

정상인의 체위에 따른 윗몸일으키기 시행 중 안압측정

홍영택 · 홍사민 · 김찬윤 · 성공제

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능 개발연구소

목적: 윗몸일으키기 운동이 체위에 따라 안압에 미치는 영향을 알아보고자 연구를 진행하였다.

대상과 방법: 안과적 이상이 없는 정상인 20인을 대상으로 체위에 따른 변화를 보기 위해 '좌위', '와위', '역와위'에서 안압을 측정하였다. 운동 후 체위에 따른 영향을 보기 위해 '와위에서 윗몸일으키기 후 와위', '역와위에서 윗몸일으키기 후 좌위', '역와위에서 윗몸일으키기 후 역와위'에서의 안압을 측정하였다. 운동 중의 안압 측정을 위해 '와위(혹은 역와위)에서 등척성운동(isometric exercise)을 하며 발살바법(Valsalva's maneuver)시행'에서의 안압을 측정하였다.

결과: 좌위에서 체위 변경 시 역와위에서 안압의 상승이 있었고, 윗몸일으키기 시행 후에 취한 체위에서는 좌위와 와위에서는 안압의 감소가, 역와위에서는 안압의 상승이 있었다. 등척성운동을 하며 발살바법을 시행하고 측정한 안압이 체위에 관계없이 가장 높은 안압을 나타내었다.

결론: 윗몸일으키기 운동 중에는 심한 안압의 상승이 있으나 운동 후에는 오히려 감소하는 경향이 있다. 운동 중, 혹은 전후에 일어나는 안압의 변동에 따른 녹내장의 예후에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

〈대한안과학회지 2009;50(12):1860-1867〉

근래 한국의 비약적인 경제성장과 함께 건강에 대한 관심은 폭발적으로 증가하여 '웰빙열풍'이란 신조어까지 만들어질 정도이며, 많은 사람들이 여러 가지 건강관리 프로그램을 이용하고 있다. 이에는 가까운 시민공원 등을 이용하거나 혹은 사설 헬스클럽 등을 이용하는 등의 방법이 있으며, 어디를 가도 손쉽게 많은 사람들이 이용하는 운동 중의 하나가 '윗몸일으키기'이다. 윗몸일으키기는 여러 가지 면에서 안압과 관련된 공금증을 일으키는 특징이 있다. 첫째로 체위의 변화(와위 혹은 역위)가 있고, 둘째로 운동 중 발살바법(Valsalva's maneuver)을 시행하게 된다. 지금까지 체위, 혈압, 운동, 발살바법 등에 따라 안압이 변한다는 많은 연구들이 있었다.¹⁻¹⁹ 좌위에서 와위, 혹은 완전 역위로 체위 변경 시 안압은 상승하게 된다.^{1,4,9,10,12,14} 유산소운동이든 혹은 무산소운동이든, 운동 전보다 운동 후 안압은 감소하게 된다.²⁰⁻²⁷ 그리고 발살바법은 안압의 상승을 또한 일으키게 된다.²⁸ 이런 여러 가지 요인들이 동시에 복합적으로 작용하는 윗몸일으키기 운동이 안압에 미치는 영향을 알아보고자 정상인을 대상으로 연구를 진행하였다.

대상과 방법

본원 직원 및 외래 내원 환자 중 안과적으로 이상이 없는 20명 20안을 대상으로 하였다. 성별 분포는 남자가 12명, 여자 8명이었고 평균 연령은 26.3세(25~29세)이었다. 각 대상자는 세극등검사, 골드만압평안압계, 전방각경검사, 시신경유두검사, 시야검사(Humphrey SITA 24-2; Allergan Humphrey, San Leandro, Calif, USA)를 포함한 전반적인 안과적 검사상 이상소견이 없었고, 녹내장의 기왕력과 가족력이 없으며, 고혈압, 당뇨 등의 전신질환이 없는 신체 건강한 자로 하였다. 대상자 중 근골격계 질환이나 기타 육체적 장애로 본 연구에서 진행하는 윗몸일으키기를 시행할 수 없거나, $\pm 4.00D$ 초과의 굴절 이상, $\pm 3.00D$ 초과의 난시, 좌위에서 골드만압평안압계로 21 mmHg 초과의 안압, 녹내장을 일으킬 수 있는 눈의 염증이나 기타 상태, 안압에 영향을 주는 전신적 혹은 국소 약물을 사용하는 자, 기타 사유로 안압 측정을 시행할 수 없는 자, 본 연구의 동의서 작성을 거부한 자는 제외하였다. 우안과 좌안 중 측정안의 선택은 무작위로 배정하였다.

윗몸일으키기 운동기구는 수평상태와 30° 역와위(head-down)상태에서 운동이 가능하도록 준비하였다. 무릎을 구부린 상태에서 두 발을 운동기구의 발 고정장치에 고정하고 두 손을 머리 뒤로 맞잡은 상태에서 운동을 시행하였다. 엉덩이 위의 상체가 전부 바닥에 닿아있는 상태에서 시작하여 엉덩이 위의 상체가 모두 바닥에서 들리고 앞머리가 구부린 무릎에 닿은 후 다시 처음처럼 뒷머리를 포함한 상체 전부가 바닥에

■ 접 수 일: 2009년 5월 7일 ■ 심사통과일: 2009년 8월 25일

■ 책임저자: 성 공 제

서울시 강남구 도곡동 146-92
연세대학교 강남세브란스병원 안과
Tel: 02-3497-3440, Fax: 02-3463-1049
E-mail: gjseong@yuhs.ac

Table 1. Intraocular pressure (IOP) (mm Hg) of sitting (Baseline*), supine, and head-down posture

	Supine (Mean±SD)	$p^{\dagger}$	Head-down 30° (Mean±SD)	$p^{\ddagger}$
Baseline*	14.1±1.5		14.1±1.5	
0 min [§]	14.6±1.4	0.111	16.1±2.0	<0.001
2 min	15.1±1.7	0.031	15.8±2.2	0.005
4 min	14.6±1.7	0.286	15.7±1.5	0.001
6 min	14.6±1.3	0.138	15.4±1.7	0.012
8 min	14.5±1.5	0.251	15.7±1.5	0.002

* Baseline=IOP measured in a sitting posture; [†] p -value=compared to Baseline*; [‡] p -value=compared to Baseline*; [§] min=minute.

Table 2. Intraocular pressure (IOP) (mm Hg) in a supine posture after exercise of sit-up with level

	Sit-up with level (Mean±SD)	$p^{\ddagger}$	$p^{\S}$
Baseline*	14.1±1.5		
Baseline [†]	14.5±1.5		
0 min	14.6±1.8	0.259	0.865
2 min	12.8±1.2	<0.001	<0.001
4 min	12.9±1.2	0.001	<0.001
6 min	12.5±1.2	<0.001	<0.001

* Baseline=IOP measured in a sitting posture; [†] Baseline=IOP measured in a supine posture for 8 minute. (see Table 1); [‡] p -value=compared to Baseline*; [§] p -value=compared to Baseline[†]; ^{||} min=minute.

닿았을 때를 1회로 간주하였다. 각 대상자가 시행하는 운동량을 일정하게 표준화하기 위해, 각 대상자마다 일정한 속도에서 최대로 시행 가능한 회수를 미리 1주 전에 측정하여 이의 80% 정도를 시행하도록 하였다. 이에 따라 시행한 평균 시행회수는 수평상태에서 23.4회, 역위상태에서 13.6회였다.

안압 측정은 전자식 안압계(Tono-pen XL; Medtronic Solan, Jacksonville, Fla, USA)를 이용하여 측정하였다. 안압계는 사용 전 매번 교정(calibration)을 하였고 고무마개를 씌울 때도 너무 험겁거나 꽉 조이지 않도록 특별히 신경을 썼다. 95% 신뢰구간 이내의 값만을 기록하였고, 매 측정 시마다 최소 2회 이상의 측정값을 얻어 평균값을 구하였다. 측정은 모두 숙련된 한 사람이 시행하였다. 안압 측정을 위해 프로파라케인 하이드로클로라이드 0.5% (proparacaine hydrochloride 0.5%) (Alcaine®, Alcon, Ft Worth, Tex, USA) 국소 점안 마취제를 측정 전에 한 방울 점안하였다.

안압의 일차변동의 영향을 줄이기 위해 오후 2~4시에 측정하였다. 안압의 측정은 ‘좌위’, ‘와위’, ‘역와위’, ‘와위에서 윗몸일으키기 후 와위’, ‘역와위에서 윗몸일으키기 후 좌위’, ‘역와위에서 윗몸일으키기 후 역와위’, ‘와위에서 등척성운동(isometric exercise)을 하며 발살바법시행’, ‘역와위에서 등척성운동을 하며 발살바법시행’의 총 8가지 범주로 시행하였다. 역와위는 30° 기울기를 설정하였다. 상호간의 영향을 최대한 배제하기 위해 측정은 각 범주마다 모두 다른 날에 시행하였다. 기초안압측정인 ‘좌위’의 안압 측정 외에 다른 범주의 안압 측정은 대부분 연속하여 2분 간격으로 시행하였다. ‘와위’ 혹은 ‘역

와위’의 안압 측정은 좌위에서 와위 혹은 역와위로 체위 변경 직후(0분)와 그로부터 2분 간격으로 8분까지 측정하였다. ‘와위에서의 윗몸일으키기 후 와위’의 안압 측정은 윗몸일으키기 시행 직후(0분)부터 2분 간격으로 6분까지 와위 상태에서 측정하였다. ‘역와위에서 윗몸일으키기 후 좌위’의 안압 측정은 역와위에서 윗몸일으키기 시행 후 즉시 좌위로 체위를 변경한 직후(0분)부터 2분 간격으로 6분까지 측정하였다. ‘역와위에서 윗몸일으키기 후 역와위’의 안압 측정은 역와위에서 윗몸일으키기 시행한 직후(0분)부터 2분 간격으로 6분까지 역와위 상태에서 측정하였다. ‘와위(또는 역와위)에서 등척성운동을 하며 발살바법시행’의 안압 측정은 와위(또는 역와위)에서 두 다리를 곧게 직선으로 45° 기울기로 들어 올리고 발살바법을 시행하는 것을 유지한 상태에서 약 3~8초 사이에 안압측정을 시행하였으며 이 경우 안압 측정은 2분마다 반복하지는 않았다.

통계적 분석은 SPSS 12.0 (SPSS inc, Chicago, Ill, USA)를 이용하여 대응표본 t 검정을 시행하였으며 $p<0.05$ 를 의미 있는 것으로 간주하였다.

결 과

‘좌위’에서의 안압(14.1±1.5 mmHg)을 측정하고 ‘와위’와 ‘역와위’에서의 안압을 측정하여 비교하였다(Table 1). 좌위와 와위의 비교에서는 와위를 시행한지 2분의 안압이 15.1±1.7 mmHg로 좌위보다 1.1±2.1 mmHg 높았으며($p=0.031$) 그

Table 3. Intraocular pressure (IOP) (mm Hg) in a sitting posture after exercise of sit-up with head-down 30°

	Sit-up with head-down 30° (Mean±SD)	<i>p</i>
Baseline*	14.1±1.5	
0 min†	13.2±1.5	0.010
2 min	12.2±1.4	<0.001
4 min	12.7±1.7	<0.001
6 min	12.6±1.2	<0.001

* Baseline=IOP measured in a sitting posture; † min=minute.

Table 4. Intraocular pressure (IOP) (mm Hg) in a head-down 30° posture after exercise of sit-up at head-down 30°

	Sit-up with head-down 30° (Mean±SD)	<i>p</i> [§]	<i>p</i> [¶]	<i>p</i> [#]
Baseline*	14.1±1.5			
Baseline [†]	14.5±1.5			
Baseline [‡]	15.7±1.5			
0 min**	21.1±1.0	<0.001	<0.001	<0.001
2 min	19.9±1.4	<0.001	<0.001	<0.001
4 min	19.7±1.3	<0.001	<0.001	0.001
6 min	19.6±1.6	<0.001	<0.001	0.001

* Baseline=IOP measured in a sitting posture; † Baseline=IOP measured in a supine posture for 8 minutes (see Table 1); ‡ Baseline=IOP measured in a head-down posture for 8 minutes (see Table 1); § *p*-value=compared to Baseline*; ¶ *p*-value=compared to Baseline[†]; # *p*-value=compared to Baseline[‡]; ** min=minute.

Table 5. Intraocular pressure (IOP) (mm Hg) with isometric exercise with Valsalva's maneuver in a supine or head-down 30° posture

	(Mean±SD)	<i>p</i> [#]	<i>p</i> ^{**}	<i>p</i> ^{††}	<i>p</i> ^{‡‡}	<i>p</i> ^{§§}	<i>p</i> ^{¶¶}
Baseline*	14.1±1.5						
Baseline [†]	14.5±1.5						
Baseline [‡]	15.7±1.5						
Baseline [§]	14.6±1.8						
Baseline [¶]	21.1±1.0						
Supine	23.1±2.9	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.026	0.059
Head-down	24.2±1.9	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.059

* Baseline=IOP measured in a sitting posture; † Baseline=IOP measured in a supine posture for 8 minutes (see Table 1); ‡ Baseline=IOP measured in a head-down posture for 8 minutes (see Table 1); § Baseline=IOP measured in a supine posture of 0 minute after exercise of sit-up with level (see Table 2); ¶ Baseline=IOP measured in a head-down 30° posture of 0 minute after exercise of sit-up at head-down 30° (see Table 4); # *p*-value=compared to Baseline*; ** *p*-value=compared to Baseline[†]; †† *p*-value=compared to Baseline[‡]; ‡‡ *p*-value=compared to Baseline[§]; §§ *p*-value=compared to Baseline[¶]; ¶¶ *p*-value=comparison of 'Supine' and 'Head-down'.

이외의 안압은 좌위와 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 좌위와 역좌위의 비교에서는 모든 측정치에서 역좌위의 안압이 1.3~2.0 mmHg 차이로 의미 있게($p<0.012$) 높았다.

‘좌위에서 뒷몸일으키기 후 좌위’에서 측정된 안압은(Table 2) ‘좌위’와 비교 시 최대 1.6±1.4 mmHg 낮았으나($p=0.000$) 운동 후 체위를 변경한 직후인 0분에서의 측정값은 좌위와 차이가 없었다. ‘좌위’와의 비교에서는 최대 2.0±1.7 mmHg 낮았으며($p=0.000$) 역시 0분에서의 값은 차이가 없었다.

‘역좌위에서 뒷몸일으키기 후 좌위’에서 측정된 안압은(Table 3) ‘좌위’와 비교 시 최대 1.8±0.9 mmHg 낮았으며($p<0.001$),

Table 2의 경우와는 달리 운동 후 체위를 변경한 직후인 0분에서의 측정값 역시 의미 있게 좌위보다 낮은 값을 보였다.

‘역좌위에서 뒷몸일으키기 후 역좌위’에서 측정된 안압은(Table 4) 모든 측정에서 ‘좌위’, ‘좌위’, ‘역좌위’보다 의미 있게 높았다($p<0.001$). 좌위보다는 최대 7.1±1.7 mmHg, 좌위보다는 최대 6.7±1.7 mmHg, 역좌위보다는 최대 5.5±1.6 mmHg 높았다.

‘좌위(혹은 역좌위)에서 등척성운동을 하며 발살바법시행’에서 측정된 안압은(Table 5) 본 연구에서 측정된 여러 조건의 안압 중 가장 높은 수치를 나타내었다($p<0.026$). 등척성운동

을 하며 발살바법을 시행하였을 때 체위(와위 혹은 역와위)에 따른 안압의 차이는 없었다($p=0.059$).

고 찰

체위에 따른 안압의 변화에 대해서는 그동안 많은 사람들의 보고가 있었다.^{1,4,9,10,12,14} 정상안에서 좌위에서 와위로 체위를 변동할 때 다수의 보고자들은 평균 0.3~4.0 mmHg의 안압 증가가 있다고 하였고 일부의 경우 6.0 mmHg의 상승이 있다는 보고하는 등, 그 변화량에 대해서는 보고자마다 차이가 있다.^{1,4-8,11,13,15-17,19} 검사자마다 이처럼 차이가 있는 것에는 여러 가지 원인이 있겠지만 기본적으로 안압 측정에 사용된 기구의 종류, 하루 중 측정 시간, 검사자의 눈금기록의 차이 등에 의한 것으로 보인다. 본 연구에서는 $0.5\pm1.3\sim1.1\pm2.1$ mmHg의 안압 증가가 있었으나(Table 1) 이중 통계적으로 의미 있는 것은 체위 변동 후 2분의 측정 값 1.1 ± 2.1 mmHg ($p=0.031$)이었고 그 외의 측정값은 모두 좌위와 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 좌위에서 역와위로의 체위 변동 시엔 $1.3\pm2.1\sim2.0\pm1.9$ mmHg 차이($p<0.012$)로 의미 있는 상승을 보였으며 이는 Kim and Kim⁷이 보고한 8.9 mmHg 보다는 훨씬 작은 수치이다. 이와 같이 체위에 따라 안압이 변한다는 사실은 이미 여러 보고에 의해 알려져 있지만 그 기전은 아직 정확히 밝혀져 있지 않다. Leonard et al¹¹은 좌위에서 와위로의 체위 변화 시 초기의 안압 상승은 갑작스러운 맥락막 혈액량의 증가로 인한 것이며, 그 이후의 지속적인 안압 상승은 방수 생성의 증가나 혹은 방수 유출의 감소로 인한 것이라고 하였고, Krieglstein et al⁸은 상공막정맥압과 안동맥압의 변화가 원인이라고 하였다. Weinreb²⁹은 좌위에서 완전 역위로 체위를 변화시키면 안압의 상승량이 상공막정맥압의 증가량과 동일하다고 하였다. Hvidberg³⁰은 체위의 변화에 따라 안압의 변화가 신속히 일어나는 것으로 보아, 이러한 신속한 변화는 방수 순환의 조절로는 불가하고 체위 변화에 따른 정수학적 요인(hydrostatic factor)이나 동맥혈의 이산화탄소분압의 변화가 중심정맥압의 변화를 일으키고, 이것이 와정맥을 통해 맥락막정맥 혈류량을 변화시켜 안압의 변화를 초래한다고 했다. Yamabayashi³¹은 위에 열거한 여러 보고자들이 생각한 여러 요인들이 복합적으로 작용하여 체위에 따른 안압의 변화가 생긴다고 하였다.

저자들이 측정한 결과를 지금까지의 다른 보고들과 비교해 볼 때 좌위에서 와위로의 체위 변화 시 안압증가 정도는 작은 편이었다. 또 최대 안압 증가가 나타난 2분에서의 안압을 제외하고 나머지는 모두 통계적인 의미는 없어 기존의 보고들과는 조금 다른 양상을 보인다. 와위에서의 안압 상승에 관해 Kim and Youn⁶은 21~58세 사이의 정상인을 대상으로 2.7 mmHg,

Kim and Kim⁷은 14~66세(평균 28.7세) 사이의 정상인을 대상으로 3.08 ± 1.19 mmHg (역와위는 8.9 ± 1.33 mmHg), Kim⁵은 29~73세(평균 43 ± 10 세) 사이의 정상인을 대상으로 2.6 ± 2.0 mmHg($-3.1\sim6.8$ mmHg), Oh and Youn³²은 20~76세(평균 57.7세) 사이의 정상인을 대상으로 2.4 mmHg의 안압 상승을 보고하였다. 각 보고자들의 안압 상승의 정도는 2.4~3.08 mmHg로 비교적 비슷한 값들을 보였고, 대상자의 나이는 14~76세까지 매우 폭넓은 분포를 하고 있었다. 본 연구에 참여한 대상자들의 나이분포는 25~29세(평균 26.3 ± 1.5 세)로 기존의 다른 연구들에 비해 20대에 한정된 비교적 젊고 균일한 집단이었다. 본 연구 대상자들의 연령이 상대적으로 젊다는 것이 기존의 연구와 차이를 보이게 된 원인으로 생각할 수 있으며, 이런 경향은 역와위에서도 확인할 수 있는데, 본 연구에서 측정한 증가 정도는 1.3~2.0 mmHg로, Kim and Kim⁷이 14~66세(평균 28.7세) 사이의 정상인을 대상으로 보고한 8.9 ± 1.33 mmHg보다 역시 작은 수치이다.

그렇다면 이러한 연령에 따른 차이를 유발할만한 원인은 무엇일까?

자율신경계는 자율조절(autoregulation)이라는 과정을 통해 조직과 기관으로의 일정한 혈류 흐름을 유지하게 한다.³³ 평균 안관류압(mean ocular perfusion pressure, MOPP)은 평균 동맥압(mean arterial pressure, MAP)에서 안압(Intraocular pressure, IOP)을 뺀 값으로 정의한다. Joos et al³⁴은 압력반사(baroreflex)에 장애가 있는 환자들을 대상으로 평균동맥압(MAP)과 안압(IOP) 사이에 강한 양의 선형상관관계($r=0.87$)가 있음을 보고하였고 이는 자율신경계가 혈압의 조절을 통해 직접 혹은 간접적으로 안압에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다. Singleton et al³⁵은 자율신경계 장애가 있는 환자들을 대상으로 체위에 따른 혈압과 안압의 변화를 관찰하였는데, 정상인에 비해 와위에서 극심한 혈압과 안압의 증가양상을 보고 하였다. 사람에서 혈압이 빠르게 그리고 반사적으로 조절되는 일차적이고 주요한 기구는 압력반사(baroreflex)인데³⁶ 이 압력 반사의 민감도는 노화에 따라 감소하는 경향이 있고^{37,38} 압력 반사의 혈액학 변동에 대한 완충역할도 노화에 따라 감소한다.³⁹ 이와 같은 사실들을 종합해볼 때 체위 변화로 유발되는 혈액학적 변화에 대응하기 위한 압력반사의 조절 반응의 정도가 나이에 따라 다르고, 그에 따른 안압의 조절도 나이에 따라 다른 반응을 보일 것으로 추정할 수 있다. 이와 같이 체위에 따른 안압의 변동이 실제로 대상자의 연령군에 따라 달라지는지에 대한 추가적인 연구가 필요하겠다.

Table 1을 보면 와위와 역와위 모두에서 초기 체위 변화 시의 안압이 비교적 일정하게 8분까지 유지되고 있는 것을 알 수 있다. 체위 변화 후 시간에 따른 안압의 변화 양상을 보고한 Krieglstein and Langham⁹은 좌위에서 와위로의 체위 변화

시 1~2초 후에 안압이 상승하고 10분후까지도 상승된 안압을 유지한다고 하였다. Yamabayashi et al³¹도 비슷한 보고를 하였다.

운동 후 안압의 변화에 대해서도 여러 보고가 있었다. 운동 후 안압은 유산소운동, 혹은 무산소운동의 종류에 관계없이 안압을 낮추는 효과가 있었다.²⁰⁻²⁷ 이러한 안압의 감소 정도는 운동의 강도와 시간에 비례하는 양상을 보였다.⁴⁰⁻⁴⁴ 정적 등척성운동(static isometric)과^{45,46} 웨이트트레이닝(weight training) 시^{47,48} 운동 전보다 운동 후 안압이 낮아지는 효과가 있었다. 그러나 운동 후가 아닌 운동 중에 측정된 안압은 조금 다른 양상을 보였다. 최대 등척성운동을 시행하며 발살바법을 동시에 시행하여 측정된 운동 중 안압은 운동 전보다 상승하는 양상을 보였다.⁴⁹ Vieira⁵⁰이 웨이트트레이닝을 시행하며 측정된 안압에서는 발살바법을 시행한 경우 운동 전보다 4.3±4.2 mmHg의 안압상승이 있었고, 발살바법을 시행하지 않은 경우 2.2±3.0 mmHg의 상승이 있었다.

운동으로 인한 안압 감소의 원인에 대해서는 Martin²⁶이 연구하여 다음과 같은 가설을 제시하였다. 운동으로 인해 근육의 대사량(metabolic activity of skeletal muscle)이 증가하고 이것이 근육 간질 삼투압의 증가와 근육의 정수압(hydrostatic pressure)의 증가를 가져오게 되며, 혈장으로 부터 근육 간질로 체액의 이동이 일어나게 된다. 이로 인한 유리체 부피의 감소 혹은 탈수, 모양체의 초여과력(Ultra-filtration force)의 감소, 직접적인 시상하부의 작용 등으로 인해 안압이 감소하는 것으로 설명하였다. 그러나 아직까지 많은 부분에서 더욱 연구가 필요한 사항이다.

‘와위에서 윗몸일으키기 후 와위’에서 측정된 안압(Table 2)과 ‘역와위에서 윗몸일으키기 후 좌위’에서 측정된 안압(Table 3)을 보면 운동 후 안압이 감소하는 양상을 보이고 있다. Table 2의 결과는 운동 후 와위에서 측정하였음에도 불구하고 운동의 효과로 인해 ‘와위’에서 측정된 안압(Table 1)보다도 더 낮은 안압을 나타내고 있어 운동으로 인한 안압 감소가 체위 변동으로 인한 안압 증가의 효과를 상쇄하고도 오히려 더 안압 감소를 일으키는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 측정된 ‘와위’로 인한 안압 증가의 효과가 비록 체위 변경 후 2분에서만 의미 있게 나타났지만(Table 1) 그 2분에서의 결과만을 비교하더라도 의미 있는 결과라 생각한다.

‘역와위에서 윗몸일으키기 후 역와위’에서 측정된 안압(Table 4)을 Table 3과 비교하면 와위에서 측정된 Table 2의 결과와는 다른 결과를 보이고 있다. 운동의 효과가 체위 변동의 효과를 상쇄한 와위의 경우와는 다르게, 운동 후 역와위 상태를 그대로 유지하자 심한 안압의 상승이 일어났고 운동 없이 ‘역와위’에서 측정된 안압(Table 1)보다도 더 높은 안압이 측정되었다. 이 같은 결과는 운동효과로 인해 체위변동의 효과가 더

증폭된 경우로 Table 2에서 측정된 와위의 경우와는 다른 양상을 보이고 있다. 즉 역와위 상태에서 운동을 시행한 후 즉시 좌위로 체위를 변경하면 안압의 효과적인 감소가 나타나지만(Table 3) 역와위를 취하면 되려 안압의 급격한 상승(Table 4)을 초래하게 된다.

윗몸일으키기 후의 안압 변화가 위와 같다면 윗몸일으키기 시행 중의 안압은 어떨지를 살펴보기 위해 비슷한 조건을 만들어 ‘와위(혹은 역와위)에서 등척성운동을 하며 발살바법 시행’을 측정하였다(Table 5). 결과는 지금까지 본 연구에서 측정된 다양한 조건들에서 얻은 값들보다도 훨씬 높은 안압의 상승(와위 시 ‘좌위’ 대비 9.8±2.1 mmHg, 역와위 시 ‘좌위’ 대비 10.2±1.8 mmHg, $p<0.001$)을 보였고, 흥미롭게도 와위와 역와위 상태에서 측정된 값이 비슷한 결과($p=0.059$)를 보였다. 이런 결과는 와위 혹은 역와위의 체위보다는 발살바법의 시행 유무가 안압 변화에 더 중요한 역할을 할 것으로 생각하게 한다.

Rafuse et al⁵¹은 웨이트트레이닝 중 일어나는 안압의 상승은 아마도 발살바법에 의한 것이라고 하였다. 발살바법시행 시 안압이 상승하는 과정을 살펴보면, 복근과 흉근의 수축이 흉강 내 정맥계를 압박하고 정맥압의 상승을 일으켜 이 상승된 정맥압이 목정맥, 안와정맥, 포아리정맥을 거쳐 맥락막의 정맥까지 전파되어 정맥의 울혈을 일으키고 정맥혈의 부피가 증가하여 안압을 상승시키게 된다.^{28,52} 또 다른 안압 상승의 경로는 상공막정맥압의 상승인데, 이 경우 맥락막정맥의 울혈로 인한 것보다는 훨씬 더 느린 속도로 진행된다.⁴⁹

지금까지의 결과를 종합하여 안압에 대한 영향을 고려할 때, 일반적인 조건에서 윗몸일으키기 운동시 운동 중의 체위는 그리 큰 영향은 없고 운동 후의 체위가 더 중요한 역할을 하는 것으로 생각할 수 있다. 운동 중에 생기는 안압 상승에의 노출 시간을 줄이기 위해 윗몸일으키기 시행 시간을 되도록 짧게 하도록 하며, 안압의 급격한 상승을 피하기 위해 역와위에서 운동을 시행한 경우 즉시 좌위로 체위를 전환하는 것이 방법 이겠다.

일상생활에서의 안압 상승이 우리가 우려하는 것처럼 실제로 녹내장에 어떤 영향을 미칠 수 있을 것인가에 대한 기존의 보고들을 보면, Schuman et al²⁸은 낮은 저항의 관악기를 연주하는 사람보다 높은 저항의 관악기를 연주하는 사람에서 정상 안압 녹내장이 더 많다고 하였다. Krist et al⁵²은 규칙적으로 무거운 물건을 들어 올리는 일, 높은 저항을 가진 관악기를 연주하는 일, 천식이나 만성적인 요관폐쇄의 병력, 변비 같은 만성적인 장폐쇄의 병력등과 같이 흉강내압이나 복강내압을 상승시킴으로써 안압을 상승시키는 과정에 노출되는 사람에서 정상안압녹내장이 더 흔하다고 하였다.

위와 같은 위험요소를 고려할 때, 건강을 위하여 시행하는 운동 중 안압을 상승시키는 윗몸일으키기와 같은 운동이 자칫

녹내장의 발생을 초래할 위험요소가 될 수도 있다. 안압에 대한 고려 없이 무지한 상태에서 시행한 운동이 다른 신체는 건강하게 해줄지 모르나 눈에는 해를 끼쳐 녹내장을 초래하거나 혹은 녹내장을 악화시킬 수도 있는 것이다. 본 연구에 참여한 대상자들은 모두 정상안의 젊은이들이었다. 녹내장 환자들은 일반적으로 정상안보다 방수의 유출능력이 더 낮다고 생각할 때, 안압이 상승하는 동일 조건에서 정상안보다 더 심한 안압의 상승을 겪게 될 것으로 예상할 수 있다. 따라서 정상안압 녹내장 환자의 진료에 있어서 일상 생활 중 안압을 상승시키는 요소들이 있는지 반드시 확인할 필요가 있다.

추가로 더 고려할 것은 뒷넡일으키기 운동 후 얻어지는 안압의 감소와, 운동 중 일어나는 안압의 상승 중 어느 것이 더 녹내장의 발생 및 그 진행에 더 큰 영향을 미치는지, 즉 운동 후 일시적으로 얻게 되는 안압의 감소로 녹내장의 예방 및 치료에 얻는 유익과, 운동 중 일어나는 안압의 증가로 녹내장의 예방 및 치료에 끼치는 해 중 어느 것이 더 큰지에 대해서 아직 구체적인 보고가 없다. 녹내장의 발생을 줄이고 그 악화를 예방하기 위해 이에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 필요가 있다.

참고문헌

- Anderson DR, Grant WM. The influence of body position on intraocular pressure. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1973;12:204-12.
- Galin MA, Mc JJ, Magruder GB. Influence of position on intraocular pressure. *Am J Ophthalmol* 1963;55:720-3.
- Geijer C. Effects of raised intraocular pressure on retinal, prelaminar, laminar, and retrolaminar optic nerve blood flow in monkeys. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1979;18:1030-42.
- 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.
- 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.
- Kim DM, Youn DH. Postural Effect on the Intraocular Pressure: Clinical application of Perkins applanation tonometer, 1st report. *J Korean Ophthalmol Soc* 1979;20:511-5.
- Kim SR, Kim HC. The Effect of beta-blocker on Postural Change of IOP. *J Korean Ophthalmol Soc* 1991;32:894-7.
- Krieglstein GK. The vascular basis of the positional influence on the intraocular pressure. *Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol* 1978;206:99-106.
- Krieglstein GK, Langham ME. Influence of body position on the intraocular pressure of normal and glaucomatous eyes. *Ophthalmologica* 1975;171:132-45.
- Langham ME, Leydhecker W, Krieglstein G, Waller W. Pneumatographic studies on normal and glaucomatous eyes. *Adv Ophthalmol* 1976;Vol.32:108-33.
- Leonard TJ, Kerr Muir MG, Kirkby GR, Hitchings RA. Ocular hypertension and posture. *Br J Ophthalmol* 1983;67:362-6.
- Namba K, Sakurai I, Kurosawa A, Niwayama N. Postural change on intraocular pressure measured with alcon applanation pneumatonograph. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 1977;81:241-7.
- Shibata T. The effect of body position on intraocular pressure in normal and glaucomatous eyes—a comparative study with pneumatonograph. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 1985;89:696-701.
- Tarkkanen A, Leikola J. Postural variations of the intraocular pressure as measured with the Mackay-Marg tonometer. *Acta Ophthalmologica* 1967;45:569-75.
- Trew DR. Postural studies in pulsatile ocular blood flow: I. Ocular hypertension and normotension. *Br J Ophthalmol* 1991;75:66-70.
- Tsukahara S. Postural change in IOP in normal persons and in patients with primary wide open-angle glaucoma and low-tension glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1984;68:389-92.
- Weber AK. Pressure differential of intraocular pressure measured between supine and sitting position. *Ann Ophthalmol* 1981;13:323-6.
- Williams BI. Abnormal intraocular pressure control in systemic hypertension and diabetes mellitus. *Br J Ophthalmol* 1980;64:845-51.
- Wuthrich UW. Postural change and intraocular pressure in glaucomatous eyes. *Br J Ophthalmol* 1976;60:111-4.
- Ashkenazi I. The effect of continuous strenuous exercise on intraocular pressure. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33:2874-7.
- Kielar RA. Standardized aerobic and anaerobic exercise: differential effects on intraocular tension, blood pH, and lactate. *Invest Ophthalmol* 1975;14:782-5.
- Kypke W. Glaucoma, physical activity and sport. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1974;164:321-7.
- Leighton DA. Effect of walking on the ocular tension in open-angle glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1972;56:126-30.
- Lempert P. The effect of exercise on intraocular pressure. *Am J Ophthalmol* 1967;63:1673-6.
- Marcus DF. The effect of exercise on intraocular pressure. I. Human beings. *Invest Ophthalmol* 1970;9:749-52.
- Martin B. Mechanism of exercise-induced ocular hypotension. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:1011-5.
- Stewart RH. Effects of exercise on aqueous dynamics. *Am J Ophthalmol* 1970;69:245-8.
- Schuman JS, Massicotte EC, Connolly S, et al. Increased intraocular pressure and visual field defects in high resistance wind instrument players. *Ophthalmology* 2000;107:127-33.
- Weinreb RN. Effect of inverted body position on intraocular pressure. *Am J Ophthalmol* 1984;98:784-7.
- Hvidberg A. Effect of changes in PCO₂ and body positions on intraocular pressure during general anaesthesia. *Acta Ophthalmol* 1981;59:465-75.
- Yamabayashi S. Postural change of intraocular and blood pressures in ocular hypertension and low tension glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1991;75:652-5.
- Oh SY, Youn DH. Postural Response of Intraocular Pressure in Primary Open-angle Glaucoma Following Trabeculectomy. *J Korean Ophthalmol Soc* 1993;34:875-80.
- Hayreh SS. Factors influencing blood flow in the optic nerve head. *J Glaucoma* 1997;6:412-25.
- Joos KM, Kakaria SK, Lai KS, et al. Intraocular pressure and baroreflex failure. *Lancet* 1998;351:1704.
- Singleton CD. Effect of Posture on Blood and Intraocular Pressures in Multiple System Atrophy, Pure Autonomic Failure, and Baroreflex Failure. *Circulation* 2003;108:2349-54.

- 36) Mancia G, Mark AL. Arterial baroreflexes in humans. In: Shepherd JT, Abboud FM, Bethesda, MD, eds. Handbook of Physiology. The Cardiovascular System. Peripheral Circulation and Organ Blood Flow: Am Physiol Soc, 1983; v. 3. chap. 20
- 37) Laitinen T, Hartikainen J, Vanninen E, et al. Age and gender dependency of baroreflex sensitivity in healthy subjects. *J Appl Physiol* 1998;84:576-83.
- 38) Monahan KD, Dinunno FA, Tanaka H, et al. Regular aerobic exercise modulates age-associated declines in cardiovascular baroreflex sensitivity in healthy men. *J Physiol* 2000;529:263-71.
- 40) Harris A. Correlates of acute exercise-induced ocular hypotension. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994;35:3852-7.
- 41) Orgul S. Moderate exertion lasting only seconds reduces intraocular pressure. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1994;232:262-4.
- 42) Qureshi IA. The effects of mild, moderate, and severe exercise on intraocular pressure in glaucoma patients. *Jpn J Physiol* 1995;45:561-9.
- 43) Qureshi IA. Effects of mild, moderate and severe exercise on intraocular pressure of sedentary subjects. *Ann Hum Biol* 1995;22:545-53.
- 44) Qureshi IA. Magnitude of decrease in intraocular pressure depends upon intensity of exercise. *Korean J Ophthalmol* 1996;10:109-15.
- 45) Lanigan LP. Intraocular pressure responses to systemic autonomic stimulation. *Eye* 1989;3:477-83.
- 46) Marcus DF. Effects of a sustained muscular contraction on human intraocular pressure. *Clin Sci Mol Med* 1974;47:249-57.
- 47) Chromiak JA. Resistance Training Exercises Acutely Reduce Intraocular Pressure in Physically Active Men and Women. *J Strength Cond Res* 2003;17:715-20.
- 48) Vieira GM, Penna EP, Bottaro M, Bezerra RF. The acute effects of isotonic exercise on intraocular pressure. *Arq Bras Oftalmol* 2003; 66:431-5.
- 49) Dickerman RD. Intra-ocular pressure changes during maximal isometric contraction: Does this reflect intra-cranial pressure or retinal venous pressure? *Neurol Res* 1999;21:243-6.
- 50) Vieira GM. Intraocular pressure variation during weight lifting. *Arch Ophthalmol* 2006;124:1251-4.
- 51) Rafuse PE, Mills DW, Hooper PL, et al. Effects of Valsalva's manoeuvre on intraocular pressure. *Can J Ophthalmol* 1994;29:73-6.
- 52) Krist D, Cursiefen C, Jünemann A. Transitory intrathoracic and abdominal pressure elevation in the history of 64 patients with normal pressure glaucoma [in German]. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2001; 218:209-13.

=ABSTRACT=

Change in Intraocular Pressure of Normal Healthy Eyes During Sit-up With Various Postures

Young Taek Hong, MD, Samin Hong, MD, Chan Yun Kim, MD, Gong Je Seong, MD

The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To investigate the change in intraocular pressure (IOP) of normal healthy eyes at different positions while performing sit-ups.

Methods: Twenty normal healthy eyes of 20 subjects were studied. IOP was measured while in the 'sitting upright', 'supine', and 'head-down' position to determine postural effect on IOP when executing a sit-up. Measurements were taken after the performance of a sit-up and during the performance of a sit-up, in both the head up and head down positions to test the effect of the exercise on the IOP. In addition, the IOP after an 'isometric exercise with Valsalva's maneuver in the supine or head-down position' was measured to determine the actual IOP during a sit-up.

Results: The postural change from sitting upright to tilting the head in a downward position caused the IOP to increase. After the performance of a sit-up, the IOP decreased in both the upright and supine positions, though IOP increased in the head-down position. After the isometric exercise with Valsalva's maneuver, IOP increased significantly regardless of position.

Conclusions: IOP increased significantly during sit-ups, but decreased afterward. Future studies should be performed to evaluate the long-term effects of IOP change during and after sit-ups with respect to the prognosis of glaucoma.

J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(12):1860-1867

Key Words: Head down, Intraocular pressure, Posture

Address reprint requests to **Gong Je Seong, MD**

Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Gangnam Severance Hospital

#146-92 Dogok-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea

Tel: 82-2-3497-3440, Fax: 82-2-3463-1049, E-mail: gjseong@yuhs.ac