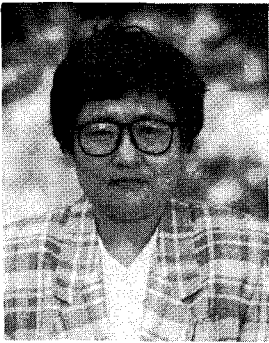


피로(fatigue)의 기전과 간호



서울대학교 간호대학 교수
최 명 애

I. 정의

피로는 원인이 다양하며 다차원적 감각이므로 정의하기 어렵고 설명하기 쉽지 않다. 어느 한가지 정의도 모든 것을 포함시켜 정의하지 못하고 있는 실정이다. 피로는 연구자의 관심(신경근 피로, 주관적 피로), 피로의 근원이나 원인(중추

성 피로, 말초 피로, 병리적 피로, 심리적 피로), 전기 자극에 대한 반응(고주파 피로, 저주파 피로), 피로의 기간(급성 피로, 만성 피로) 등에 의해 정의되어 있다.

주관적 피로는 피곤함(tiredness)에서 기진맥진함(exhaustion)까지의 연속선상에서 발생하므로 피로의 강도와 기간의 인지는 어떤 정의에서나 필수적으로 포함시켜야 한다. 그러나 피로의 연속선상에서 피곤함이 피로나 기진맥진함에 항상 선행해야 함을 의미하는 것으로 해석해서는 안된다. 모든 사람이 피곤함을 경험하며 피곤함은 circadian 리듬때문에 하루중 어떤 시간에 정상적으로 발생하리라고 기대되는 보편적인 감각이며 또한 어떤 형태의 활동이나 힘든 활동 후에 발생하리라고 기대되는 감각이다. 피로는 눈, 팔, 다리와 같은 신체의 특수한 부분에 국한되거나 전신에 오며 분명한 원인이 있어 짧은 시간 지속하다 사라지고 수면이나 휴식후에 쉽게 사라진다.

피곤함과 비교하여 주관적 피로는 활동이나 힘든 활동과는 불균형적으로 비정상적으로 과도한 전신의 피곤함으로 인지한다. 주관적 피로는 급성, 만성일 수

있으며 수면이나 휴식으로 쉽게 사라지지 않고 개인의 삶의 질에 부정적 영향을 미칠 수 있다. 피로에 대한 문헌은 급성 피로상태와 만성 피로상태간에 차이점이 있다는 것을 제시하며 만성 피로는 1개월에서 3개월, 6개월 또는 그이상 지속되는 것으로 생각된다(Potempa et al, 1986).

급성 피로와 피곤함은 강도와 기간이 다르다. Carpenito(1992)는 '피로는 피곤함과 다르다'라고 설명하였으며 '피곤함은 일시적인 상태인 것에 비해 피로는 휴식으로 사라지지 않는 쇠진하는 느낌이다'라고 하였다.

근육생리학자들은 지속적인 수축이나 반복적인 추축동안 힘을 유지할 수 없는 것으로 신경근 피로를 정의한다(Bigland-Ritchie and Woods, 1984; 최와 김, 1993). 호흡근 피로는 환기(ventilation)를 지속시키는 힘을 계속 발생할 수 없는 것이다. 이러한 관점에서 신경근 피로는 어떤 상황에서 요구되는 힘과 관계없는 활동수행의 저하로 정의한다. 필요로 되는 힘이나 운동강도를 유지할 수 없을 때 피곤함이 발생한다.

II. 피로의 기전

1. 피로의 생화학적 기전

인체의 피로는 크게 중추성 피로와 말초성 피로로 대별할 수 있으나, 어떠한 종류에 구분없이 기본적인 특성은 조직이나 세포의 기능저하가 초래되었다는 점이다. 즉, 신체적 운동뿐 아니라, 정신적 운동에 의하여서도 대사적 변화가 초래되어 정상 상태와는 다른 세포내 환경이 유발되고, 결과적으로 피로가 초래된다고 볼 수 있다.

실제 말초성 피로의 경우는 근육조직의 피로로 대

표되어 설명이 되고 있다. 근육조직의 피로는 운동에 따라 점증적으로 나타나는 운동력 감소와 운동효율 저하현상을 의미하며 운동부하의 증가에 따라 결과적으로 근육세포내 가용한 에너지원이 고갈되고, 대사적 처리가 원활히 되지 못한 중간 대사산물이 축적되어 이러한 현상이 나타날 것으로 추정되고 있다.

지속적인 근육의 작업은 락트산 축적으로 이끌 수 있으며(최 등, 1994) 이것은 근육의 수축력을 저하시킨다. 대조군과 비교할 때 피로한 사람에서 혈중 락트산 농도와 pyruvate의 농도가 높은 것이 발견된다.

락트산 자체는 근육의 에너지 대사과정이나 근수축 과정에 별다른 효과를 보이지 않는 것으로 추정되나 락트산이 축적되면 근세포내 pH값이 낮아진다. 정상 pH하에서 생성된 락트산은 거의 대부분 해리되어 락트산염과 H를 만들며 상당수의 H⁺은 세포내에서 완충되고 그 일부만 완충되지 않은 유리 H⁺(<0.001%)이 되지만, 이 정도의 H⁺ 첨가로도 세포내 pH 0.5이상 떨어진다. 세포내 pH가 저하되면 적출근에서 등장성 수축력의 크기가 작아지고 myosin ATPase의 활성도 낮아지며 Ca⁺⁺이 근장그물 내에서 단백질과 결합하는 양이 많아진다. 또한 근육내 creatine phosphate 함량이 감소하고 ADP가 증가한다. 한편 근피로시에 근육내 ATP함량은 10~30% 정도만 감소하므로 근피로는 직접적인 에너지원의 고갈보다는 세포내 산증의 결과로 생각된다. 이처럼 근수축시 락트산 축적으로 야기된 세포내 산증은 근세포에서 화학에너지가 기계적인 에너지로 바뀌는 여러 과정들에 영향을 주어 결국은 근육의 피로를 초래한다.

이상과 같이 지속적인 운동에서는 조직에 대한 상대적 산소공급의 부족과 혐기성 대사과정에서 야기되는 각종 중간대사산물들, 특히 락트산과 glycerolphosphate 등의 축적, 지속적인 운동에서의 암모니아 생성의 증가, 기타 각종 산화환원산물들의 농도비 변화 등이 피로의 주요한 요인으로 주목받고 있고, 이러한 결과에 따른 세포내 효소계 활성의 변화가 밀접한 관계가 있다고 추정되고 있다.

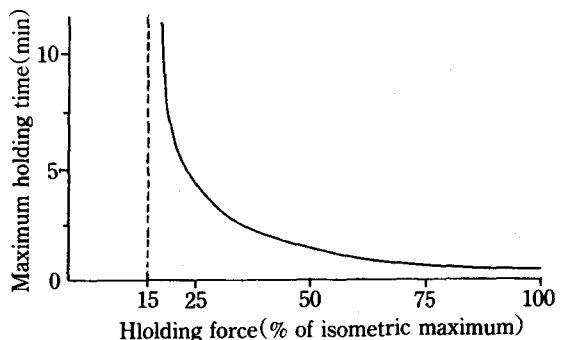
이러한 변화는 결국 세포내 proton농도를 증가시켜 pH변화를 가져오고, 미토콘드리아, 근장그물(sarcoplasmic reticulum)로부터의 calcium이온 방출저하

등의 요인이 초래되며, 아울러 각종 신호전달 물질의 생성 및 작용체계에 대한 감응도가 변화되어 운동효율의 저하나 피로에 따른 통증이 유발된다.

2. 피로의 생리학적 기전

주어진 환경의 변화인 자극에 대하여 인체가 감각 기관을 통하여 이를 받아들이고 신경계의 활동을 통하여 인지하고 적절한 대책을 세운 후 근육에 그 명령을 전달하여 결국 근육 수축의 형태로 반응한다고 보면 피로의 원인은 이러한 일련의 과정 중 어디서든지 있을 수 있다. 따라서 피로를 연구하기 위해서는 근수축 기전 같은 말초성 요소와 함께 중추성 요소가 같이 고려되어야 한다. 즉, 강한 근수축을 지속할 때 수축력은 점차 떨어지는데, 이를 근육피로 또는 말초적 피로라 한다면 근수축을 지속하는 동안 점차 힘든 느낌, 또는 피로감을 느끼게 되는데 이는 중추의 인식과정을 통하여 나타나는 지각적, 중추적 요소이다. 이외에 중추신경회로의 내적 상태를 의미하는 동기, 기대감 등의 중추적 요소들이 복합되어 피로현상이 나타난다.

말초적 피로는 근피로를 의미하며 근장력을 어느 특정 수준으로 유지할 수 없는 것을 근피로라고 칭하며(성과 이, 1991), 이때에는 보통 근육에 불쾌감과 통증을 유발하게 된다. 최대 등장성 수축을 유지할 수 있는 사람은 사람의 경우 2~3초밖에 안되고 곧 하강하기 시작한다. 최대치의 50% 근력으로는 약 1분간 유지할 수 있으며, 15%에서는 10분 이상 그 힘을 유지시킬 수 있다(그림 1).

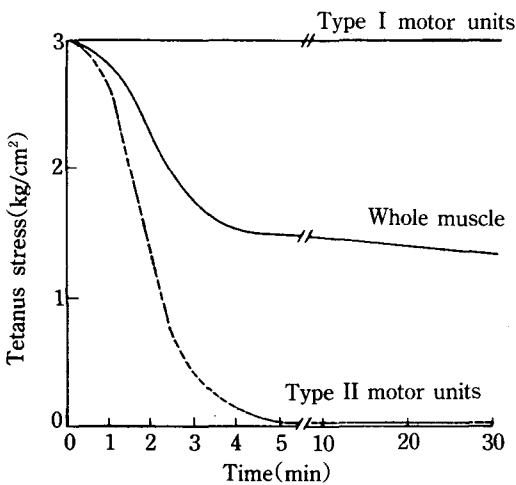


<그림 1> 정적인 작업을 예로 들 경우, 유지근력과 점 유지 시간 사이의 관계.

근피로의 발생기전은 동적인 작업(dynamic work 또는 isotonic contraction)과 정적인 작업(static work 또는 isometric contraction)에서 서로 다른 것으로 보고되고 있다. 동적인 작업을 할 때, endurance performance limit(근육피로 없이 최소한도 8시간 작업할 수 있는 수준) 이하의 작업시에는 피로가 문제 되지 않으나, 그 이상의 작업으로 충분한 회복시간이 안될 때에는 에너지원의 고갈과 락트산 등 대사물질의 축적으로 피로현상이 오게 된다. 이에 반하여 등장성 수축이 주축을 이루는 작업(최대 등장성 수축의 15% 이상의 크기)에서는 피로의 근본적 원인이 부적당한 혈류량에 있다는 것이 정설이다.

그림 2를 보면 근육 횡단면의 50%씩을 type I과 type II 운동단위가 차지하고 있는 골격근에서 운동신경에 강축성 자극을 가하면 type II의 fast glycolytic motor unit는 몇 분내에 피로에 빠져 수축할 수 없게 되었으나, type I의 slow oxidator motor unit는 거의 정상적인 수축반응을 유지하고 있음을 보여주고 있다.

신경-근 흥분전달과정의 저하로 생기는 소위 신경근 피로(neuromuscular fatigue)란 현상은 가장 큰



〈그림 2〉 횡단면적의 반이 type II운동단위로 구성되어 있는 골격근의 피로. 근육이 짧게 1초에 한번씩 운동신경을 자극하여 강축성 수축을 하게끔 하였다. 이러한 처치로, type II 운동단위는 빠른 피로현상을 보여 수축할 수 없게 되나, 반면에 type I 운동단위는 거의 정상적인 수축반응을 유지한다.

●●

**피로를 연구하기 위해서는
근수축 기전 같은
말초성 요소와 함께 중추성
요소가 같이 고려되어야 한다.**

●●

운동단위에서 볼 수 있는데, 이때의 원인은 아마도 흥분전달물질인 아세틸콜린의 생산 및 유리과정에 잘못이 있어 피로현상이 나타나는 것으로 추측되고 있다.

이상과 같이 근육피로는 반복자극으로 근육의 장력 발생능력이 줄어든 상태이다. 흔히 근육피로를 수축 에너지원의 고갈과 락트산의 축적 또는 세포내 pH의 감소 등 근조직의 대사의 변동과 관련시켜 설명하고 있으나 그렇게 단순하지만은 않다. 근육이 수축하기 위해서는 먼저 운동신경의 흥분이 근육의 흥분으로 전달되고 Ca^{++} 이온이 중요한 역할을 하는 흥분-수축 연결에 의하여 수축단백질이 수축하여야 한다. 이 모든 과정이 반복자극에 의하여 억제된다면 근육의 장력발생능력이 줄어들고 근육의 피로를 가져올 것이다. 동시에 근육피로로부터 회복되는 과정도 이러한 모든 요소가 고려되어야 한다.

일정한 수축을 지속하는 동안 시간이 지나면서 느끼게 되는 힘든 느낌 또는 피로감은 수축하고 있는 근육으로부터 올라가는 구심정보 때문에 유발되리라 생각한다. 어느 수준이하의 지속적근 수축으로는 피로감이 생기지 않는 점으로 보아 피로를 유발하는 구심정보는 근육감각신경 중 기계적 감수체를 통한다고 생각된다. 적어도 이들 중의 일부는 통각정보의 전달과 관련있는 척수시상로를 통하여 시상상으로 올라가며, 또 척수망상로를 통하거나 척수시상로의 결가지를 통하여 연수수준에서도 처리된다. 지속적 근수축 중에 morphine의 길항제인 naxolone을 투여하면 피로감이 더 증가한다는 사실은 연수의 내재진통계가

작동함을 나타내며, 또 피로감과 근육으로 가는 교감 신경의 활동 사이에 밀접한 관계가 있다는 보고는 피로감을 유발하는 구심정보가 연수에 존재하는 교감신경중추에서도 처리됨을 의미한다. 이처럼 피로유발 구심정보의 처리경로는 통각처리경로와 겹치는 부분이 많으며, 통각경로가 대뇌피질 등 고위중추로부터 강력한 하행성 억제를 받는 사실은 우리가 느끼는 피로감이 정신적 요소에 의하여 좌우되는 현상을 설명하는 간접적 증거가 될 것이다.

이상과 같이 생리적, 생화학적 관점에서 피로의 기전을 검토하였으나 피로의 원인이 다양하고 다차원적이므로 생리, 생화학적 관점을 포함하여 피로를 보다 다각적으로 이해하기 위해 두가지 모형, 중추-말초 모형과 통합 피로모형-을 통해 피로의 기전을 살펴보고자 한다.

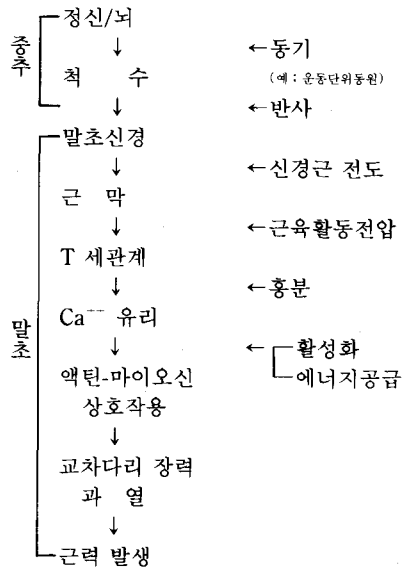
3. 피로 모형을 통한 기전

1) 중추-말초 모형(Central-Periopheral Model)

근육 생리학자들은 피로를 연구하기 위해 중추-말초 모형을 기술했고 이 모형에서 피로는 두가지 형태의 신경생리학적 기전-중추와 말초-에 의해 유발되는 것으로 설명하고 있다(그림 3).

이들 기전은 독립적으로 또는 함께 작용하여 피로를 유발한다. 대부분의 신경근 연구는 건강한 사람에서 말초 골격근 피로를 설명하고 있으나 중추 피로 기전에 대해서는 알려진 바가 없다.

중추 피로기전은 동기 결여, 척수 전도 장애, 운동 뉴런 동원의 장애, 수의적 운동 억제, 신경세포 기능 부전을 포함하는 것으로 생각된다(Gibson and Edward, 1985). 중추피로의 이해에 감각신경로가 망상체(reticular formation)에 미치는 작용이 중요한 것으로 생각한다(Asmussen, 1979). 피로 근육의 화학 감수체는 중추 신경계의 망상체로 감각흥분을 전달하여 이들 흥분이 뇌의 운동중추 신경계의 망상체로 감각흥분을 전달하여 이들 흥분이 뇌의 운동중추에서 척수 운동 뉴런까지의 어느 부위에서나 운동신경로의 억제를 초래한다. 피로하지 않은 근육으로 부터 망상체의 소통부분(facilitating portion)을 자극하는 것이



〈그림 3〉 피로의 중추-말초기전

운동신경로의 억제를 저하 시킴으로써 피로가 줄어든다.

또 다른 중추기전은 중추 신경전달물질인 5-hydroxytryptamine 합성을 증가시키는 혈장 tryptophan-branched chain 아미노산 ratio가 증가하는 것이다. 골격근 수축동안 발생할 수 있는 뇌 암모니아 농도의 증가는 피로를 유발할 수 있으며, 암모니아 농도의 증가는 신경전달물질의 농도를 변화시키고 ATP를 저하시키며 시냅스후 억제와 과호흡(hyperpnea)을 유발하는 것으로 생각된다.

말초 피로기전은 말초 신경기능 장애, 신경근접합 전도장애, 근섬유 활성화 장애를 포함한다(Gibson and Edward, 1985). 신경근 접합부의 전도장애는 근무력증 환자의 피로를 유발한다(Vollesteiar and Sejersted, 1988). 대사적으로 피로는 어떤 대사산물의 축적이나 소모에 의해 유발될 수 있으며, 구조적, 기계적 손상과 염증이 피로를 유발할 수 있다. 에너지 기질(substrate)의 축적과 소모가 단독으로 일어나지 않으므로 이들 기전사이의 상호작용의 정도가 클 것으로 생각된다. H⁺이온, NH₃, NH₄, inorganic phosphate (Pi), HPO₄, Na⁺, K⁺의 축적과 ATP, Pcr, 근육

과 간당원, 자유 지방산, 세포내 K^+ , Pi 등과 같은 에너지 기질(energy substrate)의 소모가 관련되어 왔다(Roterts and Smith, 1989).

락트산 생산에 의한 H^+ 이온의 축적과 과산증(acidosis)은 근육의 작업수행에 장애를 가져오고 효소활성 작용도 감소시켜(phosphofructokinase, hexokinase, phosphorylase, lactate dehydrogenase, myosine ATPase) 피로를 유발한다. 이들 효소작용은 해당작용을 억제시켜 ATP재합성의 감소를 초래한다(Maclaren et al, 1989). H^+ 축적은 근장그물에 의해 Ca 결합을 증가시켜 Ca 유리를 저하시키며, 이것은 막 흥분성과 전도속도의 감소를 초래한다(Maclaren et al, 1989). 과산증에서 Pcr(단기간의 에너지 기질)의 소모, 자유지방산의 이동감소, Mg^{++} ion complex의 감소 등이 발생할 수 있다. 자유지방산 산화가 근당원을 보유하고 당원 소모에 의한 피로의 발생을 지연시키며 자유지방산 산화나 이동을 방해하는 요인이 피로를 유발할 수 있다.

McArdle's disease와 같은 nonacidotic states에서 피로가 발생할 수 있으므로 모든 피로가 락트산 축적과 H^+ 이온 축적에 의해 모든 피로를 설명할 수 없다(Fatigue, 1988). 산소의 가용성과 이용이 피로의 발생(onset)에 중요하다. 이것은 최대 산소소모와 지구력을 제한하는 심맥관계의 산소 운반능력에 의한 것인지, 근육의 산화능력에 의한 것인지는 명확하지 않다. 아마도 이 두 기전의 상호작용이 중요한 것으로 생각된다. 또 다른 가정적인 피로기전은 세포내 수분함량의 증가로 사립체 이용과 효소활동을 감소시키고 free radicals의 생성을 촉진하며(Maclaren et al, 1989). 수축하는 근육으로 혈액 공급을 방해하는 것이다(Vollestad and Sajersted, 1988).

만성 피로 증후군(Chronic Fatigue Syndrome : CFS), 다발성경화증(multiple sclerosis), 암치료를 경험하는 과도한 주관적 피로에 증추, 말초기전 모두가 포함될 수 있다. 백혈구에 의해 cytokines와 lymphokines의 유리가 이들 환자의 피로를 유발할 수 있다(Piper et al, 1989). Cytokines는 자연적인 세포산물로 interferon, interleukin, cachectin, tumor necrosis factor 등과 같은 단백질이며, virus감염과 같은

내·외적 자극에 반응하여 백혈구, 임파구, macrophages가 분비한다. 이들 cytokines는 면역계의 다른 요소를 조절하고 뇌내분비, 뇌의 전기적 활동, 혈액-뇌장벽의 투과성을 조절하는 정보를 전달한다(Piper et al, 1989). Cytokine의 양이 많아지면 유독하여 지속적인 피로, 근육통, 선 종창, 뇌에 심한 변화를 초래한다.

2) 통합 피로 모형(Integrated fatigue model)

통합 피로모형(Piper et al, 1987)은 피로를 다각적으로 설명하고 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 모형들의 중심은 문헌에서 제시하고 있는 피로의 주관적, 객관적 지표(indicators)이다. 주관적인 것은 인지적(perceptual)인 것이고 객관적인 것은 생리적, 생화학적, 대사적, 행동적인 것이다. 모형들의 중심을 둘러싸는 것이 피로의 증상과 증후를 야기하거나 조정하는 대사적, 신경생리적, 상황적, 발달적 stressor pattern이다. 신장질환에서 유독증과 같은 대사노폐물의 축적이 피로에 영향을 미칠 수 있다. 에너지 생산의 변화와 기질 가용성의 변화에 의해 cachexia, 식용부진(anorexia), 감염, 발열, 저혈당(hypoglycemia), 갑상선 기능항진 등이 초래되었고, 근육 효소인 fructose biphosphate의 농도가 정상에서 벗어났다.

활동과 휴식 형태의 변화가 피로의 예방, 원인, 완화에 중요한 역할을 할 수 있다. 불필요하게 앉아 있는 경우, 장기간의 침상안정, 부동이 허약(weakness)과 피로의 유발요인이며, 활동하지 않는 골격근은 산화능력을 상실할 뿐아니라 동일한 업무수행을 할 때 운동하는 근육이 요구하는 것보다 더 많은 산소를 요구한다. 이 요인만으로도 피로가 발생할 수 있으며(Astrand and Rodahl, 1986) 이것이 유산소성 지구력운동(aerobic endurance exercise)이 처방되는 이유 중의 하나이다. 입원시와 치료시 동반되는 불사용(disuse)으로 빠른 비가역적 에너지 상실과 기능상실이 근육 효소가 소모되면서 발생할 수 있고 질소(nitrogen)배설의 증가가 초래된다(Winningham, 1991). 예를 들면 다발성 경화증에서 건강한 사람보다 걷는데 2~3배 더 많은 에너지를 소모한다. 다발성 경화증 환자들은 지구력이 결여되어 있으므로 한 보행에 요구되는

에너지는 피로와 호흡곤란의 원인이 될 수 있다.

수면-각성형태(sleep-wake patterns)가 피로에 영향을 미칠 수 있다. 야간에 충분한 수면을 취하지 못하면 낮동안 졸리웁고 피로를 유발할 수 있다(Hart, 1978). 낮동안의 피로는 낮동안의 낮잠의 필요성을 증가시키고 밤동안의 수면도 증가시킨다. 여러가지 질병상태, 내과적 치료와 증상이 피로와 연관된다. 흔히 증상관리가 일시적으로 피로를 악화시키나 궁극적으로는 효율적인 증상관리로 피로를 막거나 개선시켜야 한다.



<그림 4> 건강한 사람과 환자의 통합피로모형을

적당한 산소농도를 유지시키는 능력을 변화시키거나 방해하는 요소-신장질환에서의 빈혈-가 피로를 유발할 수 있다(Srivastava, 1989). 수분과 전해질 불균형과 neurohormone-melatonin, serotonin, cytokine-의 농도 변화가 신경전도에 영향을 미칠 수 있고 피로의 원인이 된다. Corticotropin 유리 호르몬과 cortisol의 농도감소가 만성피로증후군에서 입증되었다(Demetriack et al, 1991).

Stressor에 대한 반응, 우울, 불안, 동기유발, 기분전환, 권태, 실패와 태도와 같은 심리적 요인이 피로에 영향을 미칠 수 있다. 또한 환경적 patterns, 성장, 발달, 성숙과 연관된 생활사건(life events), 연령, 성별, 인종, 유전적 구성(근섬유의 형태와 유전적 구성)과 같은 타고난 요인 등을 포함한다.

인지된 사회적 지지의 양과 질, 문화적 믿음, 경제적 요인 등의 사회적 patterns이 피로에 영향을 줄 수 있다.

III. 간호

1. 사정

급만성 피로의 위험에 처한 개인을 사정하기 위해 간호사는 피로에 영향을 미칠 수 있는 모든 주관적, 객관적 요인을 철저히 사정해야 할 필요가 있다. 피로의 주관적 측면(dimension)을 사정하는 것과 더불어 피로에 영향을 미칠 수 있는 일상생활에서 발생했던 변화에 대한 기초자료를 사정해야 한다. 즉 활동이나 수면형태의 변화, 영향상태의 변화, 통증이나 호흡곤란같은 증상의 발현 등에 대해 사정해야 한다. 환자의 피로 형태(patterns)와 가족구성원의 피로 형태에 대해서도 사정해야 한다. 피로의 강도를 1일이상 사정하는 것은 피로의 형태와 일간변동(diurnal variation)을 설명하는데 도움이 될 수 있다. 자기보고방식으로 사정할 경우 보고하지 않은 부분이 있을 수 있으므로 피로의 객관적 위험요인과 지표를 확인하기 위한 병리검사 소견, 신체적, 행동적 소견 등을 포함시켜 자료수집해야 한다.

피로의 발생가능성이 큰 환자와 가족구성원을 대상으로 급성피로가 만성이 되지 않도록 관찰해야 한다. 영양결핍의 위험이 있는 사람들을 대상으로 문제를 조기에 발견하도록 하기 위해 구강섭취량, 열량계산, 체중의 변화, 수분과 전해질 균형 등을 정확하게 사정하고 기록해야 하며 간접법에 의한 열량측정과 식이상담이 요구된다.

또한 피로발생의 위험이 높은 사람에게 피로의 초기 경고증후에 민감해야 한다. 예를들면, ventilator사용을 중지한 환자에서 관찰되는 호흡곤란은 호흡근 피로의 발생을 나타낸다. 분당 30회 이상의 빈호흡은 흡식근 피로시 제일 먼저 나타나는 객관적 증후가 될 수 있으므로, 흡식시 복벽이 내측으로 치우치는 지를 관찰하고 동맥혈 채취로 동맥혈 가스분석을 실시한다(Ingersoll, 1989).

2. 간호중재

피로 중재를 입증한 연구는 거의 없으나 피로에 관한 연구에서 나온 자료를 토대로 다음의 중재가 상황에 따라 도움이 될 수 있으리라고 생각한다.

1) 산·염기 조정

과산증(acidosis)이 피로발생을 증가시키고 과염기증(alkalosis) 상태는 피로발생을 줄이는 것으로 밝혀졌으므로 세포내 과산증을 줄이거나 먹는 방법이 피로관리의 한 방법이 될 수 있을 것이다(Miller et al, 1988).

2) 유산소성 운동

유산소성 운동이 근당원 소모를 감소시켜 피로를 줄인다. 유산소성 운동의 일차적 효과는 에너지 사용의 효율성을 증가시키는 것으로 생각되며 이러한 효과는 지구력 훈련에 의해 초래된다. 예를들면 지구력 훈련을 받았던 운동가들은 운동중 젖산 축적을 줄이는 malate-aspartate shuttle 효소작용이 증가되었다(Maclaren et al, 1989), 지구력 훈련 또한 근육내 당원 저장을 증가시키고 자유지방산을 사립체로 운반하는 효소인 carnitine palmitoyl transferase를 증가시킨다. 이결과 에너지원으로 지방이용을 증가시키고 근당원저당을 아끼며 피로발생을 지연시킨다(Roberts and Smith, 1989).

만성 폐색성 폐질환 환자들과 암환자들이 운동할 경우 피로 정도가 감소된다. 전신홍반성 낭창 환자에게 8주간의 유산소성 운동 프로그램으로 피로가 유의하게 감소되었으며, 다발성 경화증(multiple sclerosis)에서 격심한 운동(vigorous exercise)은 피로를 더욱 악화시키는 반면 중정도의 운동은 유익하다(Freal et al, 1984). 다발성 경화증의 연구에서 주당 3회 10주간에 걸친 수중 운동은 10명의 환자에게 근육피로를 감소시켰다(Gehlsen et al, 1984).

운동이 환자의 피로에 미치는 영향을 입증하기 위한 연구와 질병과 치료요인에 따라 각기 다른 운동 프로그램을 작성하도록 많은 연구가 수행되어야 하리라고 생각한다.

3) 기분 전환-집중 전환 운동(Diversional-distracting activities)

책읽기, 음악 청취, 글자 맞추기 puzzles, 즐거운 일

생각하기 등이 피로를 완화시키는데 효율적인 것으로 확인되었다(Cimprich, 1990). 이러한 기분 전환 또는 집중 전환 활동이 인체의 피로하지 않은 부분에서 망상체의 소통부분까지 신경흥분이 유입되도록 하여 수의적 운동의 억제와 소통사이의 균형을 소통쪽으로 이동시킴으로써 중추 피로가 감소된다.

통증 상태에서 집중전환이 도움이 되는 것으로 생각되더라도 집중전환이 피로 상태에 미치는 역할에 관한 자료는 제한 되어 있다. Cimprich(1990)는 피로 회복(restorative) 중재 프로그램이 유방암 환자의 집중력이나 정신 피로(mental fatigue)에 미치는 효과를 연구하였다. 대상자 자신이 선택한 기분 전환 활동 또는 집중 전환 활동은 어떤 기준을 충족시켜야 한다. 즉 관심을 쉽게 집중시키고 다른 사람의 도움을 요구하지 않는다. 주위 환경에서 선택된 활동은 정원 손질, 공원에서의 걷기, 새(bird)보기 등이다. 3개월에 걸쳐 주당 3회 30분간 자신이 선택한 프로그램에 참여했던 대상자들으니 대조군에 비해 집중능력이 증대되었고, 삶의 질이 크게 인식되었다. 이 연구에서는 전신피로(whole-body fatigue)를 측정하지 않았으나 주당 3회 30분간 규칙적으로 수행했던 기분 전환 활동이 정신적 피로를 완화시키고 정신집중을 증진시켰으며 삶의 질을 증가시켰다.

4) 에너지 보존활동

에너지 보존활동의 인지된 효율성(perceived efficacy)를 질적 연구를 통해 계속적으로 입증하려고 시도하고 있다. 이러한 에너지 보존 활동에는 미리 계획하여 실시하는 활동, 책임의 위임, 에너지 절약기구의 사용, 활동 수행을 더욱 효율적으로 힘들이지 않고 수행할 수 있는 가정이나 근무장소를 구성하는 것이 포함된다(Rhodes et al, 1988).

5) 에너지 증진활동

에너지 증진활동은 인지된 에너지(perceived energy) 수준의 증가와 피로의 감소를 가져온다(Tack, 1990). 에너지 증진활동은 음악감상, 독서, 야외 보행, 취미활동, 노래부르기, 사회적 모범에 참여, 자동차 타기, 유산소성 운동 등이 포함된다.

6) 영양중재

피로의 위험성이 높은 집단에서 영양사정, 의뢰

(referral) 및 지지가 피로관리에 필수적이라고 생각된다(Ingersoll, 1989). 피로의 치료는 너무 피곤해서 먹을 수 없거나 시장도 볼 수 없고 음식을 준비할 수 없는 환자와 가족의 영향상태를 증진시킨다.

건강한 대상자에서 지속적인 운동하기 전 3일간 또는 지속적인 운동을 하는 동안 근당원 저장의 소모를 지연시키고 저혈당의 효과를 막아서 피로발생을 지연시킬 수 있다(Bergstrom et al, 1967). 탄수화물 부하와 카페인 섭취를 병합하는 것이 지구력을 증진시키는 것으로 밝혀졌다(Maclaren and Ricketts, 1983). 카페인 섭취는 자유지방산 이동을 자극하여 근당원의 소모를 줄일 수 있으므로 피로의 발생을 지연시킨다. 식품 첨가제와 음식물에 의한 allergen을 제거시키는 식이가 피로와 피로의 증상을 감소시키는 것으로 밝혀졌으며, 동물 모형에서 칼슘이 풍부한 식이를 쥐에 섭취시킨 결과 국소 근육의 피로 발생을 늦추었다고 보고 되었다. 이 분야에서 특히 구강섭취가 부족하고 영양상태가 저하되어 있는 피로가 인구집단을 대상으로 더 많은 연구가 필요로 된다고 생각한다.

7) 산소운반 증가

적혈구 수혈후 건강한 사람에게 최대 산소섭취량이 증진되었다는 것은 혈중의 산소 운반능력이 피로를 증진시킬 수 있다는 것을 제시한다(Williams et al, 1981). 암환자들은 적혈구(packed RBC) 수혈후 24~36시간에 에너지가 증가되었고 피로가 감소되었다.

Packed RBC, erythropoietin, 호흡근 훈련 프로그램이 피로에 미치는 효과를 평가하는 연구가 필요로 된다고 생각한다.

8) 환자와 가족 교육

환자와 가족의 교육이 익숙치 못한 것을 알게 하고 불안을 감소시켜 조절감을 증진시킬 수 있으므로 환자와 가족 교육이 불안에 의해 유발되는 피로를 감소시킬 수 있다. 진단검사와 치료시에 환자들이 느끼고, 감지하고 경험할 수 있는 것에 대한 감각정보를 미리 주는 것이 몇몇 연구에서 불안을 줄이는 것으로 나타났다(McHugh et al, 1982). 교육내용은 경험될 수 있는 증상의 형태 - 정신 인지적, 신체적, 정서적 태도 등의 증상을 포함해야 한다. 증상의 발생(onse), 유형

(patterns), 기간과 빈도를 포함해야 하며 피로의 예방과 완화에 유용한 것으로 밝혀진 증재법을 포함시켜야 한다. 피로를 조기에 인식하고 피로가 심해질 때 보고할 것을 강조하며 즉시 증재함으로써 만성피로로 이행되는 것을 막아야 한다(Piper, 1991).

9) 심리적 지지

악성 흑색종(Fawzy et al, 1990)과 전이성 유방암(Spiegel et al, 1981) 초기단계에서 6주 또는 그 이상의 기간동안 심리적으로 지지를 받는 것이 피로를 줄이고 생존시간을 증가시킨 것으로 밝혀졌다.

10) 안정

안정이 피로에 미치는 효과를 규명한 연구는 거의 없다. 안정이 에너지를 보존하고 에너지를 증가시키는 활동으로 간주되기는 하나 안정기간이 길어지는 것은 활동저하에 의한 문제를 유발시킨다.

11) 수면

수면과 안정이 흔히 시도되고 있는 유용한 피로의 증재로 인식되나 (Freal et al, 1984) 임상에서 환자를 대상으로 피로와 수면을 연결시킨 연구는 거의 없다.

참고문헌

- 성호경, 이상돈(1991). 생리학, 5판, 의학문화사.
 최명애, 김주현, 박미정, 최스미, 이경숙(1994). 생리학, 현문사.
 최명애, 김금순(1993). 기초 간호과학, 서울대학교 출판부.
 Asmussen, E.(1979). Muscle Fatigue. Mes Sci Sports Exerc 11 : 313-321.
 Astrand, P. & Rodahl, K.(1985). Textbook of Work Physiology(3rd ed.). New York : John Wiley.
 Bigland-Ritchie, B. and Woods, J.J.(1986). Change in muscle contractile propertise and neural control during human muscular fatigue.
 Bergstrom, J., Hermansen, L. Hultman, E. & Saltin, B. (1967). Diet, muscle glycogen and physical performance. Acta Physiol Scand 71 : 140-150.
 Carpenito, L.J.(1992). Nursing diagnosis; Application to practice, 4th ed., philadelphia, J.B. Lippincott.
 Cimprich, B.E.(1990). Attentional fatigue and restoration in individuals with cancer. Ph. D. dissertation. Ann Arbor: University of Michigan.

- Demetriack, M.A., Dale, J.K., Straus, S.E., Laue, L., Listwak, S.J., Kruesi, M.J.P., Chrousos, G.P. & Gold, P.W.(1991). Evidence for impaired activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in patients with chronic fatigue syndrome. *J Clin Endocrinol Metabolol* 73 : 1224-1234.
- Fatigue.(1988). *Lancet*(editorial). 2 : 545-548.
- Fawzy, F.I., Cousins, N., Fawzy, N.W. & Kemeny, M.E. (1990). A structured psychiatric intervention for cancer patients. *Arch Gen Psychiatry* 47 : 720-725.
- Freal, J.F., Kraft, G.H. & Coryell, J.K.(1984). Symptomatic fatigue in multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 65 : 135-138.
- Gehlsen, G.M., Grigsby, S.A. & Winant, D.M.(1984). Effects of an aquatic fitness program on the muscular strength and endurance of patients with multiple sclerosis. *Phys Therapy* 64 : 653-657.
- Gibson, H. and Edwards, R.H.T.(1985). Muscular exercise and fatigue. *Sports Med* 2 : 120-132.
- Hart, L.K.(1978). Fatigue in the patient with multiple sclerosis. *Res Nurs Health* 1 : 147-157.
- Ingersoll, G.L.(1989). Respiratory muscle fatigue research: Implications for clinical practice. *Appl Nurs Res* 2 : 6-15.
- Kohlman-Carrieri, V., Lindsey, A.M. and West, C.M., *Pathophysiological phenomena in nursing*, 2nd ed., Philadelphia, W.B. Saunders comp., 1983.
- Maclaren, D.P.M., Gibson, H., Parry-Billings M. & Edwards, R.H.T.(1989). A Review of metabolic and physiological factors in fatigue. *Exerc Sport Sci Rev* 17 : 29-66.
- Maclaren, D.P.M. * Ricketts, S.(1983). Effect of glycogen loading and caffeine on endurance performance. *J Sports Sci* 1 : 141-142.
- McHugh, N.G., Christman, N.J. * Johnson, J.E.(1982). Preparatory information : What helps and why. *Am J Nurs* 82 : 780-782.
- Miller, R.G., Boska, M.D., Moussavi, R.S., Carson, P.J. & Weiner, M.W.(1988). ³¹P nuclear magnetic resonance studies of high energy phosphates and pH in human muscle fatigue. *J. Clin Invest* 81 : 1190-1196.
- Piper, B.F., Lindsey, A.M. & Dodd, M.J.(1987). Fatigue mechanisms in cancer patients: Developing nursing theory. *Oncol Nurs Forum* 14 : 17-23.
- Piper, B.F., Rieger, P.T., Brophy, L., Haeuber, D., Hood, L.E., Lyver, A. & Sharp, E.(1989). Recent advances in the Management of biotherapy-related side effects: Fatigue. *Oncol Nurs Forum* 16 : 27-34.
- Piper, B.F.(1991). Alterations in energy : The sensation of fatigue. In S.B. Baird, R. McCorkle & M. Grant(eds), *Cancer Nursing : A Comprehensive Textbook*(pp. 894-908). Philadelphia : W.B. Saunders.
- Potempa, K., Lopez, M., Reid, C. and Lawson(1986). *Chronic Fatigue*. Image.
- Rhodes, V.A., Watson, P.M. & Hanson, B.M.(1988). Patient's descriptions of the influence of tiredness and weakness on self-care abilities. *Cancer Nurs* 11 : 186-194.
- Roberts, D. & Smith, D.J.(1989). Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue. *Sports Med* 7 : 125-138.
- Spiegel, D., Bloom, J.R. & Yalom, I.D.(1981). Group support for metastatic cancer patients : A randomized prospective outcome study. *Arch Gen Psychiatry* 38)527-533.
- Srivastava, R.h.(1989). Fatigue in end - stage renal disease patients. In S.G. Funk, E.M. Tourniquist, M.T. Champagne, L.A. Copp & R.A. Weise(eds.) *Key aspects of Comport : Management of Pain, Fatigue and Nausea*(PP. 217-224). New York : Springer.
- Tack, B.B.(1990). Fatigue in rheumatoid arthritis : Conditions, strategies, and consequences. *Arthritis Care Res* 3 : 65-70.
- Vollestand, N.K. and Sejersted, O.M.(1988). Biochemical correlates of fatigue. *Eur J Appl Physiol* 57 : 336-347.
- Williams, M.H., Wesseldine, S., Somma, T. & Schuster, R.(1981). The effects of induced erythrocythemia upon 5-mile treadmill run time. *Med Sci Sports Med* 20 : 149-151.
- Winningham, M.L.(1991). Walking program for people with cancer : Getting started. *Cancer Nurs* 14 : 270-276.