

안압상승의 위험인자로서 체질량지수(BMI)와 허리둘레의 비교

박상신 · 이은희^{*,**} · 백도명^{***} · 조성일^{***}

Department of Veterinary Integrative Biosciences, College of Veterinary Medicine
and Biomedical Sciences, Texas A&M University

*극동대학교 안경광학과

**극동대학교 보건과학대학원

***서울대학교 보건대학원

투고일(2010년 3월 25일), 수정일(2010년 6월 22일), 게재확정일(2010년 9월 18일)

목적: 본 연구는 안압 상승의 예측인자로서의 비만 지표인 체질량지수(body mass index: BMI)와 허리둘레 중 어떤 지표가 예측인자로서 더 적절한지를 판단하기 위하여 수행되었다. **방법:** 본 연구에 참여한 20세 이상의 성인 458명을 대상으로 분석을 시행하였다. BMI를 삼분위로 층화한 후 허리둘레(삼분위)에 따른 안압을 비교하였으며, 다음으로 허리둘레를 삼분위로 층화한 후 BMI(삼분위)에 따른 안압을 비교하였다. 또한, BMI, 허리둘레와 안압 간의 선형회귀분석을 각각 시행하였다. **결과:** 허리둘레 층화 후 BMI에 따른 안압의 증가는 관찰되지 않았지만, BMI 24.9 kg/m² 이상의 대상자들에게서는 허리둘레와 안압이 양의 상관관계를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 성별과 연령을 보정한 경우에는 허리둘레만이 안압과 유의한 양의 상관관계를 보였고, 여기에 생활변수까지 보정한 다중선형회귀분석결과 BMI와 허리둘레는 모두 안압과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 그러나 허리둘레 증가가 안압 상승에 대해서 보다 높은 설명력과 유의수준을 보이는 것으로 평가되었다. **결론:** 본 연구결과, BMI와 허리둘레 모두 안압과 양의 상관관계가 있는 것으로 확인되었으며, 허리둘레가 BMI보다 안압에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

주제어: 비만, 허리둘레, 체질량지수, 안압, 녹내장

서 론

안압은 녹내장 발생에 영향을 주는 중요한 인자 중 하나이다^[1]. 전세계적으로 비만의 발생이 증가되면서 비만과 안압의 연관성에 대한 연구가 많이 진행되었고^[2-10], 특히 비만 측정 도구로서 대표적으로 활용되고 있는 체질량지수(body mass index: BMI)^[2-6]와 허리둘레^[6,8,9]의 경우 안압과 양의 상관관계 있다는 연구결과가 보고된 바 있다.

아직까지 안압 상승과 관련한 연구에서는 안압 상승의 위험인자인 비만의 측정도구로서 허리둘레를 사용하기 보다는 BMI를 사용하는 경향이 있지만, BMI보다 허리둘레가 또 다른 안압 상승의 위험인자인 심혈관질환을 예측하는데 보다 효과적인 지표라는 점^[11]을 감안한다면 허리둘레가 안압 상승의 보다 중요한 위험인자라고 추측된다. 그러나 아직까지 안압 상승의 예측인자 및 위험인자로서 허리둘레와 BMI의 비교 연구는 이루어진 일이 없고, 일부에

서는 여전히 비만의 측정도구로써 BMI가 많이 선호되고 있다.

이에 본 연구는 안압 상승의 위험인자로서의 비만을 판단하는 방법으로 BMI보다 허리둘레를 사용하는 것이 적절할 수 있다고 판단하고, 두 비만지표와 안압과의 관계를 평가하였다.

대상 및 방법

본 연구는 2008년 7-8월에 경기도 일부 지역의 주민들을 대상으로 홍보를 통해 건강검진 대상자를 모집하여 실시하였다. 20세 이상의 건강검진 대상자는 총 644명 이었으나 이 중 안질환, 알레르기 비염, 알레르기성 피부염, 갑상선질환, 심근경색증, 협심증, 뇌혈관질환, 감기 등을 최근에 앓았거나 치료를 받고 있는 참여자를 제외한 458명을 대상을 대상으로 연구를 수행되었다.

안압 측정은 Kowa KT-800 Tonometer(Kowa Company, Tokyo, Japan)를 이용하여, 우안에서 좌안의 순서로 진행되었고, 양안의 안압을 세 차례에 걸쳐 측정된 후 그 평균값을 각각 기록하고 다시 산출된 양안의 평균값을 본 분석에 이용하였다. 대상자들의 신장과 체중은 신장계와 전자체중계를 이용하여 소수 첫째자리까지 측정하였으며, BMI는 ‘체중(kg)/신장(m)²’로 계산하였다. 허리둘레는 줄자를 이용하여 호기 후 편한 기립상태에서 배꼽 부위에서 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.1 software package(SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)를 사용하여 유의수준은 $p < 0.05$ 로 수행하였다. 대상자의 특성분포는 남녀로 구분하여 대상인원, 백분율, 평균 \pm 표준편차로 나타내었고, 성별·연령별로 BMI, 허리둘레, 안압을 살펴보았다. BMI와 허리둘레에 따른 안압의 수준을 살펴보기 위해서는, 우선 BMI를 삼분위로 층화시켜 허리둘레(삼분위)에 따른 안압의 평균을 비교하고 추세분석을 하였으며, 다음으로 허리둘레를 층화시킨 후 BMI에 따른 안압을 비교하였다. 마지막으로, 다중선형회귀분석을 사용하여 BMI, 허리둘레와 안압 간 선형도를 분석(Model 1)하였고, 다음으로 연령, 성별을 보정한 BMI, 허리둘레의 안압과의 선형도(Model 2)와 연령, 성별, 흡연, 음주, 정기적 운동(주 3회 이상) 여부를 보정한 BMI, 허리둘레의 안압과의 선형도(Model 3)를 분석하였다. 다중선형회귀분석에서의 회귀계수는 ‘표준화된 회귀계수(회귀계수/독립변수의 표준편차)’를 사용하였다. 이러한 변환으로 인하여 각각 다른 단위를 가진 BMI와 허리둘레의 안압 증가에 따른 회귀계수를 비교할 수 있었다.

결 과

분석 대상자들의 평균 연령은 41.6 ± 10.7 세이고, 이 중 여성은 57.9%이었다. 대상자들의 평균 안압은 12.4 mmHg(남: 12.2 mmHg, 여: 12.5 mmHg)이었다. 대상자들

Table 1. Basic characteristics of participants

	Male (n=193)	Female (n=265)	Total (n=458)
Age (years)	42.0 \pm 10.5	41.3 \pm 10.9	41.6 \pm 10.7
Life style variables (%)			
Regular physical activity	31.6	30.2	30.8
Current smoker	39.5	1.3	17.5*
Alcohol user	66.2	34.5	48.1*
Obesity measurement			
Body mass index (kg/m ²)	24.4 \pm 2.9	23.3 \pm 3.3	23.8 \pm 3.2*
Waist circumference (cm)	90.8 \pm 6.8	85.4 \pm 7.2	87.5 \pm 7.5*
Intraocular pressure (mmHg)	12.2 \pm 2.4	12.5 \pm 2.4	12.4 \pm 2.4

*p values < 0.001 for sex difference by t-test or chi-square test

은 20대에서 60대까지 고루 분포하였으며, 남녀 간 규칙적 신체활동을 하는 인원은 비슷하였고(남: 31.6%, 여: 30.2%), 여성 중 단 1.3%가 흡연을 하고 있다는데 반하여 남성 중 39.5%가 흡연을 하고 있다고 답하였다($P < 0.001$, Table 1). BMI의 경우 남성이 여성보다 약 1.1 kg/m² 높은 평균값을 나타내었으며($P < 0.001$), 허리둘레의 평균값은 남성에서 90.8 cm, 여성에서 85.4 cm이었다($P < 0.001$).

Table 2에 의하면, 남성에서 연령대별 평균 BMI, 허리둘레, 안압의 범위는 각각 23.2~24.9 kg/m², 87.9~90.9 cm, 10.9~12.7 mmHg이었으며, 여성에서는 20.8~25.9 kg/m², 81.0~92.1 cm, 12.3~12.9 mmHg이었다. 또한, 남성의 안압의 경우 연령이 증가함에 따라 유의하게 감소하는 경향을 나타내었으나(P for trend=0.008), 여성의 BMI, 허리둘레는 연령에 따라 증가하는 경향을 나타내었다(P for trends < 0.001).

허리둘레에 따라 분석대상을 세 집단으로 층화시켰을 때 BMI에 따른 안압의 증가는 관찰되지 않았으나, BMI 24.9 kg/m² 이상의 대상자들은 허리둘레가 증가함에 따라서 안압 또한 증가하는 것으로 나타났다($P=0.012$,

Table 2. Mean obesity indexes and intraocular pressure according to sex and age

Age	Male				Female			
	N (%)	BMI (kg/m ²)	WC (cm)	IOP (mmHg)	N (%)	BMI (kg/m ²)	WC (cm)	IOP (mmHg)
20-29	15 (7.8)	24.9 \pm 3.2	90.7 \pm 7.4	12.2 \pm 2.7	31 (11.7)	20.8 \pm 2.4	81.0 \pm 6.7	12.7 \pm 3.1
30-39	78 (40.4)	24.4 \pm 3.2	90.9 \pm 7.3	12.7 \pm 2.4	100 (37.7)	22.9 \pm 3.3	84.5 \pm 6.6	12.5 \pm 2.1
40-49	56 (29.0)	24.8 \pm 2.8	90.9 \pm 6.3	12.3 \pm 2.3	75 (28.3)	23.9 \pm 3.0	84.8 \pm 6.1	12.5 \pm 2.4
50-59	32 (16.6)	24.1 \pm 1.9	90.9 \pm 6.1	11.5 \pm 2.3	41 (15.5)	24.2 \pm 2.3	87.9 \pm 6.3	12.3 \pm 2.3
60-	12 (6.2)	23.2 \pm 3.7	87.9 \pm 7.3	10.9 \pm 2.2	18 (6.8)	25.9 \pm 4.7	92.1 \pm 10.8	12.9 \pm 2.8
P for trend		0.250	0.422	0.008		<0.001	<0.001	0.830

Table 3. Means of intraocular pressure (mmHg) according the tertiles (T) of body mass index (BMI: kg/m²) and waist circumference (WC: cm)

BMI	WC	Mean±SD	p for trend*	WC	BMI	Mean±SD	p for trend*
T1 (BMI < 22.33)	T1 (WC < 79.5)	12.38±2.45	0.939	T1 (WC < 84.5)	T1 (BMI < 20.35)	12.71±2.56	0.088
	T2 (WC < 83.6)	12.41±2.52			T2 (BMI < 22.09)	12.26±2.37	
	T3 (WC ≥ 83.6)	12.09±2.54			T3 (BMI ≥ 22.09)	11.89±2.25	
T2 (BMI < 24.93)	T1 (WC < 85.8)	12.35±2.30	0.699	T2 (WC < 90.1)	T1 (BMI < 22.49)	11.99±2.46	0.390
	T2 (WC < 89.0)	12.02±2.11			T2 (BMI < 24.29)	12.32±2.10	
	T3 (WC ≥ 89.0)	12.31±2.32			T3 (BMI ≥ 24.29)	12.40±2.54	
T3 (BMI ≥ 24.93)	T1 (WC < 91.0)	12.15±2.33	0.012	T3 (WC ≥ 90.1)	T1 (BMI < 25.51)	12.47±2.16	0.468
	T2 (WC < 95.5)	12.56±2.66			T2 (BMI < 27.17)	12.62±2.59	
	T3 (WC ≥ 95.5)	13.22±2.35			T3 (BMI ≥ 27.17)	12.89±2.58	

*Adjusted for age and sex

Table 4. Associations ($\beta \pm SE^*$) of intraocular pressure with body mass index (BMI) and waist circumference (WC)

		$\beta \pm SE$	p	R ²
Model 1	BMI	0.143±0.113	0.205	0.004
	WC	0.181±0.112	0.109	0.006
Model 2	BMI	0.217±0.115	0.061	0.020
	WC	0.314±0.121	0.010	0.027
Model 3	BMI	0.268±0.120	0.031	0.045
	WC	0.372±0.130	0.005	0.054

*Standardized regression coefficients=regression coefficients/standard deviation of the independent variable.

Model 1: Non-adjusted

Model 2: Adjusted for age and sex

Model 3: Adjusted for age, sex, smoking status, alcohol use, and regular physical activity (≥3/week)

Table 3).

Table 4의 결과에 의하면, 어떤 변수도 보정하지 않았을 때(model 1)의 BMI, 허리둘레와 안압과의 회귀분석결과는 유의하지 않았으나(P>0.05), 성과 연령을 보정하였을 때(model 2)와 여기에 생활변수를 보정하였을 때(model 3)는 허리둘레와 안압과의 관계가 유의하였으며(P<0.05), 허리둘레의 안압에 대한 표준화된 회귀계수, 설명력(R²) 및 유의수준이 BMI보다 높은 것으로 나타났다.

고 찰

지금까지 국내외에서 비만을 포함한 각종 신체지표와 안압과의 상관관계에 대한 연구는 많았지만^[2-10], 안압상승의 위험인자로서의 BMI와 허리둘레의 유용성을 비교한

연구는 없었다. 선행연구에서는 허리둘레^[6,8,9], 체지방률^[6], 비만도(100×체중/표준체중)^[6-7,10], BMI^[2-6], 근육량^[6]과 안압증가와의 관계에 대해서 살펴보았지만, 안압 증가에 영향을 미칠 수 있는 비만지표를 비교했던 연구는 아직까지 없었다.

각종 비만지표가 안압을 상승시키는 것은 혈압에 의한 상공막 정맥압의 증가, 안와내부의 지방조직 증가, 혈액 점도의 증가 등에 의한 안방수의 유출 감소에 기인한 것으로 추측되고 있으며^[3,8,9], 비만과 관련하여 유발될 수 있는 것으로 알려진 고혈압^[11]의 경우에는 혈압에 의해 증가된 섬모체동맥압이 방수생산을 촉발시키는 한편 자율신경계를 긴장시켜서 혈청코르티코이드를 증가시킴으로써 안압을 상승시키는 것으로 알려져 있다^[12].

본 연구결과, BMI보다 허리둘레와 안압과의 상관관계가 더욱 높은 것으로 나타났다. 또한, Table 3에서는 비만(BMI≥24.9 kg/m²)인 대상자에게서만 허리둘레 증가에 따라 안압이 유의하게 증가하는 흥미로운 결과가 나타났다. 안압에 대한 선행연구에서 이에 대한 분석이 이루어진 일이 없기 때문에 직접적인 그것의 원인을 확인하기는 어렵다. 하지만, 허리둘레와 BMI가 안압에 미치는 영향이 다른 이유는 비만과 심혈관계 질환과 관련한 다음의 연구결과 및 전문가 의견을 통하여 추정해볼 수 있다. National Heart Lung Blood Institute's Obesity Education Initiative Expert Panel에서는 보건의료 전문가들에게 BMI 25 kg/m² 이상, 34.9 kg/m² 이하의 사람들에게는 허리둘레를 측정하도록 권고하였고^[13], 코호트 연구인 Framingham Offspring Study에 대한 연구결과^[14]에서는 여성의 BMI가 25 kg/m² 이상, 30 kg/m² 미만인 대상자들에서 허리둘레가 증가함에 따라 심혈관계 질환이 유의하게 증가하였다. 이러한 비만에 관한 선행연구는 안압이 비만인 (BMI≥24.9 kg/m²) 대

상자들에게서 허리둘레가 증가함에 따라 상승한다는 본 연구와 매우 유사한 연구결과를 보여준다.

다른 선행연구^[11]에 의하면, 허리둘레가 BMI보다 심혈관계 위험인자를 지시하는데 더 민감한 지표인 것으로 나타났다. 이것은 허리둘레가 BMI보다 더 유의하게 안압의 상승과 상관관계가 있고, 더 설명력이 높다는 본 연구결과와 매우 유사하다.

이렇게 허리둘레와의 관계에서 안압의 상승과 심혈관계 질환이 유사한 경향을 보이는 이유는 복부비만이 두 현상을 일으키는 중간 과정에서 일부 중복되는 기전이 있기 때문으로 추측된다. 분해되기 쉬운 복부의 내장지방이 분해되면서 유발될 수 있는 인슐린 저항성^[15]은 여러 단계의 기전을 거쳐 혈당, 혈압 등을 상승시켜 심혈관계 질환을 유발하게 되고, 간접적으로 안압을 상승시키게 되므로^[8,9] 안압의 상승과 심혈관계 질환 발생이 복부비만에 관련하여 유사한 형태를 보이는 것으로 생각된다. 따라서 안압이 BMI보다 허리둘레의 영향을 많이 받는 것은 안압이 내장지방의 영향을 많이 받는다는 것을 보여주므로, 안압의 위험인자로서의 비만지표로는 피하지방까지 포함한 BMI 보다는 허리둘레를 사용하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

본 연구는 많지 않은 참여자들을 대상으로 수행된 단면 연구라는 한계가 있다. 그러나 일반적으로 안압에 대한 연구가 일개 병원의 건강검진자들을 대상으로 이루어진다는 점을 고려할 때, 한 지역사회 일반 주민들을 대상으로 진행된 본 연구는 보다 선택편견을 줄일 수 있었던 것으로 판단된다. 신체검진 및 안압의 측정이 각각 한 사람에게 의해서 이루어진 점 역시 이 연구의 강점이라고 할 수 있겠다. 무엇보다, 본 연구는 안압 상승의 위험요인인 비만 지표 중 더욱 관련성이 있는 지표를 찾으려고 시도한 첫 논문이라는 측면에서 그 의미가 있다 하겠다.

결 론

BMI와 허리둘레 모두 안압과 양의 상관관계가 있는 것으로 보이고, 그 중 허리둘레가 BMI보다 안압에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 하지만, 이러한 결과에 대한 명확한 인과관계를 찾기 위해서는 추후 이에 대한 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 연구는 교육과학기술부의 Brain Korea 21 사업 및 환경부의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Bonomi L., Marchini G., Marraffa M., Bernardi P., De Franco I., Perfetti S., Varotto A., and Tenna V., "Prevalence of glaucoma and intraocular pressure distribution in a defined population. The Egna-Neumarkt Study", *Ophthalmology*, 105(2):209-215(1998).
- [2] Fukuoka S., Aihara M., Iwase A., and Araie M., "Intraocular pressure in an ophthalmologically normal Japanese population", *Acta. Ophthalmol.*, 86(4):434-439(2008).
- [3] Mori K., Ando F., Nomura H., Sato Y., and Shimokata H., "Relationship between intraocular pressure and obesity in Japan", *Int. J. Epidemiol.*, 29(4):661-666(2000).
- [4] Memarzadeh, F., Ying-Lai M., Azen S. P., and Varma R., "Associations with intraocular pressure in Latinos: the Los Angeles Latino Eye Study", *Am. J. Ophthalmol.*, 146(1):69-76(2008).
- [5] Lee, J. S., Kim, C. M., Choi H. Y., and Oum B. S., "A Relationship between Intraocular Pressure and Age and Body Mass Index in a Korean Population", *Korean Ophthalmol. Soc.*, 44(7):1559-1566(2003).
- [6] Lee J. K., Lee J. S., and Kim Y. K., "The Relationship Between Intraocular Pressure and Health Parameters", *Korean Ophthalmol. Soc.*, 50(1):105-112(2009).
- [7] Lee J. K., Han Y. S., Lee J. S., and Kim Y. K., "The Relationship Between Intraocular Pressure and Age, Hypertension and Obesity Index in Ocular Hypertensive Patients", *Korean Ophthalmol. Soc.*, 50(7):1082-1087(2009).
- [8] Park S. S., Lee E. H., Jargal G., Paek D., and Cho S. I., "The distribution of intraocular pressure and its association with metabolic syndrome in a community", *J. Prev. Med. Public Health*, 43(2):125-130(2010).
- [9] Oh, S. W., Lee S., Park C., and Kim D. J., "Elevated intraocular pressure is associated with insulin resistance and metabolic syndrome", *Diabetes Metab. Res. Rev.*, 21(5):434-440(2005).
- [10] Lee, J. S., Choi, Y. R., Lee, J. E., Choi, H. Y., Lee S. H., and Oum B. S., "Relationship between intraocular pressure and systemic health parameters in the Korean population", *Korean J. Ophthalmol.*, 16(1):13-19(2002).
- [11] Wildman R. P., Gu D., Reynolds K., Duan X., Wu X., and He J., "Are waist circumference and body mass index independently associated with cardiovascular disease risk in Chinese adults?", *Am. J. Clin. Nutr.*, 82(6):1195-1202(2005).
- [12] Hennis A., Wu S. Y., Nemesure B., and Leske M. C., "Hypertension, diabetes, and longitudinal changes in intraocular pressure", *Ophthalmology*, 110(5):908-14(2003).
- [13] Expert Panel on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight in Adults, "Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: executive summary. Expert Panel on the Identification, Evaluation, and Treatment of Over-

- weight in Adults”, Am. J. Clin. Nutr., 68(4):899-917 (1998).
- [14] Freiberg, M. S., Pencina M. J., D'Agostino R. B., Lanier K., Wilson P. W., and Vasan R. S., “BMI vs. waist circumference for identifying vascular risk”, Obesity (Silver Spring), 16(2):463-469(2008).
- [15] Tirosh, A., Shai I., Bitzur R., Kochba I., Tekes-Manova D., Israeli E., Shochat T., and Rudich A., “Changes in triglyceride levels over time and risk of type 2 diabetes in young men”, Diabetes Care, 31(10):2032-2037(2008).

Body Mass Index Compared with Waist Circumference Indicators as a Predictor of Elevated Intraocular Pressure

Sang-shin Park, Eun-Hee Lee^{*,**}, Domyung Paek^{***} and Sung-il Cho^{***}

Department of Veterinary Integrative Biosciences, College of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, Texas A&M University

*Department of Visual Optics, Far East University

**Graduate School of Health Science, Far East University

***Graduate School of Public Health, Seoul National University

(Received March 25, 2010; Revised June 22, 2010; Accepted September 18, 2010)

Purpose: The aim of the current study was to compare body mass index (BMI) with waist circumference (WC) as a predictor of elevated intraocular pressure (IOP). **Methods:** The subjects were consisted of 458 adults, aged 20 year or above, of one community in Kyunggi-do. Mean IOPs were stratified jointly for BMI and WC tertiles. Multi-variate linear regression analysis was also used to compare between BMI and WC. **Results:** Although any BMI tertiles were not associated with IOP within each tertile of WC, WC tertiles was significantly related to elevation of IOP within the third BMI tertile (≥ 24.9 kg/m²). After adjusting for age and sex, only WC showed significant association with IOP. In additional adjustment for lifestyle variables, both BMI and WC were significantly associated with elevation of IOP. However, the results showed the stronger association of IOP with WC than BMI, whether they were adjusted by age and sex or additionally lifestyle variables. **Conclusions:** These data showed that BMI and WC were positively associated with IOP. However, WC appeared to be a better indicator for higher IOP than BMI.

Key words: Obesity, Waist circumference, Body mass index, Intraocular pressure, Glaucoma