

## 운동생리적지수 측정 및 실습

진영수·김용권

### I. 스포츠의학의 정의

의학이 질병을 치료, 예방함으로써 건강의 유지 및 증진에 기여하고, 개인 및 공중의 위생에도 기여하는 학문으로 여러 전문분야로 세분화되어 있다. 스포츠의학도 세분화된 전문분야의 하나이면서 스포츠, 체육 등의 운동을 연구하며 신체활동이 인체에 미치는 영향과 효과를 의학적 입장에서 종합적으로 추구하고 건강의 증진과 운동에 의해 야기되는 상해를 치료, 예방하는 것이 목적이다.

스포츠의학의 영역에는 첫째 운동선수의 의료적 관리, 둘째 치료운동, 셋째 만성퇴행성 질환의 예방을 위한 운동, 넷째 심장질환자의 재활, 다섯째 특수인을 위한 체육, 여섯째 고령자를 위한 체육, 일곱째 선수재활 등을 들 수 있다.

### II. 스포츠의학의 진료 영역

| 내원환자        | 협진 부서        | 종합검진          | 교육 및 기타 |
|-------------|--------------|---------------|---------|
| 1. 정상인      | 1. 심장내과/흉부외과 | 1. 정밀종합검진     | 1. 심장교육 |
| 2. 성인병환자    | 2. 정형외과      | 2. 특수정밀검진     | 2. 선수검진 |
| 3. 노인       | 3. 내분비내과     | 3. 기본검진시 선택검사 | 3. 당뇨교육 |
| 4. 선수       | 4. 가정의학과     | 4. 심장검진       | 4. 기타   |
| 5. 폐경기 여성   | 5. 정신과       | 5. 여성검진       |         |
| 6. 부인과질환 여성 | 6. 재활의학과     |               |         |
| 7. 정신과질환자   | 7. 산부인과      |               |         |
| 8. 심장재활     | 8. 소아과       |               |         |
| 9. 선수재활     |              |               |         |

### III. 스포츠의학적 검사

#### 1. 기초체력 검사

기초체력검사는 운동부하검사 전 개인 건강 상태의 평가자료를 바탕으로 그 사람의 체력상의 특징을 밝혀내어 체력적으로 어느 정도의 수준인가를 알고 특히 체력적 문제점이 있으면 그것을 강화하도록 운동처방에 반영시킬 수 있다. 즉 개인의 건강관련, 운동관련 체력을 측정함으로써 운동처방의 기본지침을 제공하는 검사이다.

#### 1) 건강관련 체력(Health-Related Fitness)

##### ① 신체 구성

신체구성은 신체의 화학적 구성상태를 파악하

\* 서울중앙병원 스포츠건강의학센터

는 검사로 수중 체중 측정법, 피부두겹법 및 신체 부위 둘레 측정법 등이 사용된다. 가장 정확한 방법은 수중체중 측정법은 측정의 곤란성 때문에 일반적으로 피부두겹법이 사용되고 있다. 전체 체중에 대한 신체내 지방의 높은 상관을 나타낼 뿐만 아니라 심리적 측면의 문제를 야기하므로 건강과 체력 프로그램 실시 전에 반드시 측정해야 하는 항목이다. 일반적인 적정 수준은 표준체중의 남자가 15-17%정도이고, 여자가 20-25%정도이다.

남자 : 가슴, 복부, 대퇴

여자 : 삼두박근, 상장골, 대퇴전면(삭제요망)

$$\text{표준체중} = (\text{신장} - 100) \times \text{지수} \quad (\text{지수} : \text{남자} = 0.9, \text{여자} = 0.85)$$

$$\text{비만경계체중} = (\text{이상체중} \times 0.03) + \text{표준체중}$$

② 근력 · 근 지구력

근력은 근력부하에 대응하여 발휘하는 근육의 능력이며 근 지구력은 근력을 지속하는 능력이다. 이는 운동선수 뿐 만 아니라 일반인들이 걷기, 물건이동 및 달리기 등의 정상 활동을 하는데 도움을 주는 체력요소이다. 측정항목은 악력, 배근력, 복근력, 하지신전과 굴곡 및 윗몸일으키기 등으로 매우 다양하다. 악력계와 사이벡스 등과 같은 기구로 정확히 측정되나 측정기구가 없는 경우에는 팔굽혀펴기나 윗몸일으키기 등의 방법도 사용할 수 있다.

③ 심폐지구력

심폐지구력은 심장과 폐의 산소와 영양분 공급 능력으로 대부분이 지구성 활동에 매우 중요한 요소이다. 심폐지구력의 중요지표인 최대산소섭취량으로 1,200- 10,000달리기, 스텝테스트 및 하바드 스텝, 트레드밀, 고정식자전거로 최대운동검사

〈표 1〉 한국인의 좌악력 평가

|    |     |     |     |     |     |      |      | 단위(kg) |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|--------|
| 구분 | 10대 | 20대 | 30대 | 40대 | 50대 | 60대  | 70대  | 80대    |
| 남  | 40  | 48  | 47  | 45  | 42  | 38   | 35   | 30     |
| 여  | 27  | 31  | 29  | 28  | 25  | 18.9 | 18.5 | 18.5   |

〈표 2〉 한국인의 우악력 평가표

|    |     |     |     |     |     |      |      | 단위(kg) |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|--------|
| 구분 | 10대 | 20대 | 30대 | 40대 | 50대 | 60대  | 70대  | 80대    |
| 남  | 40  | 48  | 48  | 46  | 43  | 39   | 36   | 31     |
| 여  | 27  | 31  | 30  | 28  | 26  | 22.2 | 19.0 | 19.0   |

〈표 3〉 한국인의 배근력 평가표

|    |     |     |     |     |     |     |     | 단위(kg) |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 구분 | 10대 | 20대 | 30대 | 40대 | 50대 | 60대 | 70대 | 80대    |
| 남  | 110 | 125 | 124 | 122 | 112 | 97  | 92  | 87     |
| 여  | 73  | 84  | 73  | 66  | 59  | 53  | 40  | 40     |

〈표 4〉 한국인의 윗몸일으키기 평가

|    |     |      |      |      |     |     |     | 단위(kg) |
|----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|--------|
| 구분 | 10대 | 20대  | 30대  | 40대  | 50대 | 60대 | 70대 | 80대    |
| 남  | 23  | 23   | 22   | 19   | 15  | 13  | 10  | 6      |
| 여  | 20  | 17.6 | 14.1 | 11.4 | 8   | 5   | 5   | 5      |

〈표 5〉 한국인의 심폐지구력 평가표

단위(ml/kg/min)

| 구분 | 10대 | 20대  | 30대  | 40대  | 50대 | 60대 | 70대 | 80대 |
|----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 남  | 42  | 40   | 38   | 35   | 33  | 30  | 27  | 24  |
| 여  | 37  | 33.1 | 30.6 | 29.3 | 28  | 26  | 24  | 23  |

등의 방법으로 측정되며 운동처방의 중요한 기초 자료이다.

④ 유연성

유연성은 관절의 가동범위와 근육, 건 및 인대 등의 신전성에 의해 결정되는 체력요소로서 운동의 효율성 증진과 상해예방 등의 작용을 수행한다. 이는 신체 각 부위의 유연성이 모두 측정대상이나 앉아 윗몸 앞으로 굽히기, 상체 앞으로 굽히기가 흔히 사용된다.

2) 운동기술관련 체력(Skill- Related Fitness)

① 민첩성

빠르고 정확하게 몸 전체를 이동시키는 능력이다. 민첩성 테스트 방법으로는 전신반응 테스트, 사이드 스텝, 왕복달리기 등이 있다. 다음의 〈표 7〉은 한국인의 전신반응 평가표이다.

② 평형성

정적이나 혹은 동적일 때 평형성을 유지하는 능력이다. 수상스키, 평균대 위에서 운동을 할 때 혹은 고층 빌딩에서 활동할 때는 아주 발달된 평형성을 요구하는 것으로 눈감고 외발서기로 흔히 측정할 수 있다.

③순발력

에너지를 힘으로 빠르게 전환하는 능력이다. 원반던지기나 포환던지기 등에 필요한 동작이며 Sargent jump, 넓이 뛰기로 순발력을 측정한다. 다음의 〈표 9〉는 실내에서 수직뛰기를 이용한 순발력 평가지표이다.

2. 운동부하검사

운동부하검사는 심혈관질환이 없는 건강한 성

〈표 6〉 한국인의 유연성 평가표

단위(cm)

| 구분 | 10대  | 20대  | 30대  | 40대 | 50대 | 60대 | 70대 | 80대 |
|----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 남  | 13   | 11   | 9    | 7   | 5   | 3   | 3   | 2   |
| 여  | 12.8 | 12.4 | 10.2 | 9.8 | 8.2 | 8   | 8   | 8   |

〈표 7〉 한국인의 민첩성 평가표

단위(초)

| 구분 | 10대  | 20대  | 30대   | 40대   | 50대   | 60대   | 70대  | 80대  |
|----|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 남  | 0.35 | 0.35 | 0.367 | 0.402 | 0.415 | 0.457 | 0.55 | 0.57 |
| 여  | 0.4  | 0.42 | 0.446 | 0.46  | 0.48  | 0.51  | 0.54 | 0.57 |

〈표 8〉 한국인의 평형성 평가표

단위(초)

| 구분 | 10대 | 20대 | 30대 | 40대 | 50대 | 60대 | 70대 | 80대 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 남  | 65  | 63  | 50  | 36  | 24  | 15  | 12  | 10  |
| 여  | 55  | 50  | 48  | 34  | 25  | 12  | 10  | 10  |

〈표 9〉 한국인의 순발력 평가표

단위(cm)

| 구분 | 10대 | 20대 | 30대 | 40대 | 50대 | 60대 | 70대 | 80대 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 남  | 50  | 53  | 49  | 44  | 40  | 34  | 25  | 23  |
| 여  | 37  | 35  | 33  | 29  | 25  | 20  | 18  | 18  |

인에서부터 심장질환이 있는 사람들의 진단이나 기능평가에 이르기까지 다양한 사람들에게 유용한 검사이다. 그러나 검사도중 위험성이 항상 뒤따르기 때문에 많은 주의와 교육이 있어야 한다. 다음의 내용들은 운동부하검사를 위한 지침과 측정값에 대한 설명들이다.

1) 운동부하검사를 위한 지침

① 관상동맥질환

Master가 '2-step' 검사를 한 이후로 운동부하검사는 관상동맥 협착의 발견이나 진단을 내리는데 이용되어 왔다. 이것은 심장학에서 가장 실용적이고 일반적으로 이용되는 검사가 되었다. 이런 부류의 환자들은 안정시에는 신체 상태나 증상이 지극히 정상으로 나타나기 때문에 운동부하검사가 필수적이라 할 수 있다.

② 흉통의 원인

운동중 환자의 상태를 관찰하는 것과 심박수, 심박수의 리듬, 혈압, 심전도의 변화를 평가하는 것은 다른 검사방법으로는 얻을 수 없는 중요한 정보를 얻게 할 수 있다. 만약 운동을 할 때 통증이 발생한다면 환자의 반응을 잘 관찰하고 질문을 하는 것이 중요한 통찰력을 제공한다.

③ 심장부정맥

운동에 의해 나타나는 부정맥의 시기 혹은 종료되는 것을 관찰 할 수 있는 능력은 진단적 가치를 매우 높이는 것이다. 이러한 것이 증상과 함께 나타날 때 의학적 유의성은 더욱 확실해 진다.

④ 불안정 고혈압의 발견

운동을 할 때 고혈압을 나타내는 환자가 미래에 고혈압이 될 가능성이 있다는 것을 암시해 주는 아주 중요한 지표가 된다.

⑤ 진단

관상동맥 혈관의 해부학적 구조가 연구되었을 때 조차도 질병 상태의 진단은 운동부하검사 결과가 나온 이후에 더욱 정확하게 진단을 내릴 수 있다. 심근경색이 이전에 있었던 환자이거나 그렇지 않은 환자이거나 현재 관상동맥 질환을 가진 환자들은 운동부하검사만으로도 예측이 가능하다. 최근 연구에서는 관상동맥질환 수술을 받는 환자들의 수술결과가 수술전 운동부하검사에 의해 예측할 수 있다는 것을 보여주고 있다. 혈관성형술 후에 운동부하검사를 하는 것은 혈관 재협착의 가능성을 예측하는데도 도움이 된다.

⑥ 예방의학

증상이 없는 건강한 사람을 대상으로 위험인자 분석을 할 때는 운동에 대한 반응결과가 예방의학과 생활양식의 변화가 필요한 환자들을 분류하는데 이용될 수 있다. 또한 관상동맥질환의 악화나 재발을 방지하기 위해 관상동맥 재활프로그램에 참가하고 있는 환자들에게는 유용한 평가가 된다. 이처럼 운동에 대한 지나친 강조는 미래에 발생할 수 있는 질병을 예방 할 수 있다는 믿음에 기초를 둔다. 운동에 대한 반응을 관찰하는 것은 어떤 환자 집단에서 미래에 발생할 수 있는 질환을 예측하는데 관상동맥 혈관조영수술과 같이 신뢰성이 있다고 할 수 있다.

2) 기능평가

### ① 관상동맥 질환의 악화정도

운동 능력, 통증 시작 시간, ST분절 변화, 혈압 반응, ST반응의 크기와 형태는 허혈 증상의 악화 정도를 예측하는데 이용된다.

### ② 심근 수축력

이전에 심근경색, 심근장애, 혈관 장애를 가지고 있었던 환자들의 경우 운동 중 환자들의 운동 수행력이 치료방법을 결정하는데 이용된다. 운동 수행력을 보는 것은 병력이 있는 동안에 모여진 자료를 보충 할 수 있을 것이고, 심장의 수축상태에 대한 식견을 주게 된다.

### ③ 치료조치의 평가

약물이 허혈증상을 완치시키거나 부정맥이나 고혈압을 조절하는 역할을 할 때, 효과를 결정하는 가장 효율적인 방법은 운동부하검사를 하는 것이다. 동일한 개념으로 관상동맥성형술, 관상동맥 절단수술 혹은 판막 교체 수술의 질(quality)과 평가를 위해서는 운동처방에 따른 치료가 필요하다.

## 3) 금 기

운동부하검사의 안전은 운동시간에 달려 있다고 하는데, 여전히 이점에 대해서는 논란의 여지가 많다. 운동부하 검사실에서 안전에 대한 가장 중요한 측면은 검사실행에 대한 지식과 경험이다. 검사자는 운동생리학의 기초에 익숙해야 할 뿐만 아니라 필요하다면 구급법을 할 수 있는 자질이 충분해야 한다. 검사 동안에 환자에 대한 신중한 관찰과 사고에 대한 지식이 운동부하 검사실에서 발생 할 수 있는 사고를 예방할 수 있을 것이다.

### ① 절대적 금기사항

일반적으로 다음과 같은 상황에서는 운동부하 검사를 해서는 안 된다.

- 심한 심근경색 환자
- 심한 심근염이나 심낭염 환자
- 최근에 안정시 협심증 증세가 가속되는 불 안정하고 점진적인 협심증 증세를 보인 환자
- 급성 심방 또는 심실 부정맥 환자
- 2도 또는 3도 전도차단 환자와 심각한 좌측 주관상동맥 환자
- 감염, 갑상선 항진증 혹은 빈혈을 심하게 앓고 있는 환자
- 정신적인 스트레스가 있는 사람

### ② 상대적 금기사항

- 고정된 박동조절기
- 심실동맥류
- 조절되지 않은 대사질환
- 만성 전염성 질환
- 근신경계, 근골격, 류머티스 장애
- 임신후기

## 3) 운동종료시점

- 환자의 요구
- 최대산소섭취능력에 분명히 이르렀을 때
- 협심증성 흉통의 진전
- 운동실조, 현기증, 창백, 청색증
- 심한 부정맥, 다소성 조기 심실수축, 지속성 빈맥
- 심실빈맥, 심실세동
- 수축기 혈압의 급격한 저하

4) 측정값에 대한 해석

| 측정변인                          | 기  | 능 | 정상수준  |
|-------------------------------|--|---|---|
| Borg Scale                    | ○ 자각인지도  |   |   |
| pH                            | ○ 용액의 산성화 또는 알칼리화를 나타내는 지수<br>○ pH가 0.08이상 떨어질 때는 최대운동으로 간주  |   | Rest 7.4<br>Max Ex. 7.35  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | ○ 중탄산염(HCO <sub>3</sub> )는 혈장내의 주된 buffer system<br>○ AT이상의 운동에서 pH의 항상성을 유지한다.<br>○ HCO <sub>3</sub> 의 감소는 대사성 산성화를 의미한다.   |   |   |
| HRmax                         | ○ 운동중 최대 심박수   |   | Rest 70-100bpm<br>Max 200-age   |
| HR Reserve                    | ○ $(1 - (HR_{max}/pred. HR_{max})) \times 100$<br>○ 운동중 심혈관계 스트레스의 진단  |   | Max Ex. 100%<br>SD(pred.HR) 10bpm   |
| O <sub>2</sub> pulse          | ○ (ml/beat; Rest to HRmax)<br>○ Fick principle:<br>$HR \times SV = VO_2 / CaO_2 - CvO_2$ there, $VO_2/HR = SV / (CaO_2 - CvO_2)$<br>○ 위의 공식에서 동정맥 산소차는 최대운동의 50% 수준에서 이미 한계까지 증가하기 때문에, O <sub>2</sub> pulse의 증가는 SV에 의한 것이다.<br>○ VO <sub>2</sub> 는 최대 운동시에 5배에서 15배까지 증가하고 HR은 2-3배가량 증가한다.          |   | Predicted O <sub>2</sub> pulse:<br>5ml/bs - 7yrs<br>8ml/bs - 70yrs<br>17ml/bs - 30yrs |
| BP                            | ○ mmHg; Rest to HRmax<br>○ 고혈압 및 저혈압 진단<br>○ 운동중지(220mmHg이상이거나 SBP가 20mmHg 이상 감소할 때  |   | Rest 70-100bpm<br>Max 200-age   |
| VO <sub>2</sub> (ml/min)      | ○ $CO \times (\text{arterial-mixed venous } O_2 \text{ content})$<br>○ 피검자의 산소이용능력을 평가<br>○ AT수준 이하에서는 3분 이내에 항정상태에 이르나, AT수준 이상에서는 계속 증가하는 추세를 나타냄.<br>○ 동일 강도에서는 비만인은 더 높은 산소소비량을 나타낸다.<br>○ VO <sub>2</sub> 특성:<br>- positive displacement(비만)<br>- slope(유산소운동의 효율성)<br>- linearity(AT수준 이상 혹은 이하) |   | Rest 0.3l/min<br>Max Ex. 4l/min   |
| VCO <sub>2</sub>              | ○ 대사과정의 부산물인 이산화탄소의 호기량<br>○ 폐수준을 의미하며 세포수준을 의미하는 것은 Q <sub>co2</sub> 임.<br>○ AT수준을 결정하는데 이용된다.  |   |   |
| 측정변인                          | 기능   |   | 정상수준  |
| METs                          | ○ 3.5ml/kg/min - 1METs<br>○ 주로 운동능력을 평가하는데 이용  |   |   |
| RER                           | ○ VCO <sub>2</sub> /VO <sub>2</sub><br>○ 경구를 통해 측정하며, 근육의 대사활동과 젖산의 제거에 의해 변화한다.<br>탄수화물 대사 : 1.0, 지방대사 : 0.7  |   | 1.2를 초과하면 최대운동으로 간주하며, 일반적으로 1.5를 초과하지는 않는다.  |
| Functional Capacity           | ○ 최대산소섭취량 / 예측최대산소섭취량  |   | ○ >85%  |

4) 측정값에 대한 해석 (계속)

| 측정변인                | 기  | 능 | 정상수준  |
|---------------------|--|---|---|
| Anaerobic Threshold | ○ AT수준의 VO <sub>2</sub> / 예측최대산소섭취량  |   | ○ >40%  |
| RR                  | ○ 운동강도 설정에 이용<br>○ (bs/min: Rest to HRmax)<br>○ 높은 RR은 restructive lung Dx.를 의심  |   | ○ Rest 8회<br>○ Max Ex. 50회                          |
| BR                  | ○ (1-(VE <sub>max</sub> /pred VE <sub>max</sub> )) × 100<br>○ VO <sub>2</sub> 가 비정상적일 때 진단기준으로 사용<br>○ 큰 HRR에서 작은 BR을 나타냈다면, lung-related limitation을 나타냄. |   | ○ 20~50% of the MVV<br>○ >30% of minute ventilation |
| VE(l/min)           | ○ VE = VA + VD<br>○ VD: VA와 Q의 mismatching에 의해 증가<br>○ VA는 낮은 CO <sub>2</sub> setpoint, 대사성 산성화, 저산소증에 의해 PaCO <sub>2</sub> 가 감소함에 따라 증가                   |   | ○ Rest 6~8l/min<br>○ MaxEx. 150l/min                |
| VT                  | ○ 1회 호흡량   |   | ○ Rest 0.5l/min<br>○ Max Ex. 3.0l/min               |
| PaO <sub>2</sub>    | ○ Partial pressure of arterial oxygen  |   | ○ Rest 36-42mmHg                                    |

참 고 문 헌

Karlman Wasserman, MD., Ph.D. et. al. Principle of Exercise Testing and Interpretation. Lippincott Williams & Wilkins, 1987, 1999.

MGC Manual series, Exercise Consult User's Manual. 1993.

ACSM Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 1995.

The Late Edward L. Fox, The Physiological Basis for Exercise and Sport(5th ed), Brown&Benchma가, 1993.