

쇼트트랙 스피드 스케이팅 운동시 하지 관절각 분석

박정훈 · 이효택 · 김용재[†]
(부경대학교)

A Study on Joint Angle of Lower Extremity during Short Track Speed Skating

Jung-Hoon PARK · Hyo-Taek LEE · Yong-Jae KIM[†]
(Pukyong National University)

Abstract

This study, which is conducted on two groups of skilled people and unskilled people, is purposed to analyze joint angle of lower extremity during short track speed skating in order to find out efficient body position and propose ideal training method. Short Track Speed Skating has a wide range of research areas, but their findings indicate a promising area for further research. Targeting 8 people who are skilled in short track speed skating and 8 people who are not skilled in it, this study analyzes three dimensional images using super-high speed camera to compare differences between these two groups of people. In this study, 6 sections of body positions including right foot push-off, right foot recovery, right foot basic position, left foot push-off, left foot recovery, and left foot basic position were analyzed using 8 super-high speed cameras of VICON. These body positions were analyzed in order to find out joint angles of the hip joint, the knee joint, and the ankle joint. In the section 4 of the inner and outer parts of the left hip angles showed significant difference, and most of the sections of knee joint angles also showed significant difference. In the section 1 and 2 of the plantar flexion, dorsiflexion of ankle joints showed significant difference($p < .001$) It was found out that there were differences between groups of skilled people and unskilled people in terms of lower extremity's joint angles such as angles of the hip joint, the knee joint, and the ankle joint.

Key words: Short track, Speed skating, Lower extremity, Body position, Joint angles

I. 서론

스케이팅은 이제 대중 경기종목으로 자리 잡고 가고 있다. 그 가운데서 쇼트트랙 스피드 스케이팅은 한국이 세계적으로 그 실력을 인정받고 있다. 쇼트트랙 종목이 세계 최강국으로 자리를 굳힌 배경에는 서양인에 비해 상대적으로 왜소한

한국인의 신체특성이 한 몫 했다는 것이 일반적인 견해이다. 여기에다 쇼트트랙 종목의 스케이팅 기법에 대한 지속적인 연구 결과가 실제 선수들의 훈련과 접목되면서 경기력이 향상 될 수 있을 것이다. 그러므로 과학적인 경기 분석과 효과적인 훈련은 경기력 향상을 위해서 절대적으로 필요하다(Park, 1998).

[†] Corresponding author : 051-629-5640, nhk2146@pknu.ac.kr

* 이 논문은 부경대학교 석사학위논문의 일부임

대부분의 스케이팅 이동 경향은 움직이는 방향의 반대쪽을 밀어내면서 추진력을 발생시킨다. 스케이트가 앞으로 미끄러져 나갈 때, 뒤쪽을 밀어내는 것에 의해 추진력을 발생시키는 것은 불가능하며 효과적으로 밀어내기 위해서는 스케이트의 미끄러지는 진행 방향에 대한 수직 방향으로 밀어내야 스케이트의 속도를 높일 수 있다 (Jung, 2003).

또한, 균형감과 균형적인 신체 발달의 한 방법으로 스케이트 운동을 들 수가 있는데, 스케이트 운동은 수직과 수평의 조화를 인지하는 기본적인 반사작용으로부터 얻은 정보를 어떠한 자세에도 완벽하게 균형을 유지 할 수 있는 능력을 요구하기 때문이다. 일반인들도 신발을 신고 걸 어갈 때에는 불편함을 느끼지 못하지만 막상 스케이트를 처음 신으면 서는 것조차 힘들어 균형을 찾기 힘들다. 그러나 스케이트 운동을 실시하면, 위, 아래로의 동작, 밀기, 뛰기, 회전 등을 반복 연습함으로써, 움직임의 통해 어느새 균형 감각이 발달해 균형능력 향상을 가져오게 된다 (Shin, Lee, Jang, Han, Han, Lee, Son, Jo, Choi, 2008).

국제 스포츠 경기 중목으로 부상된 쇼트트랙 경기에 있어서 우리나라는 최근에 이르기까지 괄목할 만한 경기력을 발휘하여 왔다. 그러나 근래에 이르러 다른 국가들의 경기력 향상으로 정상의 위치가 크게 위협받게 되었다. 이와 같은 관점에서 쇼트트랙의 경기력 향상을 위한 동작 분석에 대한 연구의 필요성이 제기되었다(Hyun, 1996).

400m 스케이팅 직선동작의 수행수준은 최적의 파워 산출과 얼음과 공기저항으로 인한 파워 손실의 최소화에 달려있다. 수행수준의 향상을 위해 가장 중요한 역학적 요인은 스케이팅 자세이다. 자세에 따라 마찰손실과 파워산출의 균형이 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 두 번째 역학적 요인은 밀기형태이다. 이것은 미는 힘이 작용하는 방향 무릎과 고관절의 신전속도 그리고

신전 전 무릎 각에 의해 결정된다. 마지막으로 스피드 조절을 위한 스트로크 빈도이다. 그러나 스트로크 빈도를 지나치게 늘리면 스트로크당 일의 양과 상쇄해서 전체 파워 산출이 적어질 수 있다. 위의 역학적 요인은 쇼트트랙 스케이팅에서도 적용된다(Park, 1998).

직선주로는 곡선주로 후반구간에서 왼발과 오른발 스케이트를 연속적으로 빠르게 교차하면서 가속을 증가시킨 후 오른발과 왼발의 강한 푸시-오프의 동작을 수행하게 된다. 여기서 오른발과 왼발의 강한 푸시오프는 곡선주로에서 가속을 높이는 연속적인 전문적 기술의 특성이라 할 수 있다(Jeon, Park, Baek, 2001).

쇼트트랙 주행 동작에 따른 선행연구를 살펴보면 스케이트의 스타트와 곡선주로에 대한 동작분석과 빙상에서 이루어지는 동작은 활발히 진행되고 있지만, 스케이트 직선동작을 대상으로 한 연구는 활발한 연구가 이루어지지 않은 상태이다. 자세를 낮추어 진행하는 쇼트트랙 스피드 스케이트의 특성상 고관절, 무릎 관절, 발목 관절에 다양한 통증을 야기할 수 있으므로, 상해 예방과 이상적인 훈련법 제시를 위하여 다각적인 해결책이 필요하다고 사료되어진다. 따라서 본 연구에서는 스케이트 직선동작의 효율적인 동작을 규명하고, 이상적인 직선동작 훈련을 제시하여 기록 단축을 위한 자료로 제공하기위해 동작분석을 통하여 하지관절 각도의 변화를 비교 분석하였다.

II. 연구방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 B시 소재 쇼트트랙 스피드 스케이트 숙련자인 선수 남자 8명과 미숙련자 일반인 8명을 선정하였다. 숙련자는 쇼트트랙 경력이 5년 이상으로 지도자 자격을 소지한 자로 선정하였고, 미숙련자는 강습 1년 이하의 대상으로 선정하여 실험을 실시하였다<Table 1>.

<Table 1> Participants characteristic (N=14)

N	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Career (yrs)
Skilled (8)	21.5 ±3.89	173.5 ±6.15	70.5 ±9.62	7.36 ±3.88
Unskilled (8)	20.25 ±0.46	177.64 ±4.8	71.28 ±8.46	0.53 ±0.12

2. 측정 도구

본 연구를 수행하는데 있어 사용된 측정도구 및 용도는 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Experimental instruments

Instrument	Model	Company	Technique
Camera	Motion master	VISOL	3D Motion Capture
Soft Ware	KWON3D	VISOL	Analysis process
Control Point	1m*1m*2m	ESI	Coordinate set-up
Extensimeter	BSM370	Bio-space	measure height

3. 자료 분석

본 연구는 쇼트트랙 스피드 스케이팅 선수의 지상훈련의 동작을 통하여 하지 관절인 고관절과 무릎 관절, 발목 관절 각도에 관한 정보를 추출하였다. 실험계획, 데이터취득, 데이터 처리, 그리고 자료 분석을 수행하였다.

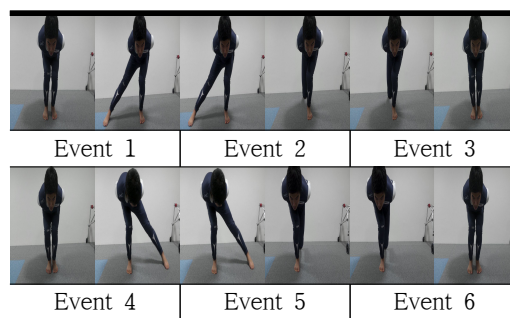
VICON사의 고속 카메라 8대를 사용하여 하지 관절인 무릎 관절, 발목 관절 각도의 변화를 측정하였으며, 동작을 컴퓨터로 동조하기 위해 하지 관절에 반사 마커 15개를 고관절에 2개, 천골에 1개, 대퇴근막에 2개, 무릎 관절에 2개, 장지신근에 2개, 발목 관절에 2개, 발등 2개, 발뒤꿈치에 2개를 좌·우로 부착하여 쇼트트랙 직선 동작 자세를 통하여 고관절과 무릎 관절, 발목 관절의 각도 변화를 측정하였다.

본 장에서는 Park(1998)의 선행연구를 참조하여 왼발 돌리면서 오른발 태우기, 오른발 밀기 동작의 모델로 해석을 수행하였다. 본 연구에서

는 고속카메라를 통하여 숙련자와 미숙련자의 동작을 비교 분석을 하기 위하여 밀기동작, 태우기 동작, 기본동작으로 분류하고 좌·우로 측정하여 숙련자와 미숙련자를 비교 분석하였다<Table 3>, <Figure 1>.

<Table 3> Event setting

구분	직선 구간
Event 1	Right Push-off
Event 2	Right Recovery
Event 3	Fundamental Position
Event 4	Left Push-off
Event 5	Left Recovery
Event 6	Fundamental Position



[Fig. 1] Event Setting

본 연구의 목적을 달성하기 위해 실험대상자의 수행 데이터를 VICON사의 Vicon Blade 프로그램을 통하여 얻은 후, SPSS Ver 12.0을 이용하여 통계처리 하였다.

쇼트트랙 스피드 스케이팅 직선동작의 고관절과 무릎 관절, 발목 관절의 각도 변화를 동작분석의 통계적 차이를 확인하기 위해서 Paired-t test를 실시하였으며, 집단 간 차이 규명을 위해 유의 수준은 $p < .05$ 로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 고관절 각도의 변화

쇼트트랙 고관절에 따른 측정 결과는 <Table

4>와 같다.

본 연구에서 쇼트트랙 직선동작에 따른 두 집단 간의 고관절을 측정된 결과 내전과 외전 구간에서 우측 구간 1($p < .05$), 좌측 구간 3($p < .05$)과 4($p < .05$)에서 통계적으로 유의한 차가 있었다. 좌측 구간 4에서도 숙련자 -16.81° , 미숙련자는 -9.89° , 우측 구간 1에서 숙련자 -13.60° 미숙련자 -17.89° 로 밀기동작 시 미숙련자와 숙련자의 차($p < .05$)가 있다는 것을 알 수 있었다.

Baek, Yoon, Kwon(1996)는 쇼트트랙 출발 동작에서 좌우측 고관절 각도는 출발 후 굴곡운동을 하다가 이후에는 굴곡과 신전운동을 반복하여 스트로크가 증가할수록 수치가 작아지는 경향을 나타낸다고 하였다.

Park(1998)는 쇼트트랙 스케이팅 직선주로에서 오른발 밀기 전후에 상체 전경 각이 증가하고, 왼발의 경우 감소하는 특징을 보인다고 하였다. Hyun(1996)은 곡선주로에서의 동작 시 몸을 옆으로 많이 뉘이므로 상대적으로 상체 전경 각이 크게 나타나고, 곡선주로에서 나오는 지점에서 다시 몸을 세우기 때문에 반대로 감소한다고 하였다.

이는 Park(1998)의 각도와 각속도에서 오른발 밀기 후 상체 전경 각이 0.7° 감소했으나 왼발 밀기 후 상체를 숙이지 못해 신체 중심의 위치가 다른 피험자에 비해 높은 상태에서 곡선주로에 진입했으므로 직선구간에서 공기의 저항은 줄었으나, 곡선 동작에서 원심력을 더 많이 받을 것이라는 결과와 흡사하며, 본 연구에서 모든 구간에서는 유의한 차이가 없었다.

하지만 오른발, 왼발 밀기 동작에서 고관절 각도의 내, 외전 차이가 크게 나타났다. 이와 관련하여 Park(2003)의 연구에서도 고관절 각도는 출발 후 굴곡운동을 하다가 이후에는 굴곡과 신전 운동을 반복하여 스트로크가 증가할수록 작아지는 경향을 보였다는 결과와 숙련자는 흡사하다.

이러한 결과는 쇼트트랙 경력이 많을수록 직선 동작 자세에 영향을 미친 것으로 생각되며, 균형 잡지 못한 자세에서는 고관절에 좋지 않은 영향을 줄 것으로 사료되어진다.

<Table 4> The Effect on Hip joint Angle ($^\circ$)

		Hip joint angle	
		flexion/extension	
		skilled	un-skilled
E1	L	82.73±14.02	83.90±14.09
	R	68.46±17.49	61.64±11.03
E2	L	89.98±13.81	89.60±15.90
	R	41.78±22.49	37.58±6.78
E3	L	85.09±16.36	85.49±14.04
	R	74.79±15.11	76.49±17.22
E4	L	64.81±20.33	68.55±11.25
	R	84.47±15.51	84.36±12.92
E5	L	40.08±20.70	38.09±9.36
	R	91.61±13.30	88.48±13.50
E6	L	72.33±11.75	79.12±11.16
	R	87.79±17.01	84.61±14.44
		pronation/supination	
		skilled	un-skilled
E1	L	5.83±0.89	6.89±2.40
	R	-13.90*±4.03	-17.89*±2.20
E2	L	10.38±1.57	11.24±1.37
	R	-18.42±2.15	-21.35±3.74
E3	L	10.86±2.24	12.00±1.87
	R	-5.35*±1.68	-2.52*±1.74
E4	L	-16.81*±5.89	-9.89*±4.79
	R	6.39±6.06	1.94±1.14
E5	L	-22.51±5.29	-22.86±4.06
	R	11.65±4.25	7.26±3.68
E6	L	-2.34±1.56	-0.10±5.58
	R	12.31±4.07	8.01±3.03

* : $p < .05$

2. 무릎 각도의 변화

쇼트트랙 직선동작 무릎 관절에 따른 측정 결과는 <Table 5>와 같다.

본 연구에서 쇼트트랙 직선동작 무릎 관절에 따른 두 집단 간의 측정된 결과 좌우측 굴곡과 신전, 내전과 외전 대부분의 구간에서 유의한($p < .05$) 차를 보였다.

Seol(2007)의 선행연구에서 스케이트가 바닥에서 이탈하는 순간부터 굴곡 운동이 일어나기 시작하여 푸시오프 동작까지 이어지다가 제자리 동작으로 전환 할 때 신전운동이 일어났다.

스케이트가 바닥에서 이탈되는 순간 같은 다리의 대퇴는 고관절을 축으로 하여 앞으로 회전하게 되는데, 이러한 동작은 무릎 관절을 굴곡시키며 무릎과 발목을 들어 올리게 된다. 이는 하지의 관성모멘트를 줄여 줌으로써 고관절의 회전운동을 용의하게 해 주는 것이다(Park, 2003).

Jung(2003)은 무릎관절의 시점별 각 변위는 오른발 푸시오프 되는 시점에서 대표 선수가 대

학선수의 무릎 관절이 10.11° 정도 더 신전되는 것으로 나타났다. 대표선수와 대학선수의 좌측 무릎관절의 신전은 비슷한 경향을 나타내고 있고, 2번째 오른발이 푸시오프 되는 시점에서 대표선수와 대학선수의 구간이 지날수록 무릎 관절의 각 변위가 증가한다고 하였다.

또한, Park(2007)의 연구에서 무릎관절 각도가 크다는 것은 빠른 동작을 위한 준비자세로서 하지의 이동 능력을 최대화시키기 위한 동작으로 사료되며, 좌 무릎 관절각의 각도가 대표선수에서 크게 나타난 것이 이를 뒷받침해 주고 있다는 결과와 흡사하다.

이러한 결과는 푸시오프와 글라이딩 이후 기본 자세로 돌아오는 과정에서 미숙련자들이 균형을 잡지 못한 것으로 사료되어진다. 미숙련자가 숙련자의 비해 흔들거림이나 비틀림 등으로 무릎에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

3. 발목 각도의 변화

쇼트트랙 직선동작 발목 관절에 따른 두 집단 간의 측정 결과는 <Table 6>과 같다. 본 연구에서 쇼트트랙 직선동작 발목 관절에 따른 두 집단 간의 측정된 결과 저측굴곡과 배측굴곡 1구간에서 유의한(p<.05) 차를 보였으며, 내전과 외전 대부분의 구간에서 유의한(p< .05) 차를 보였다.

Jung(2003)은 컨벤셔널 스케이팅의 글라이딩 시 발목관절의 족저굴곡이 크지 않고, 최대 발목 관절 각도는 100° 가 넘지 않는 것이 좋다고 하였다.

쇼트트랙 스케이팅 곡선주로 동작에서는 돌리기 후에 착지하는 발목 각이 작아야 빙면과 날의 마찰로 인한 감속을 줄일 수 있으며, 신체 무게 중심의 상대 높이가 높을수록 날의 앞쪽이 빙면에 닿아 감속하는 경향이 있다(Hyun, 1996).

이러한 결과는 Park(2003)은 국가대표 선수들은 미끄러지는 듯 한 슬라이딩 동작을 한 것으

<Table 5> The Effect on Knee joint Angle (°)

		Knee joint angle flexion/extension	
		skilled	un-skilled
E1	L	105.10*±6.76	92.25*±5.02
	R	68.48**±7.08	55.35**±7.11
E2	L	102.25*±7.01	88.27*±8.02
	R	69.65**±10.67	55.21**±9.44
E3	L	103.42**±5.08	85.82**±5.94
	R	113.77*±6.59	98.18*±6.92
E4	L	60.16±8.28	65.98±1.34
	R	105.17±9.86	99.92±12.46
E5	L	62.22±14.04	50.79±26.80
	R	103.95*±6.01	88.62*±9.47
E6	L	111.36**±5.89	98.33**±5.57
	R	104.51*±6.75	86.69*±8.58
		pronation/supination	
		skilled	un-skilled
E1	L	14.11±11.02	14.92±14.50
	R	4.42***±5.27	16.75***±5.10
E2	L	12.27±13.36	15.18±13.50
	R	10.58±14.82	23.34±9.42
E3	L	13.02±10.43	14.00±15.20
	R	17.22**±7.72	32.45**±6.80
E4	L	3.07±7.50	2.40±7.06
	R	10.12±7.36	24.79±14.86
E5	L	7.56±10.00	15.63±11.64
	R	8.84**±8.96	30.60**±7.68
E6	L	17.12±9.47	21.41±11.71
	R	9.09**±8.00	29.97**±7.17

* : p< .05 ** : p< .01

로 판단된다. 이는 스텝수가 늘어날수록 가동 속도가 빠르게 변하고 있는 것을 보아 국가 대표 선수들의 가동 속도가 스텝에서 큰 차이를 보이고 있다는 연구와 흡사하다.

<Table 6> The Effect on Ankle joint Angle(°)

		Ankle joint angle flexion/dorsiflexion	
		skilled	un-skilled
E1	L	43.35±1.81	45.19±4.77
	R	24.60*±5.50	13.86*±9.90
E2	L	44.31±3.59	45.31±6.08
	R	2.07±13.44	-1.60±12.17
E3	L	43.64±2.05	42.24±4.23
	R	30.07±5.25	31.04±6.53
E4	L	21.39±2.80	20.63±2.96
	R	46.83±4.44	45.06±6.05
E5	L	-2.14±8.09	-3.08±13.60
	R	47.98±3.21	43.04±6.99
E6	L	26.79±5.44	31.34±5.54
	R	46.24±4.98	38.93±7.97
		pronation/supination	
		skilled	un-skilled
E1	L	4.83***±2.57	9.85***±2.50
	R	2.77***±0.65	5.91***±1.40
E2	L	5.04**±2.45	9.81**±2.49
	R	4.13**±2.08	8.40**±2.69
E3	L	4.70***±2.26	9.84***±2.25
	R	4.31*±2.42	6.66*±1.21
E4	L	2.02±2.01	5.21±3.83
	R	6.59±2.52	7.28±1.08
E5	L	3.06***±1.39	8.56***±1.78
	R	7.08±2.27	7.94±0.31
E6	L	3.09***±1.99	8.31***±1.67
	R	6.63±2.46	7.21±0.89

* : p< .05 ** : p< .01 *** : p< .001

IV. 결론

본 연구에서는 쇼트트랙 숙련자와 미숙련자를 직선동작 구간에 따른 하지 관절의 고관절, 무릎 관절, 발목 관절각을 알아보기 위하여 동작분석을 통해 측정하고 분석한 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

고관절 각도는 미숙련자와 숙련자의 모든 구간의 감소와 증가가 동일하게 이루어 졌으나, 유의한 차이는 없었다. 내전과 외전 1, 3, 4구간에서는 통계적으로 유의한(p< .05) 차를 보였다.

무릎 관절 각의 변화에서 굴곡과 신전은 구간 4구간을 제외한 모든 구간에서 유의한(p<.05) 차를 보였다. 무릎 관절의 내전과 외전 1, 3, 5, 6 구간에서도 유의한(p< .05) 차를 보였다.

발목 관절 각의 변화에서 저측굴곡과 배측굴곡은 구간 1에서 우측에서 유의한(p< .05) 차를 보였으며, 내전과 외전 대부분의 구간에서도 통계적으로 유의한(p< .05) 차를 보였다.

Reference

Baek Jin Ho, Yoon Hui Joong, Kwon Young Hoo(1996). Short Track Start Motion Analysis on Various Starting Position, 34th The Korean Alliance for Health, Physical Education, 630~636.

Boo Jin Hoo, Lee Dong Choon(2001). The Effect of Differential Medial and Lateral Midsole Hardness on Rearfoot Movement, Ergonomics Society of Korea. 20(1), 64, 68.

Hyun Mu Sung(1996). The Motion Analysis of Cornering in Short Track Speed Skating. Korean Alliance for Health, Physical Education, Recreation And Dance, 35(4), 271

Jeon Myeong Gyu, Park Gwang Dong, Baek Jin Ho(2001). Characteristics Analysis on Skate Reaction Force Change in Short Track Speed Skating, Korean Alliance for Health, Physical Education, Recreation And Dance, 40(2), 862.

Jung Jin Wook(2003). Kinematic analysis of start phase in speed skating with Klapskate, Korea University Graduate School Masters Thesis, 9.

Lee Kyung Ok, Kim Ji Yeon(2001). The Kinetic Analysis of Treadmill Gait with

- Various Inclination and Speed. Korean Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance, 40(3), 913.
- Lim Ho Nam(2000). The Coordination and Control of the Lower Extremities During Walking on Treadmill with Varied Degree of Inclinations, Journal of Korean Physical Education Association for Women, 14(1), 211.
- Nigg, B. M.(1986). Some comments for runners. In Biomechanics of Running Shoes, B.M. Nigg(ed.), Champaign, III: Human Kinetics Publishers, Inc., 161~165.
- Nigg, B. M., Bahlson, H. A., Luethi, S. M., & Stokes, S.(1987). The influence of running velocity and midsole hardness on external impact force in heel-toe running, J. Biomech. 20(10). 951~959.
- Park Ki Bum(2003). Analysis of Starting Motions in Time 300m Inline Skating, Silla University Graduate School Master's thesis, 3.
- Park Ki Bum(2007). The Kinetic analysis of starting motion in 500m inline skating, Silla University Doctoral dissertation, 8.
- Park Sung Hui(1998). Kinematic analysis of short-track speed skating in straight. Ewha Womans University Graduate School Master's thesis, 1.
- Seol Han Soo(2007). Analysis on Movement of Inline Skate T300 Start, Mokpo National University Graduate School Master's thesis, 12.
- Shin Gi Sang, Lee Soo Jung, Jang Su Yul, Han Min Yong, Han Ji Hye, Lee Sam Chul, Son Gyung Hyun, Jo Nam Jung, Choi Won Jae(2008). The Effects of the Inline-Skating Exercise on the Static Balance. Korean Academy of Clinical Electrophysiology, 6(1), 92~93.
-
- 논문접수일 : 2013년 05월 03일
 - 심사완료일 : 1차 - 2013년 06월 14일
 - 게재확정일 : 2013년 06월 17일