

고부하 역기 운동시 체위 변화에 따른 안압변화

송해윤 · 정상문 · 임재석 · 이 응 · 권정도

알레스기념 침례병원 안과

목적: 체위를 달리하여 고부하 역기 운동을 할 때 안압의 변화를 살펴보고자 한다.

대상과 방법: 성인남자 30명을 대상으로 안과검사 및 체질량지수, 세 가지 벤치프레스 체위에서 최대근력을 조사하였다. 운동 전 각 체위에서 기준 안압과 최대 근력의 80%를 사용하여 기구를 들 때와 내릴 때에 안압을 측정하였다.

결과: 운동 전 두위 상승위에서 14.38 ± 2.32 mmHg, 두위 하강위에서 18.20 ± 2.89 mmHg로 두위를 하강할수록 안압이 상승하였다 ($p < 0.001$). 운동시 안압이 상승하였으며, 역기를 내릴 경우 안압 상승 폭이 3.72 ± 1.85 mmHg로 올릴 경우 2.61 ± 1.63 mmHg 보다 크게 측정되었다($p < 0.001$). 두위를 하강한 상태에서 역기를 내릴 때 안압은 22.10 ± 2.79 mmHg로 가장 높게 측정되었다. 체질량지수와 근력 운동 전 안압은 유의한 연관성을 보였다($p < 0.05$).

결론: 체위 하강 상태에서 근력 운동은 안압 상승의 폭을 증가시켰다. 이러한 변화가 녹내장 환자에서 어떤 영향을 미칠지는 부가 연구가 필요하나, 말기 녹내장 환자에서는 체위 하강 상태의 고부하 역기 운동 시에 주의할 필요가 있을 것으로 사료된다.
(대한안과학회지 2009;50(12):1831-1839)

작업 환경의 사무화, 각종 스트레스 등으로 운동의 필요가 늘어나고 있으며, 기초 체력의 저하 및 비만으로 다양한 질병에 시달리는 현대인들에게 최대의 관심사는 건강일 것이다. 자신의 건강증진 및 기초 체력 육성을 위하여 스포츠 센터 및 헬스클럽에서 웨이트 트레이닝을 하는 인구가 많이 늘어나고 있는 실정이다. 웨이트 트레이닝은 바벨, 덤벨과 벤치프레스 등을 이용하여 신체 각 부분의 근육을 자극하여 근육의 발달과 더불어 근력과 힘을 향상시키는 저항운동이다.¹

플랫벤치프레스(Flat bench press)운동은 가슴운동에서 가장 기본이 되는 운동으로 평평한 벤치에서 운동을 하며 대흉근을 강화시키며 전면삼각근, 상완삼두근 등을 발달시킬 수 있는 대표적인 근력운동이다. 각도가 있는 벤치를 이용하여 머리 쪽을 30도 높게 하면 인클라인벤치프레스(Incline bench press)운동을 할 수 있는데 이는 상측 대흉근 발달에 효과적이며, 머리 쪽을 15도 낮게 하면 디클라인 벤치프레스(Decline bench press) 운동이 가능하며 하측 대흉근 발달에 효과적이다.²

웨이트 트레이닝을 할 경우 최대 근력의 2/3 이상의 근력

을 사용할 때 발살바 행위가 나타나는 것으로 알려져 있으며,^{3,4} 발살바 행위와 안압 상승에 관한 연구들은 다음과 같다. 1967년 Biro and Botar⁵에 의해 역기 운동 중 벨트를 허리에 꼭 조일 때 발살바 행위가 일어나 안압 상승이 일어난다는 보고가 있으며, Dickerman et al⁶은 11명의 역도선수에게 앉아서 숨을 참은 상태에서 최대 근력으로 역기를 들게 하였을 때 평균 15.0 mmHg의 안압 상승이 일어났다고 보고했다. Vieira et al⁷은 30명의 18세에서 40세 사이의 일반 남자에게 숨을 참고 역기를 들었을 때 4.3 ± 4.2 mmHg의 안압 상승이 있었고, 호기시 역기를 들었을 때 2.2 ± 3.0 mmHg의 안압 상승이 있음을 확인하였다.

그리고 체위 변동에 따른 안압 변화도 여러 사람들에 의해 알려져 왔다. 정상인에게 좌위에서 와위로 자세를 바꿀 때 안압이 1~4 mmHg 증가하는 생리학적 변동에 관한 보고가 있다.⁸ Sirsasana 체위를 유지한 상태에서는 2배의 유의한 안압 상승이 있었다는 보고도 있다.⁹

이상의 내용들을 토대로, 본 연구에서는 고부하 벤치프레스 운동시 체위를 달리 할 경우 안압 변화가 나타날 수 있음을 예상하고 이의 변화를 측정하여 살펴보고자 한다.

■ 접 수 일: 2009년 10월 26일 ■ 심사통과일: 2009년 12월 3일

■ 책임저자 권 정 도

부산 금정구 남산동 374-75

알레스기념 침례병원 안과

Tel: 051-580-1359, Fax: 051-512-1354

E-mail: kjdeye@naver.com

* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제102회 추계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

대상과 방법

안과 질환을 진단 받은 적이 없고 근골격계 질환이 없는 20세에서 40세 사이의 성인남자 30명 60안을 병원 직원과 의과 대학생에서 선정하였다. 안과검사로 시력 및 굴절검사, 안압, 전방깊이, 시야, 망막신경섬유층 사진, 입체시신

경유두 사진검사를 시행하였다.

안압은 긴장을 풀고 앉은 상태에서 골드만 압평 안압계를 사용하여 3회 측정하여 이를 평균하였다. 주변 전방 깊이는 Van Herick Method를 이용하였는데 세극등 빛을 수직 방향으로 한 뒤 그 빛을 이측과 비측에서 각막의 주변부에 60도 각도로 비춘 상태에서 사진을 찍은 후 한명의 검사자에 의해 깊이를 판정하였다.¹⁰ 시야검사는 Humphrey 자동시야검사의 central 24-2, SITA-standard strategy로 측정하였으며, 망막 신경 섬유층과 시신경의 평가는 디지털 무산동 안저 사진기(Nonmyd α-D fundus camera, Kowa, Japan)를 이용하여 모든 피험자의 양안을 안저 촬영하였고, 무산동 안저 사진기로 얻은 안저 영상을 VK-2 program (Kowa, Japan)의 green filter를 이용하여 무적색 사진으로 변경하여 시신경 섬유층 손상 여부를 판정하였으며, Digital optic disc stereo camera로 촬영된 입체사진을 stereoscopy를 사용하여 시신경 유두 함몰비 및 형태를 판정하였다. 골드만 압평 안압계를 이용한 안압 측정에서 21 mmHg을 넘는 경우, 주변 전방 깊이가 1/4 이하인 경우, 단안에서 시신경 유두함몰비가 0.6 이상이거나 양안 시신경 유두함몰비가 0.2 이상 차이가 있는 경우, Hodapp classification¹¹을 이용한 single field 분석에서 녹내장성 시야 결손이 있는 경우 또는 망막질환이 있는 사람들은 대상에서 제외하였다.

그리고 키, 체질량, 체질량지수(체질량/신장 kg/m²)와 인클라인벤치프레스(머리측 30도 상방), 플랫벤치프레스(평평한 상태), 디클라인벤치프레스(머리측 15도 하방)에 따른 최대근력을 조사하였다.

각 체위에 따른 최대근력 측정 방법은 NSCA (미국체력관리학회)에서 권장하는 방법을 적용하였다. 즉, 쉽게 5~10회 반복할 수 있는 가벼운 중량으로 벤치프레스 운동을 하고 1분간 휴식을 취한다. 그리고 10회 이내를 수행할 수 있는 무게로 최대 반복을 수행한 후 대상자에게 1회만을 들 수 있는 무게를 물어보고 3분간 활동성 휴식을 취한 후 가능한 최고 무게로 시도해서 성공했을 경우 최대근력으로

기록하였다. 만약 실패했을 경우 3~5분간 휴식을 취하고 2 kg씩 감소시켜 알맞은 기술로 1회만을 들어 올릴 수 있을 때까지 반복하여 최대근력을 측정하였다.¹²

운동 시행 전과 운동 중 안압의 측정은 Tonopen XL[®] (Medtronic Solan, Jacksonville, Fla)을 사용하였으며, 한 명의 숙련된 검사자에 의해 측정되었다. 운동 시행 전 각각의 자세를 5분간 유지한 후에 기준 안압을 양안 각각 2회 측정하였다. 그리고 각 체위에서 측정된 최대근력의 80%에 해당하는 무게로 벤치에 등을 똑바로 대고 손바닥을 위로 가게 해서 어깨보다 약간 넓게 바를 잡고 숨을 들이 마시며 바가 가슴에 닿기 직전까지 내리되 스틱킹 포인트(sticking point; 가장 힘든 지점)를 통과한 후 숨을 참은 상태에서 안압을 2회 측정하였으며, 반동 없이 바를 다시 올려 팔꿈치가 신전되도록 하여 숨을 내쉬며 최대 신전 상태 직전까지 바를 올린 후 숨을 참고 안압을 2회 측정 하였다. 같은 방법으로 3가지 체위에서 양안 시행하였다.

대상군의 체위에 따른 운동 전, 운동 중 안압과 안과검사 결과들 및 연령, 키, 체질량, 체질량지수의 상관관계에 대하여 multiple Linear regression을 시행하였고, Student *t*-test와 covariance analysis (ANACOVA)를 사용하여 각 측정치를 비교 분석하였다. 통계 분석은 SPSS software version 12.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며 *p*값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

대상군의 평균 연령은 26.57±4.77세(20~39세)였으며, 최대교정시력은 0.95±0.02, 굴절이상 -4.06±0.16디옵터, 좌위에서 안압 13.21±0.085 mmHg, 주변부 전방깊이 0.82±0.32, 시신경유두함몰비 0.42±0.27이었다. 시야검사에서 녹내장성 시야 결손 소견이나 망막 시신경 섬유층 사진에서 망막 시신경 섬유층 위축은 관찰되지 않았다. 그리고 대

Table 1. Mean values of age, ophthalmic and health parameters

Variables	Mean*	Range
Mean age (years)	26.57±4.77	20~39
BMI [†] (kg/m ²)	24.40±2.74	18.4~31.0
Mean Weight (kg)	74.67±8.52	58~92
Mean Height (cm)	174.83±4.42	167~183
Mean IOP [‡] (mmHg)	13.21±0.08	10~19
BCVA [§]	0.95±0.02	0.5~1.0
Refraction error	-4.06±0.16	-9~0
PAC	0.82±0.32	1~2
C/D ratio [#]	0.42±0.27	0.2~0.6

* Values are given as a mean±standard deviation; [†]Body mass index=weight (kg) divided by height (m) square; [‡]Intraocular pressure; [§]Best corrected visual acuity; ^{||}Peripheral anterior chamber; [#]Cup to disc ratio.

Table 2. Mean values of 1 repetition maximum, 80% of 1 repetition maximum

Position	1RM*	80% of 1RM
Incline bench press (kg)	70.3±2.85*	56.24±2.28
Flat bench press (kg)	74.33±2.95	59.46±2.36
Decline bench press (kg)	78.33±3.68	62.66±2.94
<i>P</i> [‡]	<0.001	

* Repetition maximum; [‡]*P* value for linear trend which adjusted for 3 positions by ANACOVA test.

Table 3. Mean values of IOP on three bench press positions and exercising

Position	Pre-exercising	Lift up	Lift down
Incline bench IOP [†] (mmHg)	14.38±2.32*	17.27±2.57	18.03±2.75
Flat bench IOP (mmHg)	14.57±2.07	17.35±2.64	18.20±2.89
Decline bench IOP (mmHg)	18.20±2.89	20.38±2.66	22.10±2.79
<i>P</i> [‡]	<0.001		

* Values are given as a mean±standard deviation; [†] Intraocular pressure; [‡]*P* value for linear trend which adjusted for 3 positions by ANACOVA test.

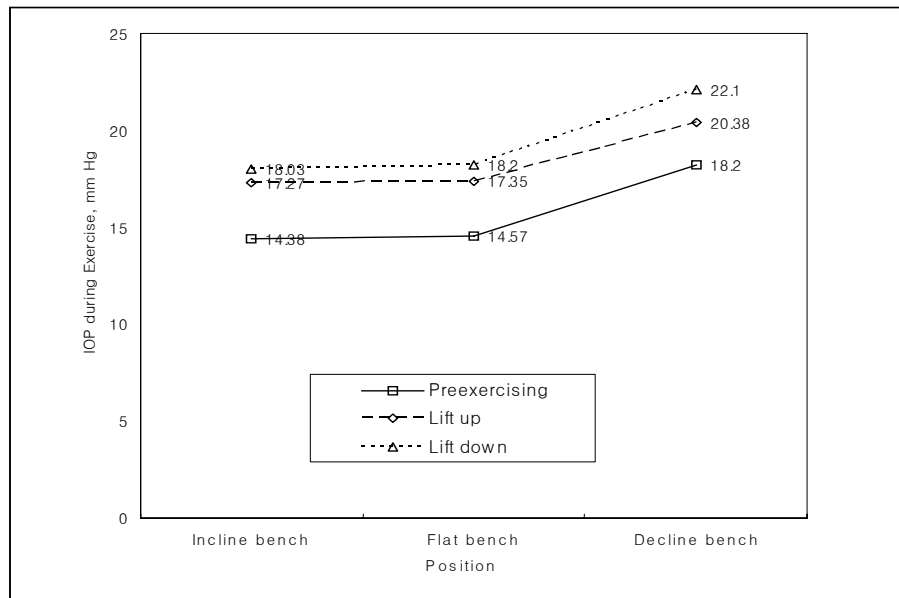


Figure 1. Comparison of intraocular pressure (IOP) on pre-exercising and lift down, lift up when exerted 80% of 1RM 2` (repetition maximum) at the point of keeping breath hold in 3 exercising positions.

상군의 평균 키 174.83±4.42 cm, 체질량 74.67±8.52 kg, 체질량지수는 24.40±2.74 kg/m²이었다(Table 1).

대상군의 각 체위에 따른 최대근력 값의 평균은 인클라인벤치프레스에서 70.3±2.85 kg, 플랫벤치프레스에서 74.33±2.95 kg, 디클라인벤치프레스에서 78.33±3.68 kg으로 측정되었으며, 체위 하강에 따라 최대근력 측정치는 유의하게 증가하였다(ANACOVA test. *p*<0.001)(Table 2).

인클라인벤치프레스, 플랫벤치프레스, 디클라인벤치프레스에서 운동 시행 전 각각의 자세를 5분간 유지한 후 안압은 14.38±2.32 mmHg, 14.57±2.07 mmHg, 18.20±2.89 mmHg로, 인클라인벤치프레스, 플랫벤치프레스 체위에서 안압 차이는 0.19±2.19 mmHg, 플랫벤치프레스, 디클라인

벤치프레스 체위에서 안압 차이는 3.63±2.48 mmHg, 인클라인벤치프레스, 디클라인벤치프레스 체위에서 안압 차이는 3.82±2.61 mmHg로 측정되었다. 운동 시행 전 체위에 따라 유의한 안압 차이를 보였다(ANACOVA test. *p*<0.001)(Table 3, Fig. 1). 또한, 운동전 좌위와 플랫벤치프레스 체위에서 측정한 안압은 유의한 차이를 보였다(Student's *t*-test. *p*<0.001).

다중선행회귀분석상 인클라인벤치프레스, 플랫벤치프레스, 디클라인벤치프레스에서 운동 전 측정한 안압과 체질량지수는 유의한 연관이 있었으나(*r*=0.73, *r*=0.72, *r*=0.91, *p*<0.05) 굴절 이상, 주변부 전방 깊이, 시신경 유두 함몰비에서는 연관성이 없었다(Table 4, Fig. 2).

Table 6. Correlation of between BMI, refractive error, peripheral anterior chamber, C/D ratio, VF, RNFL defect parameters and comparison of intraocular pressure (IOP) on pre-exercising and lift down, lift up in 3 positions

Position	Comparison of IOP [†]	BMI P value (R)*	Refraction error P value (R)*	PAC P value (R)*	C/D ratio [‡] P value (R)*	VF [§] P value (R)*	RNFLII defect P value (R)*
Incline bench press	Lift down and Pre-exercising	0.182 (-0.347)	0.982 (0.003)	0.203 (-0.167)	0.151 (0.188)	0.920 (0.13)	0.920 (0.13)
	Lift up and Pre-exercising	0.525 (-0.170)	0.880 (0.020)	0.401 (-0.110)	0.136 (0.195)	0.983 (0.003)	0.537 (-0.081)
Flat bench press	Lift down and Pre-exercising	0.114 (-0.206)	0.667 (0.057)	0.775 (-0.380)	0.503 (0.088)	0.771 (0.38)	0.771 (0.38)
	Lift up and Pre-exercising	0.180 (0.320)	0.653 (0.059)	0.815 (0.031)	0.179 (0.176)	0.859 (0.023)	0.859 (0.023)
Decline bench press	Lift down and Pre-exercising	0.414 (0.107)	0.885 (0.019)	0.478 (0.093)	0.819 (-0.030)	0.571 (0.750)	0.959 (0.007)
	Lift up and Pre-exercising	0.227 (0.158)	0.876 (-0.021)	0.146 (0.190)	0.754 (-0.041)	0.608 (0.067)	0.252 (0.150)

* P value(R). R=Pearson's correlation coefficient; P=Pearson's correlation; [†]IOP=intraocular pressure; [‡]C/D ratio=cup to disc ratio; [§]VF=visual field; ^{||}RNFL=retinal nerve fiber layer.

각 체위에서 측정된 최대근력의 80%값의 평균은 인클라인벤치프레스에서 56.24±2.28 kg, 플랫벤치프레스에서 59.46±2.36 kg, 디클라인벤치프레스에서 62.66±2.94 kg으로 측정되었다(Table 2).

최대근력의 80%에 해당하는 근력으로 웨이트 기구를 들어 올렸을 시, 내렸을 시 평균 안압은 인클라인벤치프레스에서 17.27±2.57 mmHg, 18.03±2.75 mmHg, 플랫벤치프레스에서 17.35±2.64 mmHg, 18.20±2.89 mmHg 디클라인벤치프레스에서 20.38±2.66 mmHg, 22.10±2.79 mmHg로 측정되었다(Table 3, Fig. 1).

각 체위에서 근력 운동 시행 전 안압과 역기를 들어 올렸을 시의 안압 차이는 인클라인벤치프레스에서 2.89±2.44 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001), 플랫벤치프레스에서 2.78±2.37 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001), 디클라인벤치프레스에서 2.18±2.77 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001)로 운동 중 안압 상승이 유의하게 나타났으며, 각 체위에서 근력 운동 시행 전 안압과 역기를 내렸을 시의 안압 차이는 인클라인벤치프레스에서 3.65±2.53 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001), 플랫벤치프레스에서 3.63±2.48 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001), 디클라인벤치프레스에서 3.9±2.84 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001)로 운동 중 안압 상승이 유의하게 나타났다. 그리고 각 체위에서 역기를 들어 올렸을 시의 안압과 내렸을 시의 안압 차이는 인클라인벤치프레스에서 0.76±2.49 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001), 플랫벤치프레스에서 0.85±2.41 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001), 디클라인벤치프레스에서 1.78±2.81 mmHg (Student *t*-test. *p*<0.001)로 역기를 내렸을 시 안압 상승 폭이 유의하게 컸다(Table 5, Fig. 1).

각 체위에서 기준 안압과 비교한 운동 시 안압의 차이는

체질량지수, 굴절이상, 전방깊이, 시신경 유두 함몰비, 시야, 시신경 섬유층 결손에서 모두 유의하지 않았다(Table 6).

고 찰

웨이트 트레이닝은 골격근에 최대 힘을 만들어주며 건과 인대를 발달시켜 신체 활동 시 발생하는 근의 통증이나 경직, 뻣뻣함, 또는 부상을 감소시키고,¹³ 체력 증강과 건강 상태 조절에 도움을 준다.¹⁴ 그 중 벤치프레스 운동은 동적 등저항 운동으로 근수축력이 초기 동작에서부터 종말 동작까지 변하며 점진적으로 증가하는 유형의 웨이트 트레이닝에 속하며, 과부하의 원리와 점진성의 원리를 적용하여 신체 각 부위에 근 기능 발달을 위해 실시하는 저항성 운동으로, 체위 변화에 따라 대흉근의 근육 발달 부위가 달라진다고 하였다.

본 연구에서 대상군의 체위가 하강할수록 최대근력 측정치는 증가하였다. 벤치 프레스 운동은 여러 가지 근육 활동으로 각 축을 따라 상호 작용하며 이루어지기 때문에, 체위를 달리 할 경우 상완와관절 움직임의 축이 달라지고, 변화된 움직임의 방향과 축은 각 근육의 전체 활동력에 영향을 미쳐서 들 수 있는 최대근력은 체위가 하강할수록 증가한다는 Barnett et al²의 연구와 일치하는 결과이다.

정상인에서 좌위에서 와위로 체위 변동에 따른 안압의 증가는 여러 사람들에 의해 발표 되었는데 Kim¹⁵는 2.6 mmHg, Krieglstein and Langhan¹⁶은 2.95 mmHg, Jain and Marmion¹⁷은 1.4 mmHg, Kim and Yun¹⁸은 2.7 mmHg, Tsukahara and Sasaka¹⁹는 4 mmHg로 보고자에 따라 차이가 있었다. 본 연구에서도 좌위와 와위의 안압이 유의한 차이를 보였다. 이는 앞의 연구들에서 밝혀진 바와 같이 체위

Table 4. Correlation of between BMI, refractive error, peripheral anterior chamber, C/D ratio parameters and intraocular pressure (IOP) in 3 positions before exercise

IOP [†] in 3 position	BMI P value (R)*	Refractive error P value (R).	PAC P value (R).	C/D ratio P value (R).
Incline Bench press	0.035 (0.730)	0.588 (-0.071)	0.888 (0.019)	0.073 (-0.233)
Flat bench press	0.038 (0.720)	0.538 (-0.810)	0.729 (-0.460)	0.229 (-0.158)
Decline bench press	0.009 (0.910)	0.982 (-0.003)	0.377 (-0.116)	0.867 (-0.220)

* Values are number of P value (R). R=Pearson's correlation coefficient; P=Pearson's correlation; Correlation analysis; [†] IOP=intraocular pressure.

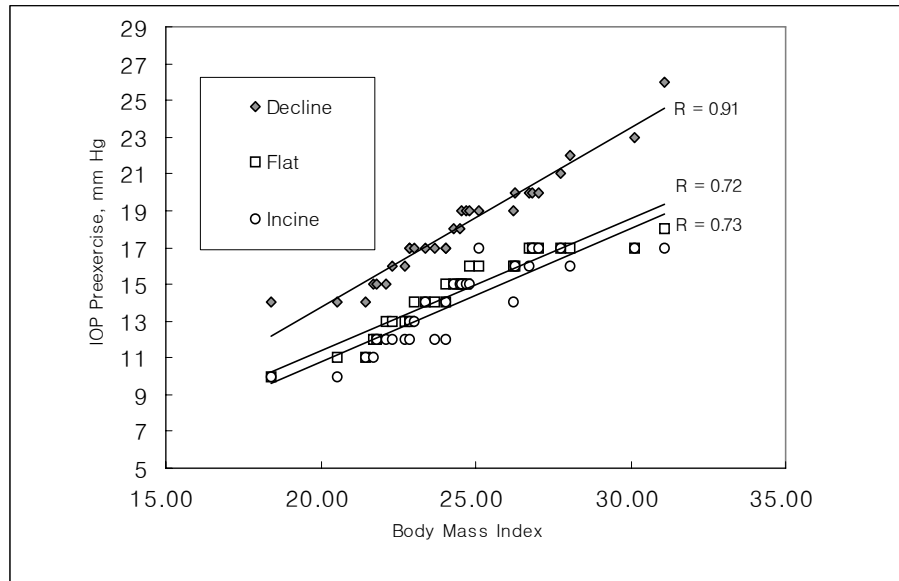


Figure 2. Scatterplot of the distribution of intraocular pressure(IOP) variations 5 minutes to maintain posture in 3 positions before exercise.

Table 5. Comparison of IOP on lift down, lift up and pre-exercising

Position	Lift down-Lift up	P value [‡]	Lift up-Pre-exercising	P value [‡]	Lift down-Pre-exercising	P value [‡]
Incline bench IOP [†] (mmHg)	0.76±2.49*	<0.001	2.89±2.44	<0.001	3.65±2.53	<0.001
Flat bench IOP [†] (mmHg)	0.85±2.41	<0.001	2.78±2.37	<0.001	3.63±2.48	<0.001
Decline bench IOP [†] (mmHg)	1.78±2.81	<0.001	2.18±2.77	<0.001	3.90±2.84	<0.001

* Values are given as a mean±standard deviation; [†]Intraocular pressure; [‡]Student T test.

변화에 따른 체내의 혈액 분포가 달라져 말초 혈액이 흉곽 내로 이동하게 되고, 상공막 정맥압 상승을 일으켜 안압의 상승이 나타난 것이다.¹⁵⁻²¹ TonopenXL[®]은 정상 범위 내의 안압에 대해서는 재현성이 높은 결과를 보이기는 하지만, 좌위에서는 골드만 압평 안압계를 이용하여 안압을 측정하였으므로 측정기구가 달라 단순 산술적 차이 값의 비교에는 제한점이 있다.²²

두위 하강에 따른 안압의 변화에 관한 연구들도 알려져 있다. 먼저, 10도 두위 하강한 상태에서 약간의 안압 상승이 있었으며,²³⁻²⁵ 완전 역위 자세에서 2배 높게 안압 상승이 있었다.²⁶ 평균 27세 여자 25명에서 머리 측 하방 6도 내렸을 때 와위와 비교하였을 때 1.9 mmHg의 안압 상승이

있었다.²⁷ 완전히 거꾸로 선 자세로 되었을 때 안압 상승량은 15.1±4.1 mmHg로 나타났다.⁹ 이들 연구에서 안압의 상승은 복합된 기전으로 설명되는데, 머리를 하방으로 경사지게 하였을 때 심장과 중심 정맥압에 비해 상대적으로 정적 머리측 정수압 경사에 의한 체액이동으로 맥락막 혈관의 울혈과 상공막 정맥압 상승으로 인한 섬유주 유출의 감소로 안압 상승이 일어나는 것으로 알려져 있다.^{9,23-30} 본 연구에서도 역기 운동을 시행하기 전에 각도가 있는 벤치를 이용하여 각 자세를 5분간 유지한 후에 안압을 측정하였을 때 플랫벤치프레스와 디클라인벤치프레스에서의 차이가 3.63±2.48 mmHg 나타났다. 이는 선행 연구들과 같은 기전들에 의해 안압의 변화가 발생한 결과라고 할 수 있다.

웨이트 트레이닝시 최대 근력의 2/3 이상의 근력을 사용하여 운동을 할 때 발살바 행위가 나타나는 것으로 알려져 있다고 하였는데,^{3,4} 발살바 행위로 인한 안압의 변화에 대한 선행연구들은 다음과 같다. 정상인에서 10초간 발살바 행위를 하였을 때 7.85 mmHg의 안압 상승이 있었다는 보고가 있으며,³¹ 역기 운동 중 벨트를 허리에 꽂 조일 때 발살바 행위가 일어나 안압 상승이 일어난다는 보고가 있다.⁵ Dickerman et al⁶는 11명의 역도선수에게 앉아서 숨을 참은 상태에서 최대 근력으로 역기를 들게 하였을 때 평균 15.0 mmHg의 안압 상승이 일어났다고 보고했고, Vieira et al⁷은 30명의 18세에서 40세 사이의 일반 남자에게 숨을 참고 역기를 들었을 때 4.3 ± 4.2 mmHg의 안압 상승이 있었고, 호기시 역기를 들었을 때 2.2 ± 3.0 mmHg의 안압 상승이 있음을 확인하였다. 이에 반해, 25명의 일반인에서 85%에 해당하는 근력으로 벤치 프레스를 하였을 때, 5분후 측정된 안압은 1.61 mmHg 감소하였고,³² 30명의 대학생을 대상으로 시행한 벤치 프레스에서 운동 5분후 측정된 안압에서 14.5%의 감소를 보였다³³는 보고들도 있다. 하지만 후자의 2개의 연구들은 운동 후, 즉 발살바 행위 후에 측정된 값으로 본 연구에서 발살바 행위 중 측정된 값과 다른 의미를 가진다.

본 연구에서는 각 체위에서 근력 운동 시행 전 안압과 최대근력 80%의 근력을 사용해서 역기를 들어 올렸을 시와 내렸을 시의 안압을 비교해본 결과 모두 안압 상승을 보였다. 이는 최대근력 80%의 근력을 사용하였을 때 발살바 행위가 나타나 안압 상승이 일어났음을 보여준다. 즉, 발살바 행위에 의해 성문이 닫히게 되면 늑간근과 복근이 수축하게 되어 흉압과 복압이 급격하게 상승하게 된다. 상승된 흉곽 내 압력에 의해 흉곽 내 정맥계의 압박이 생긴다. 중심 정맥압의 상승은 목정맥(jugular v.), 안와정맥(orbital v.), 와정맥(vortex v.)을 거쳐 맥락막(choroid)까지 전달되어 혈관 팽대를 가져오고 이로 인해 안압 상승이 발생한다.^{6,7,31,34,35}

그리고 본 연구에서 역기 운동 중 측정된 안압치들을 살펴보면, 인클라인벤치프레스와 플랫벤치프레스 체위에 비해서 디클라인벤치프레스 체위를 취할 경우 역기를 들 때와 내릴 때 모두 유의하게 높은 안압 상승이 나타났다. 이는 두위 하강 상태에서 근력 운동을 할 경우, 두위 하강으로 인해 발생하는 맥락막 혈관의 울혈과 상공막 정맥압의 상승에 의한 안압의 상승효과와 최대근력의 80%를 사용한 근력 운동 시 발생하는 발살바 행위로 인한 흉곽내압의 상승과 흉곽내 정맥계의 압박에 의한 안압의 상승효과가 같이 작용하여 안압 상승의 폭을 증가시킨 것으로 볼 수 있다.

또한, 본 연구에서는 3가지 체위 모두에서 역기를 들 때

보다 내릴 때 안압 상승 폭이 더 크게 나타났다. 발살바 동작은 가슴근육의 작용을 강하게 하면서 복강과 흉강을 안정화 시키는 작용을 하는데, 무거운 중량을 들 때 최대한 공기를 들이마시고 후두의 가장 좁은 부위인 성문을 닫고 힘을 최대한 발휘할 경우 흉강내압은 대기압보다 무려 150 mmHg 이상 증가하게 된다고 알려져 있다. Rushmer³⁶는 공기를 최대한 흡기한 상태와 폐내 대부분의 공기를 호기한 상태에서 각각 발살바 호흡을 유지한 후 위 내압을 측정하였는데, 위내압은 흡기 시 29~32 mmHg에서 호기 시 45~60 mmHg으로 증가하는 것을 보고하였다. 이는 호기시 필요한 흉곽내압을 보충해 주기 위해 복강 내압이 필요한 것이라고 하였다. 본 연구에서 역기를 들 때는 호기 상태에서 숨을 참은 후 안압을 측정했으며, 역기를 내릴 때는 흡기 상태에서 숨을 참은 후 안압을 측정하였으므로, 역기를 내릴 때 발살바 효과가 보다 크게 나타나서 이로 인한 안압의 상승 폭이 더 커진 것으로 사료된다.

한 가지 흥미로운 점은, 본 연구에서 각 체위에서 기준 안압과 비교한 운동 시 안압의 차이와 역기를 내릴 때와 올릴 때 안압의 차는 체질량지수, 굴절이상, 전방깊이, 수직 시신경 유두 함몰비, 시야, 시신경 섬유층 결손에서 모두 유의하지 않았으나, 각 체위에서 기준 안압과 체질량 지수는 유의한 연관 관계를 보였다. 이는 체질량지수와 안압 간의 직접적인 비례관계를 보인다는 연구 결과들과 부합된다.³⁷⁻⁴² 체질량 지수가 증가할수록 비만과 관련 있고 비만의 경우 안압의 상승에 직접적인 영향을 준다고 알려져 있다.³⁷⁻⁴² 안압 상승에 영향을 미치는 요인으로는 안와내 지방조직의 증가, 상공막 정맥압의 상승, 혈액 점도의 증가 등이 있으며, 이로 인한 방수의 유출 기능의 저하에 기인한다고 알려져 있다.^{41,42} 하지만 본 연구에서 운동 중에 안압의 변화는 체질량 지수와 유의한 관계를 보이지 않았다. 이는 체질량 지수가 운동 중 발생하는 발살바 행위 및 체위 변동으로 인한 안압의 변화에 부가적인 영향을 미치지 않는 것으로 잠정적 결론을 내릴 수 있으며, 향후 이에 관한 추가 연구들이 필요할 것이다.

이번 연구에서 최대근력을 측정하였는데, 최대근력이란 한 번에 들어 올릴 수 있는 최대의 무게로써 운동의 양적 요소인 중량부하를 결정하는 중요한 요인이다. 그러나 각 개인이 발휘 할 수 있는 최대 중량을 정확히 측정하기란 매우 어려운 일이고, 상당한 위험성을 내포한다. Earle¹²은 최대하 운동부하와 각 운동부하에서 수행할 수 있는 허용된 반복횟수의 관계를 제시하면서 최대근력검사는 중급 및 상급 저항 훈련선수와 운동기술 습득자에게 적용할 수 있다고 하였으며, 운동선수의 훈련 상태와 운동기술 경험의 무지는 안전과 최대근력검사 결과의 정확도를 떨어뜨릴 수

있다고 하였다. 최대근력 측정에 따른 위험성을 최소화하며, 타당성, 신뢰성, 객관성 있는 최대근력을 측정하기 위해 94.8%의 설명력을 갖는 회귀식에 따랐다.⁴³ 하지만 초보자에게 익숙치 않은 동작, 피험자의 실패에 대한 두려움 등으로 정확한 최대근력 측정은 어려웠을 것으로 사료된다. 또한 운동 중 숨을 참고 시행한 안압 측정은 빠른 시간에 측정해야 하는 제한과 반복된 근력 운동으로 근 피로도 누적으로 인한 불안정한 안압 측정이 이루어졌을 수 있다. 그러나 대상자의 최대 근력의 80%에 해당하는 근력운동으로 시행되었으며, 동일 조건하에 숙련된 한 명의 검사자에 의해 안압 측정이 이루어졌으며, 안압 변화와 안압의 비교에 초점을 둔 연구이므로 연구 결과의 신뢰성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 이외에 본 연구의 피험자가 특정 집단인 병원 직원 및 의대생에 국한 되었으며 한정된 연령대의 남자라는 특수성으로 인해 본 연구의 결과들을 일반인 모두에게 적용하기에는 제한점이 있다. 그리고 대상군 선정시 배제기준에 굴절 이상을 선정하지 않았으므로 이에 의한 영향은 알 수 없다.

이상과 같이 정상인에서 체위변화와 근력운동이 안압 변화를 가져오는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 변화가 녹내장 환자에서 어떤 영향을 미칠지는 부가 연구가 필요하나, 말기 녹내장 환자에서는 체위 하강 상태로 고부하 역기 운동을 할 경우 주의를 요할 필요가 있을 것으로 사료된다. 추후 녹내장 환자나 장기간 고부하 역기운동을 수행한 운동선수 집단을 대상으로 안압의 변화, 시신경의 손상, 시야의 결손 여부에 관한 횡단면적 및 종단적 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- 1) Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing resistance training programs, 3rd ed. Champaign IL: Human Kinetics, 2004;13-51.
- 2) Barnett C, Kippers V, Turner P. Effect of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. J Strength Cond Res 1995;9:222-7.
- 3) Narloch JA, Brandstater ME. Influence of breathing technique on arterial blood pressure during heavy weight lifting. Arch Phys Med Rehabil 1995;76:457-62.
- 4) Hughes LO, Heber ME, Lahiri A, et al. Haemodynamic advantage of the valsalva manoeuvre during heavy resistance training. Eur Heart J 1989;10:896-902.
- 5) Biro I, Botar Z. Ueber das verhalten den augendrucks bei verschiedenen sportsleistugen. Klin Monatsbl Augenheilkd 1967;140:123-30.
- 6) Dickerman RD, Smith GH, Langham-Roof L, et al. Intra-ocular pressure changes during maximal isometric contraction: does this reflect intra-cranial pressure or retinal venous pressure? Neurol Res 1999;21:243-6.
- 7) Vieira GM, Oliveira HB, de Andrade DT, et al. Intraocular pressure variation during weight lifting. Arch Ophthalmol 2006; 124:1251-4.
- 8) Galin MA, McIvor JW, Magruder GB. Influence of position on intraocular pressure. Am J Ophthalmol 1963;55:720-9.
- 9) Baskaran M, Raman K, Ramani KK, et al. Intraocular pressure changes and ocular biometry during Sirsasana (headstand posture) in yoga practitioners. Ophthalmology 2006;113:1327-32.
- 10) Van Herick W, Shaffer RN, Schwartz A. Estimation of width of the angle of the anterior chamber. Am J Ophthalmol 1969;68: 626-9.
- 11) Hodapp E, Parrish RK, Andersson DR. Clinical decisions in glaucoma. St. Louis: CV Mosby, 1993;204.
- 12) Earle RW. Applying exercise prescription principle. In: Thomas RB, Earle RW, eds. Essentials of strength training and condition, 3rd ed. Hong Kong: Human kinetics, 2008; chap. 19.
- 13) Stone MH, Collins D, Plisk S, et al. Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training. Strength and Conditioning Journal 2000;22:65-76.
- 14) Kuling K, Andrews JG, Hay JG. Human strength curves. Exerc Sports Sci 1984;12:417-66.
- 15) Kim DM. Postural change of intraocular pressure in normal persons and in patients with hypertension and diabetes. J Korean Ophthalmol Soc 1986;27:577-80.
- 16) Krieglstein G, Langhan ME. Influence of body position on the intraocular pressure of normal and glaucomatous eyes. Ophthalmologica 1975;171:32-45.
- 17) Jain MR, Marmion VJ. Rapid pneumatic and Mackay-Marg applanation tonometry to evaluate the postural effect on intraocular pressure. Br J Ophthalmol 1976;60:687-93.
- 18) Kim DM, Yun DH. Postural change of intraocular pressure. J Korea Ophthalmol Soc 1979;20:511-5.
- 19) Tsukahara S, Sasaka T. Postural change of IOP in normal persons and in patients with primary wide open-angle glaucoma and low-tension glaucoma. Br J Ophthalmol 1984;68:389-92.
- 20) Lieth AB. Episcleral venous pressure in tonography. Br J Ophthalmol 1963;47:271-8.
- 21) Hvidberg A, Kessing SV, Fernandes A. Effect of changes in PCO2 and body positions on intraocular pressure during general anaesthesia. Acta Ophthalmol 1981;59:465-75.
- 22) Viestenz A, Lausen B, Junemann AM, Mardin CY. Comparison of precision of the TonoPenXL with the Goldmann and Draeger applanation tonometer in a sitting and recumbent position of the patients - a clinical study on 251 eyes. Klin Monatsbl Augenheilkd 2002;219:785-90.
- 23) Carlson KH, McLaren JW, Topper JE, Brubaker RF. Effect of body position on intraocular pressure and aqueous flow. Invest Ophthalmol Vis Sci 1987;28:1346-52.
- 24) Mader TH, Taylor GR, Hunter N, et al. Intraocular pressure, retinal vascular, and visual acuity changes during 48 hours of 10 degrees head-down tilt. Aviat Space Environ Med 1990;61:810-3.
- 25) Frey MA, Mader TH, Bagian JP, et al. Cerebral blood velocity and other cardiovascular responses to 2 days of head-down tilt. J Appl Physiol 1993;74:319-25.
- 26) Linder BJ, Trick GL, Wolf ML. Altering body position affects intraocular pressure and visual function. Invest Ophthalmol Vis Sci 1988;29:1492-7.
- 27) Christophe C, Marc-Antoine C, Anne P, et al. Changes in intrao-

- cular pressure during prolonged (7-day) head-down tilt bedrest. *J Glaucoma* 2003;12:204-8.
- 28) Watenpugh DE, Hargens AR. The cardiovascular system in microgravity. In: Fregly MJ, Blatteis CM, eds. *Handbook of Physiology: Environmental Physiology*. New-York: Oxford, 1996: v. 3. chap. 29.
- 29) Smith TJ, Lewis J. Effect of inverted body position intraocular pressure. *Am J Ophthalmol* 1985;99:617-8.
- 30) Friberg TR, Sanborn G, Weinreb RN. Intraocular and episcleral venous pressure increase during inverted posture. *Am J Ophthalmol* 1987;103:523-6.
- 31) Lanigan LP, Clark CV, Allawi J, et al. Intraocular pressure responses to systemic autonomic stimulation in diabetes mellitus. *Eye* 1989;72:141-53.
- 32) Vieira GM, Penna EP, Bottaro M, Bezerra RF. The acute effects of isotonic exercise on intraocular pressure [in Portuguese]. *Arq Bras Oftalmol* 2003;66:431-5.
- 33) Chromiak JA, Abadie BR, Braswell RA, et al. Resistance training exercises acutely reduce intraocular pressure in physically active men and women. *J Strength Cond Res* 2003;17:715-20.
- 34) Van meurs JC, van den Bosch WA. Suprachoroidal hemorrhage following a valsalva maneuver. *Arch Ophthalmol* 1993;111: 1025-6.
- 35) Rosen DA, Johnston VC. Ocular pressure patterns in the valsalva maneuver. *Arch Ophthalmol* 1959;62:810-6.
- 36) Rushmer RF. Circulatory effects of three modifications of the valsalva experiment. *Am Heart J* 1946;32:399.
- 37) Lee JK, Lee JS, Kim YK. The relationship between intraocular pressure and health parameters. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009; 50:105-12.
- 38) Lee JS, Kim CM, Choi HY, Oum BS. A relationship between intraocular pressure and age and body mass index in a Korean population. *J Korean Ophthalmol Soc* 2003;44:1559-66.
- 39) Carel RS, Korczyn AD, Rock M, Goya I. Association between ocular pressure and certain health parameters. *Ophthalmology* 1984;91:311-4.
- 40) Klein BE, Klein R, Linton KL. Intraocular pressure in an American community. The Beaver Dam Eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33:2224-8.
- 41) Bulpitt CJ, Hodes C, Everott MG. Intraocular pressure and systemic blood pressure in the elderly. *Br J Ophthalmol* 1975;59:717-20.
- 42) Shiose Y, Kawase Y. A new approach to stratified normal intraocular pressure in a general population. *Am J Ophthalmol* 1986;101: 714-21.
- 43) Lim KC. The relationship of one repetition maximum between flat bench press exercise and incline bench press exercise. *Korean Journal of Sport Biomechanics* 2006;16:189-94.

=ABSTRACT=

The Effect of Positional Changes during Heavy Weight Lifting on Intraocular Pressure

Hae Yoon Song, MD, Sang Moon Jeoung, MD, Jae Seok Im, MD, Eung Lee, MD, Jeong Do Kwon, MD

Department of Ophthalmology, Wallace Memorial Baptist Hospital, Busan Korea

Purpose: To measure intraocular pressure (IOP) as a function of positional changes of the head during heavy weight lifting. **Methods:** The subjects of this study were 30 healthy adult males in their twenties to forties. This study investigated their ophthalmic examinations, BMI (body mass index), and 1RM (one repetition maximum) according to the three bench press positions.

The baseline IOP was measured in each position before starting exercise. IOP was measured during pre-exercise and then lift down, lift up when exerting 80% of 1RM in three bench press positions.

Results: Before exercising, the IOP was higher in the lowered head position in the decline bench press (18.20 ± 2.89 mmHg) than in the incline bench press (14.38 ± 2.32 mmHg) ($p < 0.001$). The IOP increased significantly during the bench press exercise, relative to during the pre-exercise ($p < 0.001$). Upon lift down, IOP increased by 3.72 ± 1.85 mmHg greater than upon lift up, and mean IOP increased by 2.61 ± 1.63 mmHg ($p < 0.001$). In our experiments, IOP increased to a maximum of 22.10 ± 2.79 mmHg, measured during lift down in the decline bench press configuration. The BMI and the IOP before exercise showed significant correlation ($p < 0.05$).

Conclusions: IOP increased more during exercise involving a lower head position. Further study is needed to know the extent to which this result is relevant for glaucoma patients and which activities and head positions during exercise may worsen glaucoma. In the meantime, patients with severe glaucoma may need to avoid lifting heavy objects with a lowered head position. J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(12):1831-1839

Key Words: Bench press, Intraocular pressure, Positional change, Valsalva maneuver, Weight lifting

Address reprint requests to **Jeong Do Kwon, MD**

Department of Ophthalmology, Wallace Memorial Baptist Hospital

#374-75 Namsan-dong, Gumjung-gu, Busan 609-813, Korea

Tel: 82-51-580-1359, Fax: 82-51-512-1354, E-mail: kjdeye@naver.com