

명상을 통해 마음이 유전자를 바꾸다

| 매완호 | 김연주 옮김 |

명상과 기공 수련이 염증반응 유전자와 스트레스 반응을 감소시킨다는 것을 물리적 실험을 통해 밝혀내고 있습니다. 즉 마음의 작용이 물리적 신체의 유전자에 영향을 미친다는 것입니다(편집자 주).



사이코소매틱-정신신체의학은 사실이다

오랫동안 주류 서양 과학과 의학은 마음이나 심리 상태가 육체에 물리적으로 영향을 미치지 못한다는 입장을 취해 왔다. 그렇기에, 아프다는 주관적인 느낌은 그저 심리적인 문제로 인한 신체증상으로 치부되어, 몸이 물리적으로 어떻게 안 좋은지를 보여주는 실질적인 표지로 인정받지 못했다.

그러나 몸과 마음을 이처럼 나눠서 보는 시각은 이제 한계에 봉착하고 있다. 과학자들이 수백, 수천 개의 유전자가 주관적인 정신상태에 영향을 받는다는 것을 확인해주고 있기 때문이다. 지속적인 슬픔이나 우울은, 신체적으로 건강하지 않은 상태를 야기하고 바이러스성 감염과 만성질환에 취약하게 만드는 유전자를 실제로 활성화시킬 수 있다. 반대로 평화롭고 이완된 느낌은 그 유전자를 비활성화시키고 감염을 방지하며, 몸을 회복시키는 데 작용하는 다른 유전자를 활성화시킬 수 있다. 최근 주목 받고 있는 인간 사회 유전체학에서 사회적 조건, 특히 그 조건에 대한 주관적 인식이 유전자 발현을 급격하게 바꿔 놓을 수 있음이 입증되고 있다.[1] 이는 새로운 방식의 개입 가능성을 열어준다.

통합의학은 질병 예방에 초점을 둔다

미국과 그 외 선진국에서는, 건강관리체계에서부터 건강한 식습관과 생활방식, 스트레스 관리, 정서적 웰빙을 통한 건강 증진과 질병 예방에 포커스를 두에 따라 ‘통합의학’이 갈수록 중시되고 있다. 통합의학에서 가장 많이 활용되는 접근법 중 하나는 ‘요가/명상 수련’이라고

하는 깊은 이완법이다. 여기에는 요가 및 기공, 태극권 등 다양한 명상·호흡법 등이 포함된다. 그러한 수련법들이 심신에 긍정적인 영향을 미치며 질병으로부터의 회복과 웰빙에 이바지한다는 것이 수년간 많은 연구들을 통해서 밝혀지고 있다.

요가 명상 훈련은 심박수, 혈압, 저밀도 지단백 콜레스테롤에 긍정적인 효과가 있으며, 타액 내 코르티솔(스트레스 호르몬) 수준을 감소시키는 것으로 나타났다. 이 같은 발견은 시상하부-뇌하수체-부신으로 이어지는 전신 호르몬의 축인 HPA 축과 교감신경계의 하향조절과도 일치한다. HPA축과 교감신경계는 스트레스가 많은 서구 생활방식에 의해 지나치게 활성화되는 것으로 알려져 있다.

이제는 혈중 면역세포의 유전자 발현 프로필에 관한 몇 가지 새로운 연구를 통해 요가 명상 훈련이 분자 수준에서 뚜렷한 효과를 발휘한다는 것도 밝혀지고 있다.

‘몸보다 마음이 먼저 Mind over Body’라는 말이 유전자 발현 프로필로 드러나다

명상의 효과를 입증하기 위해 유전자 발현 프로필을 이용한 최초의 연구는, 작지만 심도 깊은 연구였다. 아시아인 기공 수련자 5명의 호중구(neutrophil(백혈구의 일종))를 대조군인 건강한 아시아인 6명의 호중구와 비교해보았다. 기공 수련자들은 하루에 1~2시간씩 최소 일 년 이상 기공을 수련해왔다. 유전자 12,000개를 마이크로어레이¹⁾ 방식으

1)
슬라이드글라스에 서로 다른 DNA를 고밀도로 집적시켜 유전자들이 어떻게 상호작용하는지를 밝히는 연구 방법-역주

로 분석하여 유전자 발현 프로필을 연구했는데, 그중에서 기공 수련군과 대조군 간에 일관된 차이를 보인 것은 유전자 250개로, 하향 조절된 유전자가 132개, 상향 조절된 유전자가 118개였다. 발현차를 보인 유전자들 가운데 하향 조절된 유전자로는, 유비퀴틴에 의한 단백질 분해 과정과 관련된 유전자들 그리고 리보솜 단백질을 인코딩하는 유전자들이 포함되어 있다. 기공 수련군에서 세포 스트레스 반응 유전자들은 대체적으로 하향 조절된 반면, 2개의 열 충격 단백질²⁾의 발현은 증가했다. 인터페론 감마와 IFN 관련 유전자, IFN 조절 유전자(바이러스성 감염에 저항하는 것과 관계있음) 등, 면역 관련 유전자들의 발현도 기공 수련군에서 증가했다. 시험관 분석에서 기공 수련자들의 호중구는 살균 작용이 더 활발해졌다. 뿐만 아니라 정상적인 호중구는 수명이 늘었고 감염된 호중구는 세포자살로 수명이 줄었다.

두 번째 연구는 더욱 흥미롭게도, 이완반응에 의해 촉발된 유전자 발현의 변화를 측정된 연구였다. 이완반응에서는 산소 소비량 감소와 호기(날숨) 중 일산화질소 농도 증가, 심리적 스트레스 감소가 특징적이다. 수련 방법은 위빠사나, 통찰명상, 만트라 명상, 초월명상, 호흡 바라보기, 크리팔루 또는 쿤달리니 요가, 반복 기도 등 매우 다양했다. 연구대상은, 오랜 기간 수련해온(평균 9.4년) 이완반응 수련자 19명(M집단)과, 평상 상태에서 측정된 건강한 대조군 20명(N1집단), 그리고 이 N1집단에게 8주간 이완법을 훈련시킨 후 다시 측정된 대조군(N2집단)이었다. 말초혈액 단핵세포들(혈액 내에 존재하는, 구형 핵을 가진 세포)를 분리하여, 47,000개의 유전자와 유전자 변이체들을 조사할 수 있는 마이크로어레이를 이용해서 전사체 프로필을 관찰했

2) 세포나 조직, 개체가 생리적 온도보다 높은 온도에 노출될 때 합성되는 단백질 - 역주

다.

M집단과 N1집단 간에 유전자 발현에서 차이가 나타난 것은 총 2209개였다. 그중에서 1275개는 상향조절, 945개는 하향조절되었다. M집단과 N2집단 사이에는 1540개의 유전자가 다르게 발현되었는데 774개는 상향조절, 730개는 하향조절되었다. N1과 N2 집단 사이에서는 1562개의 유전자가 다르게 발현되었고 그중 874개는 상향조절, 687개는 하향조절되었다. 흥미롭게도 유전자 595개는 M집단에서만 다르게 발현되었는데 이는 이완반응을 장기간 수련한 사람들이 유전자 발현 프로파일에서 뚜렷한 차이가 있음을 시사한다. 마찬가지로 유전자 438개는 이완반응을 단기간 수련한 집단(N2)과 장기간 수련한 집단(M)에게는 공통적이었지만 대조군인 N1집단에서는 나타나지 않았다. M집단과 N2집단 간에 유전자 발현에 차이가 있다는 것은 산화 스트레스 및 그와 관련된 해로운 영향에 반응하는 능력이 커졌음을 의미하는 것으로 보인다. 훈련법에 따른 차이는 미미했다.

세 번째 연구는 수다르산 크리아(요가의 일종) 및 관련 수련을 통해 유전자 발현이 달라진 사례를 조사한 것이다. 수련자 42명과 건강한 대조군 42명을 대상으로 하여, 말초혈액 단핵세포에서 RNA를 분리해, 산화 스트레스와 DNA 손상, 세포주기 조절, 노화, 세포자살과 관련된 유전자에 초점을 맞춰 역전사 PCR 분석을 실시했다. 이와 동시에, 채혈된 혈액으로 글루타티온 과산화효소, 과산화물제거효소, 글루타티온 수준에 대한 검사도 진행됐다. 앞선 연구와도 일관되게, 글루타티온 과산화효소 및 과산화물제거효소의 작용, 그리고 글루타티온 수준은 대조군에 비해 수련집단에게서 더 높게 나타났다. 글루타티온 S-전달효소 mRNA도 대조군에 비해 수련자 집단에서 뚜렷이 높게 나타났다. 통계적으로 유의미한 수준은 아니지만 항산화 유전자

기공 수련자들의 백혈구는 살균작용이 더 활발해졌다
뿐만 아니라, 정상적인 백혈구는 수명이 늘었고
감염된 백혈구는 세포자살로 수명이 줄었다

Cu-Zn과 Mn 과산화물제거효소, 글루타티온 과산화효소, 카탈라아제도 증가한 것으로 관찰되었다. 또한 항세포자살 유전자 COX-2와 스트레스 반응 유전자 HSP-70의 발현도 수련자 집단에서 뚜렷하게 증가했다. 따라서 명상 수련은 관련 유전자의 발현에 변화를 일으켜 항산화 수준을 향상시키는 것으로 보이며, 이는 환경적 스트레스에 대한 반응이 향상된 것으로 풀이될 수 있다.

이상의 세 가지 연구는 모두 요가 명상 수련이 유전자 발현에 변화를 일으키며, 면역세포 생존과 항산화 수준을 향상시킴으로써 환경적 스트레스에 대한 반응을 향상시키는 것으로 보인다.

명상은 고독의 영향을 없앤다

독거노인에게서는 염증유발 유전자의 발현이 증가되어 질병과 사망 위험이 커진다. 고독감과 건강상의 위험을 줄이기 위한 행동 치료는 그 효과가 제한적이었다. 8주에 걸친 MBSR 프로그램(마음챙김에 기반한 스트레스 감소 프로그램)을 실시한 실험군을 대기자 명단의 대조군(치료를 받기 위해 대기자 명단에 등록된 참여자들로, 대조군으로 활용)과 비교하여 테스트한 연구가 진행되었다. 고독감은 심혈관질환과 알츠하이머병, 각종 원인으로 인한 사망을 초래할 수 있는 상당한 위험요소이다. 기존의 연구결과들에 따르면 MBSR이 염증의 단백질 생체지표를 감소시키는 것으로 보이며, 염증은 노인의 발병 및 질병 진행에 주된 역할

을 하는 것으로 알려져 있다. 또한 고독감을 느끼는 노인에게서 채취한 면역세포에서는 염증 관련 유전자의 발현이 증가되어 있다는 연구 결과도 있다.

복용중인 약이 없고 MBSR을 해본 적 없는 건강한 중년·고령자(55-85세) 40명을 신문 광고를 통해 로스앤젤레스 지역에서 모집, 무작위 추출했다. 샘플은 코카시안 64%, 흑인 12%, 라틴계열 1%, 아시아인 7%, 기타 5%였고 여성이 압도적이었다(33명). 참가자들을 실험군과 대조군으로 무작위로 나누었다. 기본적인 인구통계적 특성은 유의미한 차이가 없었다. 실험군에서 5명, 대조군에서 1명, 총 6명(15%)은 프로그램 완수 전에 중도 탈락했다.

15명이 MBSR 프로그램을 완수했는데, 대조군에서는 연구 시작 때의 기준값보다 고독감이 약간 증가한 반면 실험군에서는 고독감이 뚜렷하게 감소했다. 실험 전 기준값에서 있어서는 실험군과 대조군 간에 뚜렷한 차이가 없었다.

과거의 연구에서 고독감은 NF- κ B 유전자의 발현 증가와 관련 있는 것으로 밝혀진 바 있다. 이 연구에서는 256개의 유전자가 25% 이상의 발현차를 보였고 고독감이 강한 사람들에게서 상향 조절된 유전자가 87개, 고독감이 낮은 사람에게서 상향 조절된 유전자가 169개였다. 생명정보학bioinformatics 분석 결과, 고독감이 강한 참가자에게서 상향조절된 일련의 유전자들 가운데 특히 NF- κ B 유전자의 우세가 두드러진 것으로 나타났다.

MBSR 치료 후 143개의 유전자는 대조군보다 25% 이상 발현차가 있었다. 69개는 MBSR 집단에서 하향조절되었고 74개는 대조군에서 하향조절되었다. 생명정보학 분석 결과, 대조군보다 MBSR군에서 NF-KB 유전자의 활성도가 줄어든 것으로 나타났다.

이러한 변화는 수면의 질이나 운동 같은 행태 변화까지 수반하지는 않았다. 한계점이라면, MBSR은 사회 복지를 제공하고 있으며 그것이 고독감을 감소시키고 있으나 기존의 연구 결과에 의하면 사회 복지와 사회적 스킬 트레이닝이 그 자체로는 효과가 없는 것으로 밝혀져 있다는 점이다.

요가는 유방암 생존자의 피로감을 없앤다

캘리포니아 대학교의 줄리엔 바우어스(Julienne Bowers)가 이끈 새로운 연구에서는 유방암 생존자의 지속적인 피로감을 다루었다. 피실험자는 12주 동안 아헝가(Iyengar) 요가(n=16)를 실시한 그룹과 12주 동안 건강교육을 받은 대조군(n=15)으로 무작위로 나뉘어졌다. 유전자 발현 프로파일과 생명정보학 분석을 위해 실험 시작 전과 처치 직후, 그리고 3개월 후에 혈액샘플을 채취했다. 플라즈마 염증 지표와 타액 코르티솔도 측정했다.

그 결과, 요가는 피로를 개선할 뿐 아니라 염증반응 또한 감소시켰다. 요가 집단에서 염증유발 유전자가 확연히 하향 조절된 것이다. 두 집단은 실험 전 기본값에서 있어서는 유의미한 차이가 없었다가 실험이 진행되면서 요가 집단은 달라졌고 대조군은 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

시간이 지나면서 총 435개의 유전자에서 15% 이상의 발현차가 나타났다. 대조군에 비해서 요가 그룹에서는 처치 직후와 3개월 후 후속관찰에서 282개가 기준값보다 상향조절되었고, 153개는 상대적으로 하향조절되었다. 요가 그룹에서 하향 조절된 유전자 중에서 특히 우세한 것은 타입 1 인터페론 반응이었다. 생체정보학 분석 상으로는 NF- κ B 유전자의 활동이 감소했고, 글루코코르티코이드 수용체의 활

동은 증가했으며 CREB 활동은 감소했다. 이상은 모두 염증 반응 감소를 뜻한다. 인터페론과 관련된 전사 인자의 활동 또한 대조군보다 요가 그룹에서 하향조절되었다.

기본값에 있어서 염증 지표의 수준은 그룹 간 차이가 없었다. 지표 중 하나인 sTNF-RII는 건강교육 그룹에서 뚜렷한 증가를 보인 반면, 요가 그룹에서는 상대적으로 변화가 없었다. IL1-RA에서도 비슷한 패턴이 발견되었다.

요가는 글루코코르티코이드 수용체(GR) 작용을 뚜렷하게 증가시키고 있다. 과거 연구에서도 지속적인 피로감을 겪는 유방암 생존자들에게서 GR 매개성 유전자 발현이 감소했다고 밝혀진 바 있는데 이것은 만성 염증의 원인이 될 수 있다. 즉, 요가를 통해 글루코코르티코이드 수용체가 코르티솔의 항염증 작용에 대해 더 민감해져서 염증 신호가 감소한 것으로 풀이된다. 요가는 CREB작용도 감소시켰는데 이는 베타 아드레날린성 수용체에 의한 교감신경계 신호가 감소되어 NF- κ B 유전자를 활성화시키고 염증을 유발하는 사이토카인 유전자를 상향조절시킬 수 있음을 의미한다. 따라서 CREB 감소 또한 염증 과정을 감소시킨다.

게다가 타입1 인터페론(IFN) 반응과 관련된 유전자의 하향 조절과 IFN 관련 전사 요인의 감소는 피로감 감소에 기여할 수 있으며, IFN- α 처치가 악성 흑색종과 C형 간염 환자에게서 피로 증상을 유발하는 것으로 알려져 있다.

명상은 치매환자를 돌보는 가족 구성원의 스트레스를 경감시킨다

치매 가족은 스트레스 정도가 높아 스트레스 관련 질환과 전반적인 건강 저하의 위험에 노출되어 있다. 건강한 대조군에 비해 치매 가족의 단핵백혈구에서는 NF- κ B 반응요소를 갖고 있는 유전자의 발현이 두드러지고, IRF 반응요소를 갖고 있는 유전자의 발현은 감소한 것으로 한 전사체 프로파일 연구에서 밝혀졌다.

치매 가족 45명은 8주 동안 매일 12분씩 키르탄 크리야 명상을 수행한 그룹과 이완 음악을 듣는 그룹으로 무작위적으로 나누었고 39명이 연구를 끝까지 마쳤다. 전사체 프로파일은 연구 시작 전과 8주 후에 채혈된 말초혈액 백혈구에서 수집되었다. 그 결과, 68개 유전자에서 발현에 차이가 있었다. 19개는 상향, 49개는 하향조절되었다. 상향 조절된 유전자로는 면역글로불린 관련 전사가 있고 하향조절된 유전자로는 염증유발성 사이토카인과 극초기 유전자(immediate-early genes)들이 포함되었다.

처치 후 두 그룹 모두 향상되었다. 우울 증상은 현저하게 떨어지고 정신건강이 개선되었다. 그러나 요가 그룹의 향상도가 더 높았고(명상 그룹은 43.3%, 이완 그룹은 3.7%) 이는 스트레스로 인한 세포 노화를 개선하는 효과가 있음을 시사한다.

명상그룹에는 피실험자 23명, 이완음악 그룹에는 피실험자가 16명이었다. BMI를 제외하고는 기본값에서는 두 그룹이 아무런 차이를 보이지 않았다. BMI는 명상그룹이 낮았는데 BMI가 연구 결과와 어떤 연관이 있는 것은 아니다.

동일한 치매가족을 대상으로 한 별도의 보고서에서 명상그룹은 우울증상이 현저하게 낮아졌을 뿐만 아니라 정신건강과 인지 기능에 있어서도 이완음악 그룹보다 크게 향상되었고, 그 향상은 텔로미로 활성화도 증가를 동반했다. 텔로미어 활성화 증가와 우울감 감소, 정신건강

점수 향상 사이에는 유의미한 상관관계가 있었으며, 정신건강 점수 향상은 명상 그룹에서만 관찰되었다.

텔로미어란 크로모솜 말단에 있는, 반복되는 DNA 배열 부분을 말한다. 텔로미어 길이가 짧아지는 것은 수명 단축과 관계있으며 각종 건강상의 위험과 질병을 암시한다. 2011년에 발표된 한 연구에 따르면 명상과 긍정적인 심리 변화가 텔로미어 활성도를 증가시킨 것으로 나타났다. 평균적으로 치매 가족의 임상적 우울증 발병은 50%에 달하고 나이가 들어감에 따라 스트레스에 대한 회복력이 떨어지고 심혈관 질환과 사망 위험에 노출된다.

명상에 의한 급격한 후생적 변화

유전자 활동이 명상에 의해 얼마나 빨리 바뀔 수 있는지에 대한 힌트는 19명의 숙련된 피실험자가 하루동안 집중적인 마음챙김 명상을 실시한 것에 대한 연구에서 얻을 수 있다. 서캐디안(일일리듬) 조절 유전자, 크로마틴 조절 유전자, 염증 유전자의 발현도를, 명상 경험이 없고 같은 환경에서 레저 활동을 한 대조군 피실험자 21명과 비교했다. 처치 전과 처치 8시간 후에 말초혈액 단핵세포를 채집했다. 유전자 발현 분석은 양적 실시간 PCR 분석을 이용했고, 두 그룹 모두 트리어 사회 스트레스 검사를 실시했다.

기본값에 있어서 클락 유전자 발현은 그룹 간 유사했고, 리듬성은 수련 당일, 명상자들에게 영향을 미치지 않았다. 분석된 모든 후생적 조절효소와 염증 유전자들은 기본적인 발현 수준에 있어서 두 그룹이 비슷했다. 반면에 간단한 훈련 후 명상 그룹에서는 histone deacetylase 유전자들(HDAX2, 3, 9. 유전자 발현을 변화시키는

histone 단백질을 수정한다)의 발현이 감소되었고, H4ac, HeK4me3 이 변화를 보였으며 염증 유발 유전자(RIPK2, COX2)의 발현은 감소되었다. RIPK2와 HDAC2 유전자 발현은 두 그룹 모두 트리어 사회 스트레스 검사에서 코르티솔 회복이 더 빨라진 것과 관계있다. 이 발견은, HDAX와 염증 경로 조절이 마음챙김 기법의 치료 가능성에 내재된 어떤 메커니즘을 말해주는 것으로 사료된다. (끝) 

- 이 글은 www.i-sis.org.uk에 게재된 《How Mind Changes Genes through Meditation》에서 발췌하였습니다.
- 이 글은 미내사의 허락 없이 무단 전재나 재배포를 할 수 없습니다.

저자 | **매 완 호** Mae-Wan Ho | 1941년생, 홍콩 출생, 영국 시민, 유전 공학 및 신다윈주의에 대한 비판적인 입장의 유전학자. Living Rainbow H20(2012), Living with the Fluid Genome(2003) 등을 비롯한 저서 10권과 다수의 출판물을 집필 또는 공동집필했다.

홍콩 대학에서 1967년 생화학 박사 학위를 취득했고 1968년부터 1972년까지 샌디에고 캘리포니아 대학에서 박사후 연구과정으로 생화학 유전학을 연구했다. 1976년부터 퀸엘리자베스 컬리지 선임 연구원으로 유전학을 강의했고 2000년에 은퇴한 후 시칠리아 카타니아 대학에서 생물 물리학 객원 교수로 있다.

역자 | **김연주** | <지금여기> 번역위원