

## 중환자실 환자의 혈액투석

중앙대학교 의과대학 내과학교실

강 응 택 · 유 석 희

중환자실은 1950년대에 미국에서 회복수염 환자의 호흡마비 및 마취후 정상호흡이 회복될때까지 인공호흡이 필요하게 되어 생겨나기 시작하였으며, 중환자를 치료할 수 있는 환경과 각종 감시기구, 충분한 인원을 갖추어야 하도록 되어있다. 여러가지 임상상황의 환자들이 이곳에서 집중적인 감시 및 치료를 받게된다. 이들 대부분은 한 장기 이상의 장기부전이 동반되어있어 이들 부전장기의 기능을 보조해주어야 하며 이 중에는 호흡부전 및 순환기부전이 가장 많다<sup>1)</sup>.

혈액투석이 필요한 환자는 이들 중 여러가지 원인으로 신부전이 초래된 환자들로써 이들의 신기능이 회복될때까지 기다리면서 환자의 생명을 유지하고 각종 합병증을 예방하는 것이 혈액투석요법의 목적이다<sup>2)</sup>. 이들은 신부전 이외에도 다른 장기의 기능부전을 동반하는 경우가 흔하여 임상경과를 예측치 못할 경우가 많아 적절한 때에 투석을 시행하는 것이 중요하다. 이 글에서는 중환자실에서 흔히 경험하는 응급투석을 필요로 하는 질환들을 살펴보고 응급투석시 고려해야 할 임상 및 기술적 측면, 항응고방법 및 합병증에 대하여 기술하고자 한다.

### 적응증 및 투석치료의 적응

중환자실에서 혈액투석이 필요한 경우로는 급성신부전에 동반된 지속적인 고포타슘혈증, 이노제등 일반적인 치료에 반응하지 않는 체액과다, 요독성 심낭염, 중증 뇌병증, 알칼리치료에 반응치 않는 중증 산혈증 등이 있으며, 원인질환에 따라서는 질소혈증, 저칼슘혈증, 고칼슘혈증, 고요산혈증, 고마그네슘혈증, 출혈경향 등을 교정하기 위하여 혈액투석이 필요할 수가 있다<sup>2)</sup>. 여기에서는 우선 각각의 경우에 대하여 살펴본다.

#### 1. 고포타슘혈증

고포타슘혈증의 빈도 및 정도는 급성신부전의 원인

이나 동반된 다른 질환에 따라 다양하다. 특히 이화작용이 심하거나 조직과괴가 동반된 경우에는 신부전 초기에도 고포타슘혈증을 많이 경험한다(Table 1 만성). 만성신부전과는 달리 급성신부전 환자는 포타슘에 순화(acclimation)되어 있지 않아서 비교적 낮은 혈장 포타슘농도에서도 심독성이 잘 나타난다<sup>3)</sup>. 따라서 임상경과 초기에 고포타슘혈증이 다른 검사소견보다 빨리 진행할 때에는 보존적요법을 포함하여 일찍 치료를 시작하여야 한다.

약물들에 따라서 체내의 포타슘의 배설을 억제하거나 세포이동의 변화를 유발하여 고포타슘혈증을 악화시키므로 비스테로이드계 소염제, 알도스테론 길항제, ACE inhibitor, 베타차단제 등을 사용하고 있을 때에는 항상 주의하여야 한다.

수혈이 고포타슘혈증에 어떠한 영향을 미치는지는 잘 알려져 있지 않다. 그러나 장기간 보관하면 적혈구가 파괴되어 세포내 포타슘이 유리될 수 있으며 적혈구의 수명도 단축되기때문에 혈관내 용혈이 촉진되는 결과가 된다. 따라서 혈액투석과 투석 사이에 수혈을 할때 예상치 못하게 포타슘농도가 증가할 수 있으므로 주의해야 한다<sup>4)</sup>.

치료 : 식사중 포타슘을 2g을 이하로 줄이고 유발인

**Table 1. Patients at Risk of Developing Hyperkalemia at Earlier Levels of Renal Insufficiency**

Rhabdomyolysis
Hyperthermia
Crush injury of Trauma
Vascular insufficiency
Hemolytic uremic syndrome
Disseminated intravascular coagulation
Tumor lysis syndrome
Extensive burns
Sepsis with high fever
Extensive orthopaedic injuries.

자를 제거해 준다. 급성독성이 의심될 때에는 10% calcium gluconate 10ml를 1-5분마다 정맥내로 최대 100ml까지 투여할 수 있으며 세포내로 포타슘이 이동하도록 중탄산나트륨을 경정맥으로 투여하거나 albuterol sulfate(0.5mg을 10분이상에 걸쳐 정주) 등의 beta agonist의 투여도 효과가 있다. 정맥내로 포도당(50% glucose 100ml)을 투여하여 혈중 인슐린 농도의 증가를 유도하거나 직접 정맥내로 regular insulin 10U를 투여하여도 된다. 그러나 이러한 치료들은 대개 2시간 이상 효과가 지속되지 않아 몸밖으로 포타슘을 제거하는 보다 근본적인 치료를 시작하여야만 한다. Polystyrene sulfonate 30gm을 70% sorbital과 혼합하여 매 2시간마다 경구투여하거나 60gm을 물 200ml에 섞어 직장내 저류관장하면 시간당 30mEq 정도씩 제거할 수 있다. 복막투석으로 제거되는 양이 12mEq/hr정도인 것에 비교하면 훨씬 효과적이다<sup>5)</sup>. 일반적인 생각과는 달리 혈액투석으로는 시간당 30mEq/L 이상이 제거되어 복막투석보다는 효과적이지만 경구 polystyrene sulfonate로 효과적으로 치료할 때와 비교하면 차이가 그리 크지 않다<sup>6)</sup>.

## 2. 체액과다

중환자실에서 흔히 경험하는 비뿔뇨성 급성신부전의 경우에도 약제의 투여나 비경구영양 등의 결과로 체액과다가 발생할 수 있다. 임상적으로는 혈관의(말초부종, 복수, 늑막삼출)나 혈관내(고혈압, 울형성심부전) 체액과다 증상이 나타난다.

중환자에서 체액과다는 체액량을 신중하게 감안하지 않고 급성신부전의 유지시기에 fluid challenge를 하거나 수술도중에 이미 투여되어 혈관의 체액이 늘어난 상태에서 수술후 이들이 혈관내로 흡수되면 많이 발생한다. 중환자에서는 체액균형을 외형적으로는 잘 맞추어 주더라도 적절한 영양공급이 없으면 lean body mass가 하루에 0.5-1.0kg씩 줄기때문에 체액과다가 유발되므로 주의해야 한다<sup>2)</sup>.

치료: 체액과다가 뿔뇨성 급성신부전환자에게 발생하더라도 thiazide와 loop 이뇨제를 병합 투여하는 것이 도움이 된다. 이는 이들 약제들이 혈관을 확장시켜 정맥용적을 증가시키는 효과가 있기 때문이다<sup>7)</sup>. 혈관 확장성 nitrate 외용제나 마약성 진통제를 비경구로 투여하여도 역시 도움이 될 수 있다. 이상의 방법으로 호전되지 않으면 혈액여과, 혈액투석, 또는 복막투석

등을 시행하여야 한다. Slow continuous ultrafiltration/hemofiltration 등으로는 1 L/hr정도의 체액을 제거할 수 있으며 high-flux/high efficiency membrane dialyzer로는 3 L/hr, 복막투석으로 4.25% dextrose용액을 매시간 2회씩 교환해 주면 700mL/hr 정도의 초여과를 유도할 수 있다.

## 3. 요독증

요독증의 증상이나 합병증이 급성신부전 환자에서는 더 쉽게 나타난다. 임상증상은 BUN이 증가율에 많이 영향을 받으며 당뇨병이나 고령환자에서 더 현저하다.

합병증중 중추신경계 기능이상은 진전, 근육신경계 과민, 인지능력의 감소, 기면, 혼수, 경련 등의 임상상으로 발현되며 응급투석이 필요하다. 요독증에 의한 중추신경계 증상은 투석시 대개 현저히 호전된다<sup>2)</sup>. 심낭염을 포함한 심혈관계 합병증은 종종 심낭압전이나 좌심실 기능부전 등 치명적인 결과를 초래한다. 이들 합병증은 BUN농도와는 직접적인 상관관계는 없으나 투석치료에 잘 반응한다. 요독성 폐는 비전형적인 폐혈관계의 확장이 원인이며 체액균형을 적절하게 맞추어주면 회복되며 때로는 청소술만 좋아져도 회복된다<sup>8)</sup>. 심낭염이나 늑막삼출 등이 있을때 혈액투석시 전신적인 항응고치료는 가능한한 피하는 것이 좋다. 이것은 장막에 염증이 있으면 신생혈관형성이 증가하기 때문에 국소적인 출혈이나 심장압전등의 위험이 있기 때문이다<sup>9)</sup>.

## 4. 산혈증

정상인에서는 체내에서 하루에 체중 1kg당 1mEq의 산이 만들어지기 때문에 다른 이화작용이 항진되어 있는 조건(화상, 패혈증, 좌상, 외상, 부신피질호르몬 투여)이 아니면 혈장 중탄산은 2mEq/L 이내로 감소한다.

스스로 호흡을 하는 환자는 산혈증이 과호흡을 유도하여 pH가 비교적 정상으로 유지될 수 있으나 인공호흡중인 환자는 이러한 보상기전이 일어날 수 없기 때문에 대사성 산혈증이 호흡성 산혈증과 동시에 있는 경우가 많다. 이러한 환자는 혈액투석중에도 동맥혈가스분석을 시행하여 산염기의 균형상태를 자주 분석하여야 한다<sup>10)</sup>.

치료: 산혈증은 sodium bicarbonate나 sodium citrate로 교정할 수 있으나 모두 나트륨을 포함하고 있

어 채액과잉에 조심하여야 한다. 특히 울혈성심부전 등으로 호흡성 보상작용이 적절하게 일어나지 않거나 소화계 부작용으로 알칼리섭취가 곤란할 때에는 투석치료가 필요하다. 혈장 pH가 7.2아래로 떨어지기 전에는 임상적으로 크게 문제가 되지 않으나 그 이하에서는 여분의 알칼리가 거의 없기때문에 약간의 산만 추가되어도 극심한 산혈증이 초래되면서 심혈관계에 영향을 미칠 수 있기 때문이다<sup>11)</sup>. 혈액투석이나 혈액여과시에는 투석액내의 bicarbonate, acetate, lactate등이 알칼리로 이용된다. 복막투석시 알칼리 공급은 혈액투석시의 1/5에 불과하나 CAPD환자가 일주일에 3회 혈액투석하는 환자보다 혈장내 중탄산농도가 높게 유지되고 그 이유는 알 수 없다. 그러나 산의 생성이 많은 경우에는 혈액투석이 최선의 선택이다<sup>12)</sup>.

## 5. 기타

비교적 가벼운 채액과다에도 비경구영양, 경한 신경학적 증상이나 수술을 앞두고 투석요법이 필요할 수가 있다. 악성 종양이나 종양 용해 증후군에 동반되는 고칼슘혈증이나 고요산혈증의 치료에도 투석이 필요할 수 있으며<sup>13)</sup> 고마그네슘혈증의 치료에도 마그네슘을 포함하지 않은 투석액을 사용하면 도움이 된다.

급성신부전 환자는 소화관을 포함한 출혈합병증이 많다. 대부분 혈소판 응집능이나 부착능의 감소가 원인으로 투석을 시행하면 상당부분을 교정할 수 있다. 혈소판감소증은 적혈구용적치를 30%까지 올려주거나 cryoprecipitate를 주입 또는 dDAVP 0.3ug/kg를 정맥내로 투여하면 일찍 교정할 수 있다<sup>14)</sup>. 반응이 없으면 rHuEPO 또는 conjugated estrogen이 도움이 되기도 한다. 급성신부전 환자에서는 이러한 치료들이 비교적 효과적이어서 혈액투석치료의 빈도를 많이 줄일 수 있다<sup>2)</sup>.

### 투석의 시작과 투석의 적절성

혈액투석요법은 위에 언급한 적응증에 해당된다고 판단될 때 시행되어왔다. 그러나 최근에는 임상적으로 중증에 이르기 전에 미리 투석요법을 시행하는 “조기 투석(prophylactic dialysis)”에 대한 성적이 보고되고 있다. 이는 BUN이 60-70mg/dl, Cr이 5mg/dl에 이르기 이전에 투석요법을 시작하는 것으로 환자생존율을 3배이상 높일 수 있다고 한다<sup>15)</sup>. 그러나 환자를 더

철저히 계층화 하면 생존율의 차이가 없다는 보고도 있다. 최근에는 신부전을 유발할 급성 가역성 요인이 없으면 요독증의 합병증이 나타나기 전에 투석치료를 시작하는 경향이 있다. 투석을 시작하여야 하는 검사실소견을 규정하는 것은 어려우며 BUN과 creatinine의 상승정도, 관찰되거나 예측되는 이화작용의 정도, 요량 등의 환자특성에 따라 결정하여야 한다.

일단 투석치료가 시작되면 요소역동학모델에 의거한 투석처방으로 원하는 목표 BUN치에 도달할 수 있다<sup>16,17)</sup>. 투석 처방시 항상 환자의 남아있는 신기능을 고려해야 한다. 실제로 남아있는 사구체여과율이 15ml/min 이면 환자가 이틀에 한번, 요청소율 160ml/min의 투석기로 5시간씩 투석하는 것과 같다<sup>18)</sup>.

### 혈액투석이나 여과시 고려하여야 할 기술적 사항

#### 1. 투석기

투석기는 hollow fiber 형이 초여과계수에 따라 선택이 쉽고, 잔존 혈액량이 적으며, 저분자량의 청소율이 좋아 대부분의 신장실에서 사용되고 있다. 투석기의 재질은 중환자의 임상적인 특성때문에 가능하면 생체적합성이 좋은 것을 선택하여 투석과 연관된 백혈구감소증, 저혈압, 발열, 회복지연, 저항력 감소등의 합병증을 피하는 것이 좋다. (polysulfone (PS), polymethylmethacrylate(PMMA), polyacrylonitrile(PAN)) 혈액여과도 생체적합성이 좋은 것을 선택하여야 하며 형태는 기술적인 측면에서 parallel plate형이 혈류에 대한 저항이 낮고 혈전형성이 적어 좋다<sup>19)</sup>.

투석기를 선택할 때 고려하여야 할 일반적인 사항은 다음과 같다(Table 2).

1) 채액과다 또는 비경구영양, 약물투여 등으로 대량의 수액공급을 피할 수 없을 때나 요소생산율이 높은 이화작용 환자에서는 초여과계수가 큰 투석기를 이

**Table 2. Factors Relevant to Dialyzer Selection**

Dialyzer specific : ultrafiltration coefficient, solute clearance, biocompatibility, blood compartment volume, pyrogen reactions
Patient specific : cardiovascular reserve, pulmonary reserve, bleeding potential
Disease specific : catabolic state, volume load, medications

용하여야 한다. 즉 합성재질의 투석기를 사용하거나 기존 cellulose 재질 투석기를 사용할 때에는 표면적이 큰 것을 사용한다.

2) 혈액동학적으로 불안정한 환자에서는 생체적합성이 좋으면서 priming volume, 초여과계수가 비교적 작은 투석기를 선택하여야 하며, 더 적극적인 투석이 필요하면 투석시간을 늘리거나 투석빈도를 높인다<sup>2)</sup>.

3) 표면적이 크거나 요소청소율이 큰 투석기를 아세트산염 투석액과 함께 사용하면 정상적인 간지 대사할 수 있는 양보다 많은 아세트산염이 체내로 유입되기 때문에 주의하여야 한다. 특히 혈액동학적으로 불안정한 환자에서는 피하여야 한다<sup>17)</sup>.

4) 폐질환 환자에서는 보체계활성화와 그 결과 초래되는 백혈구응집과 백혈구의 폐 저류를 고려하여 생체적합성이 좋은 투석기를 선택하는 것이 좋다.

5) 출혈경향으로 헤파린 용량을 줄여야 하거나 cuprophane 재질에 과민반응이 있는 환자에서는 PS 또는 PMMA 재질의 투석기를 선택한다.

6) 합성재질의 투석기는 약물의 청소율도 현저히 높아지는 것을 유념한다.

## 2. 투석액

### 1) 나트륨

나트륨농도가 135mEq/L인 투석액을 사용시 투석 시간외에 혈압이나 체중유지에 도움이 된다고 하지만 투석시 저혈압, 근육강축, 두통, 오심, 구토 등이 자주 발생하고 불평형증후군을 유발하여 최근에는 나트륨농도가 140mEq/L인 투석액을 주로 사용한다. 이 경우 고혈압이나 갈증으로 인한 체액증가와 순환계 부하가 문제가 될 수 있으나 초여과양 조절과 식이교육 등으로 교정할 수 있다.

최근에는 투석중 투석액의 혼합비율을 조절함으로써 투석액의 나트륨 농도를 조절할 수 있게 되어 첫 2-3 시간 동안은 투석액의 나트륨농도를 145-150mEq/L로 투석하고 마지막 1시간은 130-135mEq/L의 투석액으로 투석하는 방법도 이용되고 있다. 이 방법의 장점은 투석중 저혈압의 빈도와 갈증의 강도가 줄며 투석후 불평형증후군의 증상이 거의 없으며 다른 방법에 비하여 시간도 절약되는 것이다<sup>20)</sup>.

### 2) 포타슘

포타슘은 체내에서 대부분 세포내 분포하며 double-pool distribution에 가깝다. 따라서 투석시 제거되는

포타슘은 대부분 세포내의 것이다. 약 70%의 환자에서 혈액투석후 포타슘치가 변화한다. 또한 투석후 5시간내에 혈장포타슘정도가 반동으로 약 30% 정도 증가하기 때문에 투석후 바로 검사한 포타슘농도로 체내에서 어느정도 제거되었는지를 판단하는 것은 곤란하다. 따라서 투석후 포타슘이 낮을때 교정해 줄 필요가 없다. 포도당이 포함되지 않은 투석액을 사용하면 혈당과 혈중 인슐린분비가 억제되기때문에 포타슘 제거 효율을 30% 정도 높일 수 있다<sup>21)</sup>. 투석액내 완충제의 종류에 따른 영향은 아직 확실하지 않다.

고포타슘혈증의 투석치료시 대부분의 심혈관계 합병증은 혈장 포타슘농도 자체보다는 투석시 급격한 혈장 포타슘농도의 변화가 원인이다. 심실기외수축은 대개 투석 시작후 2시간내 발생하며 포타슘농도가 3.0mEq/L 이상인 투석액을 사용하면 그 빈도를 줄일 수 있다고 한다. 같은 이유로 투석전 혈청 포타슘농도가 7.0mEq/L 이상인 경우 투석액의 포타슘농도를 3.0-4.0mEq/L로 시작하여 점차로 낮추는 것이 바람직하다. 기존에 심질환이 있거나 디지털리스등을 투여중인 환자는 포타슘농도가 3-4mEq/L인 투석액을 사용하는 것이 안전하다<sup>2, 22)</sup> (Table 3).

혈액투석으로 저포타슘혈증은 교정되기를 기대할 수 없다<sup>2)</sup>. 특히 비경구로 알칼리를 투여하고 있거나 비경구영양을 시행중인 경우에는 더욱 그러하다.

### 3) 칼슘

혈액투석시 체내 칼슘은 확산될 수 있는 분획이 61%까지 증가한다. 따라서 투석중에 칼슘평형을 맞추기 위해서는 투석액의 칼슘농도를 3.0mEq/L로 유지하여야 한다. 그러나 초여과시 칼슘이 역시 빠져나가기 때

**Table 3. Guideline for Potassium Concentration of Dialysate**

Clinical setting	Dialysate potassium
Large ongoing potassium load : hemolysis, intestinal bleeding, tissue trauma	0-1mEq/L
Stable patients without cardiac disease or provocative medica- tions	2-3mEq/L
Patients with cardiac disease : myocardial dysfunction, arrhythmia, cardiac glycoside therapy	3-4mEq/L

문에 칼슘이 체내에 더 많이 남게하기 위해서는 투석액의 칼슘농도가 3.5mEq/L는 되어야만 한다. 만성신부전의 경우에는 활성화 비타민 D와 칼슘염을 투여하면서 3.5mEq/L 칼슘농도의 투석액을 사용하면 고칼슘혈증이 초래되는 경우가 많아 2.5mEq/L 칼슘농도의 투석액 사용이 추천되고 있다. 그러나 악성종양이나 다발성 골수종 등에 동반된 고칼슘혈증의 치료에서는 급격히 칼슘농도를 낮추어 주는 것이 바람직하기 때문에 칼슘농도 0-1mEq/L의 투석액이 권장된다<sup>2, 23)</sup>. 이때에도 심혈관계 감시는 계속하여야 한다.

#### 4) 마그네슘

고마그네슘혈증이 흔하며 식사중 단백질의 양을 제한하면 도움이 되며 보존적치료에 반응이 없 때에는 마그네슘농도가 1.5mEq/L인 투석액을 사용하면 된다.

#### 5) 열기

완충제로 투석액에 포함되어 있는 아세테이트는 간과 근육에서 acetyl-CoA로 대사되면서 중탄산을 유리하여 산혈증을 교정하게 된다. 그러나 투석시 체내로 들어가는 아세테이트의 양은 300mmol/hr로써 체내에서 대사시킬 수 있는 능력보다 많기 때문에 체내에 축적된다<sup>17)</sup>. 아세테이트가 축적되면 오심, 구토 등의 증상과 말초혈관저항이 감소하고 심박출량도 감소할 수 있다. 아세테이트 대신 중탄산 투석액을 사용하면 위에 언급한 부작용을 피할 수 있어 혈액동학적으로 불안정한 환자나 간 혹은 근육에 관류가 부족할 것으로 추정되는 환자에서는 중탄산 투석액을 사용하는 것이 좋다.

아세테이트 투석액은 투석 첫 시간동안에 저산소혈증을 유발한다. 동맥내 산소분압이 5-35mmHg정도 감소하는데 이유는 위에 언급한 바와 같다. 혈액내 이산화탄소도 투석액내로 많은 양이 빠져나가 저탄산증(hypocapnea)이 초래되어 환자의 폐포 및 분당 환기가 25% 정도 감소한다<sup>24)</sup>. 소실되는 이산화탄소는 거의 중탄산의 형태로 소실되기 때문에 동맥혈내 이산화탄소 분압은 거의 변화가 없다. 이를 중탄산 투석액을 사용하여 교정하려하여도 완전히 교정되지 않고 지나치게 교정하게 되면 체내는 급성 알칼리혈증상태가 되어 분당 환기량이 보상기전에 의하여 더욱 줄기 때문에 투석액내 중탄산농도도 35mEq/L이하로 사용하는 것이 좋다<sup>17)</sup>.

따라서 환자에게 중탄산 투석액의 사용이 권장되며,

아세테이트 투석액을 사용할 때에는 투석액의 나트륨 농도를 140-145mEq/L로 유지하면서 표면적이 작은 투석기로 혈류의 속도도 비교적 늦게 투석하는 것이 바람직하다.

#### 6) 염소

염소는 투석액내 주요 음이온으로 정전기적 중성을 유지하기 위해서는 이들 염소농도를 조절하기가 어렵다. 경험적으로도 투석액내 염소농도는 임상적으로 크게 영향을 미치지 않는다.

#### 7) 포도당

현재 사용하고 있는 투석액내 포도당의 농도는 0%, 0.1% 그리고 0.20-0.25% 등이 사용되고 있다. 포도당이 전혀 없는 투석액을 사용하면 고지혈증의 빈도는 줄일 수 있으나 환자의 대사-영양균형에 더 부담을 주고 환자에 따라서는 투석후 저혈당증이 나타나 피하는 것이 좋다.

## 합 용 고

헤파린은 저렴하고 투여방법이 간편하며 효과가 비교적 일정하여 가장 흔히 사용된다. 또한 체내 반감기가 짧고 작용을 중지시키기 용이하여 효과를 조절하기도 비교적 쉽다. 혈액투석중 항응고효과는 기존 다른 측정방법들이 복잡하여 주로 ACT로 감시한다<sup>25)</sup>. ACT는 특별한 기구없이 측정할 수 있으며 정상치는 90-140초이다.

헤파린은 사용하는 몇가지 방법중 첫째로 전신적 방법은 헤파린을 처음에 2000-5000 단위를 부하용량으로 정주하고 시간당 1000단위를 주입하여 ACT를 투석전보다 50% 이상 높도록 유지하는 것이다. 그러나 이 방법은 항응고작용의 기간과 강도를 예측하는데 어려움이 있어 중환자의 치료에는 이용하기 쉽지 않다.

둘째로 분획법은 초기부하용량 500-3000단위를 주입하고 시간당 500-1000단위를 지속적으로 주입하면서 30-60분마다 ACT를 측정하여 투석전보다 15-25% 정도 높게 유지하는 방법이다.

가장 경한 헤파린투여법은 국소법으로 500단위를 부하용량으로 주입하고 시간당 500-750단위를 동맥측으로 주입하고 정맥측으로는 protamine을 시간당 3.75mg 투여하여 환자측 ACT는 정상으로 유지하고 투석기측에서는 10초이상 연장되도록 한다. 헤파린보다 protamine의 반감기가 짧기때문에 투석종료 5분

전에 protamine 50mg을 추가로 주입하여야 한다. 다량의 protamine은 투석후 2-4시간내 헤파린 반동작용을 유발할 수 있으므로 주의하여야 한다<sup>25)</sup>.

헤파린에 의한 혈소판감소증이나 프로타민에 대한 과민반응이 있을 때에는 구연산(citrate)을 이용하여 국소법을 시행할 수 있다. 45% 구연산나트륨을 동맥측으로 30mL/hr속도로 주입하고 투석시작 20분후부터 매시간 ACT를 측정하여 기계측은 25%, 환자측은 10%정도 연장되도록 용량을 조절한다. 경우에 따라서는 정맥측으로 칼슘을 정주하여 구연산의 작용을 중화시키기도 한다<sup>25)</sup>. 혈장 칼슘도 1-1.5시간마다 측정하여야 한다. 환자에 따라 저칼슘혈증, 대사성알칼리증, 저혈압 등이 발생할 수 있기 때문이다.

헤파린과 관련된 합병증의 위험이 많을 때에는 투석직전에 헤파린 3000-5000단위를 혼합한 생리식염수 1 L로 투석기를 관류시키고 다시 헤파린이 포함되지 않은 생리식염수 1 L로 씻어낸 다음 투석을 시작한다. 혈류는 가능한한 빠르게 하고 투석기로는 매 15-30분마다 생리식염수 50-200mL 정도를 흘려주어 섬유소나 혈전이 많이 형성되었는지 확인한다<sup>24)</sup>. 동시에 투석기내의 혈액응고인자의 농도를 낮추어 주는 효과도 있다. 혈액응고가 항진될 수 있으므로 주의하여야 한다.

헤파린 없이 또는 구연산이나 헤파린을 사용한 국소법을 이용하여야 하는 경우는 Table 4와 같다.

투석을 필요로 하는 중환자에서는 혈액경로를 확보하기 위한 시간이 대개 없으므로 굵은 정맥내로 도관을 삽입하여 사용한다. 삽입시 도관의 종류와 위치를 고려할 때 최근 20여년 동안의 급격한 사망율의 감소에도 불구하고 환자들의 15%까지도 결국 신기능이 돌아오지 않을 수 있다는 것을 반드시 생각하여야 한다<sup>2, 26)</sup>. 따라서 이들은 영구적인 혈액경로를 만들어 줄 계획도 세워두어야 한다. 예컨대 쇄골하정맥 도관

삽입시에 동정맥류를 만들어 주어야 할 환자라면 동측 정맥은 피하는 것이 바람직하다.

예전의 Quinton-Scribner shunt나 Buselmeier shunt는 각종 도관의 발달과 환자치료의 발전으로 이제는 많이 사용되지 않는다. 안전한 기존 방법으로는 Seldinger법에 의한 대퇴정맥 삽관이 있다. 이는 도관을 삽입시 혈전, 혈종, 동정맥루, 후복막강 출혈, 상처부위 또는 전신적 감염등 많은 합병증이 유발될 수 있으나 반복되는 삽관시에도 심각한 합병증은 0.2%에서만 관찰될 정도로 안전하다. 따라서 거동이 불편한 환자와 매우 중한 환자, 혈액응고장애가 의심될 때 사용한다.

최근에는 많은 센터에서 쇄골하 정맥 도관을 사용하고 있다. 대퇴정맥도관보다 환자가 더욱 자유롭게 움직일 수 있고 감염의 위험도 적으며 약2주정도 유지할 수 있는 대퇴정맥도관에 비하여 더 오랜기간동안 유지할 수 있는 장점이 있다. 삽관술에는 숙련된 기술이 필요하며 삽입시에 기흉, 혈흉, 종격동내 출혈, 심낭내 출혈, 혈종, 우심방 파열 등의 합병증이 나타날 수 있어 주의해야 한다. 장기간 유지시에는 지연성 합병증으로 혈전, 정맥협착, 감염 등을 주의하여야 한다. 경우에 따라서는 내경정맥을 도관삽입에 이용하기도 한다.

Hickman-Broviac 도관을 변형시킨 특수 도관들을 쇄골하정맥이나 내경정맥에 삽입할 수 있으며 급성신부전의 회복이 늦거나 만성신부전으로 진행되는 경우 영구 혈액경로인 동정맥루 등이 사용할 수가 있을 때까지 이용할 수 있다. 이들은 1-2개의 dacron cuff를 갖고 있어 이를 피하에 위치시키면 외부로부터 감염을 방지할 수 있어 장기간 유지할 수 있다<sup>27)</sup>.

### 합병증 및 치료

가장 임상적으로 문제가 되는 합병증은 저혈압으로 응급투석환자의 20-50%가 경험한다. 저혈압은 지나친 초여과, 혈관확장, 좌심실부전, 자율신경계 부조, 저산소혈증, 세균 내독소혈증(투석액의 오염), 막재질에 대한 과민반응 등으로 초래된다고 생각되고 있다. 치료는 시간당 초여과량을 줄이고 투석시간이나 횟수를 증가시키거나 소위 “sequential ultrafiltration-clearance”를 시행하면 많은 양의 체액을 제거할 수 있다. 위에선 언급한대로 투석액의 나트륨농도를 높게

**Table 4. Indications for Regional Anticoagulation**

현재 출혈이 있거나 출혈의 가능성이 있는 경우
기존에 혈액응고 장애가 있는 환자
실질장기의 침 또는 점자를 이용한 조직생검후 72시간 내
복강이나 흉곽, 또는 관절치환술 등의 대수술후 7일 이내
두개강내 수술후 14일 이내
심낭염이 있는 환자

정하거나 나트륨농도 조정도 도움이 된다. 투석기는 생체적합성이 좋고 용적이 작은 것을 선택하고 투석중 환자에게 산소를 공급한다. 혈압에 영향을 미칠 수 있는 약물은 투석전 6시간 내에는 투여치 않도록 한다. 다른 원인에 의한 저혈압은 원인치료를 하도록 한다.

혈액투석과 관련된 부정맥은 대개 투석 전반부에 나타난다. 이시기에 혈장포타슘농도의 급격한 변화나 기존에 디지털리스를 복용하고 있던 환자나 심질환이 있었던 환자에서 주로 나타난다. 투석액의 포타슘농도를 조절함으로써 위험을 줄일 수 있으며 심전도 감시는 투석후 4-6시간동안 계속하여야 한다.

급성신부전 치료중 관찰되는 출혈은 대부분 혈소판의 기능이상 때문이며 진단 및 치료는 다른 환자와 동일하다. 그러나 투석시는 위에 언급한대로 항응고요법의 선택에 신중을 기하여야 한다.

요독증의 증상이 심하면 심할수록 더욱 신중하게 투석치료를 시작하여야 한다. 불균형증후군에는 여러가지 병태기전이 작용하며, 혈액과 뇌척수액 사이의 삼투질농도차, idiogenic osmole의 생성, 뇌실질내 저나트륨혈증, 그리고 뇌척수액내 산중의 악화 등이 관여할 것으로 추정되고 있다<sup>2,20</sup>. 혈액투석시 dextrose, mannitol, sodium chloride등을 투석액내에 포함시켜 주면 도움이 될 수 있으나 효과가 일정치 않다. 가장 간단하고 효과적인 방법은 첫 2회 혈액투석을 가능하면 요소청소율을 낮추어 시행하는 것으로 경험적으로 1-2ml/kg/min를 넘지 않는 것이 좋다. 높은 용질청소율이 필요할 때에는 투석 12시간 전에 예방적으로 phenytoin 1 gm을 부하용량으로 투여할 수 있다. 이런 경우 복막투석이나 혈액여과등의 다른 치료방법도 고려해 보아야 한다.

저산소혈증, 전해질 장애 등은 위에 언급한 바와 같다.

## 맺 는 말

최근 20여년 사이에는 급성신부전의 원인이나 분포는 변화가 있었으나 환자의 사망율은 크게 호전되지 않았다. 이것은 중환자관리 및 보전적 요법의 비약적인 발전으로 많은 중증 환자들이 투석요법을 받게 되었기 때문이다. 그러나 복막투석이나 혈액여과등의 여러가지 새로운 치료방법의 발전과 질환의 병태기전의 활발한 연구에 힘입어 여러가지 환자치료의 난관들이

머지않아 해결될 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- 1) Luce JM, Hospewell PC: *Critical care medicine*. In: Wyngaarded JB, Smith LH, Jr, and Bennett JC, ed. *Cecil textbook of medicine*. 19th ed. Philadelphia: WB Saunders Co. pp459-476, 1992
- 2) Owen WF Jr, Lazarus JM: *Dialytic management of acute renal failure*. In: Lazarus JM, Brenner BM. ed. *Acute renal failure*. 3rd ed. NY: Churchill Livingstone. pp487-525, 1993
- 3) Rose BD: *Introduction to disorders of potassium balance*. In: Rose BD. ed. *Clinical physiology of acid-base and electrolyte disorders*. 4th ed. NY: McGraw-Hill Inc. pp763-775, 1994
- 4) Michael JM, Bruns DD, Ladenson JH, Sherman LA: *Potassium load in CPD-preserved whole blood and two types of packed red blood cells*. *Transfusion* 15 :144, 1975
- 5) Steinmetz PR, Kiley JE: *Hyperkalemia in renal failure: The effectiveness of treatment depends on the gastrointestinal tract as a locus of exchange*. *JAMA* 175 :689, 1961
- 6) Nolph KD, Popovich RP, Ghods AJ, Twardowski Z: *Determinants of low clearances of small solutes during peritoneal dialysis*. *Kidney Int* 13 :117, 1978
- 7) Anderson CC, Shahvari MBG, Zimmerman JE: *The treatment of pulmonary edema in the absence of renal function- arole for sorbitol and furosemide*. *JAMA* 241 :1008, 1979
- 8) Kohen JA, Opsahi HA, Kjellstrand CM: *Deceptive patterns of uremic pulmonary edema*. *Am J Kidney Dis* 7 :456, 1986
- 9) Casati S, Moia M, Graziani G, Cantaluppi A, Citterio A, Mannucci PM, Ponticelli C: *Hemodialysis without anticoagulations: Efficiency and hemostatic aspects*. *Clin Nephrol* 21 :102, 1984
- 10) Reyes A, Turchetto E, Bernis C, Cereijo E: *Acid-base derangements during sorbent regenerative hemodialysis in mechanically ventilated patients*. *Critical Care Med* 19 (4):554-559, 1991
- 11) Halperin ML, Goldstein MB: *Acid base physiology*. In: Halperin ML, Godstein MB. ed. *Fluid, electrolyte, and acid-base emergencies*. Philadelphia: WB Saunders Co. pp2-27, 1988

- 12) Gennari FJ, Rimmer JM: *Acid-base disorders in end stage renal disease: Part q. Semin Dial 3 :81, 1990*
- 13) Lanore J, Brunet F, Pochard F, Bellivier F, Dhainaut J, Vaxelaire J, Giraud T, Dreyfus F, Dreyfuss D, Chiche J, Monsallier J: *Hemo dialysis for acute renal failure in patients with hematologic malignancies. Critical Care Med 19 (3):346-351, 1991*
- 14) Mannucci PM, Remuzzi G, Pusineri F, Lombardi R, Valsecchi C, Mecca G, Zimmerman TS: *Deamino-8-arginine vasopressin shortens bleeding in uremia. N Engl J Med 308 :8, 1983*
- 15) Teschan PE, Baxter CR, O'Brien TF, Freuhof JN, Hall WH: *Prophylactic hemodialysis in the treatment of acute renal failure. Ann Intern Med 53 :992, 1960*
- 16) 한동철, 황승덕, 문철, 이희발 : 지속적외래복막투석에서의 투석 적절도의 검증. *대한신장학회지 12 (부록 7): 61, 1993*
- 17) Gotch FA, Keen ML: *Care of the patient on hemodialysis. In: Cogan MG, Schoenfeld P. ed Introduction to dialysis. 2nd ed. NY: Churchill Livingstone Inc. pp 101, 1991*
- 18) Jindal KK, Godstein B: *Urea kinetic modelling in chronic hemodialysis: Benefits, problems, and practical solutions. Semin Dial 1 :82, 1988*
- 19) Majais SK, Ivanovich P: *Membranes for extracorporeal therapy. In: Maher JF. ed. Replacement of renal function by dialysis. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp 181, 1989*
- 20) Dougirdas JT, Al-Kadusi RR, Ing TS, Norusis MJ: *A double blind evaluation of sodium gradient hemodialysis. Am J Nephrol 5 :163, 1985*
- 21) Ward RA, Wathen RL, Williams TE, Harding GB: *Hemodialysate composition and intradialytic metabolic, acid-base, and potassium changes. Kidney Int 32 :129, 1987*
- 22) Hou S, McElroy PA, Nootens J, Beach M: *Safety and efficacy of low potassium dialysate. Am J Kidney Dis 13 :137, 1989*
- 23) Garrick RE, Goldfarb S: *Hypercalcemia and hypocalcemia. In: Glasscock RJ. ed. Current therapy in nephrology and hypertension. 3rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc. pp 24, 1992*
- 24) Kjellstrand CM, Jacobson S, Lins L: *Acute renal failure. In: Maher JF. ed. Replacement of renal function by dialysis. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp 616, 1989*
- 25) Lindsay R, Smith A: *Practical use of antiagglutants. In: Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp 246:, 1989*
- 26) Biesenbach G, Zazgornik J, Kaiser W, Grafinger P, Stuby U, NeceK S: *Improvement in prognosis of patients with acute renal failure over a period of 15 years: An analysis of 710 cases in a dialysis center. Am J Nephrol 21 :319, 1992*
- 27) Reed WP, Light PF, Sadler JH: *Access for hemodialysis by means of long-term central venous catheters. Kidner Int 25 :838, 1984*