

HRV(심박동변이도)와 EEG(뇌파도)를 이용한 실험

— 인간의 타고난 성격을 뇌파로 구분한다 —

김원식(한국표준과학연구원) 박사 / 편집부 인터뷰



똑같은 일이 주어져도 보상에 민감한 사람은 행동 활성화 체계가 강하고 처벌에 민감한 사람은 행동 억제 체계가 강하다고 합니다. 이런 특성이 뇌파에서 확연히 드러난다는 것을 김원식 박사는 실험을 통해 확인했습니다. 이 글을 통해 우리는 한사람의 태도가 바뀌어지기 위해서는 일종의 회로로 정착되어 있는 그의 패턴이 깨어져야 함을 알게 됩니다. 단순히 말로 될 일은 아니라는... (편집자 주)

연구를 시작하게 된 동기를 말씀해 주십시오.

음향감성평가(소리가 감성에 미치는 영향) 과제를 수행하면서 뇌파 측정에 기초한 개인의 성격에 따라 고유한 전전두엽의 비대칭성에 관한 해외논문(데이비슨, 2000)을 접하게 되었고, 곧바로 대학생들을 피험자로 확인 실험을 해 보았습니다. 그랬더니 정말 오싹할 정도로 성격에 따른 행동활성화와 행동억제체계가 확연하게 뇌파에 나타나더군요. 실험실에서 편안하게 눈을 감은 안정 상태에서 측정을 한 뒤 평균을 내보니까, 행동활성화체계(behavioral activation system: BAS)가 강한 것으로 나타난 학생들은 왼쪽 전전두엽의 뇌파가 더 활성화되고, 행동억제체계(behavioral inhibition system: BIS)가 강한 학생들은 오른쪽 전전두엽이 더 활성화된다는 게 명확히 보였습니다. 그것이 뇌파 측정에서 나타난 것입니다.

평상시에도 그렇게 나타납니까?

네. 안정상태에서 측정을 해보면 그 사람은 언제든지 똑같은 현상이 나타나요. 성격이 반영되는 것이죠. 제 마음 속에는, 사람에게 제시되는 감성유발 자극체에 모든 사람이 똑같이 반응하는 것은 아닐 것이라는 생각이 있었습니다. 다시 말씀드리면 동양의학에는 사상체질이 있으며, 보약이 모든 사람에게 다 맞지는 않는다는 것이죠. 그와 마찬가지로, 감성유도체에 대한 제시 자극도 똑같은 반응을 일으키지는 않습니다.

여기서 말하는 '감성'이라는 것이 무엇을 말합니까?

감성은 감정과는 구분이 되는 것입니다. 감정은 느끼는 정도가 분명하고 큼니다. 예를 들어 어떤 문제로 정서적인 반응을 할 때 화가 나거나 기쁠 정도로 확실한 것은 감정차원으로 들어가는 반면, 감성은 느끼는 정도가 분명히 표현하기에는 애매모호할 정도로 작지만 정서의 깊은 내면에 영향을 주어, 어떤 판단을 내릴 때 결정적인 역할을 하게 되지요.

그러니까 감정으로 나타나는 것의 임계치가 있다면 그 임계치 아래를 말하는 것입니까?

강렬한 정도로 보자면 그렇게 볼 수 있습니다. 누가 나한테 욕을 한다던가 하면 화가 나서 자기행동이 수반되어 주먹질까지 나오는 것이 감정입니다. 반면 감성은 내가 어떤 여인을 보고 혹은 어떤 꽃을 보고, 표현은 잘 못하겠지만 뭔가 끌리는 것이 있을 때 느껴지는 것입니다. 예를 들면 옷가게에 갔는데, 자기 눈에 확 띄고 마음에 드는 것이 있잖습니까? 그렇게 첫눈에는 들었지만 자기평가 기준에 따라 이것저것 다른 것을 고릅니다. 첫눈에 딱 들어온 것은 뭔가 판단할 수 있는 기준으로 얘기하기는 어려웠기에 자기의 논리적인 사고로 이해판단을 따져 다른 물건을 선택해서 집에 갔는데 자꾸만 처음 맘에 들었던 물건이 생각나는 거예요. 그래서 결국에는 다시 돌아와 그 물건으로 바꾸어 갑니다. 그런 것이 감성에 의한 것이라고 설명할 수 있습니다. 미미하지만 그 사람의 잠재력에 아주 강한 영향을 주어 결정을

내릴 때는 오히려 가장 큰 역할을 하는 것이죠. 감정은 이것이 아름답고 저것은 화가 난다고 했을 때 상당히 객관화될 수 있습니다. 모든 사람이 그 욕설을 듣고 화를 낼 수 있다는 말입니다. 그러나 감성은 개인에게 속하는 것이지요. 즉, 한국인에게 맞는 자동차 색깔이 독일인에게는 잘 안맞는다, 이런 것이 감성입니다. 개인의 연령, 성별, 문화 그리고 경험과 배움의 정도 등에 따라 그 사람의 감성을 결정하는 요소들이 굉장히 많습니다. 복잡하기 때문에 이것을 어떤 감성평가의 지표로 삼는다는 것은 굉장히 어렵고 상당히 개인의 의존성이 강합니다.

알겠습니다. 그런 감성을 주제로 연구를 해오신 거군요.

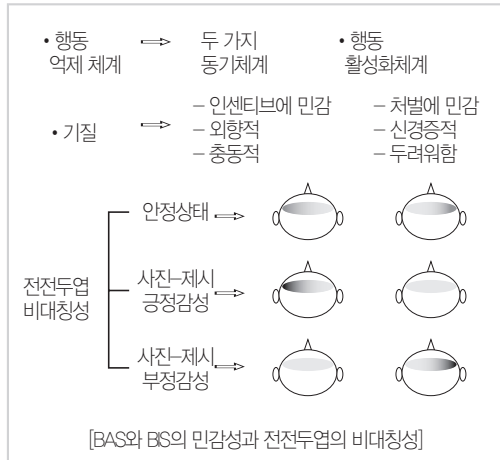
예, 감성공학 과제를 '95년부터 연구하기 시작했습니다. 감성공학을 한다는 얘기는 인간의 감성을 아주 잘 만족시켜줄 수 있는 제품의 디자인 요소 등을 발견하여 활용하는 것입니다. 과거에는 사용자에게 기능적인 면만을 충족시켜주면 제품의



역할은 됐습니다. 그러나 최근에는 감성시대라 해서 정신적인 만족과 사용의 편리성 등 모든 면에서 사용자에게 만족을 주기 위해 감성공학이 탄생되었습니다. 저는 늘 인간이 획일화되어 있지 않다는 것에 관심이 있었고 실험도 해봤습니다. 즉, 비생명체가 아니라 사람에게 자극을 제시해 그가 느끼는 값을 평균치를 내고 표준편차를 구했는데, 많은 사람을 대상으로 해봤을 때 그 평균에 대한 표준편차가 굉장히 크더라는 것입니다. 이렇게 편차가 큰 것을 모든 사람에게 일률적으로 적용한다는 것은 무리가 있지 않겠느냐라고 생각한 것입니다. 그런 편차를 줄이기 위해 어떻게 해야할까 생각하다가 특정한 성격이나 특징을 갖는 집단으로 묶어보기로 했습니다. 이런 것을 피험자의 균질성이라 하는데 여기서 균질성의 대상이 되는 것은 성격이죠. 그 성격을 좌우할 수 있는 것이 아까 말씀드렸던 연령, 성별 등이 될 수가 있습니다. 피험자의 균질성이 아주 높은 집단에서는 제시되는 자극에 어떤 감성이 유발되는지, 그 편차가 작지 않을까 하는 것에 관

심이 있었습니다. 그런데 피험자들을 어떻게 그룹으로 묶을 것인가? 그것에는 혈액형으로 나눌 수 있는 방법과 성별로 나눌 수 있는 방법 등이 있습니다. 또는 체질분류로 할 수도 있을 것입니다. 4체질, 8체질, 5행 등으로 체질을 분류해서 3~4년 전에 실험을 했는데 그것이 아주 잘 되었어요. 공개되지는 못했지만, 실제 실험에서 침놓는 자리에 칼라테이핑을 했는데, 삼각형을 혈류의 방향과 반대 또는 일치시킴으로써 사(瀉)하거나 보(補)할 수 있었습니다. 그렇게 해서 뇌파를 측정해보니 2~3분 후에 뇌파의 진폭이 급격히 감소하였습니다. 우리는 체질에 따라 실험했습니다. 그 으로 굉장히 연구를 하고 싶었지만, 여건이 안 맞아 더 이상 하지 못했어요. 그러다가 데이비슨이 한 실험을 확장해서 해 본 것입니다. 그는 사람에 따라 각자의 고유한 전전두엽 활성화도가 비대칭적이라는 것을 알았습니다.

비대칭이라는 것은 좌우가 다르다는 것입니까?



있으며, 혈액형과 같은 고유한 특성이라는 것을 알게 된 것입니다. 심리학자인 그레이에 의하면 인간은 크게 두 가지의 성격으로 분류될 수 있다고 했습니다. 그가 제안한 것이 바로 BAS(행동활성화체계, behavioral activation system)와 BIS(행동 억제 체계,

그렇죠. 어느 한쪽이 더 활성화되어 있다는 것입니다. 물론 똑같이 활성화되어 있기도 합니다. 그런데 상당히 많은 사람들이 좌우 활성화가 비대칭적이라는 것을 뇌파측정을 통해 알았습니다. 예를 들어 A라는 사람을 안정상태에서 측정해 보았을 때 좌측 전전두엽이 더 활성화되어 있다면 언제든지 측정을 해봐도 좌측이 더 활성화 되어 있고, 안정상태에서 우측이 더 활성화 되어있는 사람은 언제든지 우측이 더 활성화 되어있다는 것을 알게 되었습니다. 데이비슨은 그것이 매우 신기했던 것입니다. 그래서 그는 사람마다 고유하게 전전두엽의 비대칭성을 갖고

behavioral inhibition system)입니다. 또 사람에 따라 행동활성화체계와 행동억제체계 모두가 강할 수 있고, 모두 강하지 않을 수도 있습니다.

모두 강하다는 것은 무슨 뜻입니까?

예를 들어, 사회생활을 할 때 우리에게 주어지는 일이 있습니다. 일에는 일반적으로 보상과 처벌이 따릅니다. 그 일을 잘하면 승진을 할 수 있고 상도 받을 수 있지만 잘못하면 문책을 당하거나 창피를 당할 수도 있습니다. 이것을 심리학적 용어

로 표현하면 보상과 처벌입니다. 어떤 일에 대해서 보상과 처벌이 따르는데, 보상에 더 민감한 사람은 바스(BAS: 행동활성화체계)가 강한 사람이고, 처벌에 더 민감한 사람은 비스(BIS: 행동억제체계)가 강한 사람입니다. 일반적으로 '바스'가 강한 사람은 '비스'가 강하지 않다고 볼 수 있는데 그것은 일차원적인 것입니다. 그와 달리 그레이는 독립차원을 제안했습니다. 그것은 바스가 강하면서 동시에 비스도 강할 수 있다는 것입니다. 바스가 강하다고 해서 꼭 비스가 약한 것이 아니고 그 관계가 서로 독립적이라는 것이죠. 보통 이해하기에는 보상에 초점이 맞추어진 사람은 어떤 일이 주어졌을 때 좀더 행동이 활성화될 것이고 그런 사람은 억제하는 활동이 덜할 것으로 생각되는데, 꼭 그렇지는 않다는 것입니다.

좀더 구체적으로 말씀해주십시오.

예를 들어, 어떤 일을 성공하면 상금(인센티브)을 주겠다고 했을 때,

그것에 대해 노력을 해서 상금을 받겠다는 쪽으로 나가면 '행동활성화'인데, 이것을 못하면 창피하다는 쪽으로 나가는 사람은 '행동억제체계'가 강한 것입니다. 이 두가지 모두가 민감한 사람이 있는데, 특히 여성이 많습니다. 제가 음향에 따른 감성을 청감실험으로 평가한 적이 있는데 그 연구에서도 여성은 남성보다 감성이 더 예민한 것으로 나타났었습니다.

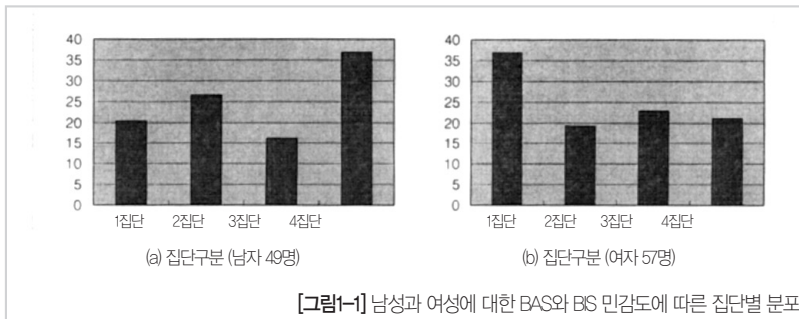
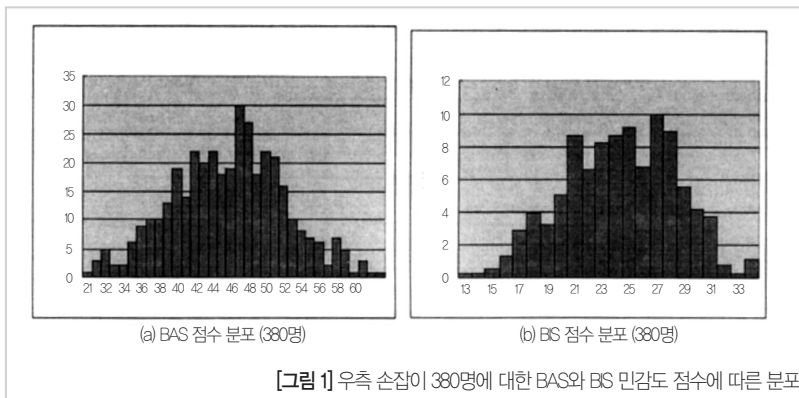
바스, 비스 둘 다 민감한 사람은 행동이 어떻게 나타납니까?

어떤 일에 대하여 처벌에 민감하지만 보상에 대하여도 민감하므로, 보상으로 인한 이익이 처벌의 손실에 비하여 상대적으로 클수록 더욱 적극적으로 참여합니다. 우리 학생들 중에 바스, 비스가 모두 민감한 학생이 있었습니다. 여기 그래프(그림 1-1(b))를 보면 1집단(바스, 비스가 모두 민감한 학생)에 속합니다. 그림 2는 바스 평가척도를 $\langle Z \rangle$ 변환한 것입니다. $\langle Z \rangle$ 변환이란, 평균을 0이 되도록 변환시키는 것입니다.

그렇게 하여 바스를 평가한 점수와 비스를 평가한 점수를 Z 변환시켜서 뺀 때 이 값이 플러스(+)이면 바스가 더 강한 사람입니다. Y축은 전전두엽의 비대칭성 점수인데, 바스 성향이 더 강한 사람일수록 좌측 전전두엽이 더 활성화 되어 비대칭성 점수가 '+ ' 방향으로 증가합니다.

좌측 전전두엽이 극도로 활성화된 사람과, 우측 전전두엽이 극도로

활성화된 사람들에 대해서 바스와 비스의 민감성 정도를 평가 해보니까 좌측이 활성화된 사람은 바스 값이 높고 우측이 활성화된 사람은 비스 값이 높았습니다. 또한 어떤 제시된 자극에 대해서 좌측이 더 활성화된 사람은 긍정적인 자극에 더 적극적인 관심을 보이고, 우측이 더 활성화된 사람은 부정적인 자극에 더 민감한 반응을 보이며 적대적이고 기

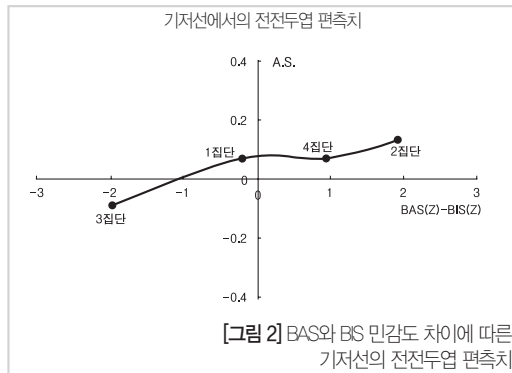


피하려는 반응을 보였습니다. 그러한 바스, 비스 평가결과와 개인의 고유한 비대칭성과의 상관성을 데이비슨은 밝혔던 것입니다. 제가 그의 논문을 읽으면서 대단하다고 생각해 확인 작업에 들어갔고, 실제 저희 학생들과 제시자극에 대한 뇌파측정뿐만 아니라 심박동변이도(HRV: heart rate variability)까지도 측정해 확장하여 그 결과를 확인해 보았습니다. 심전도를 측정하면 맥파에 해당하는 R피크가 있는데, R피크가 뛰는 간격의 변동성이 심박동변이도입니다.

HRV(심박동 변이도)를 보고 주파수 대역에서 분석하면 그 사람의 교감신경과 부교감신경의 밸런스(균형)를 볼 수 있고, 거기서 더 나아가 얼마나 긍정적 감성을 느끼느냐 부정적 감성을 느끼느냐, 혹은 감정의 변화가 있느냐 까지도 알 수가 있습니다. HRV를 이용한 감성평가 연구가 롤린 맥크라티 등(1996)에 의해 짧은 편지형식으로 해외 논문에 소개되었

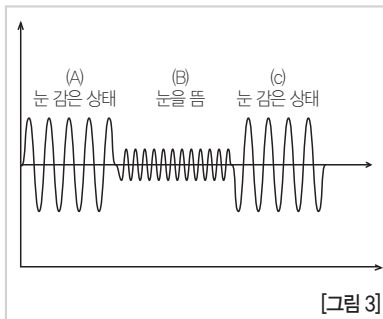
는데, 저희는 그 결과들을 실험실에서 확인했어요. 심전도를 측정할(당시 뇌파와 심전도를 동시에 측정했거든요.) 데이터가 뇌파를 분석한 결과와 같이 나오는 것을 확인함으로써, 우리의 결과는 데이비슨의 뇌파측정과 맥크라티의 HRV 측정결과를 연결시켜주는 역할을 하었다고 볼 수 있습니다. 또한 ‘바스’와 ‘비스’의 민감도에 따라 감성이 뇌파와 심전도(즉, HRV)에 미치는 영향을 모두 밝힌 것은 저희가 최 라고 말씀드릴 수 있습니다.

무엇보다 바스와 비스의 특성을 반영시켰다는 점과 보통은 시각 제시자극을 사용하는데 저희는 음향 제시자극을 사용했다는 점이 다른 연구자들의 결과와 차별이 있습니



다. 또 뇌파의 알파-2대역에 음향감성에 대한 좀더 많은 정보가 있다는 것, HRV를 통해서도 감성평가를 할 수 있다는 것을 실험을 통해 확신할 수 있었습니다. 저희는 바스와 비스의 민감도를 평가하여 뇌파 측정을 해보니 상관성이 0.9정도(1일때 최고치)로 굉장히 높게 직선으로 나타났습니다. 바스가 더 민감할수록 좌측 전전두엽이 더 활성화 된다는 것이예요.

일반적으로 뇌파의 주파수대역이 높을수록 그 부위의 뇌세포가 더 활성화되었다고 봅니다. 그러나 중요한 것은 뇌파의 주파수가 증가할수록 동기화가 잘 안된다는 점입니다. 즉, 눈을 감은 상태에서는 뇌파들 사이의 동기화가 잘 되어 진폭이 크고(그림 3A), 눈을 뜨면(각성상태)



[그림 3]

더 많은 뇌세포들이 활성화되어 동기화가 잘 되지 않아서 뇌파의 진폭은 줄어듭니다(그림 3B). ‘중첩의 원리’에 의해 뇌세포들이 활성화 되는 과정에서 특정 시간에 특정 뇌세포들의 활성화가 시간축에 일치하면 합해진 것이 증폭 됩니다. 그러나 뇌세포의 활성화가 시간적으로 조금씩 차이가 날 경우는 서로 상쇄됩니다. 따라서 각성상태에서는 뇌세포의 활성화가 많이 일어나 주파수는 높이 올라가지만, 오히려 서로 상쇄 간섭할 확률이 높아져 진폭은 줄어들게 되는 것이죠.

진폭이 크다는 것 자체가 동기화가 잘 되었다는 것이네요!

그렇죠! 눈을 감고 이완상태에 있으면 알파파대역의 진폭이 커진다는 것을 알고 계시죠? 베타파의 특징이 주파수는 높는데 진폭은 작고, 알파파대역은 주파수는 낮지만 진폭은 큼니다. 그 이유가 이완상태에서는 활성화되는 뇌세포의 갯수가 감소하기 때문입니다.

따라서 서로 부딪치는 경우가 적
겠군요!

예, 그래서 주파수는 떨어지지만
대신 뇌세포 서로 서로가 보강 간섭
을 이루어 동기화될 확률이 높아 진
폭이 커지는 것입니다. 대체로 그렇
습니다. 눈을 감았을 때는 이렇고(그
림 3A) 눈을 뜨면 이런 것(그림 3B)
이 교과서적인 얘기로 알려져 있거
든요. 예를 들어 그림 3A를 알파대
역이라 하고 그림 3B를 베타대역이
라고 하면 보시다시피 알파대역은
진폭이 크지만 베타대역은 진폭이
작습니다. 뇌세포의 활성화도에 비
하는 것이죠. 뇌세포가 많이 활성화
되면 베타대역이 올라갑니다. 뇌에서

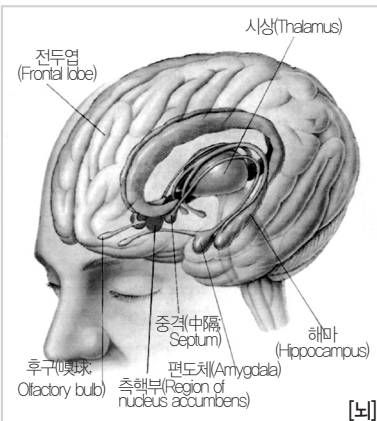
감성과 크게 관련된 부분은 전전두
엽과 편도체입니다.

여기서 왼쪽 전전두엽의 베타파
가 증가되었다는 것은 그곳이 더 활
성화되었다는 것을 뜻합니다. 그러
나 베타파의 진폭 자체가 작기 때문
에 진폭이 큰 알파대역으로 활성도
를 구별하기가 더 쉽습니다. 그런데
선행의 연구결과 왼쪽 전전두엽이
더 활성화되면 왼쪽은 베타파가 증
가하지만 오른쪽은 알파파가 증가한
다는 것입니다.

좌측 전전두엽이 활성화되었다
는 것은 우측 전전두엽의 알파대역
이 커졌다고 이해하면 되는 것인가
요?

예, 맞습니다.

왼쪽이 더 활성화되었느냐, 오른
쪽이 더 활성화되었느냐를 뇌파를
측정하여 그 스펙트럼을 분석해보면
알 수 있는데, 우측 뇌의 알파대역
파워(스펙트럼에서 알파대역의 면
적)가 더 크면, 이 사람은 반대로 왼
이 더 활성화된 사람입니다. FP2는
우측 전전두엽의 전극위치이고 FP1



은 좌측 전전두엽의 전극위치입니다.

$$AS=1000\log_{10}FP2-1000\log_{10}FP1=1000\log_{10}(FP2/FP1)$$

즉, FP2에서 측정한 알파대역의 파워에서 FP1에서 측정한 알파대역의 파워를 뺀 값이 (+)이면 좌측 전전두엽이 활성화된 것입니다. Y축의 전전두엽 편측치를 ‘비대칭값’이라 하려다가 말을 줄이다보니 편측치(AS: asymmetry score)라고 명명을 한 것입니다. Y축의 편측치 값이 (+)라는 의미는 좌측 전전두엽이 더 활성화되었음을 의미하고, X축은 BAS <Z> - BIS <Z>인데 바스(BAS)와 비스(BIS)의 민감성을 평가한 결과입니다. 그 사람의 성격을 평가한 결과, 바스가 더 강한 것으로 나타난 사람은 X축의 우측으로 가는데, 이러한 사람은 좌측 전전두엽이 더 활성화되어 있어서 뇌파를 측정하여 얻은 편측치값은 Y축의 위로 향하게 되므로, X-Y 평면상에서 1·4분면에 나타나게 된 것입니다.(그림 2) 즉 바스가 더 강한 사람은 전전두엽의 ‘편측치’가 ‘+’방향으

로 더 크고, ‘편측치’가 ‘+’방향으로 더 크다는 의미는 왼쪽 전전두엽이 더 활성화되었다는 것이죠.

잠시만요. 2·4분면일 수도 있지 않습니까? 바스, 비스값이 작으면서도 전전두엽이 활성화될 수도 있겠습니까? 바스에서 비스값을 뺀 것이 (+)라면 행동활성화체계가 높다는 것이라고 했지요? 그것은 (+)쪽으로 간 것이죠. 그런데 (-)으로 갔을 경우 즉, X축에서 음의 방향으로 간 것은 행동억제체계가 크다는 것이죠. 그런데 2·4분면일 경우 억제체계가 크면서도 좌측 전전두엽이 활성화될 수 있지 않습니까? 이런 경우도 있겠지요?

지금 굉장히 중요한 말씀을 해주셨는데요. 1집단의 학생은 결국 바스도 높고 비스도 높은 집단입니다. 본 연구에서 학생들을 바스와 비스의 민감성 정도에 따라 4개 집단으로 분류를 했습니다.(그림 4) 충남대학교 학생 450명을 투입했는데 관련된 과제의 지원이 없으면 할 수 없는 규모입니다. 그레이가 제안한 바스,

비스의 개념을 카버와 화이트가 '94년에 평가척도(미국판)를 만들었습니다. 이 평가척도를 2001년도에 충남대학교 심리학과 김교헌 교수와 함께 한국판으로 번안하여 그 신뢰성을 검증했습니다. 450명을 4집단으로 분류하고 '손잡이 우세성'을 고려하여 오른쪽 손잡이만 터링(분류)해서 380명을 실험했습니다. 바스와 비스 각각에 대하여 그 민감성 점수를 내림차순으로 나열하여, 바스의 민감도가 상위 30%, 하위 30%, 그리고 비스의 민감도가 상위 30%, 하위 30%를 기준으로 해서 사람들을 4집단으로 분류 했습니다. 중간 사람들은 피험자로 활용하지 않았습니다. 왜냐하면, 특징을 덜 반영하기 때문입니다. 1집단은 바스, 비스가 모두 높았습니다.(상위 30%), 2집단

은 바스는 높고 비스는 반대로 아주 낮았고 3집단은 거꾸로 바스는 낮고 비스는 높았어요. 4집단은 바스, 비스가 모두 낮았습니다. 각 집단별로 8명씩, 전체 32명이 실험에 참여하였습니다. BAS (Z)변환한다는 것은 평균을 0으로 보고 표준편차를 1로 보는 것입니다. 예를 들어서, 한 학급의 국어점수를 보니 70~90점까지 분포가 되었습니다. 이것의 평균은 대략 80점이 됩니다. 이것을 (Z)변환하면 80점은 0이 됩니다. 그리고 70점은 (-)값이 됩니다.

(+)라는 것은 평균에서 높은 것을 말하는군요.

그렇죠. 그래서 '편측치' BAS(Z) - BIS(Z)한 것이 (+)인 것은 바스가 더 강하다는 의미입니다. 그러면 바스와 비스가 모두 강할 수도 있는 학생은 오히려 (중간)에 나타납니다. 왜냐하면 비스가 높기 때문에 바스, 비스가 똑같이 일대일로 다 높다면 (0)이 되지요. 그래서 X,Y축 교차점인 (0)에 가까이 오는 것입니다.(그림 2) 학생들이 1집단에 근접할수록

집단	BAS	BIS
I		
II		
III		
IV		

[그림 4]

(0)으로 가고 2집단일수록 바스는 민감한데 비스는 민감하지 않죠. 3집단은 비스가 강한 에 위치하게 됩니다. 중앙에는 1집단과 4집단이 위치하게 됩니다. 아주 극한쪽인(바스, 비스가 둘다 높거나, 둘다 낮거나) 학생들은 중앙에(점수가 적히게 됩니다.) 위치하게 됩니다.

2집단이나 3집단보다 1집단과 4집단이 중앙에 위치하게 된다는 것이죠?

예, 맞습니다. 바스가 높으면 높을수록 '왼쪽 전전두엽'이 더 활성화되었다는 것을 입증하는 것이 핵심입니다. 또 재미있는 결과가 있습니다. '음악과 소음'에 대한 결과를 보면, 보통 사람이 명상음악을 들으면 긍정적 감성을 느끼고 일반적으로 소음을 들으면 부정적 감성을 느낄 것이라고 예상하고서 한 실험입니다. 데이비슨이 성격에 따라(바스, 비스의 민감성) 전전두엽이 비대칭적으로 활성화된다는 것을 입증했습니까? 또 그는 바스가 강할수록 긍정적인 제시자극에 더 민감하고

비스가 더 강할수록 부정적인 제시자극에 더 민감하다고 했습니다. 저희는 긍정적인 제시자극으로 명상음악을, 부정적인 제시자극으로는 소음을 선택했습니다. 다만 나중에 다시 실험한다면 긍정제시 자극과 부정제시 자극으로 대상 피험자가 특별히 좋아하는 음악과 싫어하는 소음을 각각 들려주는 것이 가장 좋다고 생각합니다. 여하튼, 명상음악을 제시했더니 2집단(바스는 높고 비스는 낮은 집단)이 역시 왼쪽 전전두엽이 제일 높았습니다. 그 집단은 보상은 민감한데, 처벌에는 민감하지 않은 사람입니다.

그것도 균형이 잡히지 않은 것이군요?

그렇죠. 하나의 불균형이라 할 수도 있습니다.

명상음악에 대해서 좌측 전전두엽이 더 활성화된 정도는, 바스와 비스가 모두 낮은 집단(4집단)을 제외하고는, 바스가 아주 강하고 비스는 아주 약한 학생들이 1등, 바스, 비스 다 높은 친구는 2등, 바스는 높지 않

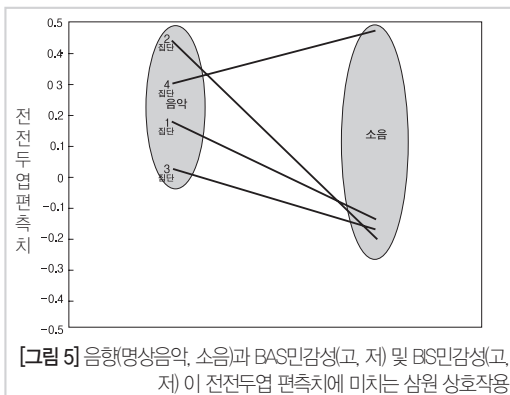
은데, 비스는 아주 높은 학생은 3등으로 아주 이상적으로 실험이 잘 되었습니다.(그림 5) 한편, 부정적인 제시자극으로서의 소음에 대해서는 우측 전전두엽이 활성화된 정도가, 바스와 비스가 모두 낮은 집단(4집단)을 제외하고는, 그 차이가 거의 없이 ‘-’의 한 점으로 모였지요. 이것을 보면 소음(부정적 감성유발)을 제시할 적에는 바스와 비스 중 어느 하나만 민감하면 비슷한 수준으로 강하게 우측전전두엽이 활성화되는 것을 알 수 있습니다. 우리가 우주에 태어나 진화를 통해 살아남는 과정에서 자기에게 해로운 것에 더 민감하다는 것입니다. 최소한 살아남아야 하니까요. 즉, 좋은 자극에는 바스(활성체계)가 더 높은 학생이 민감하게 반응하고, 비스(억제체계)가 더 민감한 학생은 움츠러 듭니다. 그러나 그 게 자신에게 해롭다면 바스와 비스 중 어느 하나라도 민감하면 비슷한 수준으로 강하게 부정적 감성반응을 나타냄을 의미

합니다.

타고난 차이에 상관없이...

그렇죠. 데이비슨은 “긍정적인 자극에 비해서 부정적인 자극에 더 강하게 반응하는 일반적인 경향을 보였다. 그런데 이것은 아마도 우리가 해로운 것은 피하도록 진화해온 것 때문에 해석될 수 있다.” 고 했지요.

실험을 통해 얻은 모든 데이터는 신뢰성이 있어야 합니다. 왜냐하면 그 데이터 내용에 조금이라도 수정을 가하면 나중에 진실을 못 밝히거든요. 왜 그런 데이터가 나왔는지 이해하지 못하더라도 있는 그대로 데



이터를 내야하는 겁니다. 그래서 우리는 예상하지 못한 제 4집단의 결과를 두고 고민했습니다. 4집단에서는 음악보다는 소음에 더 좋은 반응이 측정된 것입니다.(그림 5)

소음에 대해 좌측 전전두엽이 활성화되었네요.

네, 그래서 고민하기 시작했습니다. 어떤 소리가 쓰였는지 음원(음의 소스, 제시자극)들을 다시 분석해 보았습니다. 그리고 이 사람들을 실험할 적에 주관적으로 인터뷰한 기록을 조사해 보았습니다. 명상음악을 좋아하느냐? 소음을 싫어하느냐? 이런 것들을 물어본 기록을 분석했습니다. 1, 2, 3, 4집단에 대해서 성별 분석까지 했는데, 이것이 문제해결의 중요한 단서가 되었습니다. 1집단에는 여성이 가장 많았고, 4집단에는 남성이 가장 많았습니다. 2·3집단은 차이를 구분하기가 모호했습니다.

둘다 높은 것이 여성, 둘다 낮은 것이 남성이 많았다는 말이지요? 간단

히 말해서 둔한 것이 남성이고 예민한 것이 여성이라는 것이군요.

그렇죠. 음향감성평가를 4년 간 연구하였는데, 4년 동안에 이루어진 논문들을 하나로 묶었습니다. 자연음과 소음에 대해서, 여성이 더 음향감성에 대해 민감하고 남성이 더 둔하다는 것이 여기서도 나옵니다.

4집단(남성이 많음)이 우리가 제시한 소음에 좌측 전전두엽이 더 활성화되었지만, 모든 소음에 좌측 전전두엽이 더 활성화된다는 것은 아닙니다. 이것은 우리가 실험을 잘못했다고 할 수도 있고, 그것을 통해 새로운 사실을 하나 더 얻었다고 할 수도 있습니다. 즉, 소리중에도 여성성향을 갖는 소리가 있고 남성성향을 갖는 소리가 있어요. 남성성향을 갖는 소리는 소리감성 평가척도에서 ‘박진감 있다’, ‘힘이 난다’는 등으로 표현할 수 있는 것들입니다.

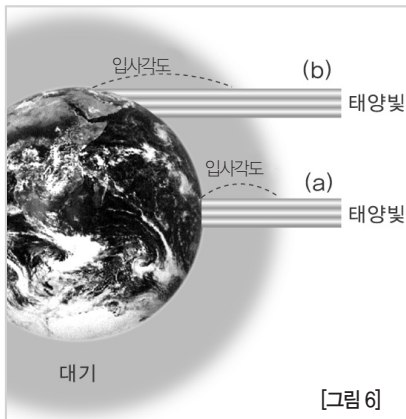
그래서 공명을 했다는 것인가요?

네. 사람이 자기 취향에 맞는 것을 더 좋아하는 거예요. 남성성향인

사람은 남성적인 특징을 갖는 모든 것을 좋아하는 거예요. 남성성이 강할수록 소리도 박진감 있는, 오토바이 소리처럼 붕붕하는 것을 좋아합니다. 그래서 심리적으로 더 깊이 들어가면 남성성을 구분하는 소리도 있지만, 시간이 부족해 그것까지는 들어가지 못하고 이런 결과가 의미 있고 중요하다는 확신을 가졌습니다. 4집단에 제시한 소리는 헬리콥터의 ‘푸다다’ 하는 소리와 굴착기가 ‘쿵쿵’ 하는 것이었습니다. 음질평가에서 물리적인 특성만을 가지고, 음향의 좋고 나쁜 것을 평가할 때에 거칠고 뼈죽한 정도를 봅니다. 물리적인 특성만을 본다면 위의 두 가지는 굉장히 부정적인 감성을 유발시키는 소음이에요. 그래서 제시한 것인데 여자들이 포함된 다른 집단들과 달리 4집단만 반응이 달랐습니다. 이 집단에는 남성이 많이 있지만, 소수의 여성도 있었습니다. 즉, 이것은 4집단에 구성된 사람들은 여성일지라도 남성성을 갖는 사람들이라는 것입니다. 일반적으로 말하자면 남성성을 갖는 사람(성별에 관계 없이)은 남성스러운 소리를 더 좋아

하더라는 것이지요.

제가 감성공학을 하면서 풍토색에 대해서도 공부를 했습니다. 풍토색이라는 것은 그 지역의 특성을 갖는 색채이지 않습니까? 같은 위도에 있는 나라들의 풍토색은 비슷합니다. 일본은 칙칙한 색을 좋아합니다. 태양빛이 일본이라는 섬나라에 내려오면서 주위의 수증기에 의해 퍼져 빛이 명료하지 못합니다. 그래서 일본인들이 좋아하는 색채를 보면 칙칙합니다. 우리나라는 이탈리아의 풍토색처럼 선명합니다. 그리고 지구에서 위도가 높은 북반구로 올라가면 갈수록 태양의 고도가 낮지 않습니까? 고도가 낮으면 빛이 전리층을 통과할 때 곧바로(그림 6a) 내리찍지 않고 비스듬하게(그림 6b) 오기 때문에 통과하는 전리층이 두꺼워집니다. 그래서 빛의 양이 많이 감소되어 밝기가 어두워지고, 빛의 파장이 긴 붉은색 계통은 전리층을 통과하기 쉬워서 그냥 스쳐지나가지만 파장이 짧은 청색 계통은 전리층에서 산란됩니다. 따라서 고도가 높은 북반구의 사람 눈에 주로 비쳐지게 됩니다. 북반구에서 사람들이 볼 수 있



는 빛은 단파장(산란되어 들어온 파장)을 많이 보게 되며 북반구로 올라갈수록 풍토색은 청색을 많이 띠고 더 어두워집니다. 똑같은 위도상에서 남쪽 창문을 열고 하늘을 보고 북을 열고 하늘을 봤을 때 북쪽으로 본 하늘이 더 푸르면서 어둡고, 남쪽 창문을 열고 본 하늘은 덜 푸르면서 밝습니다.

일반적인 그림을 보더라도, 북이나 추운 은 청색계통입니다. 또 청색 자체가 추운 과 연결되잖아요?

그렇죠, 풍토색을 제가 왜 말씀드리냐면 어릴 때 어머니께서 끓여준 된장국을 나이가 들어서 찾는 것

과 같이 자기가 보고 자란 환경에는 최소한 거부 반응을 안한다는 거죠. 자기가 좋아하는 취향, 남성성 등등.

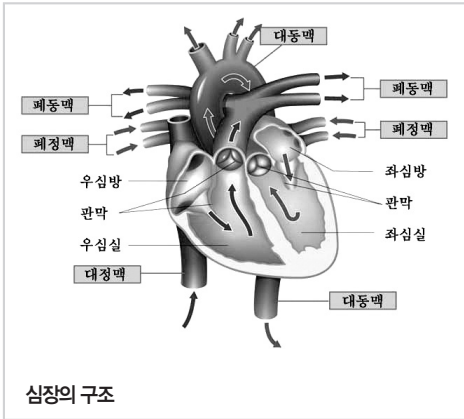
유유상종인거군요.

그렇죠, 그래서 남성이 가장 많은 4집단이 남성성을 갖는 소음에 좌측 전전두엽이 더 활성화되는 (긍정적 감성을 나타내는) 반응을 보인 것입니다. 이렇게 해서 실험결과는다 잘 해석되었습니다.

이제 심박동 변이도(HRV)에 대해 말씀해주시겠습니까?

우선 HRV의 특성에 대해서 말씀해드리겠습니다. 심장은 우심방, 좌심방, 우심실, 좌심실이 있고 SA노드(동방결절), AV노드(방실결절)라고 하는 것이 있습니다. 뇌의 연수에 심장을 컨트롤하는 컨트롤러가 있습니다. 여기서 신호가 전달되어, 동방결절은 심실이 빨리 뛰거나 게 뛰는 정도를 조절해주는 역할을 합니다.

중요한 것은 심장이 보통 1분에



심장의 구조

70번을 뛰지만 흥분하면 100번~120번으로 빨라집니다. 그러나 편안한 상태에서는 50정도로 떨어집니다. 심장이 1분에 몇 번 뛰는가를 심박동(HR: Heart Rate)으로 나타냅니다. 교감신경이 활성화되면 심박동이 더 증가하고 부교감이 활성화되면 심박동이 떨어집니다. 그런데 심박동변이도(HRV)는 교감신경이 활성화되면 줄어듭니다. 또 부교감신경이 더 활성화되면 심박동변이도는 증가합니다. 이것은 사람들이 잘 모르는 부분입니다.

교감신경계가 활성화 되면 심박동(HR)은 증가하는데 신경전달물질로 노르에피네프린이 많이 나옵니다. 그런데 노르에피네프린에 의해

서 우리의 대사반응은 도리어 느리게 반응합니다. 반면에 부교감신경계가 활성화되면 심박동이 감소하는데 신경전달물질로서 아세틸콜린이 방출되며 아세틸콜린의 역할은 우리의 대사반응을 빠르게 합니다. 즉 어떤 반응을 촉진시키는 역할을 합니다. 심박동은 느리게 하지만 시냅스를 연결하는 신호와 신호 사이의 반응을 촉진시킨다는 말입니다. (그림 7)

우리 심장은 자율신경계의 지배를 받으며 그 자율신경계는 외적, 내적 자극에 대해 자동적으로 제어됩니다. 즉 하나의 결과가 피드백이 되어 최종 목적에 다가가도록 자동적으로 조절되는데 그것이 우리 생체시스템이 균형잡는 방법입니다. 누가 나에

	HR (심장박동수)	HRV (심박동 변이도)
교감신경 활성	↑	↓ 노르에피네프린이 나온다
부교감신경 활성	↓	↑ 아세틸콜린이 나온다

[그림 7]

게 욕을 한다거나, 혹은 꽃을 준다거나 하면 외적 자극으로 들어오지 않습니까? 밥을 먹거나 하는 것은 내적 자극이 될 수 있고... 그래서 우리는 그런 내적, 외적자극에 따라 화를 낼 수도 있고 기쁠 수도 있는 것이죠. 그에 따라서 우리의 컨디션은 달라지고 정신적인 상태도 달라집니다. 우리 몸은 우리도 모르게 최적 상태에 가도록 자동 제어되고 있는 것입니다. 그런 과정을 진행하는 것이 자율신경이고, 심장은 자율신경계의 지배를 받아 내외적 자극에 순발력 있게 대처하기 위해 심장의 빠르기가 빨라졌다 느려졌다 “변화”를 하지요. 즉, 아세틸콜린에 의해서는 내외적 자극에 민감하고 순발력 있게 변화하는 반면, 노르에피네프린에 의해서는 상대적으로 느리게 변화하지요.

부교감신경이 더 활성화되면 심박동은 느려지는데, 아세틸콜린이 나와서 내외적 변화에는 빠르게 반응하는 것이네요.

내적, 외적자극에 빠르게 대처하

기 위해서죠. 그래서 심박동변이도 (HRV)가 증가한다는 것입니다. 그런데 교감신경에서는 노르에피네프린이 나오는데 노르에피네프린은 이런 변화에 느리게 반응해요. 느리게 반응하기 때문에 교감신경계가 활성화되면 심장은 빠르게 뛰지만 심박동변이도는 감소합니다.

자율신경계 반응을 측정하는 생리지표 중에서도, 특히 심박동변이도는 동방결절의 교감신경과 부교감신경 조절을 구분할 수 있는 전체적인 심신경(neurocardiac) 기능을 평가할 수 있는 비침습적인 생리지표로서, 정서상태를 평가하는 데 유용하게 사용되어 왔습니다. 심박동변이도의 전력스펙트럼은 크게 세 가지 주파수영역(LF, MF, HF)으로 나눌 수 있어요. LF영역(0.01~0.08Hz)은 교감신경계의 활동을 주로 반영하고 부교감신경계의 활동은 조금 반영하는 반면에 HF영역(0.15~0.5Hz)은 거의 전적으로 부교감신경계의 활성도를 반영합니다. LF영역과 HF영역의 전력스펙트럼 비율을 나타내는 LF/HF는 교감신경계와 부교감신경계 활성도의 균형을 측정

하는 데 사용되어 왔습니다.

생리학적으로 주파수가 낮은 LF는 변동성이 낮은 것을 의미하니까 교감신경계의 활성화를 반영하고 노르에피네프린과 관계가 되며, HF는 아세틸콜린 즉 부교감신경과 관계가 됩니다. 그런데 안정상태에 비해서 LF가 더 올라갔다면 이 사람은 교감신경계가 더 활성화된 즉, 긴장하고 있다는 것을 알 수 있습니다. 안정상태 보다 HF가 올라갔다면 부교감신경계가 더 활성화되었다고 볼 수 있습니다.

이런 결과를 미국의 '하트메스 연구소'라고 하는 곳에서 실험한 것이 있습니다. '프리즈 프레임' 기법이라는 것이 있는데...

예, 알고 있습니다. '96년도의 미국 심장학저널(Journal of American Cardiology)에 나온 것 말이지요? 롤린 맥크라티가 발표했지요. 그는 심박동변이도를 감성평가에 활용하였으며 그 주파수 영역을 LF, MF, HF로 나눈 것이지요. 즉, 기존 연구자들이 언급하는 LF영역(0.01-0.15 Hz)을 다시 LF영역(0.01-0.08 Hz)과 MF(Medium Frequency: 0.08-0.15 Hz))영역으로 나뉘었어요.

MF영역은 자율신경계의 교감과 부교감신경계의 기여가 혼재되는 영역이고, 또한 감정변화와 연계되어 있습니다. 그리고 긍정적 감정을 가질 때 MF/(LF+HF)가 상대적으로 높게 나옵니다. 맥크라티는 프리즈 프레임 훈련(3~24개월간 훈련)을 통하여 피험자에게 과거에 화가 났던 기억을 연상시키게 해서, 또 과거에 기분이 좋았던(감사하는 마음을 가졌을 때) 때를 연상시키게 해서 심박동변이도 측정 결과를 분석해 보았습니다. 화가 났을 때는 HF가 올라가고 감사하는 마음을 가졌을 때는 MF/(LF+HF)가 올라가더라는 것입니다. 그래서 이런 감성지표를 우리가 활용한 것이죠.


우리의 연구에서는 명상음악을 들려주었을 때 바스, 비스가 모두 낮은 집단에 비해 비스는 낮고 바스가 높은 집단이 상대적으로 MF/(LF+HF)값이 높더라는 것입니다

우리의 연구에서는 명상음악을 들려주었을 때 바스, 비스가 모두 낮은 집단에 비해 비스는 낮고 바스가 높은 집단이 상대적으로 MF/(LF+HF)값이 높더라는 것입니다

LF와 HF를 더한 값보다 MF가 상대적으로 높다는 것이네요.

안정상태보다 긍정적 감성을 주었을 때 상대적으로 증가하더라는 것입니다. 즉, 맥크라티의 '감성평가 지표'도 긍정적인 감성을 평가할 수 있는 평가적도로 활용할 수 있는데, 바스가 높은 집단에서만 명상음악 청취시 소음에 비하여 더 높은 경향이 있었고, 헤비메탈과 같은 남성성을 지닌 소리일 경우 바스, 비스가 모두 낮은 집단(남성성을 가진 집단)에서 상대적으로 더 긍정적인 감성

을 가졌습니다. 아래의 표는 바스(BAS: 행동활성화체계)와 비스(BIS: 행동억제체계)에 대한 정의와 실험의 대강을 정리 요약한 것입니다.

장시간 감사합니다.. 

	Gray ('81,... '94)	Davidson ('90, ..., 2000)	김원식 (2003)
관찰 평가		안정상태에서 뇌파측정을 통하여 각 개인은 전전두엽이 고유(intrinsic)하게 비대칭적으로 활성화되어 있음을 관찰하였음	1) Carver & White가 개발한 BAS/BIS척도에 기하여 개발된 한국판 BAS/BIS 척도(김교현 & 김원식, 2001)를 이용하여, 우측 손잡이 380명에 대하여 BAS와 BIS의 민감도 평가. 2) BAS와 BIS의 민감도 정도에 따라서 4개 집단으로 분류 집단 1: BAS, BIS 모두 민감 집단 2: BAS 민감, BIS 둔감 집단 3: BAS 둔감, BIS 민감 집단 4: BAS, BIS 모두 둔감
추정 방법		- 시각 자극(긍정/ 부정감성 유발 림) 제시 - 뇌파 측정 이용 한 전전두엽의 활성화 평가	- 청각 자극 제시 (긍정: 명상음악, 부정: 소음) - 뇌파 측정을 이용한 전전두엽의 활성화 평가와 HRV(심박동변이도)를 함께 측정

<p>결과</p>	<p>인간의 성격을 크게 2가지 동기 체계(BAS와 BIS)의 민감도로 구분</p> <p>BAS: 바라는 유인물을 향해 나아가게 하는 행동체계 BIS: 진행 중인 행동을 멈추도록 해서 혐오적 결과를 예방하거나 피할 수 있게 하는 체계</p> <p>BAS와 BIS의 독립차원을 주장. 즉 BAS가 높고 낮음에 관계없이 BIS가 높고 낮을 수 있음</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 안정상태시 좌 전전두엽 활동 수준이 높은 사람들은 대상으로 Carver & White가 Gray의 이론에 기하여 개발한 BAS/BIS 평가척도(1994)를 이용하여 평가한 결과 BAS가 더 높게 나타났고, 긍정감성 유발자극에 노출되었을 때 긍정감성을 더 많이 경험함. 행동활성화체계의 높은 민감성이 긍정적인 유인가에 더 반응적이 되도록 유도. • 안정상태에서 우 전전두엽의 활동수준이 높은 사람들이 Carver와 White가 개발한 BAS / BIS 평가척도를 이용하여 평가한 결과 BIS가 더 높게 나타났고, 부정감성 유발자극(불쾌한 내용의 림)에 노출되었을 때 부정감성을 더 많이 경험함. 행동억제체계의 높은 민감성이 처벌과 같은 부정적인 정서에 더 반응적이 되도록 유도. • 좌측 전전두엽이 더 활성화 된 사람일수록 BAS(Z)-BIS(Z)가 큼. 즉, BAS와 BIS의 단일차원으로 해석 	<ul style="list-style-type: none"> • 뇌파편측성의 연구결과 <ol style="list-style-type: none"> 1) 안정상태: 좌측 전전두엽이 더 활성화 되는 정도(전전두엽 편측치)가 BAS(Z)-BIS(Z)와 "+" 상관성 있음. Davidson의 단일차원 지지 2) 명상음악조건: 긍정감성 유발 음 환경에서 BAS의 민감도가 BIS의 민감도에 비하여 상대적으로 높을수록 전전두엽 편측치가 증가 Davidson의 단일차원 지지 3) 소음조건: BAS와 BIS 중 어느 하나라도 민감도가 높으면 소음과 같이 해롭다고 생각되는 환경에 민감하게 부정적 감성 가짐(인간이 해로운 환경은 우선적으로 피하도록 진화해왔음) Gray의 독립차원지지 4) 헤비메탈과 같은 남성성을 지닌 소리(본 연구에서 사용된 소음)의 경우, BAS와 BIS가 모두 낮은 남성성향을 갖는 집단(집단 4)이 다른 집단에 비하여 상대적으로 더 높은 긍정적인 감성을 가짐 5) 나머지 3개 집단에 대하여는 소음과 같은 부정감성에 대하여 상대적으로 우측 전전두엽이 더 활성화되고, 명상음악과 같은 긍정감성 유발음향에 대하여는 좌측전전두엽이 더 활성화되었음 Davidson의 연구결과와 일치 • HRV의 연구결과 <ol style="list-style-type: none"> 1) 명상음악조건: BIS와 BAS가 모두 낮은 집단에 비하여 BIS는 낮고 BAS가 높은 집단의 MF/(LF+HF)값이 더 높음 2) BIS가 낮은 집단 중에서 BAS가 높은 집단에서만 명상음악 청취시가 소음 청취시에 비하여 MF/(LF+HF)가 더 높은 경향이 있음, 즉 BIS는 낮고 BAS가 높은 집단은 다른 집단에 비하여 명상음악과 같은 긍정감성에 더 민감함 3) 헤비메탈과 같은 남성성을 지닌 소리의 경우, BAS와 BIS가 모두 낮은 남성성향을 갖는 집단이 다른 집단에 비하여 상대적으로 더 높은 긍정적인 감성을 가짐 전체적으로 뇌파와 HRV의 결과는 일치
------------------	--	--	--