

: Heat Stroke

이 민 정
해마루동물병원
akita13@naver.com



서론

Heat stroke이란 “전신 염증 반응으로 인한 여러 기관의 기능이상, 그 중에서도 뇌병증이 두드러지는 증후군과 관련된 고체온증”을 뜻한다. 일반적으로 보호자들은 자신들의 반려동물들이 언제 heat stroke과 관련된 증상을 보이게 되는지 궁금해 한다. 고양이는 heat stroke을 겪는 경우가 드물기 때문에 이번 자료는 개에서의 heat stroke에 초점을 맞추어 서술할 것이다.

생리학, 발병학, 병태생리학

체온항상성은 시상하부의 체온감지 중추에 의해 조절되는 열-발생(환경 온도, 대사와 운동에 의해 생성되는 열)와 열-소멸 기전 사이의 균형에 의해 유지된다. 체온은 열-발생이 열-소멸 보다 많을 경우 증가한다. 열-소멸은 4가지 기전으로 발생한다: 대류, 전도, 복사, 증발. 체온이 올라가면, 개와 고양이의 경우 열-소멸의 70%가 피부의 복사와 대류 작용을 통해 이루어진다. 열-소멸은 심박출량 증가와 교감신경 매개에 의한 말초 혈관 확장의 결과로 피부 순환이 증가되면서 이루어진다. 말초로의 혈액 이동은 장, 신장과 같은 내장 장기로의 혈액 공급을 감소 시킴으로써 균형을 이룬다. 혈떡임을 통한 호흡관에서의 증발도 열-소멸에 주요 역할을 한다.

따뜻하면서 습한 환경과 운동이 개들이 겪게 되는 가장 흔한 열-발생 원인이며 열-소멸 기능을 제대로 하고 있음에도 불구하고 심한 고체온증을 일으킬 수 있는 요인이다. 호흡기계 증발을 통한 열 소실은 습한 기후, 환기가 제대로 되지 않는 곳에 감금, 상부 호흡기 이상(단두개종, 후두마비, 후두 내 종괴, 기관 협착)의 상태에서는 제대로 이루어 지지 않는다. 더군다나 앞서 서술한 상부 호흡기 이상을 가지고 있는 경우에는 호흡하는 것 자체가 열 발생을 일으킬 수 있다. 피부에서의 복사와 전도를 통한 열-소멸은 저혈류량, 심박출량 감소, 비만, 털 두께가 너무 두꺼운 경우, 열에 대한 적응력이 결핍되었을 경우에 감소할 수 있다. 열-발생이 증가함과 동시에 열-소멸이 감소할 경우, 체온은 빠르게 상승하게 된다.

Heat stroke이 발생하는 대부분의 개들은 따뜻하면서 습한 날씨가 시작될 때 나타나기 때문에 계절적인 패턴은 기후 상태 및 해마다의 기온과 습도의 변화에 따라 달라진다. 늦여름에는 기온이 점차 증가함에도 불구하고 열에 의한 질병 발생은 줄어드는데 그 이유는 그 동안 환경 온도의 변화에 적응할 수 있게 되었기 때문이다. 사람의 경우 열에 적응하는 데는 최소 2주간의 기간이 필요하며, 이러한 적응은 심박출량 증가, rennin-angiotensin-aldosterone axis 활성화에 의한 신장과

땀샘을 통한 나트륨 보존, 땀과 혈장량 증가에 대한 수용력 증가, 사구체 여과율 증가, 운동에 의한 횡문근 용해에 대한 저항성 증가등을 통해 이루어 진다.

체온이 증가하면 3가지 방어 기전이 일어난다: 앞서 말한 열-발생과 열-소멸에 의한 체온 조절, 급성 단계 반응(acute phase response), 세포내 열 쇼크 단백질(heat shock protein)

급성 단계 반응은 다양한 염증전 단계와 항염증성 사이토카인에 의해 일어난다. 염증전 단계의 매개체들은 백혈구 증가, 단백질 합성 자극, 시상하부-뇌하수체-부신축 자극, 내피 세포와 백혈구를 활성화 시킨다.

이 매개체들은 염증전 단계와 항염증 단계 사이가 균형을 이룰 때 신체를 보호하게 된다. 열 쇼크 단백질은 추가적인 열 침입으로부터 세포내 단백질의 변성을 막고, 열 스트레스에 대한 바로리셉터 조절, 저혈압을 막아 심혈관계를 보호함으로써 세포와 신체를 보호한다. Heat stroke은 체온조절 부전의 결과로 나타나며 이로 인해 열 쇼크 단백질의 과도한 급성 단계 반응과 변화를 일으킨다. 뿐만 아니라, 위장관으로부터의 내독소 흡수로 인해 염증 반응이 유발된다. 여기서 주목할 점은 heat stroke일 때 출현하는 많은 매개체들은 패혈증이나 전신 염증 반응 증후군(systemic inflammatory response syndrome)과 관련된 매개체들과 같다는 점이다.

Heat stroke 발생시 제시되는 병태생리학적 순서는 다음과 같다.

근육에서의 Interleukin-1 과 interleukin-6가 생성되어 순환계로 분비되고, 장으로부터 전신의 내독소량 증가된다. 이러한 매개체들은 호중구와 내피세포의 과도한 활성화를 일으키고, 이에 따라 많은 양의 염증 사이토카인과 항염증 사이토카인 분비와 응고계 활성화 및 섬유소용해 방해로 유발한다. 열로 인한 직접적인 내피세포 손상이 초기 과응고 단계와 병발하면 미소혈전증과 진행성의 조직 손상이 발생한다. 이러한 염증전 과정, 응고전 과정과 직접적인 열 손상은 특히 호흡기계, 심혈관계, 신장, 위장관, 중추신경계, 응고계의 장애를 포함한 multiple organ dysfunction syndrome(MODS)을 유발시킨다.

신체검사

체온, 맥박, 호흡수

직장 체온은 조직의 관류량과 cooling 여부에 따라 낮거나 정상, 높을 수 있다. 심박수는 대부분 보상성 동성 빈맥 상태이다. 호흡수는 매우 빠른 편이다.

심혈관계

대부분의 개들은 과역동단계(hyperdynamic state)일 때 내원한다. 점막은 대개 충혈되어 있으며 모세혈관 재충만 시간(CRT)은 매우 짧다. 맥압은 주로 증발에 의한 수분 손실, 구토, 설사, 혈관 확

장에 의한 혈류량 저하로 인해 약해져 있다. 일반적으로 동성 빈맥을 보인다. 드물게, 어떤 개들은 간헐적인 심실성 부정맥을 보이는데 이는 불량한 예후의 지표이기도 하다. 심한 heat stroke 환자들은 반드시 심전도 평가와 모니터링이 필요하다.

호흡기계

호흡관을 통한 증발은 열 소실의 주요 기전이기 때문에 호흡기계 평가시엔 반드시 주의를 기울여야 한다. 청진기 없이도 들을 수 있는 크고 시끄러운 호흡음은 후두 마비나 부종, 폐색, 기관 협착과 같은 상부 기도의 이상을 암시한다. 청진을 통해 비정상적으로 강하게 들리는 기도내 소리나 폐수포음이 존재하는지 확인한다.

열사병이 발생한 개들은 구토로 인한 오연성 폐렴이 발생할 수 있으므로 반드시 염두에 두어야 한다. 파종성 혈관내 응고(Disseminated intravascular coagulation, DIC)가 발생한 개의 경우 폐 실질의 출혈이 일어나면서 수포음이나 거친 호흡음이 청진될 수 있으나, 회고적 연구에 따르면 폐 실질의 이상은 드문 편이다.

중추 신경계

정신상태는 활달함에서부터 혼수상태에 이르기까지 다양하지만 depression되어 있는 경우가 대부분이다. 동공은 확장에서부터 축동에 이르기까지 다양하지만 대부분 빛에 대해 반응을 보인다. 몇몇 개들은 내원 당시 대뇌 피질성 실명을 보이는데, 이는 수시간이 지나면 회복되기도 한다. 유사하게 머리를 흔드는 증세를 일시적으로 보이다가 회복되는 경우도 있다. 운동실조를 보일 수도 있다. 앞서 말한 신경학적인 이상은 뇌 관류량 부족, 직접적인 열에 의한 손상, 뇌부종, 중추신경계 출혈 또는 저혈당이나 간성뇌증과 같은 대사적 이상에 의해 나타나게 된다.

신장계

신체 검사를 통한 신장계의 평가는 매우 제한적이다. 방광 크기를 촉진하고 수액 처치에 따른 방광 크기의 변화를 확인하는 것을 통해 요 생성량을 평가할 수 있다. 신부전은 열사병의 잠재적인 합병증이므로 요 생성량 평가는 반드시 필요하다.

위장관계

열에 의해 심각하게 영향 받은 많은 개들은 구토와 설사를 보인다. 설사는 수양성에서부터 점막 탈락이 동반된 출혈성까지 다양하게 나타난다. 이러한 설사는 DIC나 장관으로의 혈류량 부족과 수액 공급에 따른 재관류에 의해 이차적으로 일어난다. 위궤양으로 인해 혈액성 구토를 보일 수도 있다.

응고계

DIC는 열사병 환자에게 드물지 않게 나타난다. 점상 출혈이나 자반 또는 혈액성의 요, 구토, 설사는 DIC 발생 가능성을 암시한다.

실험실적 평가

초기 database로는 PCV, TP, BUN, 혈당, 혈중 나트륨과 칼륨 농도를 측정해야 한다. PCV와 TP는 종종 혈액 농축으로 인해 상승해 있다. BUN은 주로 신장의 관류량 저하로 인해 증가하지만 위장관 출혈이나 신부전에 의해 증가할 수도 있다. 혈당은 상태가 심각한 환자의 경우 고체온증과 패혈증 초기 단계로 인한 혈관내 수요량이 증가하면서 매우 낮아질 수 있다. 혈중 나트륨과 칼륨 농도는 일반적으로 정상 범위내 있으나 구토, 설사를 보이거나 산증, 신부전이 의심되는 환자는 반드시 불균형 여부를 평가해야 한다. 뿐만 아니라 심하게 혈떡이는 환자의 경우 수분 손실로 인한 고나트륨혈증이 유발되기도 한다.

요분석은 신장 기능이나 손상 정도를 평가하기 위해 반드시 이루어 져야 하며, 이는 수액 치료를 하기 전 시행해야 한다. 이때 응고계 이상이 존재할 수 있으므로 요천자는 피하도록 한다. 요비중을 통해 환자의 수화 및 관류 상태를 파악한다. Dipstick을 통한 요평가에서는 단백질과 헤모글로빈에 대해 양성일 수 있다.

정상 또는 저혈당 상태임에도 불구하고 요당이 검출될 수 있는데 이는 근위 세뇨관의 손상이나 초기 쇼크에 의한 고혈당증의 결과일 수 있다. 요침전 검사시 적혈구의 존재는 신장 손상, 응고계 이상을 암시한다. 신장 원주의 출현은 신장 손상을 제시하므로 요생성량과 신장 기능을 면밀히 모니터링 해야 한다.

추가적인 실험실적 평가로 CBC, 혈청 화학 검사, 응고계 검사등을 시행해야 한다. 대부분의 경우 CBC는 비정상적이며 특히 nRBC가 증가되어 있다. nRBC의 증가와 예후와의 직접적인 관련은 없지만 문진상 heat stroke을 일으킬 만한 열 노출 여부가 불확실한 환자가 내원하였을 경우 heat stroke을 의심하는데 도움을 줄 수 있다. nRBC는 열 노출 후 24시간 이내 빠르게 감소한다.

중환자의 경우 혈청 bilirubin은 증가하고 cholesterol 수치는 감소한다. 혈청 creatinine과 BUN 농도는 주로 상승해 있다.

이는 탈수와 신장으로의 관류량 저하에 의해서 주로 나타나지만 신장 손상에 의해서도 상승할 수 있기 때문에 반드시 신장 기능과 예후 평가를 위해 연속적인 농도 측정이 필요하다. 조직과 내피로의 직접적인 열 손상은 응고 연쇄반응을 활성화시키며 그 결과로 혈소판과 응고 인자들이 소비된다. 만약 prothrombin time, partial thromboplastin time, 혈소판수를 측정할 수 없으면 activated clotting time을 측정해야 하며, 혈액 도말을 통해 분열 적혈구의 존재 확인과 혈소판 수를 평가해야 한다.

일반적으로 고배율에서 혈소판은 적어도 한 시야에 8~15개는 존재해야 한다. DIC가 발생한 환자의 경우 이차적인 소비와 소실로 인해 혈소판 수는 감소한다.

치료와 모니터링

Cooling 하기

Cooling 과정은 생리적인 열-소멸 기전(증발, 전도, 복사, 대류)을 증가시키는 것이다. 증발 방법은 몸 전체를 물로 적신 뒤 선풍기로 말리는 것을 말한다. 이때 얼음물과 같이 너무 차가운 물은 오히려 말초 혈관의 수축을 일으켜 역설적으로 열소실을 방해하기 때문에 피하도록 한다. 알코올에 전신을 담구는 것 또한 피해야 하는데 이는 심정지가 왔을 때 defibrillation을 하면서 불이 날 수 있기 때문이다.

땀샘이 있는 발바닥만 알코올로 적시는 방법은 발바닥 면적 자체가 매우 적기 때문에 정확하게 평가되어 있지는 않지만 효과적인 cooling 방법은 아닌 것으로 생각된다. 외부에서의 전도 방법으로는 ice pack, 물에 담구기, 차거운 담요 덮어 주기등이 있다. 내부에서의 전도 방법으로는 차거운 물로 위 또는 복강 세척해 주기가 있다. 이 방법은 침습적이며 오염성 폐렴이나 세균성 복막염과 같은 심각한 합병증을 일으킬 수 있다.

앞서 말한 cooling 기법들은 인의와 개에서 실험적으로 평가된 바 있다. 어떤 방법도 다른 방법보다 우위적인 것은 없으며 체온 감소 속도는 평균 분당 0.15~0.23℃ 이다.

전신을 적신 뒤 근육을 마사지하면서 선풍기로 말려주는 것이 제일 보편적인 방법이다. 여기에 상온 또는 시원한 정맥내 수액 투여가 도움이 될 수 있다. 털이 매우 두꺼운 개의 경우에는 효과적인 cooling을 위한 전신 삭모가 필요하다.

체온이 39도 초반으로 내려가면 반드시 cooling을 중단해야 속발적인 저체온증을 막을 수 있다. 만약 저체온증이 발생했을 경우에는 hot pack이나 담요를 이용하여 정상 체온을 유지시켜 줘야 한다.

심혈관계

심각한 Heat stroke 상태인 환자의 경우 저혈액량성 쇼크를 보인다. 심장 질환이 없는 개의 경우 시원한 수액을 정맥내로 최대 90ml/kg/hr(고양이는 최대 50ml/kg/hr)까지 투여해야 하며 관류 상태 모니터링을 통해 수액량과 속도를 조절해야 합니다. 많은 량의 수액 공급이 필요할 경우에는 중심 정맥압을 모니터링 하는 것이 도움이 되지만 응고계 장애가 있는 개의 경우에는 경정맥에 카테타를 장착하는 것이 급기시 된다.

만약 많은 양의 수액 공급에도 조직 관류와 혈압이 개선되지 않는다면 합성 콜로이드 제제 투여와 함께 도부타민, 도파민, 에피네프린과 같은 심수축력 증가 또는 혈압 상승제의 투여를 고려해야 한다. 혈압 상승제의 투여 없이 적절한 혈압을 유지할 수 없는 경우 예후가 불량하다. 혈압 측정 및 신체 검사를 통한 조직 관류 정도를 지속적으로 모니터링 해야 한다.

호흡기계

산소 공급은 내원 시점부터 시작하여 환자가 적당한 동맥 산소 포화도를 유지할 수 있는 상태임을 확인할 때까지 해주어야 한다. 연속적으로 청진. 호흡수와 호흡시 노력성 정도, 점막색등을 통해 호흡기계 상태를 평가해야 한다. 호흡 곤란을 보이는 환자의 경우, 추가적으로 동맥 혈액 가스 분석이나 산소 포화도 측정이 필요할 수 있다.

중추 신경계

환자 내원시, 의식 상태, 대뇌신경 기능과 같은 전반적인 신경계 검사를 시행해야 한다. 심각한 heat stroke 상태의 환자는 의식이 혼미하거나 없을 수 있다. 혈청 전해질, PCV, TP, 혈당등을 측정하여 이상이 있는 부분은 반드시 교정해주어야 한다. 저혈당증은 중환자의 경우 드물지 않게 발생한다. 저혈당이 확인되면 0.25~0.5g/kg의 포도당을 정맥내로 주입하고 저혈당이 지속될 경우에는 수액에 2.5%~5% 포도당을 첨가해주어야 한다.

조직 관류량이 부족할 경우 반드시 교정해주어야 하며 관류가 개선된 후에 의식 상태를 재평가 해야 한다.

만약 관류 개선 후에도 의식이 회복되지 않을 경우에는 뇌부종 상태임을 의심할 수 있다. 이 경우 mannitol(0.5~1g/kg IV 20~30분 동안) 투여를 고려해야 한다. 경정맥이 압박되지 않도록 주의하면서 머리를 15~30° 정도 높여 준다. 적절한 치료에도 불구하고 신경계 이상이 진행될 경우 예후가 불량하다.

신장계

심각한 상태인 환자의 경우 요 생성량을 평가하기 위한 요도 카테타를 장착한다. 내원 초기 전반적인 및 연속적인 요분석을 통해 요 원주와 같은 신장 손상에 대한 초기 지표 출현 여부를 확인한다. 요 생성량은 2ml/kg/hr 이상을 유지해야 한다. 요가 생성되기 위해서는 평균 동맥 혈압이 최소 80mmHg가 되어야 한다.

적정한 수액 공급에도 불구하고 요 생성량이 충분하지 못할 경우에는 핍노나 무뇨에 대한 치료법을 시작해야 한다. 만약 신장 수치가 증가하면서 요생성량이 불충분할 경우에는 혈액 투석이나 복막 투석을 해야 한다. 혈청 나트륨, 칼륨, TP, BUN, Creatinine, 산-염기 상태등을 모니터링 해야 한다.

응고계

Prothrombin time, partial thromoplastin time, platelet count, fibrin split products concentration등을 통한 응고계 평가가 이루어 져야 하며 결과에 따른 치료가 필요하다. 응고계 지연, 혈소판 수 감소, fibrin split products 또는 D-dimer의 증가는 DIC 발생을 의미한다.

위장관계

직접적인 열 손상과 관류량 감소 및 재관류로 인해 위장 점막이 붕괴되면서 궤양이 유발된다. 이로 인해 구토와 설사를 보이며 혈액성을 띄기도 한다. 수크랄페이트(구토가 없을 경우)와 histamine-2 blocker의 투여가 위궤양 관리에 도움이 된다. 점막 장벽 붕괴에 따라 패혈증 또는 내독소혈증이 발생할 수 있다. Heat stroke에 의해 출혈성 설사를 보이는 중환자의 경우 반드시 광범위 항생제를 투여해야 한다. Heat stroke이 발생한 개에서 소장염이 중첩된 경우도 있다.

예후

예후는 이전의 환자 상태 및 열에 노출된 정도와 시간에 따라 달라진다. MODS나 심각한 CNS 장애가 발생한 개의 경우 예후는 불량하다. 심각한 heat stroke 상태에 대한 치료는 결코 쉽지 않지만 개의 경우 적극적인 내과적 치료를 통해 회복하는 경우도 있다. 🏥👩🏻‍⚕️🏠

참고 문헌

- Deborah C silverstein, Small animal critical care medicine, Saunders; 2009; 723-726
- Stephen J. ettinger, Textbook of veterinary internal medicine, Saunders; seventh edition; 41-43, 509-512
- Karol A Mathews, Veterinary emergency and critical care manual, Lifelearn; 1996; 297-303

