekvensen var 0,67/patient/år, vilket motsvarar de bästa internationella resultaten. Sjukhusvården har hela tiden förkortats så att barnen i början av 2000-talet tillbringade enbart 65 dygn/patient/år på sjukhus, vilket inkluderar deras rutinkontroller och påbörjandet av PD. Av den tiden utgjorde sociala skäl åtta procent i syfte att erbjuda föräldrarna möjligheter att vila, resa på semester etc. På grund av sin proteinbrist utvecklades NPHS1-patienterna under de första åren aningen långsammare motoriskt men normalt efter transplantation. Anu Haavisto har undersökt 50 barn transplanterade mellan 1993 och 2008, och deras IQ vid 11 års ålder var i genomsnitt 91,7, vilket faller inom normala gränser (46). NPHS1-barnen som ju hade vårdats sedan födseln klarade sig bättre i både WISC-III- och NEPSY-II-tester. Det är med andra ord glädjande att konstatera att även de första och minsta spädbarnen med njursjukdom sedan födseln har klarat sig så

bra. De barn som vårdas i dag borde må ännu bättre som vuxna eftersom vi har lärt oss en hel del under de senaste 20 åren.

Konklusion

Peritonealdialys är den huvudsakliga dialysformen hos småbarn och ett alternativ till HD hos äldre barn och vuxna. Inlärningsperioden är kortare, cyklerna är lätta att ta med på resor, det behövs ingen fistel, och behandlingen kan utföras hemma och anpassas till familjens/patientens livsstil. En del äldre patienter störs emellertid av abdominalkatetern och av de stora vätskemängder som bör lagras hemma eller tas med på resor. Behandlingsresultaten är emellertid helt jämförbara med HD.

Agneta Ekstrand
Nefrologiska kliniken

PB 372
00029 HNS

agneta.ekstrand@hus.fi

Christer Holmberg
Barnkliniken
G-huset, Stenbäcksgatan 11
00029 HNS

christer.holmberg@hus.fi

Referenser

1. Ganter G. Beseitigung giftiger Stoffe aus dem Blute durch Dialyse. *Munich Med Wochenshr* 1923;70:1478–81.
2. Popovich RP, Moncrief JW, Nolph KD et al. Continuous ambulatory peritoneal dialysis. *Ann Intern Med* 1978;88(4):449–455.
3. Venkataraman V, Nolph KD. Utilization of PD modalities: Evolution. *Semin Dial* 2002;15 (6): 380–384.
4. Diaz-Buxo JA, Farmer CD, Walker PJ et al. Continuous cyclic peritoneal dialysis a preliminary report. *Artif Organs* 1981;5:157–161.
5. Wahlberg P. IV Medicinska kliniken (1944) 1947–1994. *Finska Läkaresällsk Handl* 2000; 160 (2):2–88.
6. Kuhlback B. Nefrologin i Finland 1880–1980. *Finska Läkaresällskapet Handlingar* 2002; 162:1–11.
7. Bloxum A, Powell N. The treatment of acute temporary dysfunction of the kidneys by peritoneal irrigation. *Paediatrics* 1948;1:52–57.
8. Tenckhoff H, Schecter H. A bacteriologically safe peritoneal access device. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1964;14:181–186.
9. Segar E, Gibson RK, Rhamy R. Peritoneal dialysis in infants and small children. *Pediatrics* 1961;27:603–615
10. Balfe JW, Irwin MA. Continuous ambulatory peritoneal dialysis in children. In *Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis*, Legrain M (eds). Amsterdam, Excerpta Medica. 1980.
11. Twardowski ZJ. Physiology of peritoneal dialysis. In *Clinical Dialysis*, Nissenson AR, Fine RN, Gentile DE (eds.). Norwalk, Appleton & Lange. 1990.
12. Verrina E. Peritoneal Dialysis. In *Pediatric nephrology*, Avner ED, Harmon W, Niaudet P, Yoshikawa N (eds.). Springer-Verlag. 2009: p1785–1816.
13. Hölttä T, Holmberg C, Rönnholm K. Peritoneal dialysis during infancy. In *Peritoneal Dialysis*, Warady B, Shaefer F (eds.). Springer-Verlag. 2011.
14. Nolph KD. Has peritoneal dialysis peaked? The impact of the CANUSA study. The Canadian-USA Multicenter study. *ASAIO J* 1996;42:136–138.
15. United States Renal Data System: US Department of Public Health and Human Services; Public Health Service, National Institute of Health: Bethesda, Maryland. 2006.
16. Grassmann A, Gioberge S, Moeller S, Brown G. ESRD patients in 2004: global overview of patient numbers, treatment modalities and associated trends. *Nephrol Dial Transplant* 2005; 20: 2587–93.
17. Australian and New Zealand dialysis and transplant register 2010 Annual report. <http://www.anzdata.org.au/anzdata/AnzdataReport/33rdReport/Ch01.pdf>
18. Finlands Njursjukdomsregister Årsrapport 2009. <http://www.musili.fi/fin/munuaistaurekisteri/>
19. US Renal Data System. USRDS 2001 Annual Data report: Atlas of Endstage renal Disease in the United States, National Institute of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Bethesda, MD, 2001.

-
20. Perry D, Schatze D, Royer R, Hackman D et al. Rapid growth in the use of automated peritoneal dialysis (APD) in adult patients on peritoneal dialysis. *Adv Perit Dial* 1998;14:57–59.
 21. Correa-Rotter R. APD in the developing world: is there a future? *Semin Dial* 2002;15:385–387.
 22. Oreopoulos DG Crassweller P, Katirtzoglou A et al. Amino acids as an osmotic agent (instead of glucose) in continuous ambulatory peritoneal dialysis. In Legrain M, editor. *Continuous ambulatory peritoneal dialysis*. Amsterdam: Excerpta Medica, 1980: 335–340.
 23. Mistry CD, Mallick NP, Gokal R. Ultrafiltration with an isoosmotic solution during peritoneal dialysis exchanges. *Lancet* 1987;2:178–182.
 24. Topley N, Coles G, Williams JD. Biocompatibility studies on peritoneal cells. *Perit Dial Int* 2004; 14 (Suppl 3): S21–S28.
 25. Johnson D. Preliminära resultat, EuroPD 2011, Birmingham.
 26. Twardowski ZJ, Nolph KD, Khanna R et al. Peritoneal equilibration test. *Perit Dial Bull* 1987; 7: 138–147.
 27. European Best Practice Guidelines for Peritoneal Dialysis. *Nephrol. Dial. Transplant*;20(suppl 9): ix1 doi:10.1093/ndt/gf1114.
 28. Chronic Kidney Disease: Early Identification and Management of chronic kidney disease in adults in primary and secondary care, National Institute for Health and Clinical Excellence. <http://www.nice.org.uk/Guidance/CG73>, June 29 2009.
 29. KDOQI Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for 2006 Updates: Hemodialysis Adequacy, Peritoneal Dialysis Adequacy and Vascular Access. *Am J Kidney Dis* 48:S1–S322, 2006 (suppl 1).
 30. Vonesh EF, Moran J. Mortality in end-stage renal disease: a reassessment of differences between patients treated with haemodialysis and peritoneal dialysis. *J Am Soc Nephrol* 1999;10:354–365.
 31. Heaf JG, Lokkegaard H, Madsen M. Initial survival advantage of peritoneal dialysis relative to haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 2002;17:112–117.
 32. Korevaar JC, Feith GW, Dekker FW et al. NECOSAD study Group. Effect of starting with hemodialysis compared with peritoneal dialysis in patients new on dialysis treatment: a randomized controlled trial. *Kidney Int* 2003; 64:2222–28.
 33. Van Biesen W, Vanholder R, DEbacquer D, De Backer G, Lamiere N. Coparison of survival on CAPD and haemodialysis: statistical pitfalls. *Nephrol Dial Transplant* 2000; 15:307–311.
 34. Jansen MAM, Hart AAM, Korevaar JC et al. Predictors of the rate of decline of residual renal function in incident dialysis patients. *Kidney Int* 2002; 62: 1046–53.
 35. Van Biesen W, Veys N, Vanholder R, Lamiere N. The impact of the pre-transplant renal replacement modality on outcome after cadaveric kidney transplantation: The Ghent experience. In *Contribution to Nephrology Vol 150. Peritoneal Dialysis A Clinical Update*. Editors Ronce C, Dell'Aquila R, Rodighiero MP. Karger, Switzerland 2006;254–258.
 36. Young GA, Kopple JD, Lindholm B, et al. Nutritional assessment of continuous ambulatory PD patients: an international study. *Am J Kidney Dis* 1991;17:462–470.
 37. Helanterä I, Haapio M, Koskinen P, Grönhagen-Riska C, Finne P. Employment of patients receiving maintenance dialysis and after kidney transplant: a cross-sectional study from Finland. *Am J Kidney Dis* 2011, in press.
 38. Bunchman TE. The ethics of infant dialysis. *Perit Dial Int* 1996; 16:505–508.
 39. Shooter M, Watson A. The ethics of withholding and withdrawing dialysis therapy in infants. *Pediatr Nephrol* 2000;14:347–351.
 40. Laakkonen H, Hölttä T, Lönnqvist T, Holmberg C, Rönholm K. Peritoneal dialysis in children under 2 years of age. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23:1747–53.
 41. Wedekin M, Ehrich JHH, Offner G, Pape L. Renal replacement therapy in infants with chronic renal failure in the first year of life. *Clin J Am Soc Nephrol* 2010;5:111–117.
 42. Leonard MB, Donaldson LA, Ho M, Geary DF. A prospective cohort study of incident maintenance dialysis in children: An NAPRTC study. *Kidney Int* 2003;63:744–755.
 43. Holmberg C, Antikainen M, Rönholm K, Ala-Houhala M, Jalanko H. Management of congenital nephrotic syndrome of the Finnish type. *Pediatr Nephrol* 1995; 9:87–93.
 44. Laakkonen H, Happonen J-M, Marttinen E et al. Normal growth and intravascular volume status with good metabolic control during peritoneal dialysis in infancy. *Pediatr Nephrol* 2010;25:1529–38.
 45. Tainio J, Qvist E, Jahnukainen K et al. Pubertal development is normal in adolescents after renal transplantation in children. *Transplantation* 2011;92:404–409.
 46. <http://ndt.oxfordjournals.org/cgi/content/full/gfr650?ijkey=XijWLP7PNu3liYI&keytype=ref>

Summary

Peritoneal dialysis in children and adults

Peritoneal dialysis (PD) was first tried in the 1920s and in Finland in the 1950s, but only the introduction of cyclers in the 1980s made it routine in adults and children. Compared to haemodialysis, it is easy to learn, can be done at home and while travelling, and is better adaptable to patients'/families' lifestyles. Treatment results are comparable to those found with haemodialysis, and PD is the major treatment modality for children with end-stage renal failure. Even infants on PD grow and develop normally if treated in experienced centres with a dietician. PD is today a good complement to haemodialysis.
