

역학적 스트레스 반영 뼈대지표를 이용한 연구의 한계와 가능성에 대한 재고

우은진, 박순영

서울대학교 사회과학대학 인류학과

(2012년 7월 17일 접수, 2012년 8월 27일 수정접수, 2012년 9월 18일 게재승인)

간추림 : 생물인류학자들은 역학적 스트레스에 대해 반응하고 적응하는 뼈의 형태를 통해 과거 집단의 삶을 복원하고자 한다. 이러한 연구에서 자주 이용되는 지표는 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형으로, 1960년대부터 두 지표의 발현양상을 중심으로 특정 행위유형에 대한 유추 및 생계경제 패턴에 대한 연구가 진행되었다. 최근에는 사회 복잡성과 역사적 경험, 불평등 구조 등 사회적 맥락 안에서 지표의 발현양상을 해석하고자 하는 연구도 이루어지고 있다.

각각의 지표 자체는 개체의 성과 나이와 같은 생물적 속성뿐 아니라 집단의 사회문화적 환경에 의해서도 다르게 발현되기 때문에 해석상의 주의가 요구된다. 즉 이러한 지표를 행위복원 연구에 이용하기 위해서는, 아직까지 과거 사회의 노동 및 일상에 대한 이해가 충분하지 않다는 사실과 더불어, 지표의 발현에 영향을 미치는 요인들이 다양하다는 점에 주의해야 한다. 이러한 맥락에서 행위와 뼈대 변형의 특징을 보다 객관적으로 이해하기 위해서는 임상 의학과 운동역학 분야의 연구결과를 반드시 고려해야 할 것이며 다른 뼈대지표들을 함께 사용하는 것도 결과의 신뢰도를 높이는 방법이 된다.

그러나 보다 신뢰할만한 결과를 얻기 위해서는 무엇보다도 지표에서 나타나는 형태적 특징이 특정 행위와 관련되었음을 입증하는 작업이 선행되어야 한다. 이러한 측면에서 한 집단의 행위복원 연구에 빈번하게 사용되는 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형의 형태적 특징이 신체 행위와 관련된 역학적 스트레스의 결과인지 검증하는 작업은 매우 중요하다. 궁극적으로 이 연구는 뼈대의 형태적 특징과 역학적 스트레스의 관계를 이해하고 집단 차원의 행위복원 연구에서 이러한 지표들을 어떻게 이용하는 것이 적절한지에 대한 논의에 기여할 수 있다.

찾아보기 낱말 : 역학적 스트레스, 행위패턴, 퇴행성 관절 질환, 근부착부위 뼈대변형

서 론

사람뼈를 통해 과거 집단의 행위 패턴을 파악하고자 하는 연구는 1960년대부터 본격적으로 시작되었다. 팔다리뼈 몸통의 가로단면 속성 (biomechanical properties of bone), 골질을 비롯한 외상, 치아의 마모 패턴, 기능에 의

한 비병리적 뼈대 변형 (예를 들면, squatting facet, kneeling facet) 등 여러 지표들 중, 특히 역학적 스트레스 반영 지표로 집단 차원의 연구에 가장 많이 이용된 것은 퇴행성 관절 질환 (degenerative joint disease) 과 근부착부위의 뼈대변형 (enthesopathies) 이다 (Hawkey 1988, Bridges 1991, Hawkey와 Merbs 1995, Larsen 1997, Nagy 2000, Ruff 2000, Weiss 2003, Molnar 2006). 두 지표는 첫째, 역학적 스트레스에 의해 뼈의 형태가 재조직되고, 둘째, 다양한 병인 중에서도 노화의 영향을 많이 받으며, 셋째, 뼈대변형 양상에서 뼈의 과성장 (overgrowth) 이 나타난다는 공통점이 있다. 두 지표를 이용한 연구는 뼈대에 가해지는 힘의 강도에 따라, 뼈의 조직과 외형이 제한된 범위 내에서 반응한다는 뼈대변형의 원리

*이 논문은 2010년도 SNU Brain Fusion Program 지원사업비를 지원받아 연구되었음.

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인' 을 준수합니다.

저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

교신저자 : 우은진 (서울대학교 사회과학대학 인류학과)

전자우편 : redqin7@snu.ac.kr

인 Wolff의 법칙에 기초한다(Ruff 등 2006). 뼈는 살아 있는 조직으로 역학적 스트레스에 대해 기능적으로 적응하므로(Nagy 2000), 그 반응의 결과를 해석함으로써 개체가 살아가는 동안 겪은 반복적이고 일상적 행위패턴을 알 수 있는 것이다. 따라서 이들 지표를 이용한 연구는 이미 사라지고 없는 과거 사회의 고유한 삶의 패턴을 유추할 수 있는 정보를 제공한다(Derevenski 2000).

그러나 역학적 스트레스 지표를 발현시키는 원인과 뼈에 나타나는 형태적 변화가 긴밀하게 대응되지 않는다는 점이 기존의 많은 연구들이 가진 주요 한계로 지적되었으며 이러한 한계 때문에 과연 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형이 역학적 스트레스의 반영 지표로서 이용될 수 있는가에 대해 의문이 제기되고 있다. 비판의 핵심은 크게 두 가지로 요약되는데, 첫째는 뼈대 변형을 해석할 때 병인의 비특이성(nonspecificity)을 충분히 고려하지 않고 지나치게 단순하게, 혹은 과장해서 해석하는 경향이 있다는 점이다(Jurmain 1977, Merbs 1983, Walker와 Hollimon 1989). 둘째는 지표를 진단하는 기준에 대한 것이다. 즉 원인의 비특이성에서 비롯되는 다양한 발현 특징들 중 행위와 관련된 역학적 스트레스 지표의 진단기준이 무엇인지에 대한 입증 이 이루어지지 않았다는 점이다.

현재는 초기 연구에 대해서 연구 자료의 수가 충분하지 못하였거나 정당한 실험 결과에 근거하지 않은 가정들이 적용되었다는 점(Meyer 등 2011) 등을 반성하는 동시에 지표의 새로운 가능성들이 조심스럽게 제시되고 있다. 예컨대 다양한 사회적 질문을 해결하는 보조 수단으로서 지표가 이용될 수 있는지 검토되고 있다(Klaus 등 2009, Woo와 Sciulli 2011). 이와 더불어, 새로운 의학적 연구에 힘입어 역학적 스트레스 반영 지표의 원인과 발현과정에 대한 이해가 깊어졌으며 지표의 분석방법과 해석이 더욱 정교해지고 있다. 본 연구에서는 역학적 스트레스 반영 지표로서 지금까지 집단 차원의 연구에 가장 빈번하게 이용되어 온 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형의 두 지표를 중심으로 한 선행연구의 흐름과 그 한계, 앞으로의 가능성에 대해 고찰해보기로 한다. 이를 바탕으로 향후 역학적 스트레스 반영 지표를 이용한 연구들이 어떻게 이루어지는 것이 바람직할 지 제안한다.

방 법

본 연구는 옛 사람뼈 집단의 행위복원 연구에서 가장

자주 이용되는 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형에 대한 인류학적 연구들을 재검토한 리뷰논문이다. 본고에서는 먼저 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형을 이용한 선행 연구의 경향을 파악한다. 이를 위해 1960년부터 집단차원의 행위복원 연구에서 역학적 스트레스 반영 지표가 어떤 관점에서 해석되어 왔고 최근에는 어떤 관점의 연구들이 시도되고 있는지를 인류학 분야의 저작들을 중심으로 살펴보도록 한다. 또 그러한 연구결과들이 오늘날 어떻게 평가되고 있는지를 살펴봄으로써 생물인류학자들이 역학적 스트레스 반영 뼈대지표를 어떻게 이해하고자 하였는지를 파악할 수 있을 것이다.

퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형을 진단하는 몇 가지 기준들과 그에 기초한 진단방법의 정형화와 관련하여서는 지표의 특징 및 속성에 대한 이해가 선행되어야 한다. 따라서 두 지표가 의학적으로 이해되는 방향과 지표의 행위적 해석을 가능케 하는 이론적 토대에 대해서 검토하기로 한다. 이를 위해 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형을 진단하는 기준에 대한 골학자들의 연구와 의학 분야의 연구저작들을 함께 살펴본다. 이를 통해 기본적으로는 지표에서 나타나는 개별적인 뼈대 속성의 특징들을 이해하고 이러한 특징들의 속성에 기반하여 이들 지표를 어떤 기준으로 진단하여야 할지에 대한 대안을 찾을 수 있을 것으로 기대한다. 최종적으로 향후 역학적 스트레스 반영 지표를 이용한 연구의 방향을 제안하기로 한다.

결과 및 고찰

1. 역학적 스트레스 반영 뼈대지표를 이용한 선행연구의 경향

역학적 스트레스 반영 뼈대지표를 이용한 연구는 크게 두 가지 경향으로 나뉜다. 뼈대의 해부학적 구조와 기능에 역점을 둔 기능적 해석과 뼈대의 특징이 변화하는 의미를 특정 사회 내에서 고찰하는 생물문화적 해석이 바로 그것이다. 기능적 해석은 뼈대변형의 근접원인(proximate cause)이 되는 관절의 운동, 관련 뼈대, 근육의 해부학적 특징에 주목한다(Ortner 1968). 한편, 생물문화적 해석은 지표의 발현유무와 정도를 경제 체계 등 해당 개체가 속한 사회문화적 환경의 결과로 해석한다. 지표에 대한 위의 두 가지 접근을 바탕으로 지금까지 다음의 세 가지 주제를 중심으로 하는 연구들이 이루어져 왔다.

1) 특정 행위유형의 유추

생물인류학자들은 특정 관절과 뼈대에서 퇴행성 관절 질환 및 근부착부위의 뼈대변형이 두드러지는 이유는 이들 부위와 관련된 일상 행위가 반복적으로 이루어졌기 때문이므로 이 지표가 생활패턴을 복원하기에 가장 이상적인 지표라고 보았다. 1970년대의 행위유추 연구들은 바로 이러한 인식을 바탕으로 하였는데 그 중 Wells (1964)와 Angel (1966)의 선구적인 연구가 많은 영향을 미쳤다. 퇴행성 변화를 통해 특정행위의 유형을 유추하고자 하는 연구 중 가장 유명한 것은 “화살 쏘는 팔꿈치(atlatl elbow)”에 대한 연구일 것이다(Angel 1966). 캘리포니아 여성들의 멧돌 사용이 팔꿈관절에 나타난 퇴행성 변화의 발현특징과 관련되어 있다는 연구(Merbs 1980) 역시 도구사용과 관련된 특정행위를 유추하고 있다. 이외에도 무거운 짐을 머리에 이고 나르는 행위(Merbs와 Euler 1985), 중세 유고슬라비아 사람들의 말 타기(Edynak 1976), 에스키모 사람들의 카약 타기와 창 던지기, 가죽 처리하기(Merbs 1983)와 같은 행위유형들이 퇴행성 관절 질환을 통해 유추되었다. 이러한 행위들이 민족지적(ethnographical)으로, 역사적으로 잘 알려진 행위이거나 이를 뒷받침할만한 구술 및 문헌 자료, 또는 고고학 유물이 있다면 보다 더 신뢰할만한 결과가 만들어진다.

한편, 근부착부위의 뼈대변형을 통한 연구는 뼈대의 움직임이 가능케 하는 근육의 운동에 주목하여 특정 행위유형을 이끌어냈다(Dutour 1986). 그러나 이에 대해 Jurmain (1999)은 행위에 대한 해석을 이끌어내기 위한 실증자료가 매우 빈약함에도 불구하고 많은 연구들이 매우 단순한 해석을 하였다고 비판하였다. 특정 행위를 유추하는 연구는 이후 보다 광범위한 추론으로 이어졌다. 한 예로, 노예로서의 삶이 지표에 반영되었을 것이라는 가정은 아프리카계 미국인에 대한 연구(Corrucini 등 1982, Owsley 등 1987)로 이어졌다. 또 선원이라는 특수한 직업군에 한정하여 근부착부위의 뼈대변형 양상을 파악하면서 이러한 특징이 직업군과 관련된 행위의 결과일 수 있다는 연구가 이어지기도 하였다(Stirland 1998).

행위와 관련된 역학적 스트레스와 특정 뼈대변형 지표들이 집단차원의 행위복원 연구에서 중요한 의미를 가질 수 있다는 가능성을 제시한 것은 초기 연구의 공헌이 분명하다. 그러나 뼈대의 형태 및 구조는 다양한 힘들 사이에서 이루어진 균형을 의미하므로(Bridges 1992) 특정 행위유형을 특정 뼈대부위의 국소적인 특징 변화와 연결 짓기는 어렵다. 또한 특정 형태의 뼈대 변화는

다양한 유형의 육체적 행위를 통해 발생할 수 있다. 다시 말해 육체적 행위의 유형과 수준이 지표 발현에 영향을 미칠 수는 있지만 역으로 지표의 발현패턴을 통해 특정 행위 혹은 그러한 행위들의 조합이 무엇인지를 밝혀내는 것은 불가능한 것이다(Bridges 1992).

2) 생계경제 패턴 내에서의 분포와 관계: 생태적·문화적 적응

특정 행위유형을 추론하는 연구 외에, 생태적 환경이나 생계경제 패턴이 다른 집단 사이의 지표발현 양상에 대한 비교 연구가 많이 이루어졌다(Walker와 Hollimon 1989, Bridges 1989, 1991, Pechenkina와 Delgado 2006, Lieveise 등 2007, Rojas-Sepúlveda 등 2008, Eshed 등 2010). 특히 인류의 생계경제 패턴이 농업으로 변환되는 과정에서 어떠한 생물적 변화가 나타났는지를 평가하는 연구가 1980-2000년대 사이에 집중적으로 이루어졌는데(Larsen 1984, Rose 등 1984, Ruff 등 1984, Cohen 1989, Walker와 Hollimon 1989, Larsen 1990) 이때 생물인류학자들이 가장 흔하게 사용한 지표가 바로 역학적 스트레스 반영 뼈대지표이다. 그 결과, 농업단계로 오면서 역학적 스트레스가 더 증가하였을 것이라는 전통적인 견해에 대해 대부분의 연구가 상이한 결과를 보여줌으로써(Larsen 1984, Meiklejohn 등 1984, Rose 등 1984, Bridges 1991) 농경사회로의 진입이 인류의 행위패턴에 어떤 변화를 가져왔는지에 대해 재평가가 이루어졌다.

한편 생계경제 패턴과 역학적 스트레스 반영 지표의 관계를 통해 지표의 발현을 생물고고학적 틀 안에서 이해하고자 하는 시도 역시 활발하게 이루어졌다(Walker와 Hollimon 1989, Larsen 1990, Larsen과 Ruff 1994, Larsen 1995). 이러한 연구들은 주로 각기 다른 생태적 환경에서 출토된 사람뼈 집단을 비교하는 방법을 취하였는데, 여기서 생계경제 패턴의 변화와 역학적 스트레스 발현 패턴 간에 일관적인 상관관계가 도출되지는 않았다. 이러한 결과를 바탕으로, 생계경제 패턴과 관련된 반복성 및 지속성보다 오히려 역학적 스트레스의 강도가 지표의 발현에 더 큰 영향을 미칠 수 있다는 가능성이 제시되었고(Bridges 1992) 이는 보다 다양한 성격의 역학적 스트레스를 고려하게 되는 계기가 되었다. 이러한 고찰을 통해, 지표발현의 과정과 병인의 복잡성에 대해 의학적 이해가 필요하다는 인식이 생겨났다.

3) 사회적 경험: 역사, 사회복잡성, 그리고 불평등의 구조

사회복잡성의 단계와 양상이 고고학적 분석만으로 추론되기 어렵다는 한계가 인식되면서(Price와 Brown 1985) 그러한 한계가 사람뼈 분석을 통해 어느 정도 극

복될 수 있을 것이라는 기대가 만들어졌고 최근에 이를 바탕으로 행위패턴을 사회적 맥락에서 해석하고자 하는 시도가 제한적으로 이루어졌다. 역학적 스트레스 반영 뼈대 지표는 개체가 살면서 겪은 육체적 경험이 축적된 것이므로(Woo와 Sciulli 2011) 이러한 특성 때문에 발달상의 스트레스를 반영하는 지표들보다 사회적 의미를 갖는 고고학적 지표(예를 들면 부장품, 분묘 형식, 묘지 내에서의 매장 위치와 같은 매장관습을 구성하는 요소들)들과 더 강한 연관성을 갖는다(Cucina와 Iscan 1997, Cucina와 Tiesler 2003, Jankauskas 2003, Pechenkina와 Delgado 2006). 따라서 이러한 지표는 개체의 사회경제적 지위나 개체가 속한 사회의 성격을 추론할 수 있게 한다(Woo와 Sciulli 2011).

사회복잡성의 단계에 따라 역학적 스트레스 반영 지표의 발현양상이 다를 수 있다는 가설과 그에 대한 검증은 다음의 두 가지 가정을 전제로 출발한다. 첫째는 사회 복잡성이 집단 내 구성원들 사이에서 보이는 이질적 성격과 관련되어 있을 것이라는 가정이고, 둘째는 행위의 측면에서 지위가 높은 구성원은 일상적인 활동과는 구별되는 행위에 참여했을 것이라는 가정이다. 이러한 가정에 대한 검증이 역학적 스트레스 반영 지표를 이용한 인류학적 연구에서 일부 시도되었다(Lambert와 Walker 1991, Woo와 Sciulli 2011). 그러나 지금까지 지표의 발현 양상을 사회적 맥락에서 평가하고자 한 시도는 사회적 계층과 사회복잡성의 단계, 집단의 역사적 경험에 국한된 일부 연구들 뿐이다. 따라서 고고학적 지표와 역학적 스트레스 지표를 통한 사람뼈 분석이 동일한 사회현상의 결과를 일관성있게 설명할 수 있을지의 여부는 앞으로 더 많은 연구를 통해 평가되어야 할 것이다. 이와 관련된 희망적인 연구 사례 중 하나로 페루의 식민지 경험을 퇴행성 관절 질환과 민족지적 자료를 결합시켜 입증하고 있는 Klaus 등(2009)의 연구를 꼽을 수 있다. 이러한 연구가 시사하는 바는 바로 역학적 스트레스 반영 지표의 양상은 개체가 속한 사회 구조에서 발현되는 생물적 특징이며 따라서 해당 사회의 역사적 맥락 안에서 이해되어야 한다는 것이다.

2. 의학적 이해와 행위적 해석

기능적 관점에서 뼈의 구조는 주어진 스트레스를 최소화하는 방향으로 최적화되어 조직된다(Fung 1993). 뼈의 구조는 스트레스에 적응하기 위해 재형성(remodeling)의 과정을 거치는데 스트레스가 많았던 곳에서 더 두터운 재형성이 일어나므로(Vuori 등 1994) 이러한 혼

적을 통해 집단차원의 행위복원이 가능해진다. 여기에서, 주로 팔다리뼈 몸통의 가로단면 속성(Ruff 등 1984, Bridges 1991, Larsen 1997, Ruff 2000)과 근부착부위 뼈대변형(Weiss 2003, Molnar 2006), 퇴행성 관절 질환 지표(Bridges 1989, 1991, Merbs 1983, Liverse 등 2007, Klaus 등 2009)가 이용되어 왔다. 이 중 팔다리뼈 몸통의 가로단면은 부과되는 하중에 대한 저항 자체를 의미하므로(Ruff와 Hayes 1983) 역학적 스트레스를 측정하는 가장 직접적인 방법으로 이용된다. 그러나 이 방법은 계측에 의해 형태가 분석되고 스트레스에 대한 저항의 성격 역시 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형과는 구별되기 때문에 본고에서는 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형에 국한하여 지표가 의학적 이해되는 방향과 행위적 해석을 가능하게 하는 이론적 토대에 대해서 검토하기로 한다.

1) 퇴행성 관절 질환

퇴행성 관절 질환은 관절 조직에 가해지는 힘에 대한 스트레스와 그 스트레스를 견디고자 하는 관절조직의 능력 사이에서 발생하는 장기간의 생리적 불균형에서 기인한 결과이다(Ortner 1968, Jurmain 1977, Merbs 1983, Larsen 1997, Liverse 등 2007, Klaus 등 2009). 퇴행성 관절 질환의 발생 과정은 다음과 같다. 관절면에 가해진 스트레스는 연골의 원섬유화(fibrillation)를 초래하는데(Sokoloff 1979) 이때 복잡한 생화학적 변화를 포함하는 생리적 단계에 의해 연골이 파괴된다. 이 과정은 정상세포의 신진대사와 신호를 방해함으로써 연골의 재생 및 파괴에 영향을 미친다(Lajeunesse 2002). 연골세포(chondrocyte)의 신진대사는 연골바탕질(cartilage matrix)을 공격하는 단백질 분해효소(proteolytic enzyme)인 금속단백분해효소(metalloproteinase)를 포함한 효소생산의 영향을 받는다. 연골이 침식되면서 연골세포를 구성하는 단백질(proteoglycans)과 아교질(collagen) 조각들이 관절부에서 떨어져 나가며, 이러한 부산물들로 인해 윤활막(synovial membrane)에서 염증성 반응이 나타나게 된다. 시간이 지나면서 관절의 기능을 재생하기 위해 주변부위에서 뼈의 과성장(osteophyte)이 일어나고 연골이 침식되면서 연골밑뼈(subchondral bone)가 파괴되어 이것이 흡수되거나 혹은 관절 표면에 구멍들이 생긴다(Ortner 2003). 이때 관절 사용이 계속되면, 뼈와 뼈가 직접 접촉하면서 뼈 표면에 광택이 생기고 움직임의 방향에 따라 홈이 패인 평행선들이 나타난다.

퇴행성 관절 질환의 발생원인은 매우 복잡하며 아직까지 완전히 밝혀지지 않았다(Bridges 1992, Jurmain

1999, Weiss와 Jurmain 2007). 의학·역학적 연구에 따르면 여러 가지 복합적인 요소들이 이 질환의 발현에 작용한다. 다양한 요인들 가운데 특히 나이와 높은 상관관계를 보이지만(Peyron 1986), 그 외에도 유전적 소인, 해부학적 요인, 영양, 대사적 요인, 역학적 스트레스가 원인이 되기도 한다. 또 외상 또는 관절면의 질병도 관절의 구조에 영향을 미칠 수 있다(Reginato와 Olsen 2002). 지금까지 이 질환의 원인에 대해 생물인류학자들은 뼈대와 관절에 가해지는 역학적 스트레스 자체만 강조해 왔을 뿐, 그러한 스트레스가 해부학적 특징에 따라 각각의 관절에 어떤 결과를 초래할지에 대해서는 거의 고려하지 않았다(Weiss와 Jurmain 2007). 예컨대 무릎의 위치가 높거나 불기뼈의 절구가 좁을 경우 질환의 발현 가능성이 더 커지고(Hunter 등 2005), 연골 내의 지방이 퇴행성 관절 질환에 의한 뼈의 과성장 영향을 미칠 수 있으며, 체내 지방에 따른 호르몬의 변화가 지표 발현에 기여할 수 있다(Dumond 등 2003). 물론 이와 같은 의학적 연구에서 간과하지 말아야 할 점은 이것이 현대인을 대상으로 이루어졌기 때문에 그 결과를 과거 집단에 소급하여 적용시킬 수 있을지는 더 고민해야 한다는 사실이다.

그 외에, 역학자들은 특정 직업에 종사하는 고위험군 집단에 대한 연구를 통해 일상적으로 반복되는 행위가 퇴행성 관절 질환과 강한 상관관계를 보인다고 보고하였고(Yoshimura 등 2000, Zhang 등 2004), 이러한 역학적 연구는 행위에 대한 해석을 추구하는 생물인류학자들에 의해 자주 인용된다. 이들은 이 질환의 주요 원인이 행위로 인해 관절부위에 부과되는 역학적 스트레스에 의한 마모와 분열, 기능적 스트레스라고 전제한다(Larsen과 Ruff 1994). 따라서 이 전제를 받아들인다면, 지표의 발현양상을 한 개인이 살아가는 과정에서 발생하는 물리적 행위의 결과로 해석하고 이것이 곧 과거 집단을 이해하는 데 중요한 관점을 제공할 수 있다는 논리(Bridges 1992, Larsen 1995)에 따라 퇴행성 관절 질환에 의한 행위적 해석이 가능하게 된다.

2) 근부착부위 뼈대변형

근부착부위(entheses)에서 나타나는 뼈대 변형은 “근골격계통의 스트레스 지표(musculoskeletal stress marker, MSM)”라는 용어가 만들어진 것을 계기로 Hawkey (1988)에 의해 체계적으로 측정되었고 이는 행위패턴과 직업적 스트레스에 대한 지표로 해석되었다(Dutour 1986, Lai와 Lovell 1992, Hawkey와 Merbs 1995, Villotte 등 2010). 근부착부위의 뼈대변형은 힘줄과 인대, 관절

주머니(articular capsule)가 뼈와 만나는 부위에서 발생한다. 힘줄, 인대 및 뼈는 탄성 등 여러 부문에서 매우 다른 속성을 지니기 때문에 조직간의 결합이 점진적으로 이루어지는데(Jurmain 1999), 이러한 변화는 무기질화되지 않은 섬유연골조직(fibrocartilaginous tissue)이 점차 무기질화되는 단계를 거친다(Resnick과 Niwayama 1983).

근부착부위 뼈대변형은 삶을 위협하거나 특정 증상을 갖는 질병이 아니기 때문에 지금까지 의학 분야에서 비중있게 다루어지지 않았다. 따라서 초기에는 동물을 대상으로 한 실험적 연구가 소수 이루어졌을 뿐이다(Laros 등 1971, Noyes 등 1974). 초기 연구들은 힘줄 및 인대 조직이 역학적 자극에 반응하므로 뼈의 강도와 힘줄, 그리고 인대의 구조가 행위와 관련된 일련의 과정을 통해 변화할지도 모른다는 조심스러운 결론을 도출하였다. 한 예로 일부 골학자들은 힘줄과 인대의 접합지점에서 운동으로 인해 혈관의 분포 및 상태가 변화하면서 골증식체(ethesophyte)가 발생할 수 있다고 하였다(Hawkey와 Merbs 1995). 그러나 중요한 것은 근부착부위 뼈대변형 역시 그 발생 원인이 매우 복잡하기 때문에 역학적 스트레스가 발생 원인들 가운데 어느 정도의 비중을 차지하는가에 대한 설명은 현재까지 불가능하다는 사실이다. 즉 나이, 호르몬, 기타 대사 요인들이 근부착부위 뼈대변형의 발생에 상당한 영향을 미칠 수 있고(Resnick과 Niwayama 1983), 더 나아가 이러한 영향은 개인과 집단에 따라 분명 다를 것이다. 따라서 역학적 스트레스, 즉 행위는 여러 발생원인 중 일부로 간주되어야 하며, 지표의 발현 역시 집단적 일상행위에서 발생하는 스트레스 전반의 패턴을 반영하는 결과로 해석되어야 한다.

3. 역학적 스트레스를 반영하는 지표와 기준

퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형이 과거에 살았던 사람들의 행위패턴을 복원하기에 적절한 지표인지에 대한 논란은 여전히 계속되고 있으며 최근에는 이들 지표를 이용한 행위복원 연구의 유효성에 대해 많은 학자들이 비판적으로 평가했다. 지금까지 가장 큰 문제점으로 지적된 것은 바로 스트레스의 발현 유무와 정도를 진단하는 정형화된 방법이 없다는 사실이다. 그러나 지표를 진단하는 방법을 정형화하기 위해서는 우선 지표의 특징 및 속성에 대한 이해가 선행되어야 한다. 따라서 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형을 진단하는 형태적 기준에 대한 논의들을 살펴볼 필요가

있다.

1) 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형의 과성장 반응
근골격계통의 스트레스 지표는 관절부위와 근부착부위에서 발생하는 새로운 뼈의 형성과 관계가 있다. 여기에서, 윤했 관절의 가장자리에서 나타나는 뼈의 과성장 부위는 퇴행성 관절 질환의 골증식체(osteophyte, OP)로 정의되고 인대와 힘줄의 움직임에 의해 나타나는 뼈의 과성장 부위는 근부착부위 뼈대변형의 골증식체(enthesophyte, EP)로 정의된다(Rogers 등 1997). 지금까지 두 지표에서 나타나는 뼈의 과성장은 역학적 스트레스에 대한 적응으로 인식되었다(Alexander 1990, Benjamin 등 2002). 그러나 OP와 EP는 노화의 과정에서도 발생할 수 있고 특히 EP는 미만성 특발성 골격 과골화증(diffuse idiopathic skeletal hyperostosis)과 혈청음성 척추관절증(seronegative spondyloarthropathy)의 증상으로 나타날 수도 있다(Benjamin과 McGonagle 2001, Benjamin 등 2002). 따라서 두 지표에서 나타나는 골증식체가 행위와 관련된 역학적 스트레스에 의한 뼈대 반응으로 정의될 수 있을지에 대해서는 더 많은 고민이 필요하다.

한편 두 지표에서 나타나는 골증식체의 발생이 서로 연관되어 있다는 연구결과가 발표되기도 하였지만(Rogers 등 1997) 사실 역학적 스트레스에 반응하는 과정에서 OP와 EP의 발생은 동일한 의미를 갖지 않는다. OP는 연골의 손상부위를 제한하기 위한 뼈의 방어 기전으로 간주되는데(Alexander 1990) OP가 관절부위의 접촉면적을 늘림으로써(Radin 등 1972), 그리고 운동영역을 제한함으로써(Alexander 1990) 연골이 손상되는 것을 막는다는 것이다. 그러나 OP가 관절부위의 접촉면적을 늘린다면 실제로 모든 OP가 반대편 관절면과 접촉해야 하지만 사실상 그렇지 않으며, 움직임의 범위를 제한한다는 것 또한 발목이나 손목 일부와 엉덩관절 일부를 제외하면 여타 관절의 운동에 거의 영향을 주지 않는다(Alexander 1990). 이와 관련하여 OP가 단순히 관절 가장자리에서 부가성장한 연골형성의 결과물이라는 주장이 제기된 바 있고(Gilbertson 1975) 관절표면의 연골이 퇴화되지 않은 상태에서 OP가 발생할 수 있다는 연구(Emery와 Meachim 1973)도 있으나, 실험적 연구에 의하면 분명 OP는 퇴행성 관절 질환의 초기 단계에 주로 나타난다(Gilbertson 1975, McDevitt 등 1977).

한편, EP가 발생하는 근부착부위는 탄성력이 다른 두 물질이 만나기 때문에 필연적으로 긴장이 발생할 수밖에 없는 지점이다. 따라서 이 긴장이 최소화될 수 있도

록 균형이 유지되어야 하는데(Benjamin 등 2002) 긴장이 반복적으로 일어나면 혈류증가로 인해 뼈 세포의 재형성이 활발해지면서 뼈의 과성장이 일어난다(Niini-mäki 2011). 따라서 균형이 잘 유지된 근부착부위는 표면이 매끄럽지만 그렇지 않은 경우는 거칠고 때로 결절 형태의 부가적인 뼈 성장이 일어난다(Bannister 등 1995). 그러나 앞서 지적한 바대로 EP는 역학적 스트레스와 관련되어 있을 뿐 아니라, 특정 질병과도 관련되어 있다. 현재까지의 연구를 종합해보면, OP와 EP가 역학적 스트레스와 관련없이 발생할 수 있으므로 뼈의 과성장 반응만으로 두 지표의 유무를 진단하는 것은 위험할 수 있으나, 반대로 이것이 역학적 스트레스와 완전히 무관한 지표라는 것을 입증하기 위한 증거들 역시 많이 필요한 것으로 보인다.

2) 퇴행성 관절 질환의 다른 기준: 다공성(porosity)과 상아질화(eburnation)

옛 사람뼈에서 퇴행성 관절 질환을 정의하고 진단하는 것은 주로 관절부위의 골증식체 발생과 다공성, 상아질화의 유무를 통해서 이루어져 왔지만 각각의 요소들이 질환의 발생 과정에서 갖는 의미에 대해서는 아직 학자들 사이에 충분한 합의가 이루어지지 않았다. 다공성과 상아질화는 퇴행성 관절 질환을 진단하는 또 다른 기준으로 사용된다(Buikstra와 Ubelaker 1994). 상아질화는 연골이 완전히 사라지고 관절면 사이의 공간이 극도로 좁아져 국소 부위 혹은 전체 관절면에서 뼈가 직접 마찰하여 나타나는 특징이기 때문에 퇴행성 관절 질환의 증상이 가장 심한 경우에만 확인된다(Resnick과 Niwayama 1988). 따라서 상아질화는 퇴행성 관절 질환의 유무를 판단하는 기준이라기보다 정도를 판단하는 기준으로 사용되는 것이 더 타당하다.

한편, 다공성은 연골 아래의 뼈가 불연속적으로 나타나는 현상으로 이와 관련하여서는 몇 가지의 이론이 있는데, 먼저 Merbs(1983)는 두 가지의 가능성을 제한한다. 첫째, 다공성은 뼈경화증(sclerosis)에 대한 반응의 결과라는 것이다. 즉 경화된 뼈에서는 혈관이 비정상적으로 불규칙해지는데 이때 내부의 골수가 연골밑뼈로 침투하면서 구멍이 발생한다는 설명이다. 둘째, 또 다른 가능성으로는 연골밑뼈가 마모됨으로써 부차적으로 골수공간이 노출되어 구멍이 나타날 수 있다고 본다. 반면 Sokoloff(1979)는 관절부위에서 손상된 연골의 구멍이 윤활액(synovial fluid)이 골수공간(medullary cavity)으로 들어갈 수 있는 통로가 된다고 설명하였다. 현재로서는 위의 세 가지 설명 중 무엇이 다공성의 유무를 일

관되게 해석할 수 있는지 알 수 없다. 다만 다공성과 퇴행성 관절 질환의 관계에 대한 연구(Rothschild 1997, Derevenski 2000)에서 둘 간에 유의한 관계가 전혀 확인되지 않았기 때문에 차후 이 기준의 사용여부는 불투명해 보인다. 이와 관련하여, Jurmain(1999)은 일반적으로 관절부위의 뼈대 표면이 얇아질 때 다공성이 나타나기 때문에 이를 퇴행성 관절 질환에 의한 변화라고 볼 수도 있지만 그와 동시에 건강한 뼈의 표면에서도 이 같은 변화가 나타난다는 사실을 지적하였다. Ortner(1968)는 다공성과 상아질화가 대부분의 경우에 함께 나타난다고 하였지만, 상아질화를 기준으로 퇴행성 관절 질환의 정도를 측정하여 다공성과 비교하였던 Woods(1995)의 연구에서는 두 지표간의 상관관계를 확인할 수 없었기 때문에 다공성은 국소적인 연골부위의 결함이나 뼈의 영양상태와 관련된 병리적 특징일 가능성이 있다. 따라서 옛 사람뼈 연구에서 퇴행성 관절 질환을 진단하는 기준으로 다공성을 사용하는 문제는 앞으로 재고되어야 할 여지가 있다.

결론적으로 최근 몇 년 동안 역학적 스트레스 반영 지표를 이용한 행위복원 연구가 비판적인 평가를 받아왔지만 그럼에도 불구하고 이 지표를 이용해 과거 사회의 특징을 유추할 수 있다는 합의가 어느 정도 이루어지고 있다. 행위가 지표의 발현 및 발전에 중요한 요인이 될 수 있다는 가능성은 역학과 운동의학 분야의 연구에 의해 뒷받침이 되고 있다(Meyer 등 2011). 한편, 다양한 시대와 지역에서 출토된 옛 사람뼈 집단을 통한 연구는 역학적 스트레스 반영 뼈대지표의 발현 패턴에 대한 연구가 특정 행위 자체를 추론하기보다 일상적이면서 일반적인 행위패턴을 유추하는 데 목적을 두고 이루어져야 한다는 결론을 이끌어 내었다(Knüsel 2000, Pearson과 Buikstra 2006).

행위복원 연구를 위한 자료는 동일한 시대에 살면서 유사한 행위범주를 갖는 집단이 대형 분묘군에서 출토된 경우가 가장 이상적일 것이다. 그러나 고고학 유적지에서 출토되는 대부분의 뼈들은 불완전한 상태이기 때문에 연구 결과가 실증적이기 위해서는 나이와 성을 비롯한 기본적 속성과 더불어 사회적 속성에 대한 편차가 없도록 자료를 통계적으로 통제하고 검증하는 절차가 필요하다(Meyer 2011, Niinimäki 2011). 특히 나이는 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형의 발전에 많은 영향을 미치기 때문에 노화의 과정에서 발생한 퇴행과 구분하기 위해 반드시 통제되어야 한다.

오늘날 역학적 스트레스 반영 지표와 관련된 논쟁의 핵심은 과연 다른 정보들을 배제하고 지표의 발현만으로

로 집단의 행위수준을 추론할 수 있는가 하는 것이다. 일련의 학자들은 지표가 정확하게 진단되지만 한다면 행위와 역학적 스트레스 반영 뼈대지표간 관계는 의미가 있다고 주장한다(Rothschild 1997). 그러나 퇴행성 관절 질환과 근부착부위 뼈대변형은 그 형태의 특징을 육안으로 분석하여 진단하기 때문에 주관적이기 쉽고, 따라서 관찰자간 결과가 일관성있게 유지되기 어렵다(Zumwalt 2006, Weiss와 Jurmain 2007). 이러한 오류를 최소화하기 위해서는 Buikstra와 Ubelaker(1994)의 방법처럼 개별적인 속성을 독립적으로 분석해야 할 것이다. 이와 더불어, 동시대의 연구에서 통용되는 기준의 유효성을 먼저 확인해야 한다. 즉 뼈대에서 나타나는 특징만으로 독립된 결과를 증명하기 위해서는 지표가 일관적으로 특정 행위와 관련되어 있다는 확신과 증명이 필요하다. 이를 위해서는 행위와 관련된 속성이라고 입증된 기준을 통해 지표의 발현 및 정도를 의학에 기반하여 진단해야 하고 동일한 의미를 갖는 행위복원 지표와의 상관관계도 주목해야 한다. 그러나 진단기준이 되는 개별적인 요소들이 모든 뼈대 부위에서 동일한 의미를 가지는가에 대한 문제는 향후 임상의학 연구에서 보다 명확히 밝혀져야 할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- Alexander CJ : Osteoarthritis: a review of old myths and current concepts. *Skeletal Radiology* 19: 327-333, 1990.
- Angel JL : Early skeletons from Tranquility, California. *Smithsonian Contributions to Anthropology* 2: 1-19, 1966.
- Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, Ferguson MWJ : Gray's Anatomy, 38th ed., Edinburgh, Churchill-Livingston, pp 512-51, 1995.
- Benjamin M, Kumai T, Milz S, Boszczyk BM, Boszczyk AA, Ralphs JR : The skeletal attachment of tendons-tendon 'entheses'. *Comp Biochem Physiol A* 133: 931-945, 2002.
- Benjamin M, McGonagle D : The anatomical basis for disease localization in seronegative spondyloarthropathy at entheses and related sites. *J Anat* 199: 503-526, 2001.
- Bridges PS : Spondylolysis and its relationship to degenerative joint disease in the prehistoric southeastern United States. *Am J Phys Anthropol* 79: 321-329, 1989.
- Bridges PS : Skeletal evidence of changes in subsistence activities between the Archaic and Mississippian time periods in Northwestern Alabama. In: *What Mean these Bones? Studies in Southeastern Bioarchaeology*, Powell M, Bridges P, Mires A. eds., Tuscaloosa, University of

- Alabama Press, pp 89-102, 1991.
- Bridges PS : Prehistoric arthritis in the Americas. *Annu Rev Anthropol* 21: 67-91, 1992.
- Buikstra JE, Ubelaker DH : Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains, Research Series 44, Fayetteville, Arkansas Archaeological Survey, 1994.
- Cohen MN : Health and the Rise of Civilization, New Haven, Yale University Press, 1989.
- Corruccini R, Handler J, Mutaw R, Lange F : Osteology of a slave burial population from Barbados, West Indies. *Am J Phys Anthropol* 59: 443-459, 1982.
- Cucina A, Iscan MY : Assessment of enamel hypoplasia in a high status burial site. *Am J Hum Biol* 9: 213-222, 1997.
- Cucina A, Tiesler V : Dental caries and antemortem tooth loss in the northern Peten area, Mexico: a biocultural perspective on social status differences among the Classic Maya. *Am J Phys Anthropol* 122: 1-10, 2003.
- Derevenski JRS : Sex differences in activity-related osseous change in the spine and the gendered division of labor at Ensay and Wharram Percy, UK. *Am J Phys Anthropol* 111: 333-354, 2000.
- Dumond H, Presle N, Terlain B, Mainard D, Loeuille D, Netter P, Pottier P : Evidence for a key role of leptin in osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 48: 3118-3129, 2003.
- Dutour O : Enthesopathies (lesions of muscular insertions) as indicators of the activities of Neolithic Saharan populations. *Am J Phys Anthropol* 71: 221-224, 1986.
- Edynak GH : Life-styles from skeletal material: a medieval Yugoslav example. In: *The Measures of Man*, Giles E, Friedlaender JS. eds., Cambridge, Peabody Museum Press, pp 408-432, 1976.
- Emery IH, Meachim G : Surface morphology and topography of patello-femoral cartilage fibrillation in Liverpool necropsies. *J Anat* 116: 103-120, 1973.
- Eshed V, Gopher A, Pinhasi R, Hershkovitz I : Paleopathology and the origin of agriculture in the Levant. *Am J Phys Anthropol* 143: 121-133, 2010.
- Fung YC : *Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues*, New York, Springer-Verlag, 1993.
- Gilbertson EMM : Development of peri-articular osteophytes in experimentally induced osteoarthritis in the dog. *Ann Rheum Dis* 34: 12-25, 1975.
- Hawkey DE : Use of upper extremity enthesopathies to indicate habitual activity patterns. M.A. Thesis, Arizona State University, 1988.
- Hawkey DE, Merbs CF : Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos. *Int J Osteoarchaeol* 5: 324-338, 1995.
- Hunter DJ, Niu J, Zhang Y, Nevitt MC, Xu L, Lui LY, Yu W, Aliabadi P, Buchanan TS, Felson DT : Knee height, knee pain, and knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 52: 1418-1423, 2005.
- Jankauskas R : The incidence of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis and social status correlations in Lithuanian skeletal materials. *Int J Osteoarchaeol* 13: 289-293, 2003.
- Jurmain RD : Stress and etiology of osteoarthritis. *Am J Phys Anthropol* 46: 353-365, 1977.
- Jurmain RD : *Stories from the Skeleton: Behavioral Reconstruction in Human Osteology*, Amsterdam, Gordon and Breach, 1999.
- Klaus HD, Larsen CS, Tam ME : Economic intensification and degenerative joint disease: life and labor on the post-contact north coast of Peru. *Am J Phys Anthropol* 139: 204-221, 2009.
- Knüsel C : Bone adaptation and its relationship to physical activity in the past. In: *Human Osteology in Archaeology and Forensic Science*, Cox M, Mays S. eds., London, Greenwich Medical Media, pp 381-401, 2000.
- Lai P, Lovell NC : Skeletal markers of occupational stress in the fur trade: a case study from a Hudson's Bay company fur trade post. *Int J Osteoarchaeol* 2: 221-234, 1992.
- Lajeunesse D : Altered subchondral osteoblast cellular metabolism in osteoarthritis: cytokines, eicosanoids, and growth factors. *J Musculoskel Neuron Interact* 2: 504-506, 2002.
- Lambert PM, Walker PL : Physical anthropological evidence for the evolution of social complexity in coastal southern California. *Antiquity* 65: 963-973, 1991.
- Laros GS, Tipton CM, Cooper RR : Influence of physical activity on ligament insertions in the knees of dogs. *J Bone Joint Surg Am* 53: 275-285, 1971.
- Larsen CS : Health and disease in prehistoric Georgia: the transition to agriculture. In: *Paleopathology at the Origins of Agriculture*, Cohen MN, Armelagos GJ. eds., New York, Academic Press, pp 367-392, 1984.
- Larsen CS : *The Archaeology of Mission Santa Catalina de Guale: 2, Biocultural Interactions*. Anthropological Papers of the American Museum of Natural History 68, 1990.
- Larsen CS : Biological changes in human populations with agriculture. *Annu Rev Anthropol* 24: 185-213, 1995.
- Larsen CS : *Bioarchaeology: Interpreting Behavior from the Human Skeleton*, Cambridge, Cambridge University Press, 1997.
- Larsen CS, Ruff CB : The stresses of conquest in Spanish Florida: structural adaptation and change before and after con-

- quest. In: *In the Wake of Contact. Biological Responses to Conquest*, Larsen CS, Miler GR. eds., New York, Wiley-Liss, pp 139-159, 1994.
- Lieverse AR, Weber AW, Bazaliiskiy VI, Goriunova OI, Savel'ev NA : Osteoarthritis in Siberia's Cis-Baikal: skeletal indicators of hunter-gatherer adaptation and cultural change. *Am J Phys Anthropol* 132: 1-16, 2007.
- McDevitt C, Gilbertson E, Muir H : An experimental model of osteoarthritis: early morphological and biochemical changes. *J Bone Joint Surg Br* 59: 24-35, 1977.
- Meiklejohn C, Schentag C, Venema A, Key P : Socioeconomic change and patterns of pathology and Neolithic of western Europe: some suggestions. In: *Paleopathology at the Origins of Agriculture*, Cohen MN, Armelagos GJ. eds., New York, Academic Press, pp 75-100, 1984.
- Merbs CF : The pathology of a La Jollan skeleton from Punta Minitas, Baja California. *Pacific Coast Archaeological Society Quarterly* 16: 37-43, 1980.
- Merbs CF : Patterns of activity-induced pathology on a Canadian Inuit Population. *Archaeological Survey of Canada, National Museum of Man, Mercury Series, No. 119. National Museums of Canada, Ottawa, 1983.*
- Merbs CF, Euler RC : Atlanto-occipital fusion and spondylolysis in an Anasazi skeleton from Bright Angel Ruin, Grand Canyon national park, Arizona. *Am J Phys Anthropol* 67: 381-391, 1985.
- Meyer C, Nicklisch N, Helda P, Fritsch B, Alt KW : Tracing patterns of activity in the human skeleton: an overview of methods, problems, and limits of interpretation. *Homo* 62: 202-217, 2011.
- Molnar P : Tracing prehistoric activities: musculoskeletal stress marker analysis of a Stone-Age population on the island of Gotland in the Baltic Sea. *Am J Phys Anthropol* 129: 12-23, 2006.
- Nagy BLB : The life left in bones: evidence of habitual activity patterns in two prehistoric Kentucky populations. Ph. D. Dissertation, Arizona State University, 2000.
- Niinimäki S : What do muscle marker ruggedness scores actually tell us? *Int J Osteoarchaeol* 21: 292-299, 2011.
- Noyes FR, Torvike PJ, Hyde WB, Delucas JL : Biomechanics of ligament failure. II. An analysis of immobilization, exercise, and reconditioning effects in primates. *J Bone Joint Surg Am* 56: 1406-1418, 1974.
- Ortner DJ : Description and classification of degenerative bone changes in the distal joint surfaces of the humerus. *Am J Phys Anthropol* 28: 139-155, 1968.
- Ortner DJ : *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*, 2nd ed., Amsterdam, Academic Press, 2003.
- Owsley D, Orser C, Mann R, Moore-Jansen P, Montgomery R : Demography and pathology of an urban slave population from New Orleans. *Am J Phys Anthropol* 74: 185-197, 1987.
- Pearson O, Buikstra J : Behavior and the bones. In: *Bioarchaeology: The Contextual Analysis of Human Remains*, Buikstra J, Beck L. eds., New York, Elsevier, pp 207-225, 2006.
- Pechenkina EA, Delgado M : Dimensions of health and social structure in the early intermediate period cemetery at Villa El Salvador, Peru. *Am J Phys Anthropol* 131: 218-235, 2006.
- Peyron JG : Review of the main epidemiologic-etiological evidence that implies mechanical forces as factor in osteoarthritis. *Eng Med* 15: 77-79, 1986.
- Price TD, Brown JA : Aspects of hunter-gatherer complexity. In: *Prehistoric Hunter-Gatherers. The Emergence of Cultural Complexity*, Price TD, Brown JA. eds., Orlando, Academic Press, pp 3-20, 1985.
- Radin EL. *Mechanical factors in the causation of osteoarthritis. Rheumatology* 7: 46-52.
- Reginato AM, Olsen BR : The role of structural genes in the pathogenesis of osteoarthritic disorders. *Arthritis Research* 4: 337-345, 2002.
- Resnick D, Niwayama G : Entheses and enthesopathy: anatomical, pathological, and radiological correlation. *Radiology* 146: 1-9, 1983.
- Resnick D, Niwayama G : *Diagnosis of Bone and Joint Disorders*, Philadelphia, Saunders, 1988.
- Rogers J, Shepstone L, Dieppe P : Bone formers: osteophyte and enthesophyte formation are positively associated. *Ann Rheum Dis* 56: 85-90, 1997.
- Rojas-Sepúlveda SR, Ardagna Y, Dutour O : Paleoepidemiology of vertebral degenerative disease in a pre-Columbian Muisca Series from Colombia. *Am J Phys Anthropol* 135: 416-430, 2008.
- Rose JC, Burnett BA, Blaeuer MW, Nassaney MS. *Paleopathology and the origins of maize agriculture in the lower Mississippi valley and Caddoan culture area. In: Paleopathology at the Origins of Agriculture*, Cohen MN, Armelagos GJ. eds., New York, Academic Press, pp 393-424, 1984.
- Rothschild BM : Porosity: a curiosity without diagnostic significance. *Am J Phys Anthropol* 104: 529-553, 1997.
- Ruff CB : Biomechanical analyses of archaeological human remains. In: *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Katzenberg A, Saunders SR. eds., New York, Wiley-Liss, pp 71-102, 2000.
- Ruff CB, Hayes WC : Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae-a biomechanical investigation:

- II. Sex, age, and side differences. *Am J Phys Anthropol* 60: 383-400, 1983.
- Ruff CB, Holt B, Trinkaus E : Who's afraid of the big bad Wolff?: "Wolff's Law" and bone functional adaptation. *Am J Phys Anthropol* 129: 484-498, 2006.
- Ruff CB, Larsen CS, Hayes WC : Structural changes in femur with the transition to agriculture on the Georgia coast. *Am J Phys Anthropol* 64: 125-136, 1984.
- Sokoloff L : Pathology and Pathogenesis of osteoarthritis. In: *Arthritis and Allied Conditions*, McCarty DJ. ed., Philadelphia, Lea and Febiger, pp 1135-1153, 1979.
- Stirland AJ : Musculoskeletal evidence for activity: problems of evaluation. *Int J Osteoarchaeol* 8: 354-362, 1998.
- Villotte S, Castex D, Couallier V, Dutour O, Knüsel CJ, Henry-Gambier D : Enthesopathies as occupational stress markers: evidence from the upper limb. *Am J Phys Anthropol* 142: 224-234, 2010.
- Vuori I, Heinonen A, Sievanen H, Kannus P, Pasanen M, Oja P : Effects of unilateral strength training and detraining on bone mineral density and content in young women: a study of mechanical loading and deloading on human bones. *Calcif Tissue Int* 55: 59-67, 1994.
- Walker PL, Hollimon SE : Changes in osteoarthritis associated with development of a maritime economy among southern California Indians. *Int J Anthropol* 4: 171-183, 1989.
- Weiss E : Effects on rowing on humeral length. *Am J Phys Anthropol* 121: 293-302, 2003.
- Weiss E, Jurmain R : Osteoarthritis revisited: a contemporary review of aetiology. *Int J Osteoarchaeol* 17: 437-450, 2007.
- Wells C : *Bones, Bodies, and Disease: Evidence of Disease and Abnormality in Early Man*, London, Thames and Hudson, 1964.
- Woo EJ, Sciulli PW : Degenerative joint disease and social status in the terminal late Archaic period (1000-500 B.C.) of Ohio. *Int J Osteoarchaeol*. (in press), 2011.
- Woods RJ : *Biomechanics and osteoarthritis of the knee*. Ph.D. Dissertation, Ohio State University, 1995.
- Yoshimura N, Sascki S, Iwaski K, Danjuh S, Kinoshita H, Yasuda T, Tamaki T, Hashimoto T, Kellingray S, Croft P, Coggon D, Cooper C : Occupational lifting is associated with hip osteoarthritis: a Japanese case-control study. *J Rheumatol* 27: 434-440, 2000.
- Zhang Y, Hunter DJ, Nevitt MC, Xu L, Niu J, Ly L, Yu W, Aliabadi P, Felson DT : Association of squatting with increased prevalence of radiographic tibiofemoral knee osteoarthritis: the Beijing osteoarthritis study. *Arthritis Rheum* 50: 1187-1192, 2004.
- Zumwalt A : The effect of endurance exercise on the morphology of muscle attachment sites. *J Exp Biol* 209: 444-454, 2006.

Rethinking the Possibilities and Limitations of a Study on the Skeletal Markers Reconstructing the General Level of Physical Activity

Eun Jin Woo, Sunyoung Pak

Department of Anthropology, College of Social Sciences, Seoul National University, San 56-1, Sillim-dong, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

Abstract : The reconstruction of activity and of work patterns has been approached by examinations of activity-related skeletal markers. Among several different methods, in particular, a number of anthropologists have widely applied the patterns of enthesopathies and degenerative joint disease in studies of past activity. The purpose of this study is to better understand and use these indicators in reconstructing the levels of physical activities of past populations.

This review will provide information on the most recent anthropological research on the behavioral interpretation on degenerative joint disease and enthesopathies, to better use these indicators in understanding past populations.

There are obvious limitations in using these markers, and it is necessary to consider them. Firstly, it is uncertain as to whether there are certain activities that are performed repetitively throughout their lives of those who lived in past civilizations. A second limitation involves the etiology of skeletal markers related to mechanical stress. There are multiple-factors, including genetic predisposition, sex, the aging process, and diet that may affect the way people practice a specific activity. Accordingly, this makes it difficult to evaluate the underlying etiological factors and their roles in activity-related skeletal changes.

In conclusion, to circumvent these limitations, the use of multiple skeletal markers together in studies of the activities of past populations may enable to more reliable interpretations. However, to ensure more reliable interpretations, the validity of such combinations of makers should be challenged. Therefore, more work on the validity of activity-related markers is needed to clarify the activities that are responsible for the development in life of the features observable in skeletal populations. This type of research can contribute to the discussion of the use of activity-related skeletal markers in studies of behavioral interpretations with more certainty regarding which morphological characteristics are responses to physical activity and mechanical loading as the pathogenesis of such characteristics.

Keywords : Mechanical stress, Activity pattern, Degenerative joint disease, Enthesopathies