

碩 士 學 位 論 文

指導教授 鄭 炳 榕

인간공학 측면에서의

인적오류 및 작업장 평가 시스템 개발

Development of Ergonomic Analysis System  
for Human Error and Workplace Assessment

2001年 12月

漢城大學校 大學院

産 業 工 學 科

産 業 工 學 專 攻

梁 承 泰

碩 士 學 位 論 文

指導教授 鄭 炳 榕

인간공학 측면에서의

인적오류 및 작업장 평가 시스템 개발

Development of Ergonomic Analysis System  
for Human Error and Workplace Assessment

위 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2001年 12月

漢城大學校 大學院

産 業 工 學 科

産 業 工 學 專 攻

梁 承 泰

梁承泰의 工學碩士學位 論文을 認定함

2 0 0 1 年 12月

審査 委員長 이 재 득 (印)

審査 委員 홍 정 완 (印)

審査 委員 정 병 용 (印)

## 目 次

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1. 서론.....              | 1  |
| 2. 이론적 배경.....          | 2  |
| 2.1 Human Error.....    | 2  |
| 2.2 작업장 평가 시스템.....     | 9  |
| 3. 시스템 개발 및 응용.....     | 16 |
| 3.1 시스템 개발.....         | 16 |
| 3.1.1 인적오류 시스템.....     | 16 |
| 3.1.2 작업장 평가 시스템.....   | 17 |
| 3.2 시스템 기능 및 인터페이스..... | 19 |
| 3.2.1 인적오류 시스템.....     | 19 |
| 3.2.2 작업장 평가 시스템.....   | 30 |
| 3.3 적용사례.....           | 58 |
| 3.3.1 인적오류 시스템.....     | 58 |
| 3.3.2 작업장 평가 시스템.....   | 61 |
| 4. 결론 및 검토.....         | 66 |
| 참고 문헌.....              | 67 |
| ABSTRACT.....           | 69 |

## 表 目 次

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <표 1>인적오류 분석 시스템의 구성 항목 및 내용 | 3 |
| <표 2> 인적오류의 형태와 원인           | 4 |
| <표 3> PIFs에 대한 파레토 분석        | 8 |

## 그 립 目 次

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| <그림 1> 정보처리 모형과 오류형태                   | 2  |
| <그림 2> 오류 영향요인 평가                      | 5  |
| <그림 3> ABC요인 분류                        | 8  |
| <그림 4> RULA를 이용하여 Action Level을 구하는 절차 | 9  |
| <그림 5> Strain Index의 평가 절차             | 11 |
| <그림 6> OWAS 작업 분석 절차                   | 12 |
| <그림 7> REBA의 평가 절차                     | 13 |
| <그림 8> OSHA의 인간공학적 평가의 절차              | 14 |
| <그림 9> 개정된 NIOSH 들기작업 평가 절차            | 15 |
| <그림 10> 재해 분석 및 관리시스템의 구성요소            | 16 |
| <그림 11> 사고 분석 시스템 구성도                  | 17 |
| <그림 12> 작업장 평가 시스템의 구성요소               | 18 |
| <그림 13> 작업장 분석 시스템의 구성도                | 19 |
| <그림 14> 사고 분석 및 열람 화면                  | 20 |
| <그림 15> 사고 등록 처리 화면                    | 21 |
| <그림 16> 재해자 정보에 관한 화면                  | 22 |
| <그림 17> 사고 상황 분석을 위한 화면                | 23 |
| <그림 18> 오류 영향요인 선별 점검표                 | 24 |
| <그림 19> 선택된 요인의 원인 및 대책                | 24 |
| <그림 20> 선택된 요인의 가중 점수 부여               | 25 |
| <그림 21> 파레토 분석에 의한 영향도 평가 결과           | 26 |
| <그림 22> 재해 조사 보고서의 화면 출력               | 27 |
| <그림 23> 재해 요양 신청서의 화면 출력               | 27 |
| <그림 24> 사고 통계 메뉴 화면                    | 28 |
| <그림 25> 통계 보고서의 화면 출력                  | 29 |
| <그림 26> 재해조사보고서 양식 출력 화면               | 29 |
| <그림 27> 작업장 정보 화면                      | 30 |
| <그림 28> 작업장 평가 요약 화면                   | 31 |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| <그림 29> 인간공학적 평가 기법 RULA의 메인 화면            | 31 |
| <그림 30> 윗팔의 위치 화면 출력                       | 32 |
| <그림 31> 아래팔의 위치 화면                         | 33 |
| <그림 32> 손목의 위치                             | 33 |
| <그림 33> 손목의 Twist                          | 34 |
| <그림 34> 근육사용점수                             | 34 |
| <그림 35> 무게 점수                              | 35 |
| <그림 36> 목의 위치                              | 35 |
| <그림 37> 몸통의 위치                             | 36 |
| <그림 38> 다리의 위치                             | 36 |
| <그림 39> 인간공학적 평가 기법 Strain Index의 메인 화면 출력 | 37 |
| <그림 40> 힘의 강도                              | 37 |
| <그림 41> 힘의 지속정도                            | 38 |
| <그림 42> 분당 힘의 빈도                           | 38 |
| <그림 43> 손과 손목의 자세                          | 39 |
| <그림 44> 작업 속도                              | 39 |
| <그림 45> 하루 작업시간                            | 40 |
| <그림 46> 인간공학적 평가 기법 OSHA의 메인 화면 출력         | 40 |
| <그림 47> 상지의 위험요인 평가표(OSHA A)               | 41 |
| <그림 48> 허리, 하지 위험요소 평가표                    | 41 |
| <그림 49> 인력 운반 평가표(OSHA C)                  | 42 |
| <그림 50> 인간공학적 평가 기법 ANSI Z-365의 메인 화면      | 43 |
| <그림 51> 반복동작                               | 43 |
| <그림 52> 중량물 들기                             | 44 |
| <그림 53> 밀고 당기기                             | 44 |
| <그림 54> 중량물의 이동                            | 45 |
| <그림 55> 작업 자세                              | 45 |
| <그림 56> 기타                                 | 46 |
| <그림 57> 인간공학적 평가도구인 OWAS 화면 출력             | 47 |
| <그림 58> OWAS 분석 결과                         | 47 |
| <그림 59> 인간공학적 평가도구인 REBA화면 출력              | 48 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| <그림 60> 몸통                   | 49 |
| <그림 61> 목                    | 49 |
| <그림 62> 다리                   | 50 |
| <그림 63> 들어간 힘                | 50 |
| <그림 64> 윗팔                   | 51 |
| <그림 65> 아래팔                  | 51 |
| <그림 66> 손목                   | 52 |
| <그림 67> Coupling             | 52 |
| <그림 68> 행동점수                 | 53 |
| <그림 69> NIOSH 들기 평가          | 54 |
| <그림 70> SNOOK 메인화면           | 55 |
| <그림 71> 들기 작업의 최대 허용 무게      | 55 |
| <그림 72> 하역 작업의 허용 무게         | 56 |
| <그림 73> 밀기 작업의 최대 허용 무게      | 57 |
| <그림 74> 당기기 작업의 최대 허용 무게     | 57 |
| <그림 75> 운반 작업의 최대 허용 무게      | 58 |
| <그림 76> 사고 등록 처리의 예시         | 58 |
| <그림 77> 사고 상황 분석을 위한 화면      | 59 |
| <그림 78> 오류 영향 요인 선별 점검표의 예시  | 59 |
| <그림 79> 파레토 분석에 의한 영향도 평가 예시 | 60 |
| <그림 80> 재해 조사 보고서의 출력        | 60 |
| <그림 81> 요양 신청서의 출력           | 60 |
| <그림 82> 재해 통계 보고서의 출력화면      | 61 |
| <그림 83> 칩제거 공정               | 61 |
| <그림 84> RULA의 적용 사례          | 62 |
| <그림 85> Strain Index의 적용 사례  | 62 |
| <그림 86> OSHA의 적용 사례          | 63 |
| <그림 87> ANSI Z-365의 적용 사례    | 63 |
| <그림 88> OWAS의 적용 사례          | 64 |
| <그림 89> REBA의 적용 사례          | 64 |
| <그림 90> NIOSH 들기 작업의 적용 사례   | 65 |

## 1. 서론

최근 산업 현장의 특성을 살펴보면 사업장에서는 과학기술의 발달로 인하여 산업시설물들이 주로 자동화나 기계화되고 있으며, 이에 따라 작업자의 작업도 과거와는 달리 감시, 제어 작업 쪽으로 변모하고 있다. 그럼에도 불구하고 인적 오류에 의한 산업재해의 비율은 줄어들지 않고 있다. 또한 고도의 자동화 공정은 작업자의 단순화된 반복 작업을 증가시키고 있다. 그 결과 반복 수작업을 수행하는 생산직 종사자들뿐만 아니라 반복 작업을 하는 사무직 종사자들까지 근골격계질환이 발생하고 있어 대다수를 차지하고 있을 뿐 아니라 급격하게 증가하고 있다.

따라서, 사업장에서 인적 오류의 발생과 근골격계질환을 방지하는 것은 산업재해 예방을 위한 가장 중요한 조치이다. 하지만, 인적 오류나 근골격계질환을 방지한다는 것은 그렇게 간단한 일이 아니다. 현재까지 국내에서는 인적오류를 체계적으로 연구하여 산업현장에 활용할 수 있도록 한 연구결과는 없는 실정이며 또한 우리나라의 많은 사업장은 재해분석 및 재해 예방에 종사하는 안전관리자가 채용되지 않은 경우가 대부분이기 때문에 인적 오류로 인한 사고 및 근골격계질환을 예방하기 위한 목적으로 적절한 대책을 수립할 수 없는 것이 현실이다.

더욱이 기존 사업장의 안전관리자들에게는 인적오류 예방과 근골격계질환 예방에 대한 상황의 시급성과는 다르게 체계적인 교육, 훈련을 받지 못하여 생소한 분야로 인식되고 있어 사업장 적용에 어려움을 겪고 있다.

따라서, 본 연구에서는 사업장에서 쉽게 활용할 수 있도록 인적오류를 체계적으로 분류하고, 각 형태의 인적오류의 발생 결과와 중요한 원인들을 파악하여 적절한 재해 예방 대책을 제시하여 주는 인적오류 분석용 전산 지원 시스템의 개발과 근골격계질환 예방을 위하여 작업이 신체적으로 얼마만큼 부담을 주는지를 평가하는 작업장 평가시스템이 절실하게 요구되고 있다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 인적 오류(Human error)

#### 2.1.1 정의

인적 오류는 인간이 명시된 정확도, 순서, 혹은 시간한계 내에서 지정된 행위를 하지 못하는 (또는 금지된 행위를 하는)것으로 명시할 수 있다.[1]

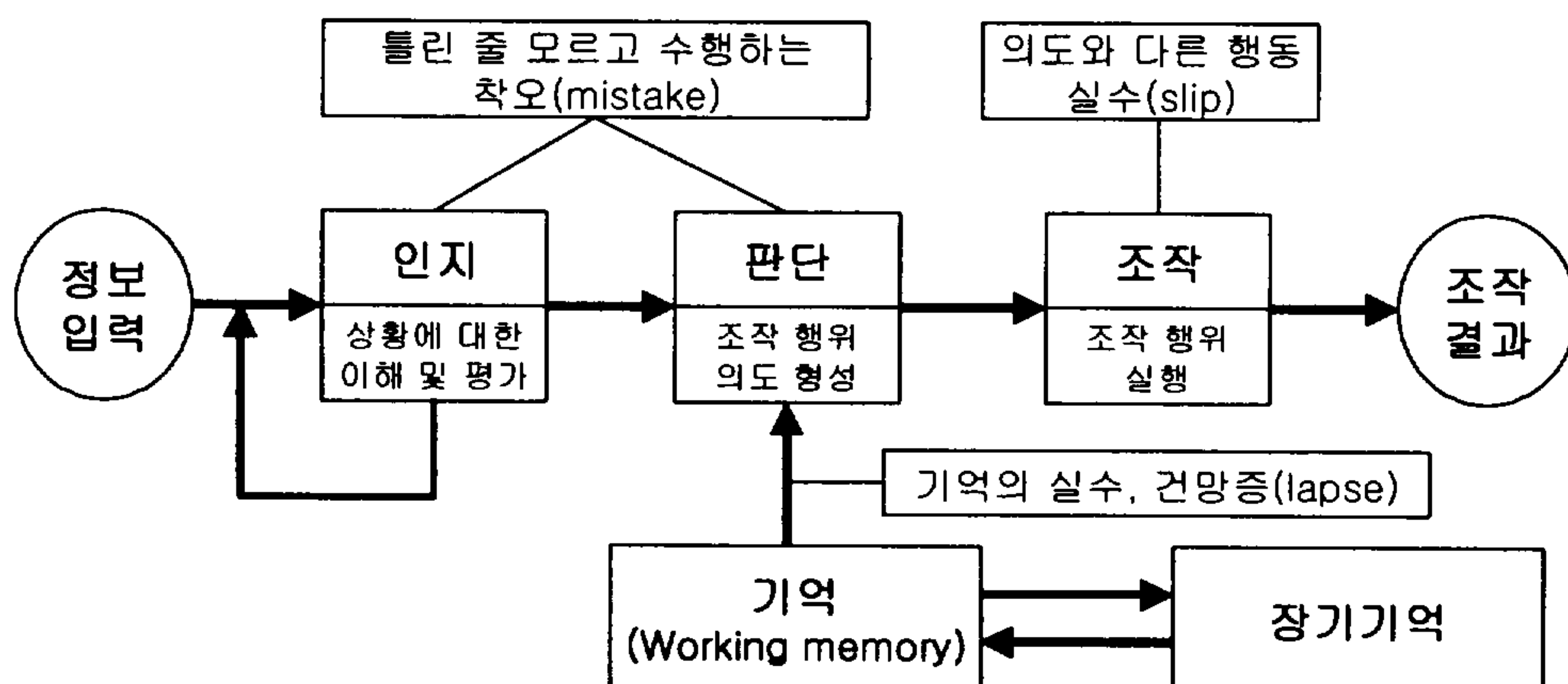
#### 2.1.2 인적오류의 분류

인간의 정보처리 과정은 <그림 1>과 같이 정보 입력이 되면 인지과 판단을 거쳐 조작을 하는 과정을 거치게 되며, 정보처리과정에서 정보 입력의 오류, 인지 확인 오류, 기억 및 판단 오류, 행위 및 조작 오류 등이 존재할 수 있다.

1) 인지·확인의 에러: 외부의 정보를 받아들이고, 뇌의 감각중추를 통해 인지하기까지의 과정에서 발생하는 에러

2) 판단·기억의 에러: 상황을 판단하고, 최적의 행동을 의사 결정하여 운동중추까지 지령을 보내는 과정에서 발생한 에러

3) 동작·조작의 에러: 운동중추에서 동작의 지령이 보내어져, 동작·조작하는 단계에서 발생하는 에러



<그림 1> 정보처리 모형과 오류형태

**<표 1>인적오류 분석 시스템의 구성 항목 및 내용**

| 구분             | 항목                              |       | 주요 내용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------|---------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 사고<br>개요<br>분석 | 사고<br>경과                        | 사고 개요 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관리번호, 처리상태</li> <li>- 발생일자, 요일, 발생시각, 날짜</li> <li>- 사고제목, 사업부명, 라인명, 작업공정명, 사고등록일자</li> <li>- 처리경과, 사고유형, 휴업일수, 물적 손실액</li> <li>- 목격자명, 주민등록번호, 부서</li> <li>- 분석자명, 부서</li> </ul>                                                                                                                                                           |
|                |                                 | 회사 정보 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 회사명, 업종, 근로자수, 소재지, 대표자명, 전화번호</li> <li>- 회사구분, 협약일자</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                | 재해자 정보                          |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재해자명, 업종, 근로자수, 소재지, 대표자명, 전화번호</li> <li>- 주소, 전화번호, 학력, 결혼여부</li> <li>- 직위, 채용일자, 동일직종 근속기간</li> <li>- 키, 몸무게, 시력, 청력이상유무</li> <li>- 수면시간, 음주정도, 약물복용</li> </ul>                                                                                                                                                                           |
|                | 사고 상황                           |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사고개요(5W1H)</li> <li>- 총 작업시간, 휴식시간, 주기시간, 생산량</li> <li>- 근무형태, 연장근무여부, 작업 경과 시간</li> <li>- 동시작업자수, 동시 재해자수, 기인물종류, 기인물명</li> <li>- 작업내용 및 과정, 발생형태, 상해부위, 상해종류</li> <li>- 불안전행동, 불안전 상태, 인적오류</li> </ul>                                                                                                                                    |
| 인적<br>오류<br>분석 | 오류영향 요인<br>선정 원인 및<br>대책 영향도 평가 |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연령, 신체조건, 감각조건</li> <li>- 피로상태, 수면정도, 음주정도, 약물복용</li> <li>- 작업자 만족감, 작업 숙련도, 사고시 감정상태</li> <li>- 교육 및 훈련, 구성원간의 유대관계, 상급자와의 관계</li> <li>- 표시정보의 이해, 조작장치, 양립성</li> <li>- 작업공간, 작업대상물, 작업도구</li> <li>- 작업기간, 휴식시간, 작업의 긴급성, 작업의 위험도</li> <li>- 주의 및 경계, 빈도와 반복성</li> <li>- 작업표준서, 정보교환</li> <li>- 소음, 진동, 조명, 온도, 습도, 작업장 환기, 방사선</li> </ul> |
| 보고서<br>및<br>양식 | 보고서                             |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 요양 신청서</li> <li>- 재해 조사 보고서</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                | 통계보고서                           |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재해율, 업종별, 규모별, 월별, 요일별, 시간대별</li> <li>- 동시재해유발자수, 성별, 나이별, 근속기간, 학력</li> <li>- 수면시간, 음주, 총작업시간, 근무형태, 연장근무</li> <li>- 작업경과시간, 동시작업자수, 작업내용과정</li> <li>- 발생형태, 상해부위, 상해종류, 기인물</li> <li>- 불안전행동, 불안전상태, 관리적원인</li> <li>- 인적오류, 오류영향도 분석</li> </ul>                                                                                           |
|                | 재해조사<br>보고서 양식                  |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 요양신청서</li> <li>- 재해 조사 보고서</li> <li>- 인적 오류영향요인 조사서</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                              |

**<표 2> 인적오류의 형태와 원인**

| 구분             | 작업오류의 형태    | 세부 요인                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 정보<br>입력       | 정보의 불완전     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정보가 전달되지 않았다.</li> <li>- 내용이 불명확해서 틀리기 쉽다.</li> <li>- 표시장치 및 전달방법이 부적당하다.</li> <li>- 정보의 내용이 복잡하다.</li> <li>- 정보의 내용이 너무 많다.</li> <li>- 정보 전달 과정에서 환경(소음,조명)으로부터 방해받음</li> </ul> |
| 인지<br>확인<br>오류 | 정보를 잘못 느낌   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 별도의 다른 것을 보고 들었다.</li> <li>- 감각기의 기능이 저하되었다.</li> <li>- 착각</li> <li>- 눈앞의 신호 또는 신호의 변화를 놓침, 잘못보다.</li> </ul>                                                                     |
|                | 잘못인지함       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 돌발사태로 주의가 집중되어 다른 정보를 무시함.</li> <li>- 기억의 실패로 틀리게 인지한다.</li> <li>- 시간이 부족하여 손단, 지레짐작한다.</li> </ul>                                                                               |
|                | 잘못 확인함      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 귀찮다는 생각으로 확인을 소홀히 함</li> <li>- 확실하여 확인하지 않는다.</li> <li>- 다른 사람이 먼저 확인하였다고 생각함.</li> </ul>                                                                                        |
| 판단<br>기억<br>오류 | 잘못 판단하다.    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 알고 있는 것으로 판단되어 습관적으로 판단한다.</li> <li>- 전에 성공했으므로 간단히 생각했다.</li> <li>- 상황이 복잡하여 머리가 어수선하다.</li> <li>- 상황의 급변, 시간이 절박한 중에 즉시 판단을 취했다.</li> <li>- 단조로움이나 피로로 머리가 멍하다.</li> </ul>     |
|                | 잘못 기억하다.    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지시, 연락사항을 잊어버린다.</li> <li>- 기억이 잘못되었다.</li> <li>- 기억의 실패</li> </ul>                                                                                                              |
|                | 의사결정을 잘못하다  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일이 끝났다고 생각하여 다음 작업을 시작했다.</li> <li>- 일에 열중해서 당면의 순서를 잃어버린다.</li> <li>- 작업과제가 너무 어려워 처리가 지연된다.</li> <li>- 당황, 분노, 공포로 인해 냉정한 판단을 잃어버림.</li> </ul>                                 |
| 동작<br>조작<br>오류 | 동작의 생략, 잘못됨 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 습관적으로 동작이 튀어 나온다.</li> <li>- 생각없이 행동한다.</li> <li>- 성급하게 작업을 한다.</li> </ul>                                                                                                       |
|                | 조작 오류       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 의도한 대로 되지 않음.</li> <li>- 무의미한 조작을 반복한다.</li> <li>- 감정적으로 난폭하게 취급함.</li> </ul>                                                                                                    |
|                | 자세의 혼란      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 피로하여 어지럽다.</li> <li>- 자세의 흐트러짐이 있다.</li> </ul>                                                                                                                                   |
| 조작<br>확인       | 조작 확인 오류    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 결과를 확인하지 않음.</li> <li>- 피드백이 없어 확인이 어렵다.</li> </ul>                                                                                                                              |

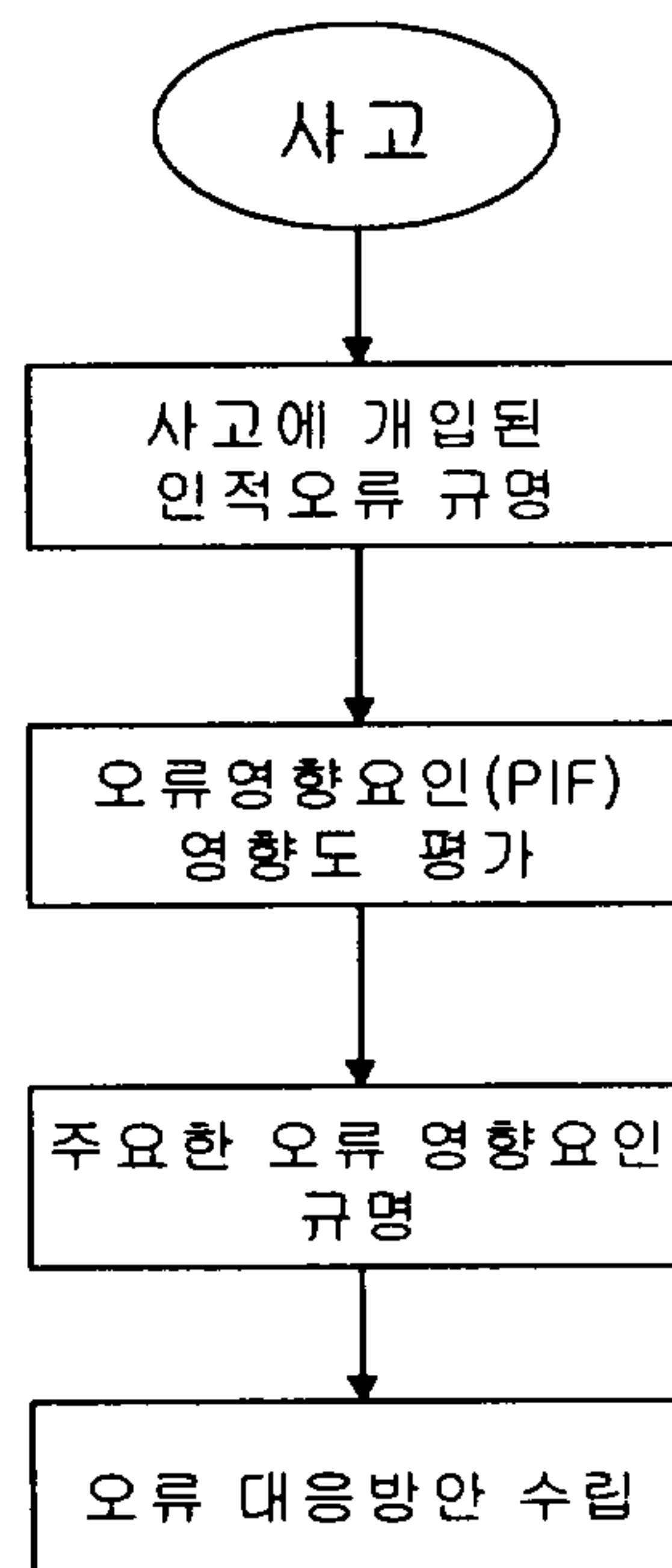
<표 1>은 본 연구에서 구축한 인적오류 분석 시스템의 재해 관련 정보 및 세부 항목들을 나타낸다.

<표 2>는 일본인간공학회의 안전인간공학분과위원회에서 정리한 오류의 형태별 유형을 정리하여 수정한 것이다.

<표 2>는 정보처리 단계별로 정보 입력의 불완전, 인지확인 오류, 기억판단 오류, 조작 확인 오류 등으로 분류되어 있으며, 본 연구 시스템에서는 이를 기초로 인적 오류를 분류하였다.

### 2.1.3 오류영향요인의 영향도 평가방법 개발

특정 사고에 대한 인적오류의 분석은 <그림 2>와 같은 절차를 따른다. 즉, 사고에 개입된 인적오류를 규명하고, 그러한 오류에 영향을 주는 요인들을 평가하여 오류발생의 주요 영향요인들을 규명함으로써, 오류 예방을 위한 적절한 대책을 수립할 수 있다.



<그림 2>  
오류 영향요인 평가

따라서, 오류영향요인 평가는 인적오류 예방을 위한 대책 수립에 있어 가장 중요한 단계라고 할 수 있다. 그러나 오류 영향도 평가를 위하여 본 연구에서는 인적오류에 대한 요인들의 영향도를 가중치 개념을 도입하여 평가할 수 있는 방법을 개발하였고, 그 상대적 가중치에 근거하여 인적오류에 주요한 영향을 주는 요인들을 분류할 수 있는 방법을 개발하였다. 물론, 이러한 전 과정이 용이하게 수행될 수 있도록 하기 위한 프로그램을 개발하였다.

특정 작업에서의 오류분석을 수행하는데 있어, 그 작업에서 특히 중요한 오류영향요인을 규명하고, 그들의 상대적 중요성을 평가할 수 있는 방법에 대해 설명한다. 오류영향요인(PIFs)평가는 크게 세 개의 단계를 통하여 수행된다. 첫 번째는 분석하고자 하는 작업이나 오류에 영향을 주는 요인들을 대략적으로 선별하는 스크리닝 분석(screening analysis)이다. PIFs의 분류체계 내에 포함된 요인들의 수가 수십 개가 넘는데, 이들 요인들이 모두 분석하고자 하는 작업이나 오류에 영향을 준다고는 할 수 없다. 따라서, 유의한 영향을 주지 않는 요인들은 분석에서 배제함으로써 분석을 용이하게 수행할 수 있을 것이다. 그러한 측면에서, PIFs들에 대한 스크리닝 분석을 수행하는 것이다. 스크리닝 분석은 분석자의 지식에 근거하여 분석하고자 하는 작업이나 오류에 유의한 영향을 주는 요인들을 선별하는 절차이다. 두 번째 단계는 분석하고자 하는 작업이나 오류에 대한 선별된 PIFs의 영향도를 평가하는 단계이다. 여기서는 0점에서 100점까지의 점수를 통하여 각 요인들의 영향도를 부여하도록 하였다. 두 번째 단계에서는 기존의 인적오류 분석방법인 SLIM(Success Likelihood Index Method)에서 적용되었던 방법을 적용하였다. 이 방법의 적용을 통하여 각 요인에 부여된 영향도를 기준으로 각 요인들의 상대적 가중치를 구하였다. 세 번째 단계는 두 번째 단계에서 구하여진 가중치를 근거로 하여 각 요인들을 세 개의 그룹으로 분류하는 절차이다. 이 과정을 통하여 오류의 분석에서 중요한 영향을 주는 요인들을 분류하도록 하였다.

#### 2.1.4 SLIM에 의한 영향도 평가

SLIM은 최근에 가장 광범위하게 사용되는 인적오류 분석기법중의 하나로 수행도형성인자(Performance Shaping Factor; PSF)들과 결합하여 작업

의 성공가능성을 추정하는 방법이다. 본 연구에서는 SLIM에 적용되었던 PSFs의 가중치를 구하는 방법으로 PIFs의 가중치를 구하는데 활용하였다.

각 요인들을 0점에서 100점까지의 점수로 부여하도록 하고 각 요인들에 대한 점수를 모두 합한 값으로 각 요인들의 점수를 나누어 줌으로써 각 요인들의 상대적 가중치를 구할 수 있다. 즉, 요인들의 가중치는 다음의 식에 의하여 구하였다.

$$\text{요인 } i \text{의 가중치} = \text{요인 } i \text{의 영향도 점수} / \sum(\text{모든 요인의 영향도 점수})$$

#### 2.1.5 파레토분석(Pareto Analysis)

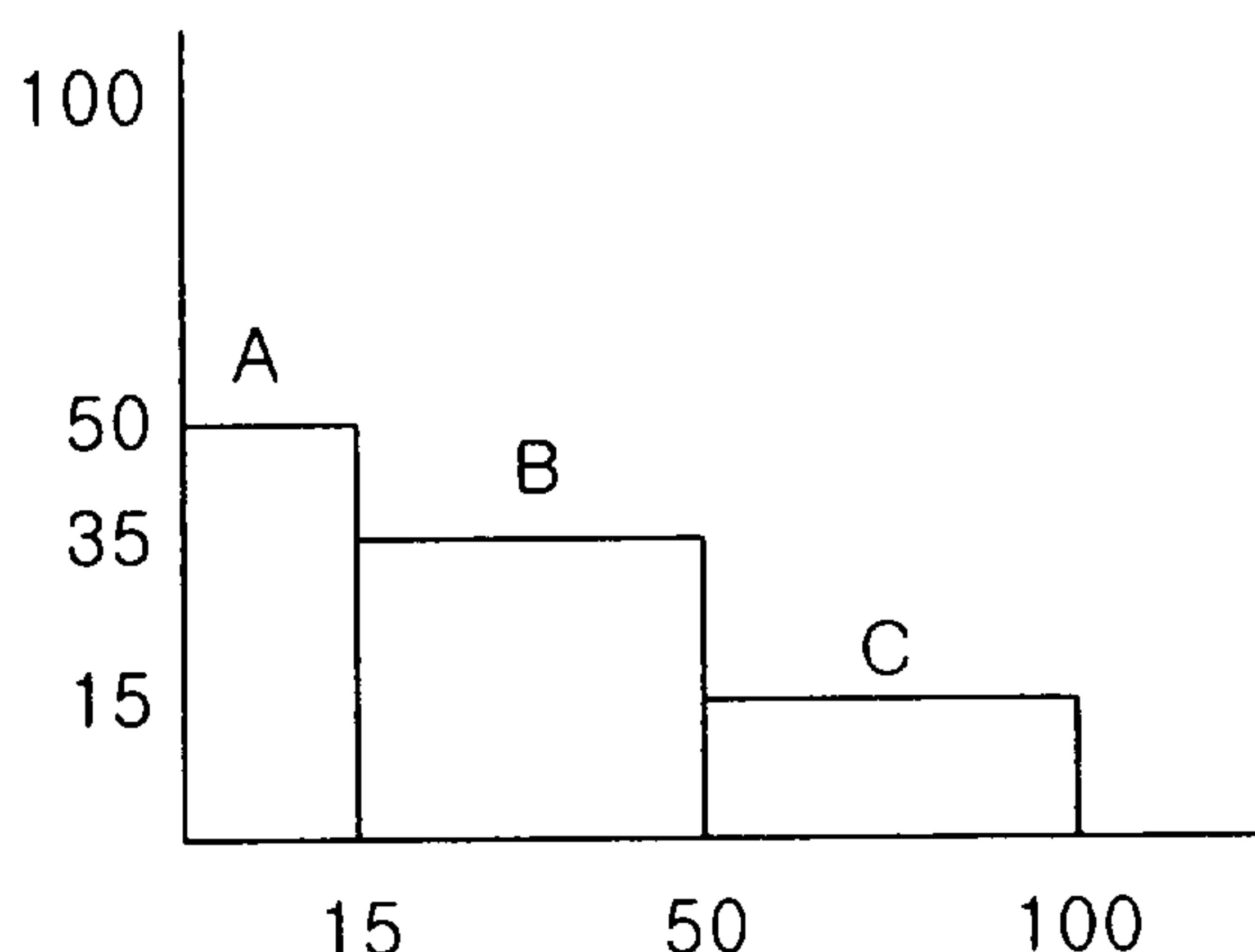
사고 분석에 있어서 사고에 개입된 인적오류의 발생 배경을 알아보기 위하여 PIFs를 분석해야 한다. 분석하고자 하는 사고에 인적오류가 개입되어 있다면 오류영향요인은 인적오류의 발생에 중요한 영향을 주었을 것이다.[2] 하지만, 작업자의 작업수행에 영향을 미치는 요인은 적은 수가 아니기 때문에 이들 요인들을 모두 자세히 분석한다는 것은 사실상 불가능하다. 따라서, 오류발생에 중요한 영향을 준 요인들에 대해 상세한 분석을 수행하는 것이 더 효과적이다.

이러한 필요성에 의하여, PIFs의 오류에 대한 영향도에 대한 상대적 가중치를 구하였고, 이를 근거로 요인들에 대한 파레토 분석을 수행함으로써, 오류에 대한 영향도에 근거하여 요인들을 그룹핑할 수 있다. 따라서, 이 분석방법에 의하여 어떠한 사건사례에서의 사고발생에 중요한 영향을 미친 요인이나 특정한 작업에서 그 작업의 성공적 수행을 위해 중요한 요인들을 그 중요성에 따라 분류 할 수 있다.

파레토 분석은 ABC분석이라고도 하며, 원래는 재고관리기법 중의 하나로 본 연구에서처럼 사고의 분석이나 시스템의 설계에 있어 고려해야 할 요인이 많을 경우, 모든 요인을 분석 할 수 없을 뿐만 아니라 각 품목을 모두 철저히 다룰 수가 없기 때문에, 이러한 문제를 해결하기 위하여 ABC분류에 따라 고려 요인을 A(매우중요), B(중요), C(보통)의 세 그룹으로 나누는 것을 말한다.[3]

본 연구에서는 그룹에 포함된 요인들의 중요도(재고관리에서는 dollar-usage) 합계에 의하여 각 요인들을 세 그룹으로 분류한다. 즉, 그룹 A에서 요인들의

중요도의 합계가 0.50(50%)로 요인의 수 10~15%정도를 포함하고, 그룹 B에는 중요도의 합계가 0.35(35%)로 요인의 수 30~40%정도를 포함하며, 그룹 C에는 중요도의 합계 0.15(15%)이면서 요인들의 비율은 50%정도 포함하도록 분류된다. 그 일반적 상황은 다음과 같다.



<그림 3> ABC요인 분류

<표 3> PIFs에 대한 파레토 분석

| PIFs    | 요인의 수  | 가중치의 백분율 | 해석                 |
|---------|--------|----------|--------------------|
| A Group | 10~15% | 50%      | 오류에 대한 영향이 많음      |
| B Group | 30~40% | 35%      | 오류에 대한 영향이 어느정도 있음 |
| A Group | 50%    | 15%      | 오류에 대한 영향이 미미함     |

파레토 분석을 적용하여 PIFs를 ABC 그룹으로 분류하는 것은 각 PIFs에 대하여 구하여진 상대적 가중치를 활용하여 PIFs를 그 중요도에 따라 분류함으로써 보다 효과적으로 PIFs를 관리할 수 있도록 하기 위함이다. 즉, A그룹에 포함된 요인들은 다른 그룹에 포함된 요인들보다 작업 및 인적오류에 대한 영향도가 큰 것들이기 때문에, 다른 어떤 요인들보다 먼저 관리 및 통제함으로써

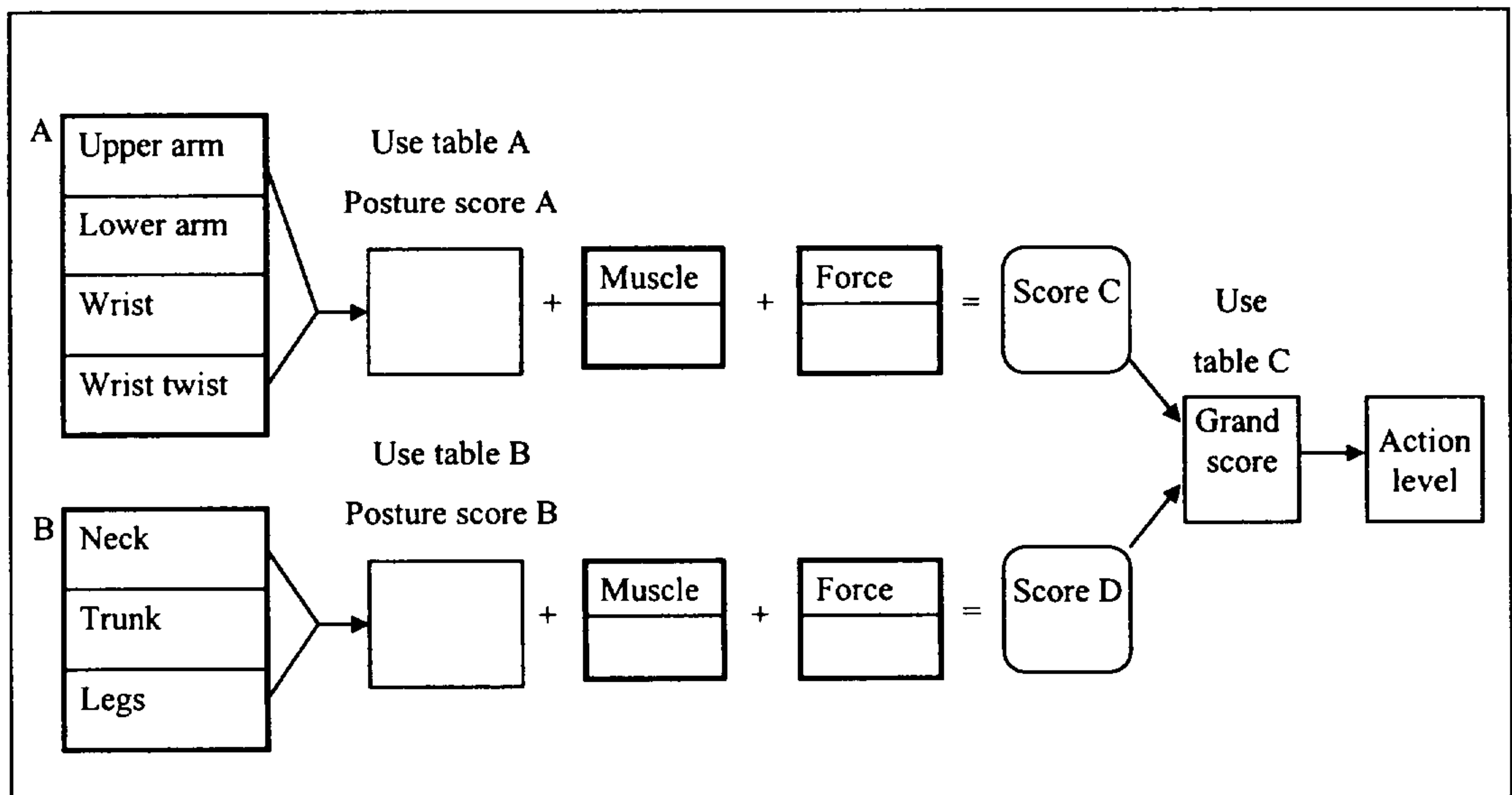
작업성능을 높일 수 있고, 또한 오류의 발생 가능성을 줄일 수 있다.

## 2.2 작업장 평가 시스템

### 2.2.1 RULA(Rapid Upper Limb Assessment)

1993년에 McAtamney와 Corlett에 의해 근골격계질환과 관련한 인자에 대한 개인 작업자의 노출정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었다. RULA는 어깨, 팔목, 손목, 목 등 상지(Upper Limb)에 초점을 맞추어서 작업자세로 인한 작업 부하를 쉽고 빠르게 평가하기 위하여 만들어진 기법이다. 이 기법의 목적에는 크게 두 가지가 있다. 첫째, RULA는 나쁜 작업자세로 인한 상지의 장애(Disorders)를 안고 있는 작업자의 비율이 어느 정도 인지를 쉽고 빠르게 파악하는 방법을 제시하기 위해 만들어졌다 둘째, RULA는 근육의 피로에 영향을 주는 인자들인 작업 자세나 정적 또는 반복적인 작업 여부, 작업을 수행하는데 필요한 힘의 크기 등 작업으로 인한 근육 부하를 평가하기 위해 만들어졌다.[4,12,13]

RULA를 이용하여 Action Level을 구하는 절차는 다음과 같다.

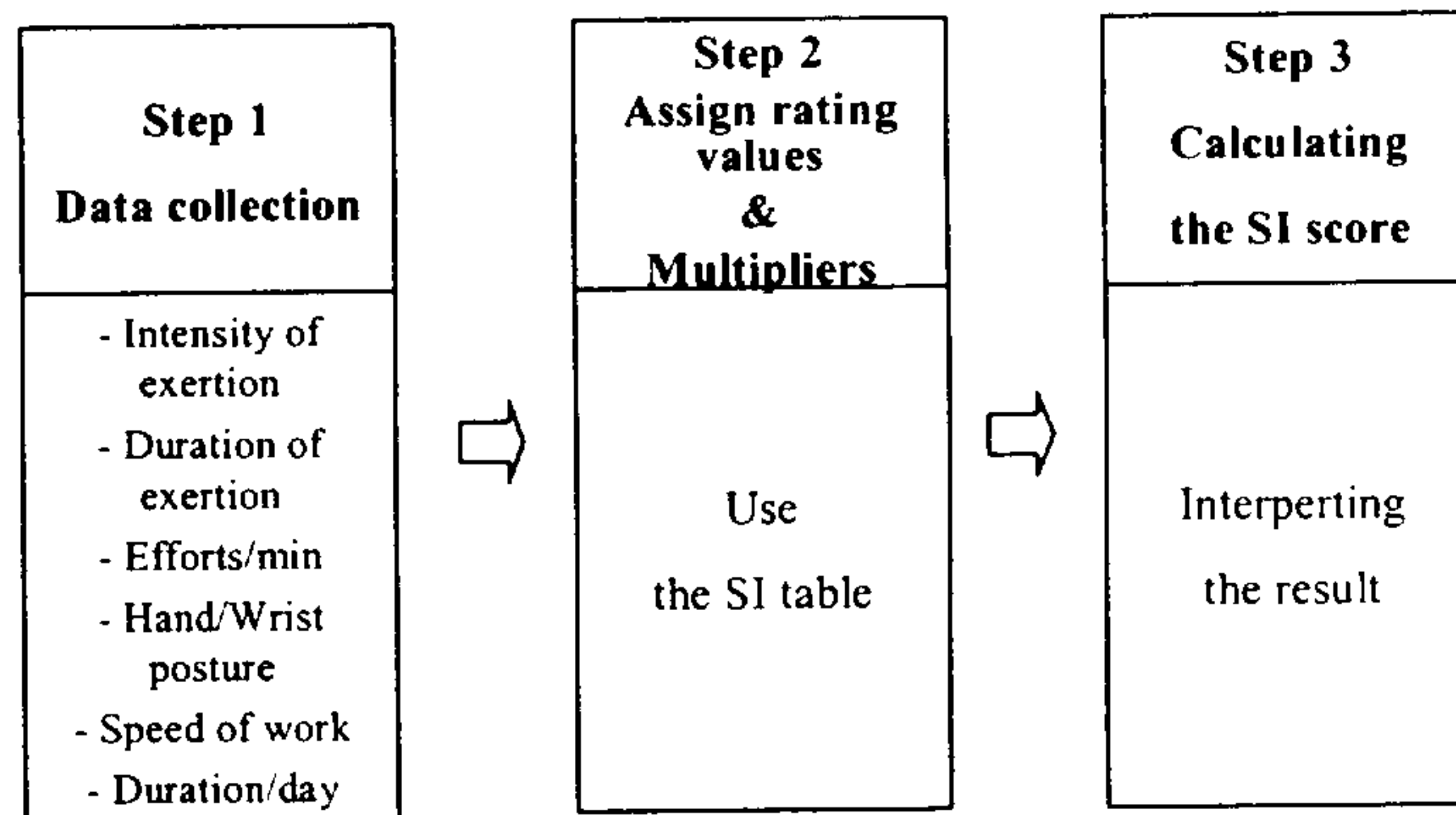


<그림 4> RULA를 이용하여 Action Level을 구하는 절차

<그림 4>을 보면 그룹 A와 그룹 B로 나누어 신체를 측정한다. 그룹 A에서 측정한 윗팔, 아래팔, 손목의 값들은 Table A에 의하여 Score A를 구하게 된다. 그룹 B에서 측정한 목, 허리, 다리의 값들은 Table B에 의하여 Score B를 구하게 된다. 이렇게 구한 Score A값과 Score B값은 각각의 근육부하(Muscle)와 힘부하(Force)를 더하여 Score C와 Score D를 구할 수 있다. 이렇게 구한 Score C와 Score D의 값을 Table C에 대입하여 전체적 작업 부하 수준을 결정하는 하나의 총괄적인 부하(Grand Score)를 산출하게 된다. 이 Grand Score를 이용하여 Action Level을 구하게 된다. Action Level이 1인 경우는 작업이 오랫동안 지속적으로 그리고, 반복적으로만 행해지지 않는다면 작업 자세가 별로 문제가 되지 않음을 나타낸다. Action Level이 2인 경우는 작업 자세에 대한 추가적인 연구가 필요하고 작업 자세를 바꾸는 게 낫다는 것을 나타낸다. Action Level이 3인 경우는 작업 자세를 되도록 빨리 바꾸는 게 낫다는 것을 나타낸다. Action Level이 4인 경우는 작업자세를 즉각 바꾸어야 한다는 것을 나타낸다.

### 2.2.2 Strain Index(SI) 분석

The Strain Index는 1995년에 위스콘신 의과대학 예방의학과 J. Steven Moore와 위스콘신대학의 산업 시스템공학과 Arun Garg에 의해 처음 개발되었다. 문헌과 생리학, 생체역학의 이론과 상지질환의 역학을 기초로 한 정량적 평가 기법이다.[5,12,13] 상지질환(근골격계질환)의 원인이 되는 위험 요인들이 작업자에게 노출되어 있거나 그렇지 않은 상태를 구별하는데 사용된다.



<그림 5> Strain Index의 평가 절차

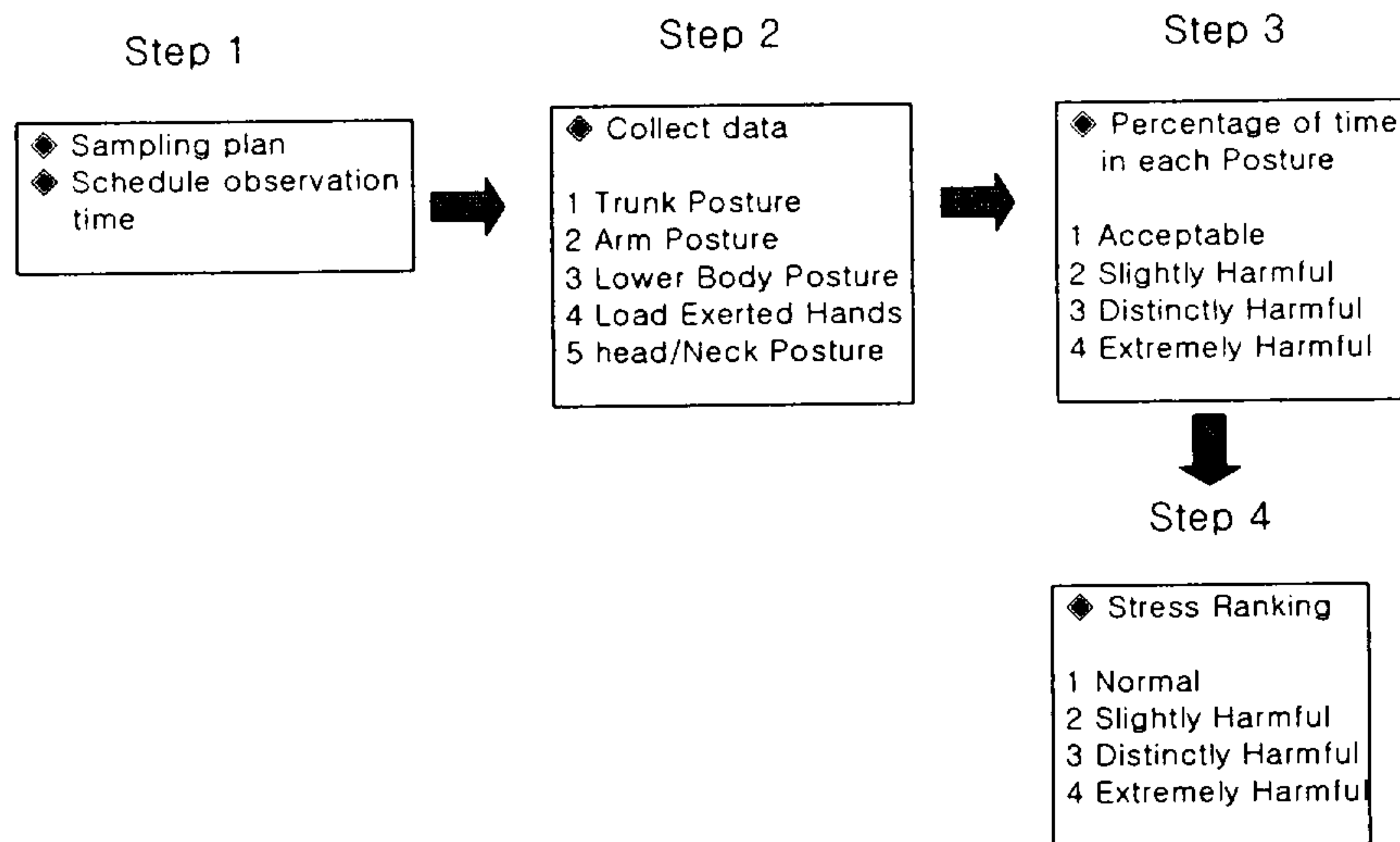
<그림 5>는 Strain Index의 평가 절차를 나타낸 것이다. Step1은 6개의 위험 요소에 대한 데이터를 수집하는 과정이다.

이 과정이 끝나면 Step2에서 수집된 data를 이용하여 rating값을 정하고 그에 따른 계수(multiplier)를 정한다. 이때 Strain Index table(평가표)을 이용한다. step 3에서는 정해진 multiplier를 곱하여 SI score를 구하고 결과를 해석한다. SI score가 5를 초과하면 상지질환으로 초래될 가능성이 있는 것으로 의미되고, 3이하이면 안전하며 7이상은 매우 위험한 것으로 간주된다.

### 2.2.3 OWAS(Ovako Working posture Analysis System) 분석

OWAS는 Finland의 제철 회사(Ovako Oy)에 근무하고 있는 Karhu와 Finland 노동 위생 연구소(Institute of Occupational Health)의 Kuorinka에 의해 1973년에 개발 되었다. 본 기법을 처음 소개한 Karhu의 1977년의 논문에서는 자세 분류밖에 기재되고 있지 않았지만, Stoffert의 1985년의 논문에서는 평가법까지 포함한 완전한 방법이 상술되고 있다. 이 기법을 이용하면 요통이나 어깨, 팔, 목 관련 재해와 같은 근골격계질환의 원인이 되는 나쁜 작업자세를 평가 할 수 있다.[6,12,13]

OWAS는 작업 시작점의 작업 자세를 허리, 상지, 하지, 무게의 4개 항목으로 나누어 자세코드로 기록한다. 자세의 기록은 Snap-reading법(관찰 간격이 일정한 워크 샘플링법의 일종)을 이용한다.



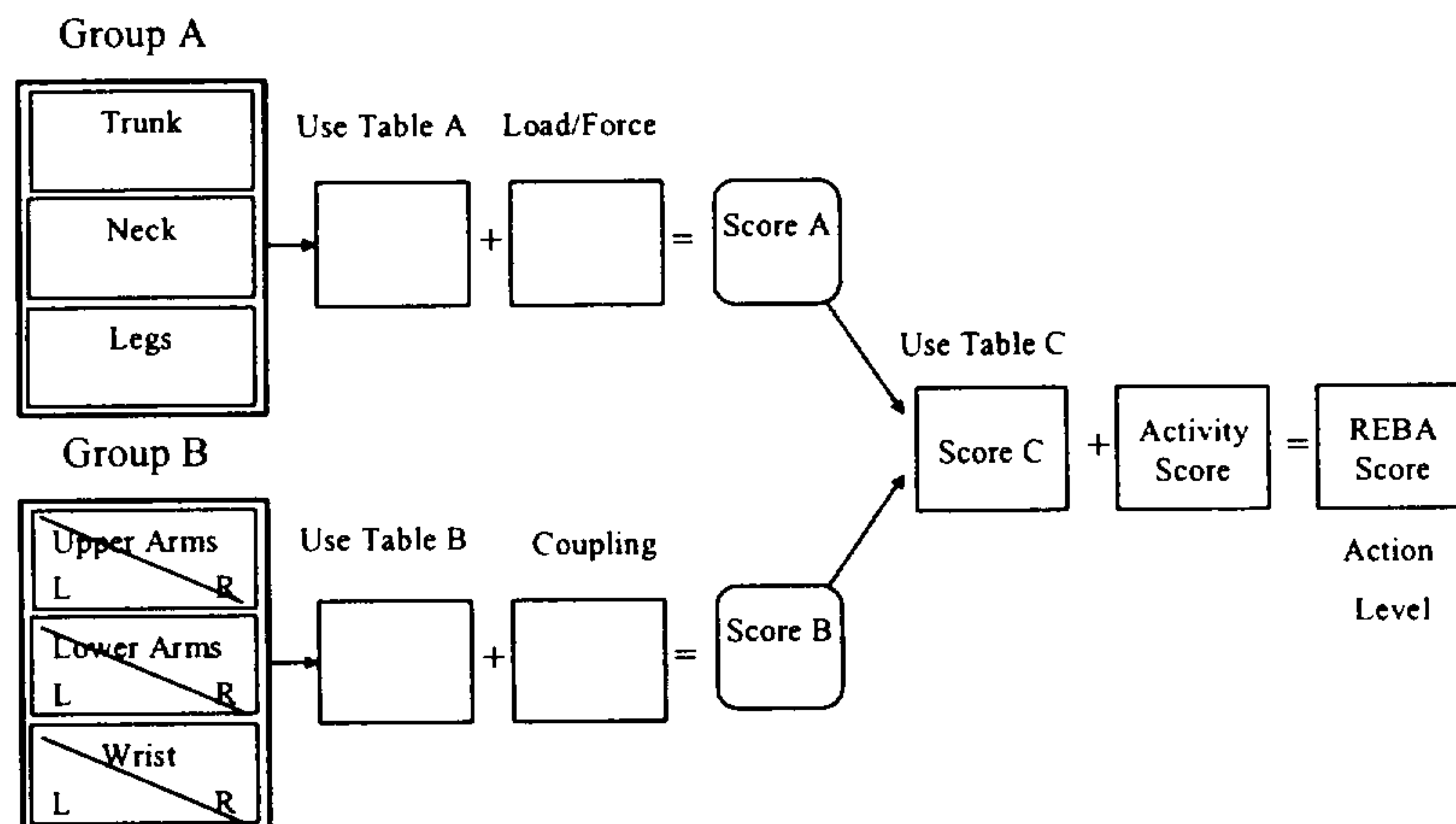
<그림 6> OWAS 작업 분석 절차

<그림 6>의 OWAS작업 분석 절차를 살펴보면 Step1에서는 관찰 스케줄을 정한다. Step2에서는 정한 스케줄대로 일정시간 간격으로 그 순간의 자세를 읽어내고 자세코드를 용지에 기록해 간다. 스케줄 계획대로 자세코드를 다 기록하였으면 Step3에서처럼 각 자세별로 시간에 따른 percentage를 산출한다. 그것을 이용하여 각각의 Posture Action Level을 정하게 된다. 이때 각각의 자세별로 위험요소를 평가할 수 있다. Posture Action Level을 결정하였다면 AC 판정표를 이용하여 최종평가를 하게 된다. AC 판정표의 값이 1인 경우 자세에 의한 근골격계 부담은 문제가 없어 개선이 불필요하다. AC 판정표의 값이 2인 경우 근골격계에 유해하고 근시일 동안에 개선을 해야 한다. AC 판정표의 값이 3인 경우 근골격계에 유해하고 가능한 빨리 개선을 해야 한다. AC 판정표의 값이 4인 경우 근골격계에 매우 유해하고 즉시 개선을 해야 한다.

#### 2.2.4 REBA(Rapid Entire Body Assessment)

Hignett 과 McAtamney(2000)이 근골격계질환과 관련한 위해인자에 대한 개인작업자의 노출정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었으며, 특히 상지작업을 중심으로 한 RULA와 비교하여 간호사 등과 같이 예측하기 힘든 다양한 자세에서 이루어지는 서비스업에서의 전체적인 신체에 대한 부담

정도와 위해 인자에의 노출정도를 분석하기 위한 목적으로 개발되었다.[7,12,13]



<그림 7> REBA의 평가 절차

<그림 7>은 REBA의 평가 절차를 나타낸 그림이다. 평가 방법은 크게 Group A와 Group B의 각 그룹별로 작업자세를 평가하게 된다. Group A의 자세는 Table A의 값과 하중/힘의 값에 의하여 Score A가 된다. Group B의 자세는 Table B의 값과 Coupling 값에 의하여 Score B가 된다. Score A와 Score B를 Table C에 대입하여 나온 Score C와 Activity Score를 더하여 Action Level을 정하게 된다. Action Level이 0인 경우는 위험 단계는 무시해도 되기 때문에 조치가 필요 없다. Action Level이 1인 경우 위험 단계가 낮기 때문에 조치가 필요할지도 모른다. Action Level이 2인 경우 위험 단계가 보통이므로 조치가 필요하다. Action Level이 3인 경우 위험 단계가 높기 때문에 곧 조치가 필요하다.

Action Level이 4인 경우 위험 단계가 매우 높기 때문에 지금 즉시 조치가 필요하다.

## 2.2.5 ANSI Z-365(The American National Standards Institute)

1993, 1995년에 The American National Standards Institute가 주축이 되어 산업체, 정부기관, 보험회사, 대학 등의 전문가들이 모여 개발하였다.[8,12,13] 개발 목적은 근골격계질환을 정확히 평가하기 위함이다. 상체의

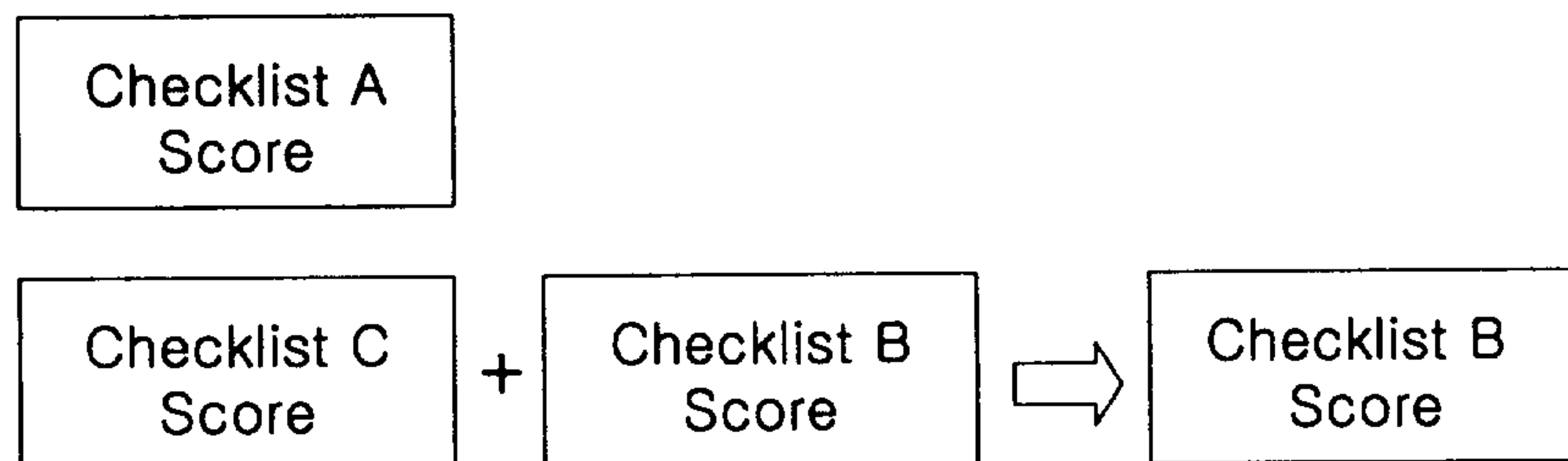
반복이 많은 조립작업에 사용되며 VDT 작업 평가에 주로 사용된다.

ANSI Z-365는 9개의 위험 요인으로 구성되어 있다. 요인으로는 반복성, 무게/힘, 불편한 자세, 도구의 사용, 접촉점, 정적인 동작, 환경적 요인, 키보드의 사용, 관리적 측면이 있다. 어깨, 팔, 손목, 손, 손가락, 목의 신체 부위를 9개의 위험요인을 중심으로 평가한다.

평가결과 점수가 10점 이상이면 누적외상성질환(근골격계질환)에 노출되고 있음을 나타낸다.

## 2.2.6 OSHA의 인간공학적 평가

OSHA 위험 요소 체크 리스트는 근골격계질환의 원인이 되는 몇몇 중요한 위험 요소를 밝혀 낼 수 있는 빠른 도구이다. 이 체크 리스트는 보다 더 철저한 작업 분석과 빠른 결정이 요구되는 작업에서 사용된다.[9]



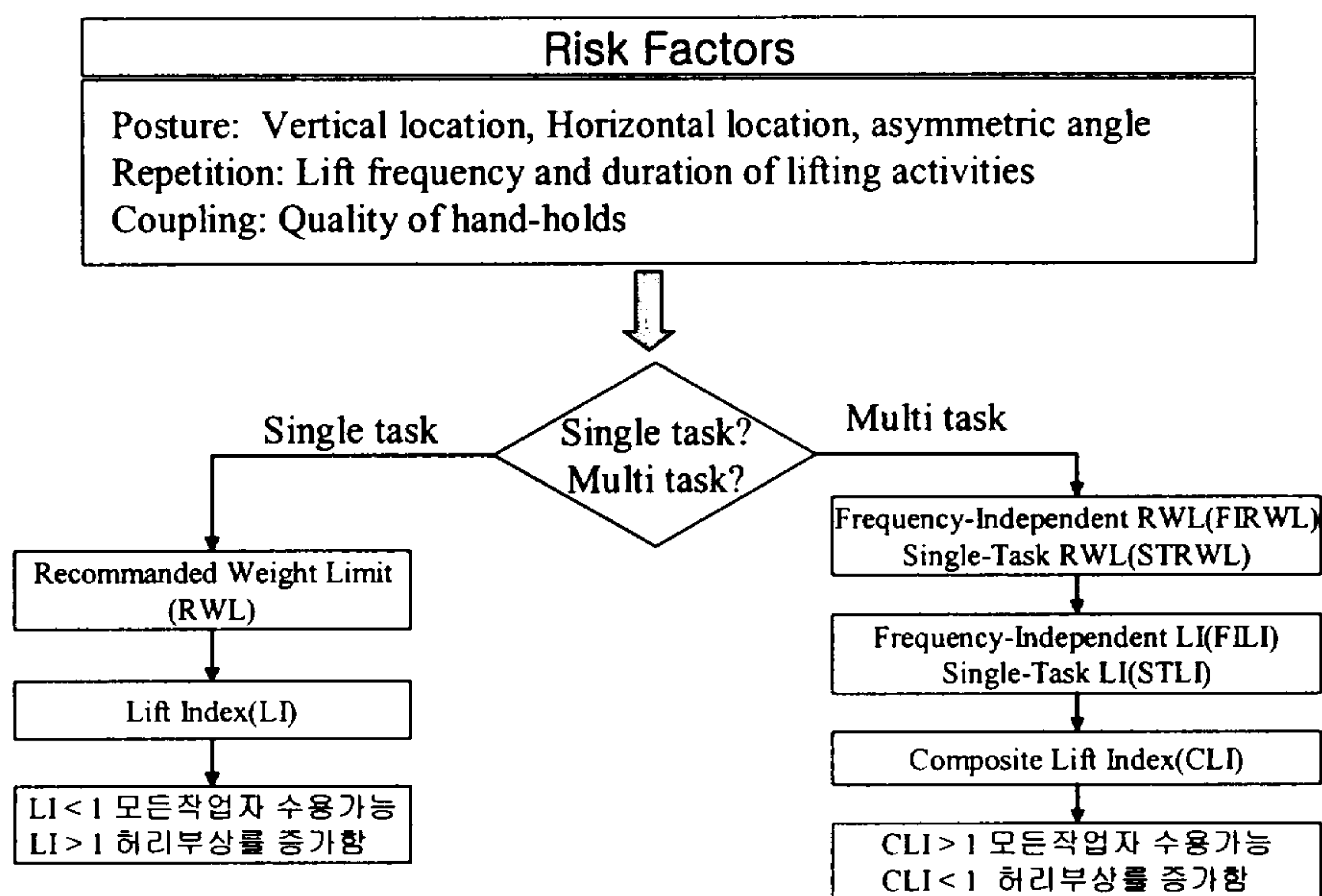
<그림 8> OSHA의 인간공학적 평가의 절차

<그림 8>은 OSHA에서 개발한 위험요소 체크리스트에 관한 평가 절차를 설명한 것이다. Checklist A는 상지의 위험요인을 평가하는 Checklist이며 Checklist B는 허리·하지 위험요소를 평가하는 Checklist이다. Checklist C는 인력운반에 대한 Checklist이며 C의 총점은 Checklist B에 가산된다. Checklist A와 B의 Score가 5점 이상일 경우 작업에 문제가 있음을 나타낸다.

## 2.2.7 개정된 NIOSH 들기작업 평가(Revised NIOSH Lifting Equation)

미국의 NIOSH 가이드라인에서는 1981년과 1993년 두 번에 걸쳐 인력운반 작업에 대한 안전기준을 개발하였다. 우리가 지금 사용하는 NIOSH 들

기 작업 평가는 1993년에 만들어진 것으로 중량물을 취급하는 작업에 대한 요통 예방을 목적으로 작업 평가와 작업 설계를 지원하기 위해서 만들어진 것이다. 이 기준은 취급 중량과 취급 회수뿐만 아니라, 중량물 취급 위치, 인양거리, 신체의 비틀기, 중량물 들기 쉬움 정도 등 여러 요인을 고려하고 있으며, 보다 정밀한 작업 평가·작업 설계에 이용할 수 있게 되어 있다. 이 기준은 중량물 취급에 관한 생리학, 정신물리학, 병리학의 각 분야에서의 연구 성과를 통합한 것이다.[10,12,13]



<그림 9> 개정된 NIOSH 들기작업 평가 절차

위의 <그림 4>는 1993년에 개정된 NIOSH 들기 작업 평가 절차를 나타낸 것이다. 들기 작업의 위험인자인 수평위치, 수직위치, 비틀림 각도, 들기 빈도수, 커플링(손잡이 상태) 등을 구하게 된다. 이러한 위험인자들을 공식이나 표를 이용하여 계수(Multiplier)를 구하게 된다. 또한 작업이 단일작업이나 복수작업이냐에 따라 계산식이 다르게 된다. 단일작업일 경우 허용한 계무게(Recommended Weight Limit; RWL)를 구하고 들기 지수(Lifting Index; LI)를 구하게 된다. 이때 LI가 1보다 작을 경우 모든 작업자가 수용할 수 있는 무게를 나타내고 LI가 1보다 클수록 요통 발생 위험성이 높다고

볼 수 있다. 복수 작업일 경우에는 FIRWL, STRWL, FILI, STLI를 이용하여 종합 들기 지수(Composite Lifting Index)를 구하게 된다. 이때 CLI도 LI와 마찬가지로 1보다 클수록 요통 발생 위험성이 높고 1보다 작을 수록 모든 작업자가 수용 할 수 있다고 판단할 수 있다.

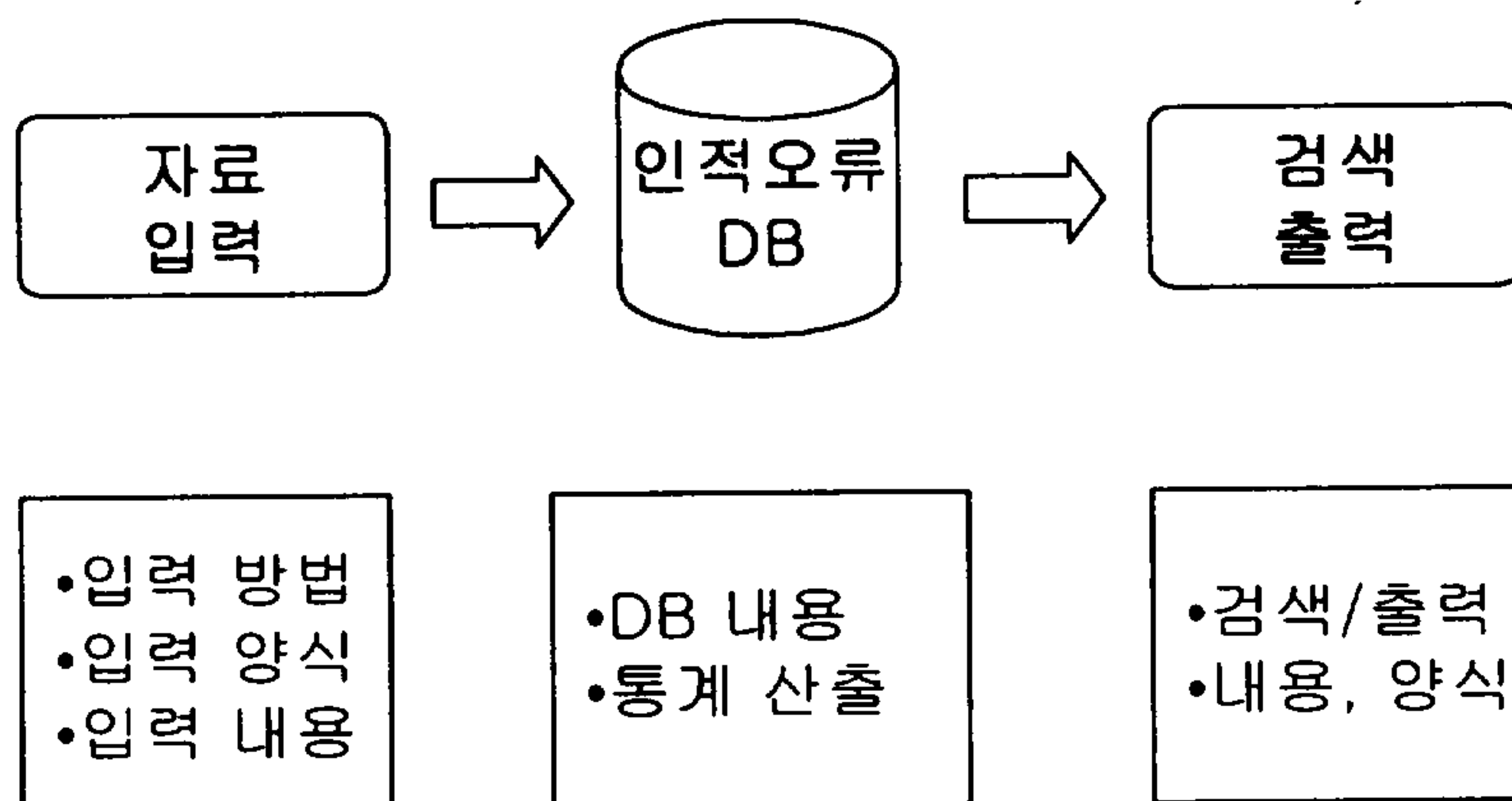
### 2.2.8 SNOOK의 인간공학 평가

SNOOK은 들기 작업에서의 허용무게를 산출하기 위한 테이블로 구성되어 있다. SNOOK 테이블에는 들기 작업, 하역작업, 밀기작업, 당기는 작업, 운반 작업이 있으며 모두 허용무게를 산출하기 위한 테이블이다.[11]

## 3. 시스템 개발 및 응용

### 3.1 시스템 개발

#### 3.1.1 인적 오류 시스템



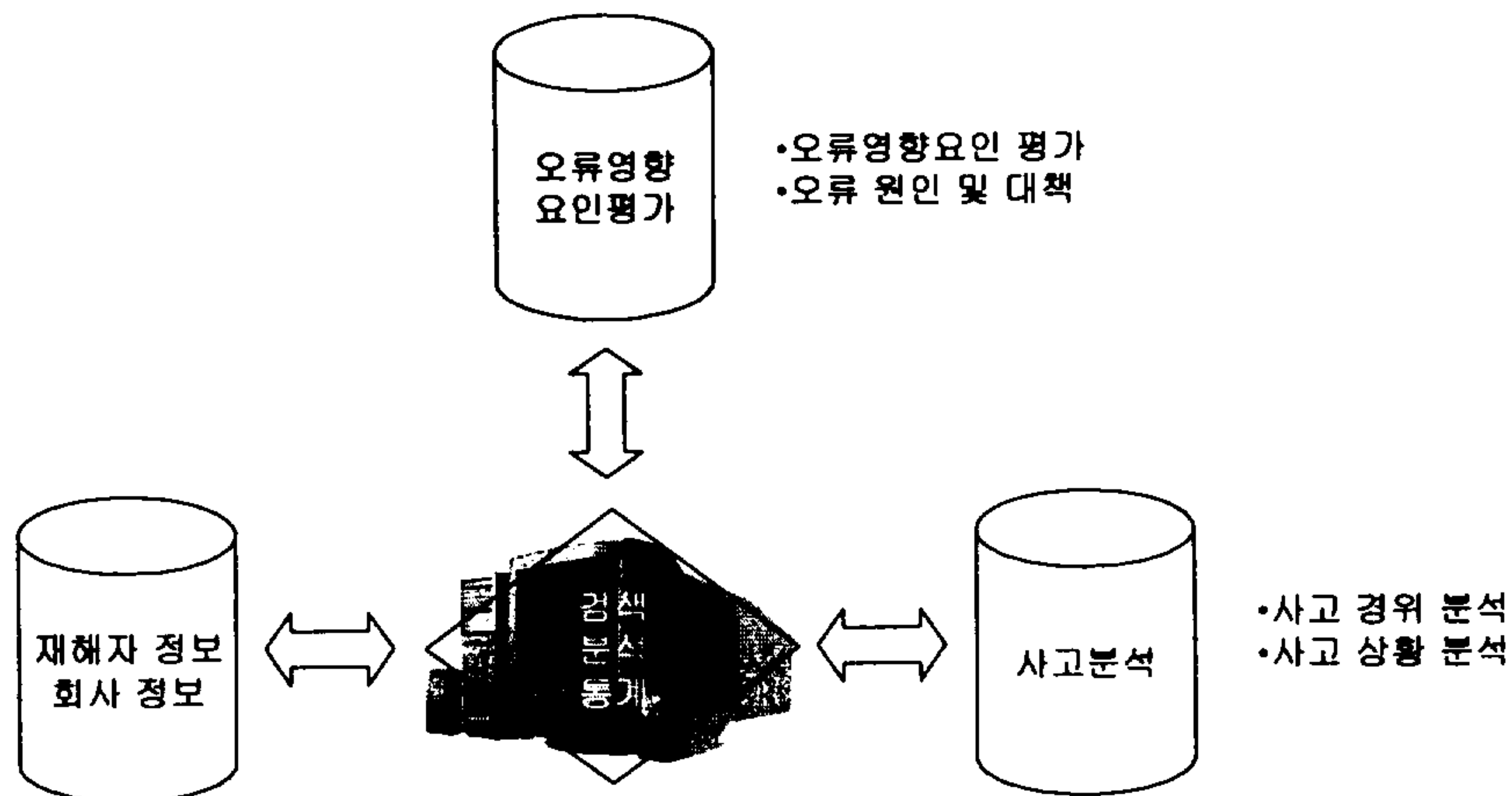
<그림 10> 재해 분석 및 관리시스템의 구성요소

인적오류분석 관리전산 시스템의 구성요소를 살펴보면 <그림 10>과 같이 자료의 입력부분, 사고 관리 데이터베이스 부분, 검색 및 출력 부분으로 분류할 수 있다. 자료의 입력 부분은 자료의 입력방법 및 주체, 입력 내용, 입력 양식 등이 고려요소이다. 사고 관리 데이터베이스 부분은 사고 분석 및 관리에 필요한 DB형태 및 분석 항목 등을 통합적으로 관리할 수 있도록 고려하는 것이다. 자료 입력 부분은 사고의 입력 주체에 따라 입력 양식을 어

면 메뉴나 아이콘을 등을 이용할 것인지에 대하여 고려하는 것이다. 검색 및 출력 부분은 안전관리자가 어떤 내용을 검색하고 출력 할 것인가에 대한 고려하는 것이다.

발생된 재해와 관련하여 재해자 정보와 회사정보, 사고 경위 및 상황에 관한 분석과 오류에 영향을 미친 원인 및 대책에 대한 정보가 통합적으로 관리되기 위해서는 재해에 관한 분석 요소의 선정과 각 구성요소에 대한 대응 및 형식이 체계적으로 설계되어야 한다.

<그림 11>는 본 시스템의 구성도로 재해자와 회사정보, 사고 분석, 오류 영향요인 평가 모듈로 구성되어 있으며, 각 모듈로부터 검색 및 분석과 통계 처리가 가능하도록 연계되어 있다.



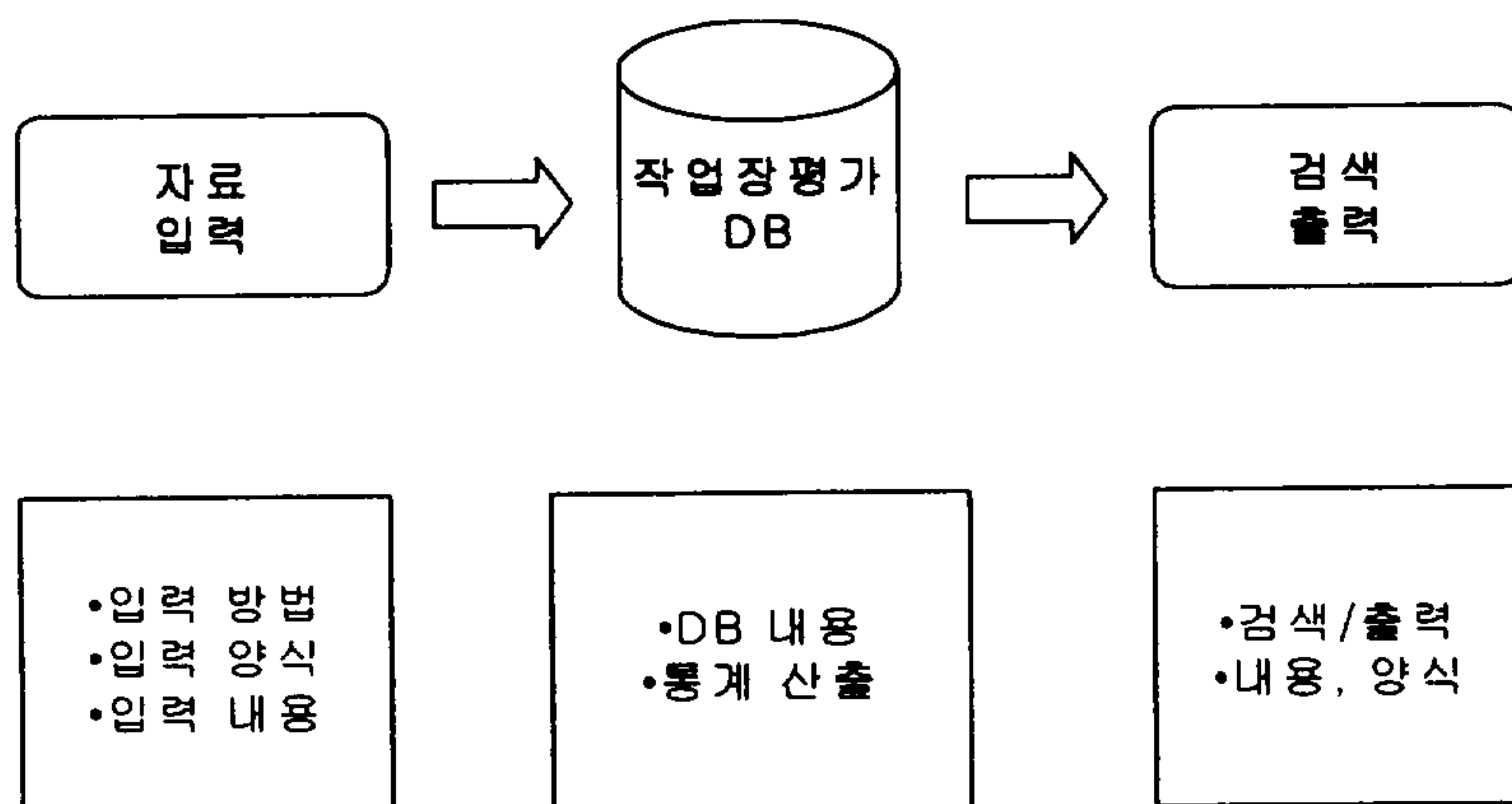
<그림 11> 사고 분석 시스템 구성도

본 연구에서는 재해 분석 시스템으로써 원하는 기능과 사용의 편리성을 확보하기 위하여 수집할 정보와 사용할 방법론을 선택하여 시스템의 화면상 적절하게 배분하고자 노력하였다.

### 3.1.2 작업장 평가 시스템

작업장 평가 시스템의 구성요소를 살펴보면 <그림 12>과 같이 자료의 입력부분, 작업장 데이터베이스 부분, 검색 및 출력 부분으로 분류할 수 있다. 자료의 입력 부분은 자료의 입력방법 및 주체, 입력 내용, 입력 양식 등이

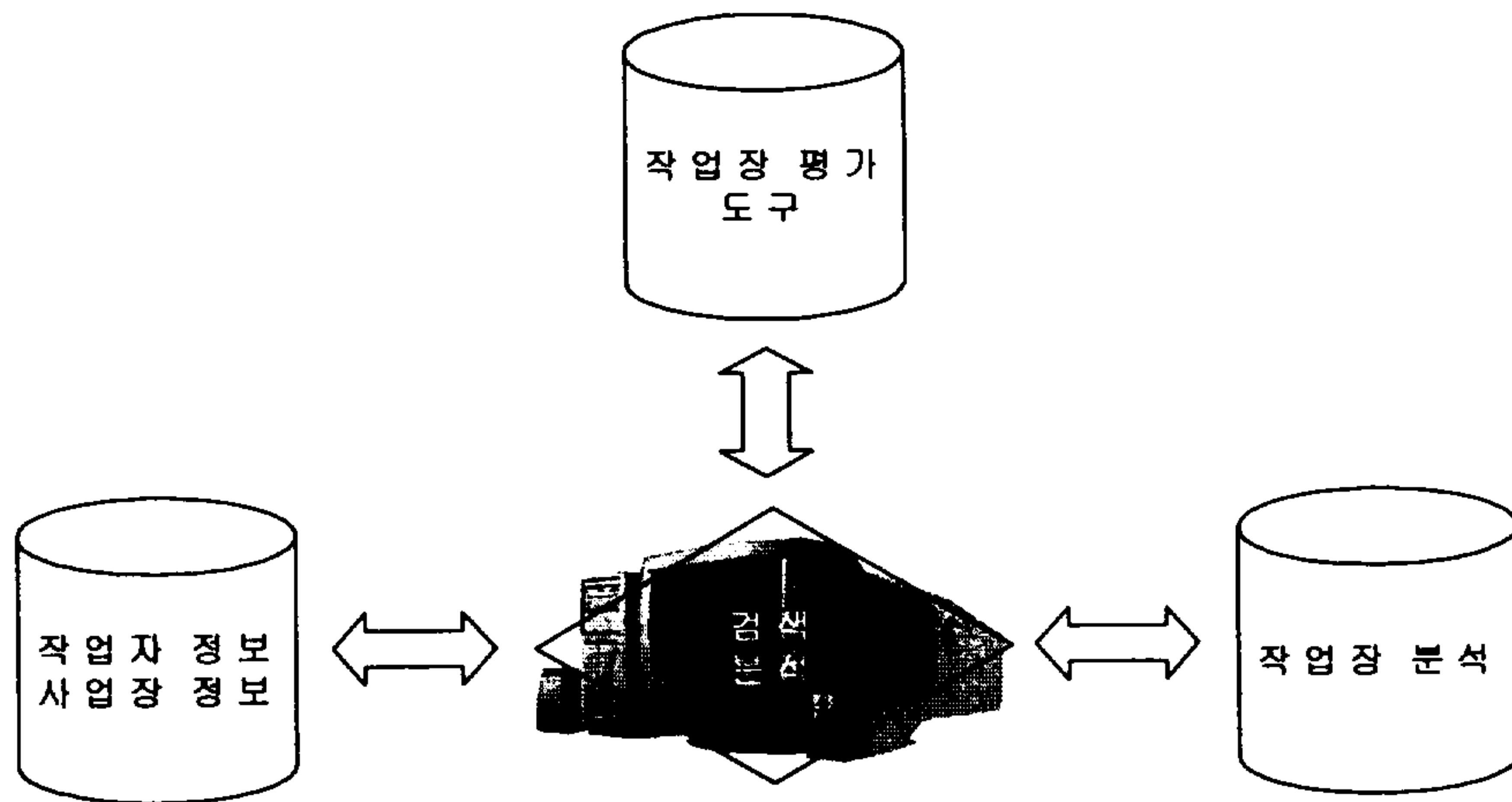
고려요소이다. 작업장 데이터베이스 부분은 작업장을 평가하기에 필요한 DB형태 및 분석 항목 등을 통합적으로 관리할 수 있도록 고려하는 것이다. 자료 입력 부분은 작업장에서 작업자의 작업형태의 성격에 따라 어떤 인간 공학적 평가도구를 쓸 것인가, 입력양식을 어떤 메뉴나 아이콘 등을 이용할 것 인가에 대하여 고려하는 것이다. 검색 및 출력 부분은 안전관리자가 쉽게 평가한 내용을 볼 수 있도록 내용을 검색하고 출력할 것인가에 대하여 고려하는 것이다.



<그림 12> 작업장 평가 시스템의 구성요소

근골격계질환에 관련된 작업을 평가하기 위해서는 작업자 정보, 사업장 정보, 인간공학적 신체부위별 평가도구 및 종합적 분석 결과가 체계적으로 설계되어야 한다.

<그림 13>는 작업장 분석 시스템의 구성도로 작업자와 사업장 정보, 작업장 평가 도구(인간공학적 평가도구), 작업장 분석 모듈로 구성되어 있으며 각 모듈로부터 검색 및 분석이 가능하도록 연계되어 있다.



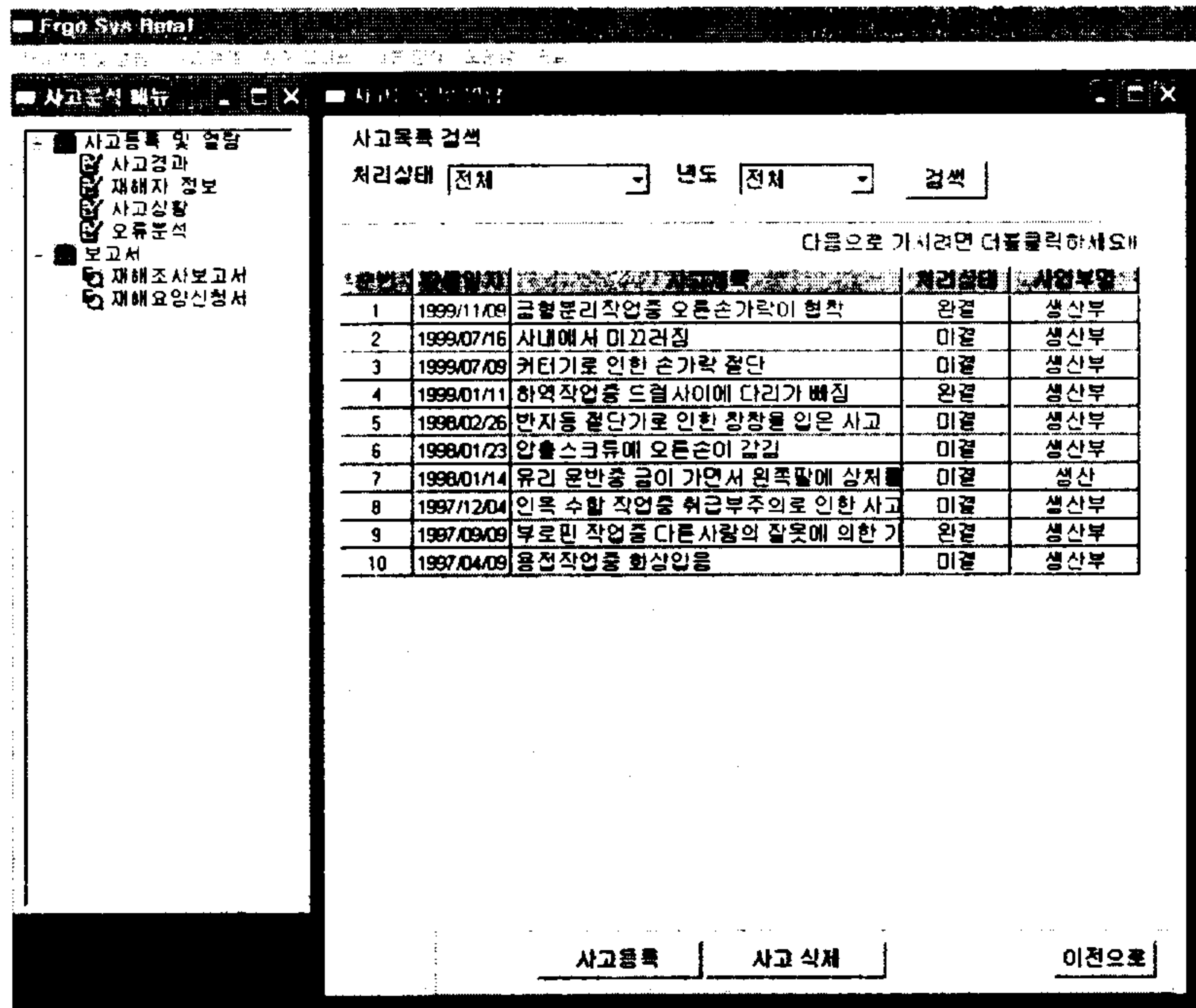
<그림 13> 작업장 분석 시스템의 구성도

## 3.2 시스템 기능 및 인터페이스

### 3.2.1 인적 오류 시스템

#### 가. 사고 분석 및 열람

프로그램의 초기 화면은 사고 등록 및 분석 메뉴로 나타난다. 사고 등록 및 재해 분석 화면의 기본 구조는 <그림 14>와 같이 전체 메뉴화면, 사고 분석 메뉴 화면, 사고등록 및 열람 화면 등 3개의 창으로 분할되어 있다. 사고 분석 메뉴에선 사고 경과, 재해자 정보, 사고 상황, 오류 분석 등의 사고 등록 및 분석에 관한 내용과 요양신청서, 재해조사 보고서 등의 보고서에 관한 내용을 다룰 수 있다.



<그림 14> 사고 분석 및 열람 화면

### 1) 사고 등록 및 열람

사고 등록 및 열람 화면에서는 재해의 처리 진행상태와 사업부명, 발생연도에 따라 사고 자료를 검색할 수 있으며 검토된 자료는 순번, 발생일자, 사고제목, 처리상태, 사업부명에 관한 자료가 제시된다.

특정 사고 목록에 마우스를 더블 클릭하면 재해에 대한 분석 및 열람을 할 수 있다. 창의 아래 부분에는 사고의 등록과 해당 사고 목록의 삭제 기능이 버튼으로 마련되어 있다.

### 2) 사고 경과 - 사고 등록 처리

사고 분석 메뉴에서 사고 경과 메뉴를 클릭하면 사고 등록 처리 화면이 나타난다. <그림 15>는 사고 등록 처리 화면이다.

| 사고등록 처리     |                           |          |                |
|-------------|---------------------------|----------|----------------|
| <b>사고경과</b> |                           |          |                |
| 관리번호        | 1000                      | 처리상태     | 처리중            |
| 발생일자        | 1998/01/14                | 요일       | 수요일            |
| 발생시간        | 18:35                     | 날씨       | 흐림             |
| 사고명         | 유리 운반중 금이 가면서 왼쪽팔에 상처를 입음 |          |                |
| 사업부명        | 생산                        | 관리인명     | B라인            |
| 작업명         | 유리 운반                     |          |                |
| 사고등록일자      | 1998/01/14                |          |                |
| 저장          |                           |          |                |
| <b>처리경과</b> |                           |          |                |
| 처리일자        | 1998/01/14                | 처리내용     | 사고조사           |
| 처리일자        | 1998/01/16                | 처리내용     | 요양 처리          |
| 저장          |                           |          |                |
| <b>처리결과</b> |                           |          |                |
| 사고유형        | 아차사고                      |          |                |
| 휴직기간        | 10 일                      | 휴직비용     | 3,000 천원       |
| 요양처         | 요양 처리                     |          |                |
| 담당자명        | 안시환                       | 담당자전화    | 670111-1466813 |
| 작업장         | 생산                        |          |                |
| 안전담당자명      | 홍길동                       | 안전담당자전화  | 안전             |
| 저장          |                           |          |                |
| <b>회사정보</b> |                           |          |                |
| 회사명         | 주) 옥산                     | 제조업      | 저장             |
| 직원수         | 19 명                      | 충남 공주    |                |
| 전화번호        | 김달구                       | 501-3659 |                |
| 문서          | 1998/02/01                |          |                |

<그림 15> 사고 등록 처리 화면

사고 등록 처리 화면에서는 사고 경과, 처리 경과, 처리 결과, 회사 정보에 대한 정보를 관리한다.

### 3) 재해자 정보

사고 분석 메뉴에서 재해자 정보 메뉴를 클릭하면 재해자 정보 화면이 나타난다. 재해자의 인적사항 및 신체정보를 관리한다. <그림 16>은 재해자 정보 화면을 나타낸다.

| 재해자 정보     |                |      |            |
|------------|----------------|------|------------|
| 이름         | 한정숙            | 성별   | 여          |
| 주민등록번호     | 530712-2111111 | 생년월일 | 1953/07/12 |
| 주소         | 대전             |      |            |
| 전화번호       | 1551-1111      |      |            |
| 직업         | 정규생산직          | 입사일  | 1998/02/22 |
| 봉급직종 근무기간  | 1 개월           |      |            |
| 학력         | 국졸             | 결혼상태 | 기혼         |
| 재해자의 신체적정보 |                |      |            |
| 키          | 150 Cm         | 수면시간 | 10 시간      |
| 몸무게        | 45 Kg          |      |            |
| 신체장애정도     | 1.             |      |            |
| 복합장애유무     | 정상             |      |            |

저장

#### 4) 사고 상황

사고 분석 메뉴에서 사고 상황 메뉴를 클릭하면 사고 상황 화면이 나타난다. 사고 상황 화면은 사고 당시의 재해 발생 상황과 관련한 사고 개요, 일반적인 사고 분석 내용, 사고 원인 등에 관한 정보를 관리한다. <그림 17>은 사고 상황에 관한 화면을 나타낸다.

## ▶ 사고 개요

**사고 발생에 관한 내용을 5W1H 원칙에 의하여 나타낸다.**

▶ 재해자의 작업과 관련한 근무 형태, 작업 시간, 동시 작업자수 등에 관한 정보와 기인물, 작업내용, 사고의 형태 및 상해 종류, 신체 부위 등에 관한 정보를 다룬다.

## ▶ 사고 원인 분석

사고와 관련한 불안전 행동과 불안전 상태, 관리적 요인, Human Error 요인을 분석한다.



택하였다.

오류분석

오류 영향요인 선별 ☒ 부적합한 경우 클릭하십시오

| 작업자 요인                                     | 작업특성 요인                                     | 관리적 요인                                         | 작업환경 요인                             |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 연령                | <input type="checkbox"/> 표시정보의 이해           | <input type="checkbox"/> 교육 및 훈련               | <input type="checkbox"/> 소음         |
| <input type="checkbox"/> 신체조건              | <input type="checkbox"/> 스위치, 조정장치의 조       | <input type="checkbox"/> 의사소통                  | <input type="checkbox"/> 기계적 진동     |
| <input type="checkbox"/> 감각조건              | <input type="checkbox"/> 인간-기계 인터페이스        | <input type="checkbox"/> 관리 / 감독               | <input type="checkbox"/> 조명         |
| <input type="checkbox"/> 피로상태              | <input type="checkbox"/> 작업공간               | <input type="checkbox"/> 작업표준 및 안전수칙 준         | <input type="checkbox"/> 온도, 습도     |
| <input type="checkbox"/> 수면정도              | <input type="checkbox"/> 과도한 힘/충량           | <input checked="" type="checkbox"/> 보호구 및 안전장치 | <input type="checkbox"/> 유해물질       |
| <input type="checkbox"/> 음주정도              | <input type="checkbox"/> 작업도구               | <input type="checkbox"/> 작업 표준서                | <input type="checkbox"/> 유해광선       |
| <input type="checkbox"/> 약물복용, 건강상태        | <input type="checkbox"/> 작업시간               | <input type="checkbox"/> 보수유지관리                | <input type="checkbox"/> 폭발, 인화성 물질 |
| <input type="checkbox"/> 작업자의 만족감          | <input type="checkbox"/> 휴식시간               | <input type="checkbox"/> 정보제한                  |                                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> 작업 숙련도 | <input type="checkbox"/> 작업의 긴급성            | <input type="checkbox"/> 안전조직 및 활동             |                                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> 심리적 상태 | <input type="checkbox"/> 작업의 위험정도           |                                                |                                     |
|                                            | <input checked="" type="checkbox"/> 주의 및 경계 |                                                |                                     |
|                                            | <input type="checkbox"/> 빈도와 반복성            |                                                |                                     |

요인평가      닫기

<그림 18> 오류 영향요인 선별 점검표

### ▶ 요인의 원인 및 대책

<그림 19>는 선택된 작업표준서 부적합 요인에 대하여 원인 및 대책을 입력하는 화면을 나타낸 것이다.

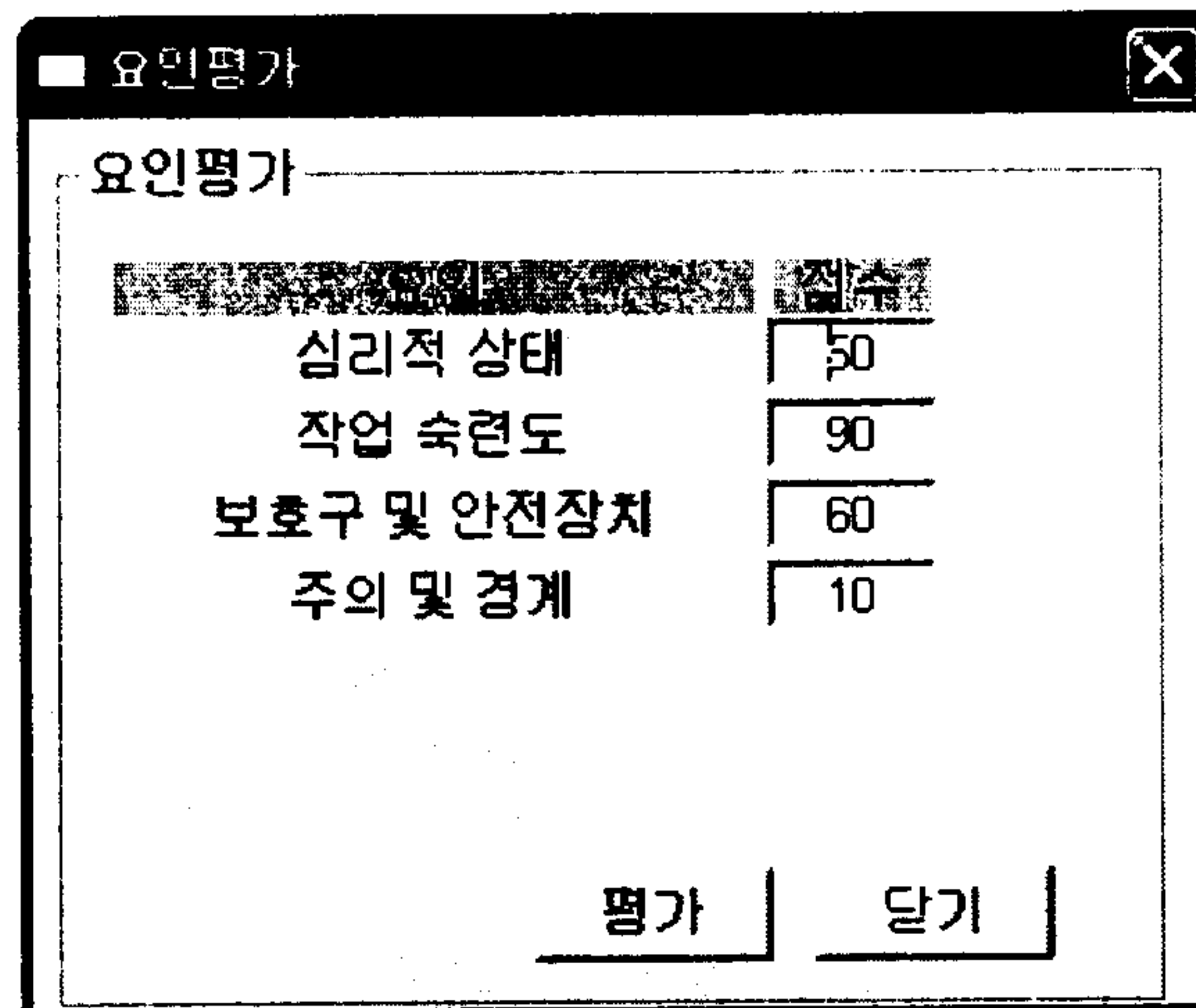
원인/대책 입력

| 원인/대책               |
|---------------------|
| 원인: 작업숙련도 미비로 인한 사고 |
| 대책: 숙련자를 적당히 배치     |

삭제      저장

<그림 19> 선택된 요인의 원인 및 대책

## ▶ 요인평가



요인평가

| 요인         | 점수 |
|------------|----|
| 심리적 상태     | 50 |
| 작업 숙련도     | 90 |
| 보호구 및 안전장치 | 60 |
| 주의 및 경계    | 10 |

평가    달기

<그림 20> 선택된 요인의 가중 점수 부여

오류영향요인을 선택한 후에 <그림 18>의 요인평가 화면의 오른쪽 아래에 위치한 버튼을 누르면 <그림 20>의 요인 평가 화면이 뜬다. 요인평가 화면에서는 선별 분석을 통하여 선정된 요인들이 해당 작업에 얼마나 영향을 주는지를 평가한다. 요인별로 평가 점수를 0에서 100까지의 범위에서 부여한 후에 평가 버튼을 누르면 각 요인들의 상대적인 영향도가 자동적으로 계산된다. 이 방법은 SLIM이라는 인적오류 분석기법에서 적용되었던 가중치를 계산하는 방법을 적용한 것이다. 사용자들이 쉽고 직관적으로 해당 요인의 영향값을 부여할 수 있다는 장점이 있다.

## ▶ 파레토 분석에 의한 영향도 평가

요인 평가 화면에서 평가 점수를 입력한 후 평가버튼을 누르면 파레토 분석에 의하여 각 요인들에 대한 상대적인 가중치들이 구하여져서 나오게 된다. <그림 21>은 <그림 18>의 요인들에 대하여 점수를 부여하였을 때 SLIM 방법에 의하여 계산된 가중치와 파레토 분석에 의하여 평가된 요인들의 중요도를 나타낸 것이다.

| 파레토 분석     |       |      |
|------------|-------|------|
| 요인         | 가중치   | 중요도  |
| 작업 숙련도     | 0.429 | 매우중요 |
| 보호구 및 안전장치 | 0.286 | 중요   |
| 심리적 상태     | 0.238 | 보통   |
| 주의 및 경계    | 0.048 | 보통   |
| 확인         |       |      |

<그림 21> 파레토 분석에 의한 영향도 평가 결과

A그룹에 포함된 요인들은 다른 그룹에 포함된 요인들보다 그 중요성이 큰 것들이기 때문에 먼저 관리 및 통제함으로써 작업성능을 높일 수 있고, 또한 오류의 발생가능성을 줄일 수 있다.

#### 나. 사고 분석 보고서

사고 분석 메뉴 중에서 보고서 메뉴로는 재해 조사 보고서와 재해 요양 신청보고서를 출력할 수 있다.

#### ▶ 재해 조사 보고서

재해 조사 보고서는 사업장과 재해자, 사고 개요, 재해 분석, 오류 영향도 평가, 처리 경과, 처리 결과, 목격자, 분석자에 관한 정보들이 포함된다.

<그림 22>는 분석된 재해정보에 의하여 작성된 재해 조사 보고서를 나타내며, 인쇄 버튼을 누르면 프린트로 출력이 된다.

재해조사보고서

|                  |                     |               |      |            |             |               |     |       |
|------------------|---------------------|---------------|------|------------|-------------|---------------|-----|-------|
| 관리번호             | 005                 | 결재            | 담당   | 과장         | 부장          | 부서장           |     |       |
| 사업장명             | 주) 선동화학             | 업종            | 제조업  | 근로자수       | 22 명        |               |     |       |
| 소재지              | 영천                  |               |      |            |             |               |     |       |
| 재해일시             | 1999/11/09          | 15:50         | 날씨   | 맑음         | 동시 재해 유발자 수 | 1 명           |     |       |
| 재해자              | 성명                  | 이산재           | 성별   | 남          | 주민등록번호      | 550101-111111 |     |       |
|                  | 사업부명                | 생산부           | 라연팀  | A라인        | 공장명         | 금항분리공장        |     |       |
|                  | 직위                  | 정규생산직         | 재용일자 | 1999/04/29 | 동일직종 근속기간   | 6 일           |     |       |
|                  | 학력                  | 고졸            | 결혼여부 | 기혼         | 키           | 189 cm        | 몸무게 | 62 Kg |
|                  | 시력                  | 1.5           | 청력   | 정상         | 수면시간        | 9 시간          |     |       |
|                  | 음주정도                |               |      | 약물복용       |             |               |     |       |
|                  | 사고개요(자세하게 서술식으로 기재) |               |      |            |             |               |     |       |
| 머다사(재해발생장소)      |                     | 주) 대동화학 작업장에서 |      |            |             |               |     |       |
| 무엇을 사용하여, 어떤관공에서 |                     |               |      |            |             |               |     |       |

<그림 22> 재해 조사 보고서의 화면 출력

### ▶요양 신청서

근로복지공단에 제출하기 위한 요양 신청서도 재해 정보를 통하여 자동으로 작성되어 나온다.

재해요양신청서

인쇄

[별지 제34호 서식]  
\*굵은선 안은 신청인이 기입하지 않습니다.

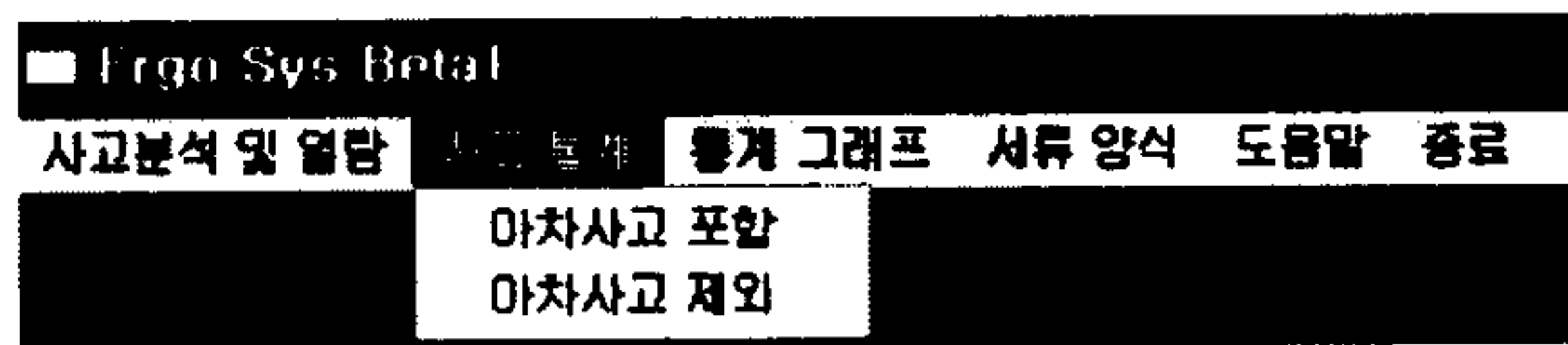
|                                                  |                       |                              |          |               |
|--------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------|---------------|
| ① 산재보험가입번호                                       |                       | 산업재해보상보험                     |          | 처리기간          |
|                                                  |                       | 요양신청서                        |          |               |
| 사업개시번호                                           | ② 신청구분                | 1. 최초      2. 전원      3. 재요양 |          |               |
| 피 재<br>근 로 자<br>(신 청 인)                          | ③ 성명                  | 이산재                          | ④ 주민등록번호 | 550101-111111 |
|                                                  | ⑤ 주소                  | 대전                           |          |               |
|                                                  | ⑥ 직위                  | 정규생산직                        | ⑦ 재용년월일  | 1999/04/29    |
| ⑧ 부상일시                                           |                       |                              |          |               |
| 1999/11/09 15:50                                 |                       |                              |          |               |
| ⑨ 재해원인 및 발생상황(전원·재요양을 받고자할 때에는 그 사유를 기재하기 바랍니다.) |                       |                              |          |               |
| 일 시(연 제)                                         | 1999년 11월 09일 15시 50분 |                              |          |               |
| 장 소(어 디 서)                                       | 주) 대동화학 작업장에서         |                              |          |               |
| 행 위 자(누 가)                                       | 이산재                   |                              |          |               |
| 행위내용(무엇을)                                        |                       |                              |          |               |
| 경 위(어떻게)                                         | 금항이동시                 |                              |          |               |

<그림 23> 재해 요양 신청서의 화면 출력

<그림 23>은 작성된 재해 요양 신청서를 나타내며, 인쇄버튼을 누르면 프린터로 출력이 된다.

#### 다. 사고 통계 보고서

사고 통계 메뉴에서 사고 통계를 산출하여 보고서로 작성하여 주며, 아차 사고를 포함하거나 제외할 수 있다. <그림 24>는 사고 통계 메뉴 화면을 나타낸다.



<그림 24> 사고 통계 메뉴 화면

#### ▶ 사고 통계 검색

사고 통계 메뉴를 선택하면 재해 통계 보고서 산출 창이 나타난다. 통계 검색 창에서는 회사별, 사업부별, 기간별로 통계 대상을 선택할 수 있다.

#### ▶ 요인 선택

요인 선택 창에서는 재해 분석에서 조사한 변수들을 모두 열거하여 놓았으며, 선택한 변수들을 통계 보고서에 포함 시키게 된다. 통계 보고서 버튼을 이용하여 결과 보고서를 볼 수 있다. 통계 보고서 버튼은 결과를 화면상에 나타내며, 오른쪽 상단에 있는 인쇄버튼은 결과를 프린터로 출력한다.

<그림 25>는 통계 산출 버튼을 클릭 하였을 때 화면에 나타난 사고 통계 보고서를 나타낸다.

재해조사보고서 양식

회사명: 전체

1996년 01월 01일 ~ 2001년 12월 11일까지 통계보고서

요인선택화면

|          |        |   |
|----------|--------|---|
| 재해종      | 근로형태   | 가 |
| 업종별      | 연장근무   | 가 |
| 규모별      | 작업결과시간 | 가 |
| 종별       | 동시작업자수 | 가 |
| 요일별      | 작업내용과정 | 가 |
| 시간대별     | 발생형태   | 가 |
| 동시재해유발자수 | 상해부위   | 가 |
| 성별       | 상해종류   | 가 |
| 나이별      | 거인명    | 가 |
| 근속기간별    | 불안전행동  | 가 |
| 학력       | 불안전상태  | 가 |
| 수면시간     | 오류영향분석 | 가 |
| 출작업시간    | 관련적요인  | 가 |

재해 통계 보고서  
(아차사고 포함 통계 자료)

기간 1996년 01월 01일 부터 - 2001년 12월 11일 까지

재해종

| 사업장수<br>(개소) | 근로자수<br>(명) | 재해자수(명) |    |    |     |    | 합계 |
|--------------|-------------|---------|----|----|-----|----|----|
|              |             | 아차사고    | 부상 | 사망 | 직업병 | 가  |    |
|              |             | 4       | 6  | 0  | 0   | 10 |    |

업종별 통계

| 구분   | 업종 | 합계 | 제조업 | 건설업 | 전기<br>가스<br>수도업 | 운수<br>항공<br>통신업 | 기타 | 가 |
|------|----|----|-----|-----|-----------------|-----------------|----|---|
|      |    |    |     |     |                 |                 |    |   |
| 아차사고 | 0  | 4  | 0   | 0   | 0               | 0               | 0  | 4 |
| 부상   | 0  | 6  | 0   | 0   | 0               | 0               | 0  | 6 |

<그림 25> 통계 보고서의 화면 출력

#### 라. 서류 양식 제공

보고서 양식 메뉴를 선택하면 재해조사 보고서와 요양 신청서 양식을 출력할 수 있다. 컴퓨터를 소지할 수 없는 경우에 서류 양식을 이용하여 조사할 수 있도록 내용이 빈 서류 양식을 출력하도록 하였다.

재해조사보고서 양식

재해조사보고서

|                     |      |      |             |    |     |    |     |
|---------------------|------|------|-------------|----|-----|----|-----|
| 관리번호                |      |      | 출처          | 담당 | 과장  | 부장 | 부서장 |
| 사업장명                | 업종   |      | 근로자수        |    | 명   |    |     |
| 소재지                 |      |      |             |    |     |    |     |
| 재해일시                | 날짜   |      | 동시 재해 유발자 수 |    | 명   |    |     |
| 재해지                 | 성명   | 성명   | 주민등록번호      |    |     |    |     |
|                     | 사업부명 | 리인명  | 공정명         |    |     |    |     |
|                     | 직위   | 재용일자 | 출입직종 근속기간   |    | 일   |    |     |
|                     | 학력   | 결혼여부 | 키           | Cm | 몸무게 | Kg |     |
|                     | 시력   | 청력   | 수면시간        |    | 시간  |    |     |
|                     | 음주정도 | 악몽특성 |             |    |     |    |     |
| 사고개요(자세하게 서술식으로 기재) |      |      |             |    |     |    |     |
| 어디서(재해발생장소)         |      |      |             |    |     |    |     |

<그림 26> 재해조사보고서 양식 출력 화면

<그림 26>은 제해 조사 보고서 양식의 화면 출력이다. 인쇄 버튼을 누르면 해당 서류 양식이 출력되어 나온다.

### 3.2.2 작업장 평가 시스템

프로그램의 초기 화면은 작업장 정보로 나타난다.

|   |        |     |
|---|--------|-----|
| A | 조립1    | 양승태 |
| A | 조립     | 최원석 |
| A | 집재거 공점 | B   |

|      |                |
|------|----------------|
| 직명   | 직명             |
| 성명   | 성명             |
| 주민번호 | 490604-1470000 |
| 생년월일 | 1949/06/04     |
| 주소   | 아산시 둔포면        |
| 전화번호 | 1111-1111      |
| 직업   | 정규생산직          |
| 입사일  | 1995/12/28     |
| 나이   | 46             |
| 국적   | 한국             |
| 키    | 180            |
| 몸무게  | 75             |
| 신장비율 | 1.1            |
| 성별   | 남성             |
| 직종   | 조립             |

|      |          |
|------|----------|
| 작업장명 | 20대 근무   |
| 작업자명 | 7        |
| 작업자명 | 30       |
| 작업자명 | 00:04:00 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 생산3부 | C | 모장 |
|------|---|----|

<그림 27> 작업장 정보 화면

<그림 27>은 작업장 정보 화면을 나타낸다. 여기서는 작업장의 라인정보와 작업자의 정보를 열람 할 수 있다. 또한 작업자 리스트에 더블클릭하면 <그림 28>과 같이 작업장 평가 요약 화면이 나타난다.



해당하는 작업자의 정보와 팔, 손목, 목, 몸통, 다리의 작업자세의 평가점수와 최종결과를 나타낸다. 평가 항목 입력방법은 밑줄 친 항목에 클릭을 하면 또 다른 입력 화면이 나타나게 된다.

### ▶ 윗팔의 위치

<그림 30>은 윗팔의 위치에 관한 입력 화면이다. 작업자의 윗팔의 각도와 어깨가 위로 올라간 상태에서 작업을 할 경우, 윗팔이 외전되는 경우, 윗팔을 기대거나 사람이 기댈 경우를 체크하게 된다.

■ 단계 1: 윗팔의 위치 (Step 1: Locate Upper Arm Position)

해당사항에 포함되는 그림을 클릭하십시오

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

해당되는 내용에 클릭하십시오

☒ 어깨가 위로 올라간 상태에서 작업이 이루어질 경우  
윗팔이 외전되는 경우(+1점)

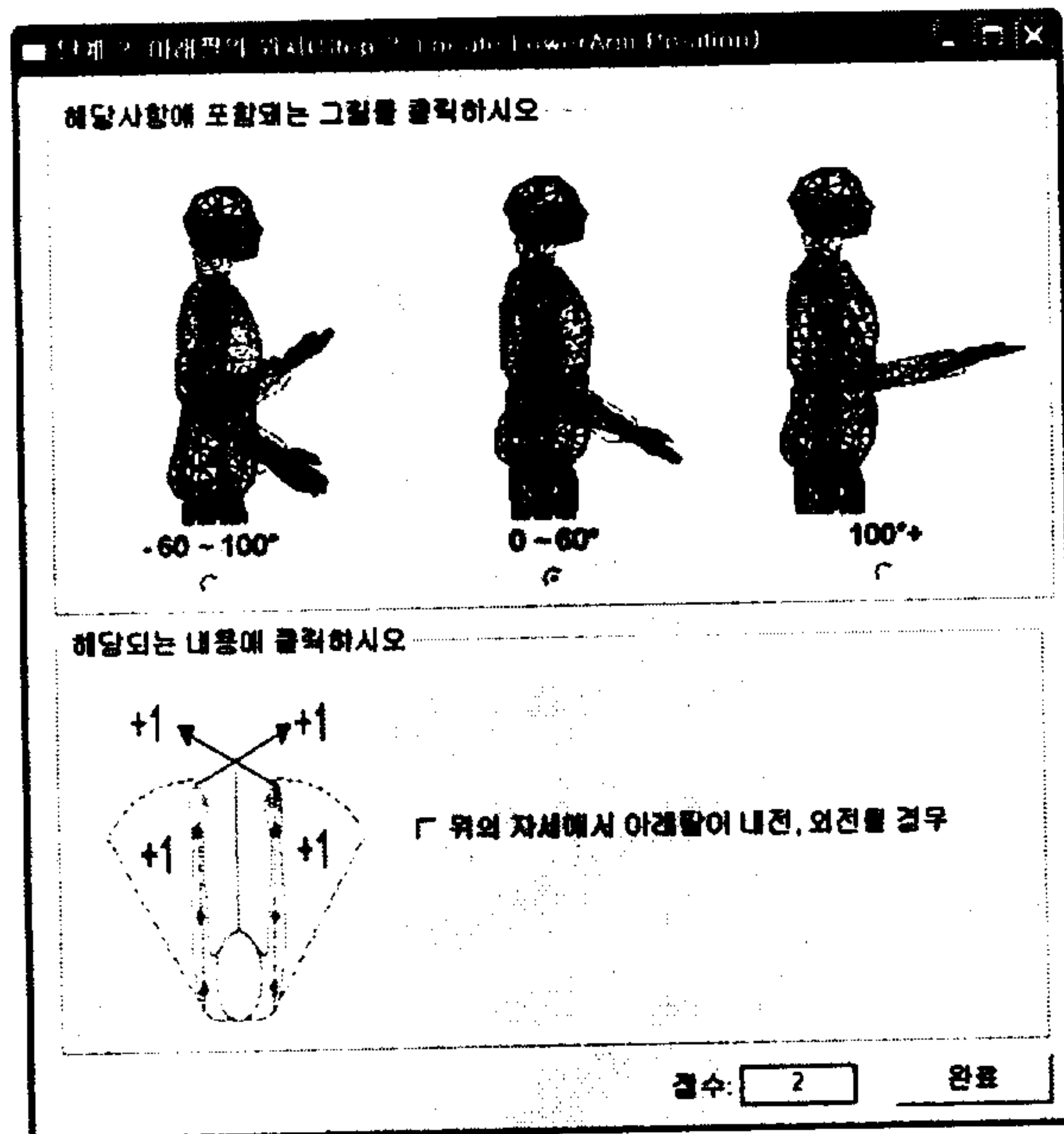
☒ 윗팔을 기대거나 사람이 기댈 경우(+1점)

점수:

<그림 30> 윗팔의 위치 화면 출력

### ▶ 아래팔의 위치

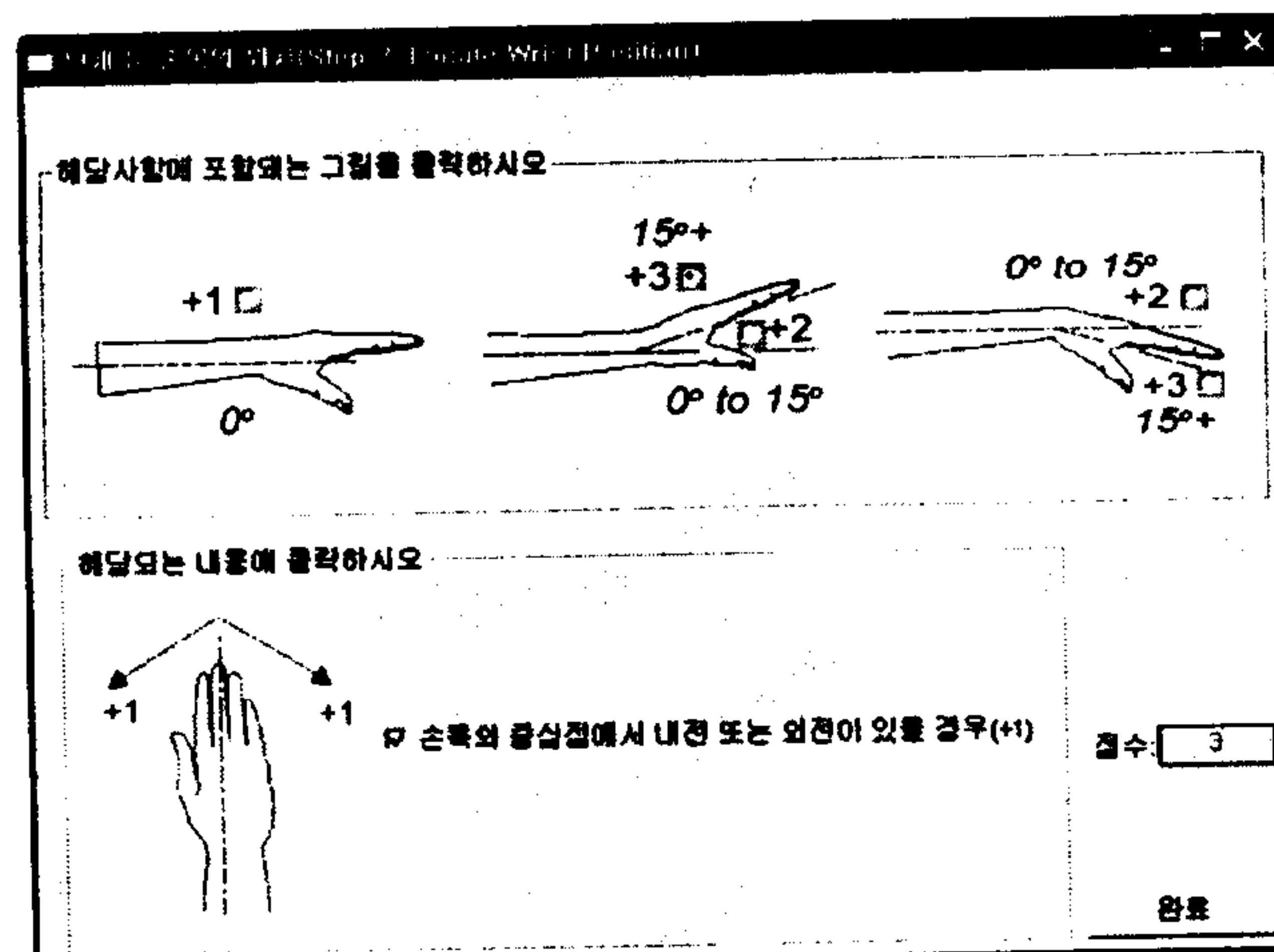
<그림 31>은 아래팔의 위치에 관한 입력 화면이다. 아래팔의 각도 및 아래팔의 내외전을 체크하게 된다.



<그림 31> 아래팔의 위치 화면

## ▶ 손목의 위치

<그림 32>는 손목의 위치에 관한 입력 화면이다. 손의 꺾이는 각도와 손목의 내외전을 체크한다.



<그림 32> 손목의 위치

### ▶ 손목의 Twist

<그림 33>은 손목의 Twist에 관한 입력 화면이다. 손목의 비틀림 정도를 체크하게 된다.

단계 4. 손목 Twist (Step 4. Wrist Twist)

해당되는 내용에 클릭하십시오

☐ 정위치, 0~15°에서 Twist되는 경우(1점)

☐ 최대로 굴곡 또는 신전된 자세에서 Twist되는 경우(2점)

점수:  완료

<그림 33> 손목의 Twist

### ▶ 근육사용점수

<그림 34>는 근육사용점수에 관한 입력 화면이다. 작업 중 근육의 사용 정도를 평가하는 부분으로 작업 시 몸의 경직성 여부와 작업의 반복빈도를 평가하는 부분이다. 정적인 자세인 경우 사용되는 근력의 정도는 일반적으로 1시간 작업시 보통 최대수의 근력(MVC)의 5%를 초과하지 않도록, 8시간의 경우 MVC의 2%를 초과하지 않도록 한다. (또는 최대 근력 사용 시 10초 이하, 보통의 근력 사용시 1분 이하, 약한 근력 사용시 4분 이하 정적자세 유지)

단계 6. 근육사용점수 (Step 6. Add Muscle Use Score)

해당되는 내용에 클릭하십시오

☐ 정적인 자세이거나 4회/min이상 반복되는 자세의 경우(1점)

참고조건(VDT작업의 경우)

☐ 한번에 2시간 이상 계속 작업하는 경우(1점)

점수:  완료

<그림 34> 근육사용점수

▶ 무게나 힘이 부과될 때의 점수

<그림 35>는 무게나 힘이 부과될 때의 점수를 입력하는 화면이다. 주로 작업 중 공구나 작업물을 들어 나르는 경우가 이에 해당된다.

■ 단계 7: 무게점수 (Step 7: Add Force/Load Score)

해당되는 내용에 클릭하십시오

- ☒ 간간히 2Kg이하의 무게를 들 경우(0점)
- ☐ 간간히 3~10Kg의 무게를 들 경우(1점)
- ☐ 반복적으로 3~10Kg의 무게를 들 경우(2점)
- ☐ 반복적으로 11Kg이상의 무게를 들 경우(3점)
- 참고조건(VDT작업의 경우)
- ☐ 하루에 VDT 작업을 4~6시간동안 할 경우(1점)
- ☐ 7시간 이상 작업을 할 경우(2점)

점수:

<그림 35> 무게 점수

▶ 목의 위치

<그림 36>은 목의 위치에 관한 입력화면이다. 작업 중의 목의 각도에 따라 점수가 부여된다.

■ 단계 8: 목의 위치 (Step 8: Locate Neck Position)

해당사항에 포함되는 그림을 클릭하십시오

0° to 10° +1

10° to 20° +2

20°+ +3

+4

해당되는 내용에 클릭하십시오

- ☒ 목이 Twist되거나 옆으로 구부러진 경우(+1점)

점수:

<그림 36> 목의 위치

## ▶ 몸통의 위치

<그림 37>은 몸통의 위치에 관한 입력화면이다. 작업 중의 몸통의 각도에 따라 점수가 부여된다.

<그림 37> 몸통의 위치

## ▶ 다리의 위치

<그림 38>은 다리의 위치에 관한 입력화면이다. 작업 중의 다리와 발의 상태가 아래의 2가지 자세 중에 어디에 속하는가에 따라 점수를 부여한다.

<그림 38> 다리의 위치

## 나. Strain Index

<그림 39>는 인간공학적 평가 도구인 Strain Index의 화면 출력이다.

<그림 39>화면 오른쪽에 나오는 SI SCORE는 작업변수(위험요소)들을 모두 곱한 값으로 각 변수로는 힘의 강도, 힘의 지속정도, 빈도, 자세, 작업

속도, 하루 작업시간으로 구성되어 있다.

The Strain Index

작업자 정보

양승태 1997/02/11

정규생산직 대줄이상

작업변수(Task Variables)

|                               | Value | Multiplier |
|-------------------------------|-------|------------|
| 힘의 강도(Intensity of exertion)  | 힘듦    | 6          |
| 힘의 지속정도(Duration of Exertion) | 6.82% | 0.5        |
| 분당 힘의 빈도(Efforts per Minute)  | 5.00회 | 1          |
| 손과 손목자세(Hand/Wrist Posture)   | 매우 좋음 | 1          |
| 작업 속도(Speed of Work)          | 매우 느림 | 1          |
| 하루작업시간(Duration per day)      | 1-2시간 | 0.5        |

SI SCORE: 1.5

안전한 작업

인간공학적 분석기법 선택화면

<그림 39> 인간공학적 평가 기법 Strain Index의 메인 화면 출력

## ▶ 힘의 강도

<그림 40>은 힘의 강도에 관한 입력화면이다. 가한 힘에 따라 이완된 상태-약함, 의식적으로 힘을 부가-다소 힘들, 현저히 힘을 사용-힘듦, 과도한 힘 사용-매우 힘들, 힘을 주기 위해 어깨나 몸통을 사용-극한에 가까움으로 나누어진다. 이중 해당하는 사항을 선택하면 Multiplier에 해당하는 점수가 매겨진다.

힘의 강도 (Intensity of exertion)

해당사항에 체크하십시오

| 평가기준    | Borg Scale B | 가한힘                |
|---------|--------------|--------------------|
| 이완      | 2이하          | 이완된 상태             |
| 다소 힘들   | 3            | 의식적 힘을 부가          |
| 힘듦      | 4-5          | 현저히 힘을 사용, 얼굴 무표정  |
| 매우 힘들   | 6-7          | 과도한 힘 사용, 얼굴표정 변함  |
| 극한에 가까움 | 7이상          | 힘을 주기 위해 어깨나 몸통 사용 |

Multiplier: 6

힘의강도에 관하여 저장

<그림 40> 힘의 강도

▶ 힘의 지속성

<그림 41>은 힘의 지속 정도에 관한 입력화면이다. 힘의 부과시간(초)과 전체 측정시간 사이클(초)을 입력하면 공식에 의하여 힘의 지속 정도(%)가 계산이 되고 자동으로 Multiplier가 결정되어 점수가 매겨진다.

<그림 41> 힘의 지속 정도

▶ 분당 힘의 빈도(회수)

<그림 42>는 분당 힘의 빈도에 관한 입력화면이다. 힘을 가한 회수와 총 관찰 시간(분)을 입력하면 공식에 의하여 분당 힘의 빈도(회수)가 계산되고 자동으로 Multiplier가 결정되어 점수가 매겨진다.

<그림 42> 분당 힘의 빈도

▶ 손과 손목의 자세

<그림 43>은 손과 손목의 자세에 관한 입력화면이다. 손목신장각도, 손목 굴절각도, 외전각도, 감지자세에 의하여 평가되어진다. 이중 해당하는 사항

을 선택하면 Multiplier에 해당하는 점수가 매겨진다.

손과 손목자세(Hand/Wrist Posture)

해당사항에 체크하십시오

| 평가 기준 | 손목신장각도  | 손목굴절각도  | 외전 각도   | 감지 자세   |                       |
|-------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|
| 매우 좋음 | 0 - 10  | 0 - 5   | 0 - 10  | 완전히 중립  | <input type="radio"/> |
| 좋음    | 11 - 25 | 6 - 15  | 11 - 15 | 거의 중립   | <input type="radio"/> |
| 보통    | 26 - 40 | 16 - 30 | 16 - 20 | 중립이 아닐  | <input type="radio"/> |
| 나쁨    | 41 - 60 | 31 - 50 | 21 - 25 | 현저히 굽어짐 | <input type="radio"/> |
| 아주 나쁨 | 60도 이상  | 50도 이상  | 25도 이상  | 극한      | <input type="radio"/> |

Multiplier:  저장

<그림 43> 손과 손목의 자세

### ▶ 작업 속도

<그림 44>는 작업속도에 관한 입력화면이다. 감지속도에 따라 평가 기준이 결정된다. 이중 해당하는 사항을 선택하면 Multiplier에 해당하는 점수가 매겨진다.

작업 속도 (Speed of Work)

해당사항에 체크하십시오

| 평가 기준 | MTM       | 감지속도         |                       |
|-------|-----------|--------------|-----------------------|
| 매우 느림 | 80이하      | 매우 이완되고 느린속도 | <input type="radio"/> |
| 느림    | 81 - 90   | 고유한 시간의 속도   | <input type="radio"/> |
| 보통    | 91 - 100  | 보통의 동작속도     | <input type="radio"/> |
| 빠름    | 101 - 115 | 서드름, 속도유지 요구 | <input type="radio"/> |
| 매우 빠름 | 115% 이상   | 속도 유지 불가능 정도 | <input type="radio"/> |

Multiplier:  저장

<그림 44> 작업 속도

### ▶ 하루 작업시간

<그림 45>는 하루 작업시간에 관한 입력화면이다. 입력방법은 1시간미만, 1-2시간, 2-4시간, 4시간-8시간, 8시간 이상의 작업시간중 하나를 선택하면 된다.

■ 하루 작업시간(Duration per day)

해당사항에 체크하십시오

|        |                                  |
|--------|----------------------------------|
| 작업시간   |                                  |
| 1시간 미만 | <input type="radio"/>            |
| 1~2시간  | <input checked="" type="radio"/> |
| 2~3시간  | <input type="radio"/>            |
| 4~8시간  | <input type="radio"/>            |
| 8시간 이상 | <input type="radio"/>            |

Multiplire

0.5

저장

<그림 45> 하루 작업시간

#### 다. OSHA

<그림 46>은 인간공학적 평가 기법중의 하나인 OSHA의 메인화면 출력이다. 상지의 위험요인과 허리/하지 위험요인을 평가할 수 있다.

작업자 정보

1997/02/11

정규생산직 대졸이상

상지의 위험요인 평가표 A(OSHA)

평가표 A(OSHA)

총점: 36

작업장 평가

작업에 문제가 있다.

허리/하지 위험요인 평가표 B(OSHA)

평가표 B(OSHA)

총점: 39

작업장 평가

작업에 문제가 있다.

인간공학적 분석기법 선택화면

<그림 46> 인간공학적 평가 기법 OSHA의 메인 화면 출력

#### ▶상지의 위험요인 평가

<그림 47>은 상지의 위험요인 평가표의 입력화면이다 신체압박, 진동, 환경, 작업조절, 반복성, 손힘, 작업자세의 항목을 입력하여야 한다. 입력사항은 노출시간이며 입력이 끝나면 저장 및 점수보기 버튼을 눌러 저장과 동시에 해당 점수를 볼 수 있다.

| 신체압박                                                              |      |    | 진동                                    |      |    |
|-------------------------------------------------------------------|------|----|---------------------------------------|------|----|
| 위험요인                                                              | 노출시간 | 점수 | 위험요인                                  | 노출시간 | 점수 |
| 날카롭고 딱딱한 면에 노출<br>(손바닥, 손가락, 손목, 팔, 팔꿈치)                          | 5 시간 | 2  | 국소진동(진동 흡수계 미사용)                      | 5 시간 | 2  |
| 알지외 같은 공구(손바닥 사용)                                                 | 5 시간 | 3  | 전신진동(진동 흡수계 미사용)                      | 5 시간 | 2  |
| 환경                                                                |      |    | 작업조절                                  |      |    |
| 조열(부적합 조열/냉부식)                                                    | 5 시간 | 1  | <input type="checkbox"/> 기계 의존적인 작업속도 |      |    |
| 저온작업(손노출)<br>최저작업: 16°C 이하<br>가벼운 작업: 4°C 이하<br>모든 힘든 작업: -7°C 이하 | 5 시간 | 1  | <input type="checkbox"/> 지속적인 모니터링    |      | 1  |
| 반복성(손가락, 손목, 팔꿈치, 어깨, 목)                                          |      |    | <input type="checkbox"/> 알달 목표제       |      |    |
| 고 반복작업(15초 미만외 주기)                                                | 5 시간 | 3  | 손 힘 (반복 / 정적)                         |      |    |
| 지속적인 반복(데이터 입력)                                                   | 5 시간 | 3  | 키는 힘(5% 이상)<br>(하중그림으로 옮거나 휘는 것)      | 5 시간 | 3  |
| 간헐적 반복<br>(50-70%의 다른작업포함)                                        | 5 시간 | 1  | 잡는 힘(5% 이상)<br>(원래그림으로 잡는 것)          | 5 시간 | 3  |
| 작업지세                                                              |      |    |                                       |      |    |
| 목: 20도이상 앞쪽어기/옆거릴기 또는 5도이상 뒤로 젖히기                                 | 5 시간 | 2  |                                       |      |    |
| 어깨: 팔꿈치/팔이 가슴높이 이상에 위치(지지대 없이 팔팔조작작업)                             | 5 시간 | 2  |                                       |      |    |
| 아래팔: 비틀기(드라이버 등 도구 사용)                                            | 5 시간 | 2  |                                       |      |    |
| 손목 굽히기(수동조절, 데이터 입력), 숙이기(>20°) / 젖히기(>30°)                       | 5 시간 | 3  | 저장 및 점수보기                             |      |    |
| 손가락 꺾기(함, 머우스 등)                                                  | 5 시간 | 1  | 종료                                    |      |    |

<그림 47> 상지의 위험요인 평가표(OSHA A)

## ▶ 허리, 하지의 위험요인 평가

<그림 48>은 허리, 하지 위험요소 평가표의 입력화면이다. 작업자세(반복/정적), 신체압박, 진동, 밀고 당기기, 작업조절 속도의 항목을 입력하여야 한다. 입력사항은 노출시간이며 입력이 끝나면 저장 및 점수보기 버튼을 눌러 저장과 동시에 점수를 볼 수 있다.

| 작업자세(반복/정적)                  |      |    | 신체압박                                  |      |    |
|------------------------------|------|----|---------------------------------------|------|----|
| 위험요인                         | 노출시간 | 점수 | 위험요인                                  | 노출시간 | 점수 |
| 물통, 압축입, 엮기틀입(20-45도)        | 5 시간 | 1  | 다리를 기대어 딱딱하거나 날카로운 물체에 접촉             | 3 시간 | 1  |
| 45도 이상 압축입                   | 4 시간 | 2  | 무릎사용                                  | 3 시간 | 2  |
| 물통물 위로 젖힘                    | 5 시간 | 2  |                                       |      |    |
| 물통물 비움                       | 5 시간 | 3  |                                       |      |    |
| 허리 지지없이 장시간 앉음               | 5 시간 | 2  |                                       |      |    |
| 입식작업/좌식작업을 발지자동할             | 3 시간 | 0  |                                       |      |    |
| 무릎 꿇음/웅크림                    | 4 시간 | 2  |                                       |      |    |
| 발목의 반복사용(발달 스위치)             | 4 시간 | 1  |                                       |      |    |
| 밀고당기기                        |      |    | 진동                                    |      |    |
| 보통무게<br>(쇼필카트에 사과를 가득 실은 무게) | 5 시간 | 2  | 진동표면에 서거나 앉아서 노출됨<br>(진동흡수계 미사용)      | 2 시간 | 0  |
| 무거운 무게<br>(케비넷 옮기/떨기 정도와 함)  | 5 시간 | 3  |                                       |      |    |
|                              |      |    | 작업조절 속도                               |      |    |
|                              |      |    | <input type="checkbox"/> 기계 의존적인 작업속도 |      |    |
|                              |      |    | <input type="checkbox"/> 지속적 모니터링     |      | 1  |
|                              |      |    | <input type="checkbox"/> 알달 목표제       |      |    |
|                              |      |    | 저장 및 점수보기    인력문반 평가표 C(OSHA)    종료   |      |    |

<그림 48> 허리, 하지 위험요소 평가표

※ 허리, 하지 위험요소 평가표(OSHA B)는 나중에 인력 운반 평가표(OSHA C)와 점수가 합쳐져 위험요소를 평가 하게 된다.

## ▶ 인력 운반 평가

<그림 49>는 인력 운반 평가표의 입력화면이다. 손에서 발끝까지의 수평거리와 무게를 고려하여 위험영역, 주의영역, 안전영역으로 나누어 입력하고 기타영역항목을 입력하여야 한다.

| 인력 운반 평가표 (OSHA C)                                                                  |                                                     |                                                     |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1단계(손에서 발끝까지 수평거리)                                                                  | 가까이 옮기<br>(수평거리 10cm 이내)                            | 중간 옮기<br>(수평거리 10~25cm)                             | 멀리 옮기<br>(수평거리 25cm 이상)                                 |
| - 평균 수평거리(10분이하 빈도)<br>- 최대 수평거리(10분이상 빈도)                                          |                                                     |                                                     |                                                         |
| 2단계(무게 고려(Kg))                                                                      | - 위험영역(23Kg 이상)<br>- 주의영역(7-23Kg)<br>- 안전영역(7Kg 미만) | - 위험영역(15Kg 이상)<br>- 주의영역(5-15Kg)<br>- 안전영역(5Kg 미만) | - 위험영역(12Kg 이상)<br>- 주의영역(4.5-12Kg)<br>- 안전영역(4.5Kg 미만) |
| - 평균무게적용(10분이하 빈도)<br>- 최대무게적용(10분이상 빈도)<br>- 4.5kg 이하: 무게점수 0으로 할                  |                                                     |                                                     |                                                         |
| 3단계(기타위험요인)                                                                         | 위험요인                                                | 전체작업시간중<br>1시간이내<br>올거작업                            | 1시간이상<br>올거작업                                           |
| - 빈도 10분이상일 경우,<br>1시간이내 올거작업에 해당<br>- 위험요인이 대부분 올거작업에<br>해당할 경우,<br>1시간이상 올거작업에 해당 | 올물품 내용                                              |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 한손으로 올기                                             |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 불안정한 올물품(사랑,역차,불균형물체)                               |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 문달 1-5회 올기                                          |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 문달 5회 이상 올기                                         |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 어깨 이상 올기                                            |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 무릎 아래에서 올기                                          |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 3-9m 이상 운반                                          |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 9m 이상 이동 운반                                         |                                                     |                                                         |
|                                                                                     | 엎거나 무릎을 꿇은 상태에서 올기                                  |                                                     |                                                         |
|                                                                                     |                                                     |                                                     | 입력                                                      |

<그림 49> 인력 운반 평가표(OSHA C)

※ 인력 운반 평가표(OSHA C)는 나중에 허리, 하지 위험요소 평가표(OSHA B)의 점수와 합하여 허리, 하지 위험요소 평가를 하게 된다.

## 라. ANSI Z-365

<그림 50>은 인간공학적 평가 기법중의 하나인 ANSI(Z-365)의 메인화면이다. 반복동작, 중량물 들기, 밀기/당기기, 중량물 이동, 작업자세, 기타 등을 평가함으로써 사지의 CTDs를 예방할 수 있다. ANSI는 빠른 체크를 통하여 신속하

개 평가 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 총점수가 10점 이상이면 누적외상성 질환(CTDs)에 노출되어 있음을 나타낸다.

ANSI Z-365, Quick check

작업자 정보

양승태

1997/02/11

정규생산직

대출이상

위험요인

| 항목                  | Value |
|---------------------|-------|
| STEP1. 반복동작         | 1     |
| STEP2. 중량물 들기       | 3     |
| STEP3. 밀기/당기기       | 0     |
| STEP4. 중량물 이동(3m이상) | 1     |
| STEP5. 작업 자세        | 0     |
| STEP6. 기타           | 0     |

총점수: 5

안전한 작업

총점수가 10보다 크면 누적외상성 질환에 노출되어 있는 것임

인간공학적 분석기법 선택화면

<그림 50> 인간공학적 평가 기법 ANSI Z-365의 메인 화면

▶ 반복동작

<그림 51>은 ANSI의 위험요인중의 하나인 반복동작의 입력화면이다. 해당하는 항목의 노출시간을 체크하면 점수가 매겨진다.

STEP1. 반복동작

|                     | 노출 시간                 |                       |                       |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                     | 1시간미만                 | 1 ~ 4시간               | 4시간이상                 |
| 수초마다 반복(15회 이상 / 분) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 수분마다 반복             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

점수: 1    저장

<그림 51> 반복동작

▶ 중량물 들기

<그림 52>는 ANSI의 위험요인중의 하나인 중량물 들기의 입력화면이다. 해당하는 항목(중량물 무게)의 노출시간을 체크하면 점수가 매겨진다.

STEP2. 중량물 들기

|                 | 노출 시간                    |                          |                          |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                 | 1시간미만                    | 1 ~ 4시간                  | 4시간이상                    |
| 2.3Kg ~ 6.8Kg   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.8Kg ~ 13.5Kg  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13.5Kg ~ 22.5Kg | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22.5Kg 이상       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

점수:  저장

<그림 52> 중량물 들기

▶ 밀고 당기기

<그림 53>은 ANSI의 위험요인중의 하나인 밀고/당기기의 입력화면이다. 해당하는 항목의 노출시간을 체크하면 점수가 매겨진다.

STEP3. 밀기 / 당기기

|          | 노출 시간                    |                          |                          |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|          | 1시간미만                    | 1 ~ 4시간                  | 4시간이상                    |
| 없다       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 보통이다     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 무겁다(힘들다) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

점수:  저장

<그림 53> 밀고 당기기

▶ 중량물의 이동(3m 이상)

<그림 54>는 ANSI의 위험요인중의 하나인 중량물을 3m이상 밀거나 당길 때의 입력화면이다. 해당하는 항목의 노출시간을 체크하면 점수가 매겨진다.

STEP 4 중량물 이동 (3m 이상)

|                | 노출 시간                 |                       |                       |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                | 1시간미만                 | 1~4시간                 | 4시간이상                 |
| 2.3Kg ~ 6.8Kg  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6.8Kg ~ 13.5Kg | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 13.5Kg 이상      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

점수:  저장

<그림 54> 중량물의 이동

### ▶ 작업자세

<그림 55>는 ANSI의 위험요인중의 하나인 작업자세의 입력화면이다. 작업 자세로는 과도한 손 뻗힘, 목/어깨의 굽힘과 비틀림, 머리 위 작업, 팔꿈치의 비틀림, 손/손목의 굽힘과 Pinch, 몸통의 비틀림과 굽힘, 무릎을 꿇거나 쭈그려 앉음이 있으며 각각의 작업자세의 노출시간을 체크하면 입력이 끝나게 된다.

STEP 5 작업자세

|                    | 노출 시간                 |                       |                       |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                    | 1시간미만                 | 1~4시간                 | 4시간이상                 |
| 과도한 손뻗힘            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 목/어깨: bend / twist | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 머리위 작업             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 팔꿈치 / 전완: twist    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 손/손목: bend / pinch | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 몸통: twist / bend   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 무릎: squat / kneel  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

저장

<그림 55> 작업 자세

### ▶ 기타

<그림 56>은 ANSI의 위험요인중의 하나인 기타의 입력화면이다. 위험요인으로서는 동력도구사용, 신체 압박, 정적인 동작, 작업환경, 키보드 계속작

업, 인센티브제도/작업속도 조절 불가능이 있으며 각각의 위험요인의 노출시간을 체크함으로써 입력이 끝나게 된다.

|                       | 노출시간                  |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                       | 1시간미만                 | 1~4시간                 | 4시간이상                 |
| 동력도구사용(Power tools)   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 신체압박(공구 혹은 작업대로부터)    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 정적인 동작                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 작업환경(저온,고열,광선,진동,눈부심) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 키보드 계속작업              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 인센티브 제도/작업 속도 조절 불가능  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

저장

<그림 56> 기타

#### 라. OWAS

<그림 57>은 인간공학적 평가도구중 하나인 OWAS의 화면 출력이다. OWAS는 Snap-reading법에 의하여 관찰시간, 팔, 허리, 하지, 목/머리의 자세와 중량물의 무게를 입력하게 되어있다. 관찰 시간과 각각의 자세를 입력을 하고 화면하단에 있는 추가입력버튼을 누르면 된다. 또한 저장버튼을 누를 때마다 오른쪽에 있는 시간 리스트에 시간이 누적되어 저장된다. 만약에 수정하고 싶을 때는 해당하는 시간 리스트에 클릭을 하면 수정할 수 있게 된다. 삭제도 마찬가지로 해당 시간 리스트에 클릭을 하고 삭제 버튼을 누르면 삭제 할 수 있다.

작업자 정보

이름: [ ] 생년월일: 1997/02/11

직업: [정규생산직] 부서: [대동아실]

관찰시간: 00:00

팔

어리

하지

무게

목/머리

저장 | 추가입력 | 분석결과 | 인간공학적 분석기법 선택화면

<그림 57> 인간공학적 평가도구인 OWAS 화면 출력

입력이 끝났으면 화면 하단의 분석 결과 버튼을 누르면 <그림 58>의 OWAS 분석결과 화면이 나타나게 된다.

OWAS 분석결과

| 순서 | 시간    | 팔 | 어리 | 하지 | 무게 (Load) | 목/머리 |
|----|-------|---|----|----|-----------|------|
| 1  | 01:00 | 1 | 1  | 3  | 2         | 1    |
| 2  | 02:00 | 1 | 1  | 1  | 1         | 1    |
| 3  | 03:00 | 1 | 2  | 4  | 1         | 1    |

하리결과: Acceptable 개선불 요구하지 않음

팔 결과: Slightly harmful 가까운 시일내로 교정

하지 결과: Distinctly harmful 빠른 시일내로 교정

목/머리 결과: Acceptable 개선불 요구하지 않음

OWAS 결과: Slightly Harmful 작업방법을 재조사하여 가까운 시일내에 행동교정이 필요하다.

종료

<그림 58> OWAS 분석 결과

## 마. REBA

<그림 59>는 인간공학적 평가도구중 하나인 REBA의 화면이다. REBA는 직업성상지질환과 관련한 위해인자에 대한 개인작업자의 노출정도를 평가하기 위하여 만들어 졌다. Group A, Group B는 위해인자의 Group이며 Group A와 B가 결정되면 행동점수를 결정함으로써 위해인자에 대한 조치가 결정되어 진다. Group A에는 몸통, 목, 다리, 들어간 힘에 대한 항목이 있으며 Group B에는 윗팔, 아래팔, 손목, Coupling 항목이 있다.

The image shows the REBA (Rapid Entire Body Assessment) software interface. It is a window titled 'REBA' with a standard Windows-style title bar. The interface is divided into several sections:

- 작업자 정보 (Worker Information):** Located at the top, it contains fields for '이름' (Name) with the value '양승태', '생년월일' (Date of Birth) with '1997/02/11', '직업' (Occupation) with '정규생산직' (Regular Production Worker), and '대중이상' (Above Average) with a dropdown menu.
- Group A 항목 (Group A Items):** A table with two columns: '항목' (Item) and 'Value'. The items and their values are:
 

| 항목         | Value |
|------------|-------|
| 몸통(Trunk)  | 2     |
| 목(Neck)    | 2     |
| 다리(Legs)   | 1     |
| Load/Force | 0     |
- Group B 항목 (Group B Items):** A table with two columns: '항목' (Item) and 'Value'. The items and their values are:
 

| 항목             | Value |
|----------------|-------|
| 윗팔(Upper Arm)  | 1     |
| 아래팔(Lower Arm) | 1     |
| 손목(Wrist)      | 1     |
| Coupling       | 0     |
- 활동점수(Activity Score):** A section below Group A with a label '활동점수(Activity Score)' and a value of '1'.
- 위험단계 (Risk Level):** A section with two buttons: '낮음' (Low) and '조치(추가 정보조사 포함)' (Action (including additional information investigation)).
- 조치가 필요할 지도 모름 (Don't know if action is needed):** A button located below the '조치' button.
- 인간공학적 분석기법 선택화면 (Ergonomic Analysis Method Selection Screen):** A button at the bottom right of the window.

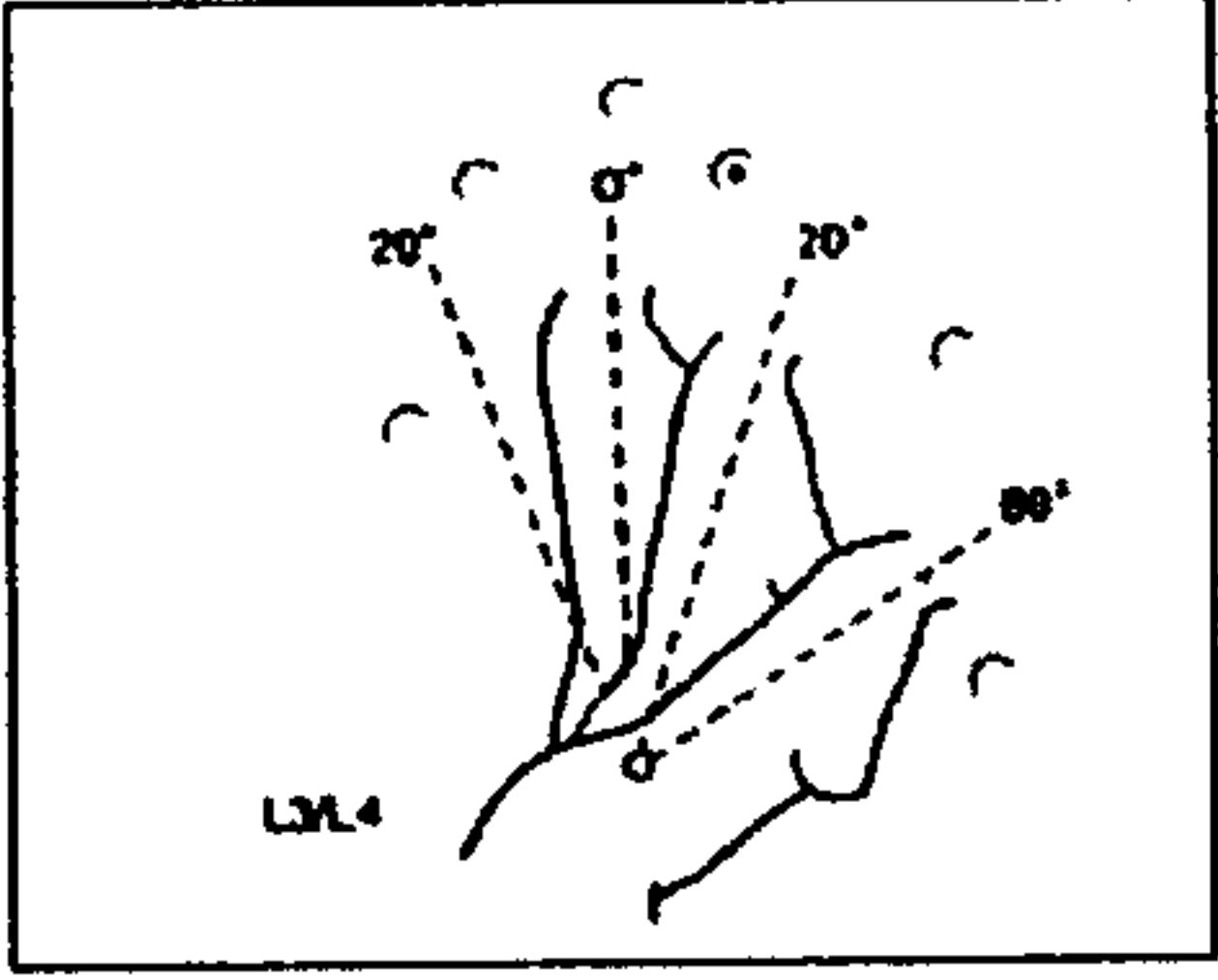
<그림 59> 인간공학적 평가도구인 REBA화면 출력

### ▶ 몸통

<그림 60>은 REBA의 위험평가요인중의 하나인 몸통의 입력화면이다. 여기에서는 몸의 구부러지거나 뒤로 젖힘, 몸통의 비틀림을 평가한다. 입력 방식은 해당 그림의 각도에 클릭하면 되고 추가 사항은 아래의 체크리스트에 체크를 해주면 된다.

■ 단계 1. 몸통

해당사항에 포함되는그림을 클릭하십시오



곧바로 선자세(0도) ~ 1점  
 0~20도 구부림(뒤로젖힘) ~ 2점  
 20~60도 구부림  
 20도 이상 젖힘시 ~ 3점  
 60도 이상 구부림 ~ 4점

해당되는 내용에 클릭하십시오

☐ 몸통이 비틀리거나 옆으로 구부러질시: +1

점수:  완료

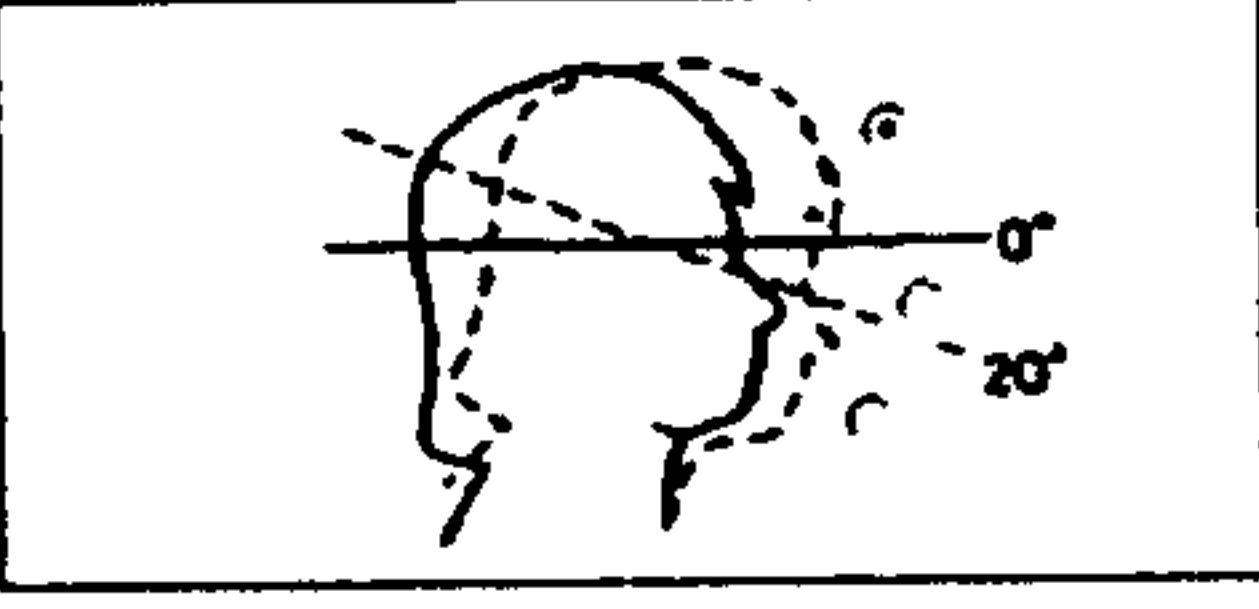
<그림 60> 몸통

▶ 목

<그림 61>은 REBA의 위험요인중의 하나인 목의 입력화면이다. 여기에서는 목의 구부러지거나 뒤로 젖힘, 목의 비틀림을 평가한다. 입력방식은 해당 그림의 각도에 클릭 하면 되고 추가 사항은 아래의 체크리스트에 체크를 해주면 된다.

■ 단계 2. 목

해당사항에 포함되는그림을 클릭하십시오



0 ~ 20도 구부림: 1점  
 20도 이상의 구부림  
 뒤로 젖혀질 시: 2점

해당되는 내용에 클릭하십시오

☐ 목이 비틀리거나 옆으로 숙일시: +1

점수:  완료

<그림 61> 목

## ▶ 다리

<그림 62>는 REBA의 위험평가요인중의 하나인 다리의 입력화면이다. 여기서는 다리와 무릎에 관한 평가를 한다. 입력 방식은 해당 그림을 클릭하면 되고 추가점수도 마찬가지로 해당 그림에 클릭하면 된다.

The interface for the REBA Leg Assessment is divided into two main sections. The left section, titled '해당사항에 포함되는그림을 클릭하십시오' (Click the picture included in the applicable item), lists three conditions: '두다리가 모두 나란하거나 겹쳐질 시 :1점 (단 앉아있을시, 다리가 나란한것으로 간주)' (When both legs are parallel or overlap: 1 point, but when sitting, legs are considered parallel), '발바닥이 한발만 땅에 지지되어질시: 2점' (When the sole of one foot is supported on the ground: 2 points), and a corresponding diagram of a person sitting. The right section, titled '해당되는 그림에 클릭하십시오(추가점수)' (Click the picture that applies (additional points)), lists two conditions: '무릎이 30~60도 사이로 구부러질시: +1점' (When the knee is bent between 30 and 60 degrees: +1 point) and '무릎이 60도 이상 구부러질시: +2점 (앉은 자세 제외)' (When the knee is bent 60 degrees or more: +2 points, excluding sitting posture), with a corresponding diagram showing knee angles. At the bottom, there is a '점수:' (Score) field with the value '1' and a '완료' (Finish) button.

<그림 62> 다리

## ▶ Load/Force(들어간 힘)

<그림 63>은 REBA의 위험평가요인중의 하나인 Load/Force에 관한 입력 화면이다. 여기에서는 들어간 힘에 대하여 평가를 한다. 입력 방식은 해당 사항에 클릭 하면 되고 추가사항도 마찬가지로 해당 사항에 클릭하면 된다.

The interface for the REBA Load/Force Assessment is titled 'Load/Force'. It contains a section '들어간 힘( Load/Force )' with three radio button options: '5Kg미만' (selected), '5~10Kg미만', and '10Kg이상'. Below this is a section '해당되는 내용에 클릭하십시오' (Click the content that applies) with a radio button option '충격을 가하거나 빠르게 조립할경우 : +1' (When applying force or assembling quickly: +1). At the bottom, there is a '점수:' (Score) field with the value '1' and a '완료' (Finish) button.

<그림 63> 들어간 힘

## ▶ 윗팔

<그림 64>는 REBA의 위험평가요인중의 하나인 윗팔에 관한 입력화면이다. 여기서는 윗팔의 들림과 젖힘에 대하여 평가를 한다. 입력 방식은 해당 그림에 클릭하면 되고 추가사항은 해당 사항에 클릭하면 된다.

<그림 64> 윗팔

## ▶ 아래팔

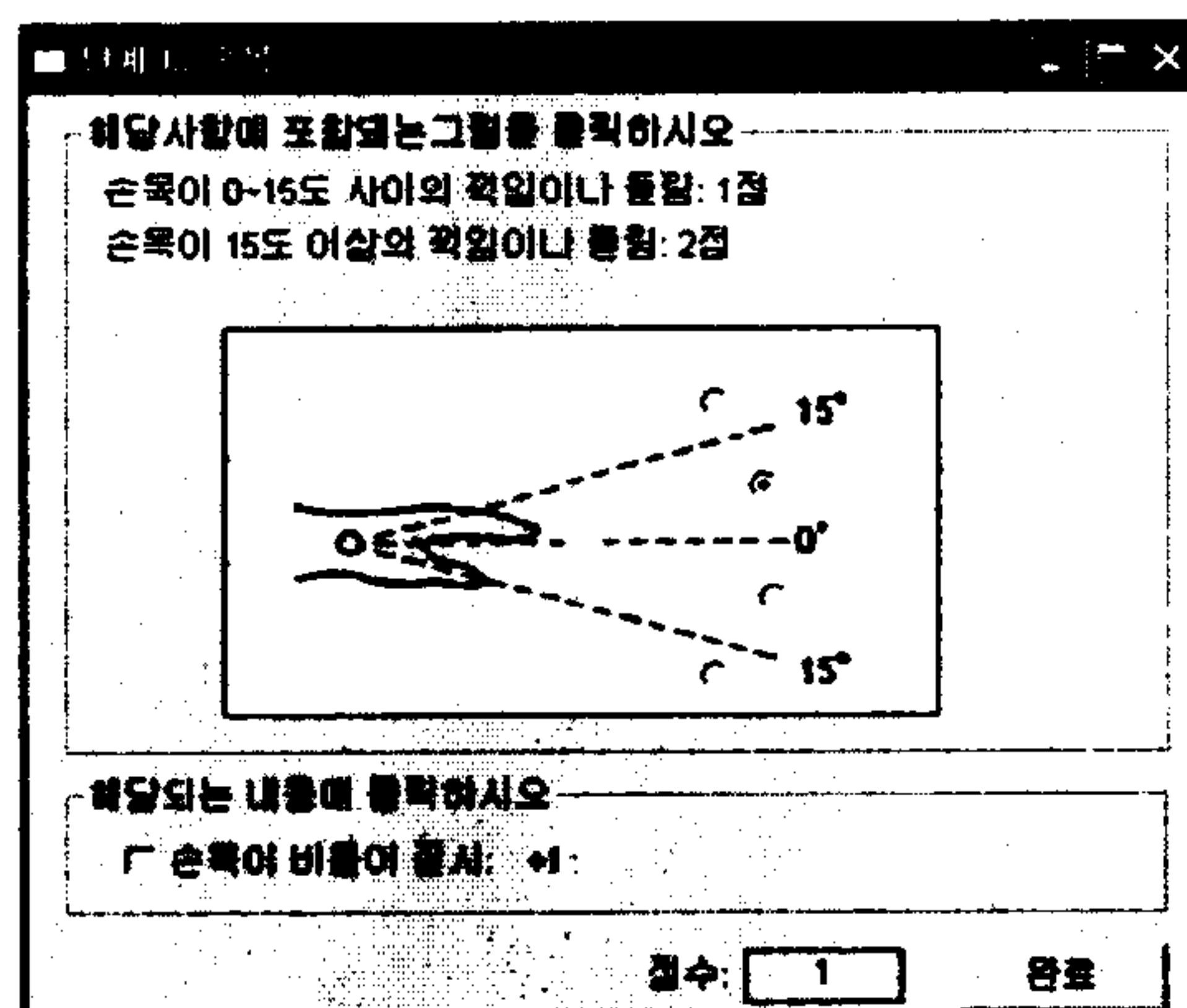
<그림 65> 아래팔

<그림 65>는 REBA의 위험평가요인중의 하나인 아래팔에 관한 입력화면이다. 여기에서는 아래팔의 들림에 대하여 평가를 한다. 입력방식은 해당그림

에 클릭하면 된다.

### ▶ 손목

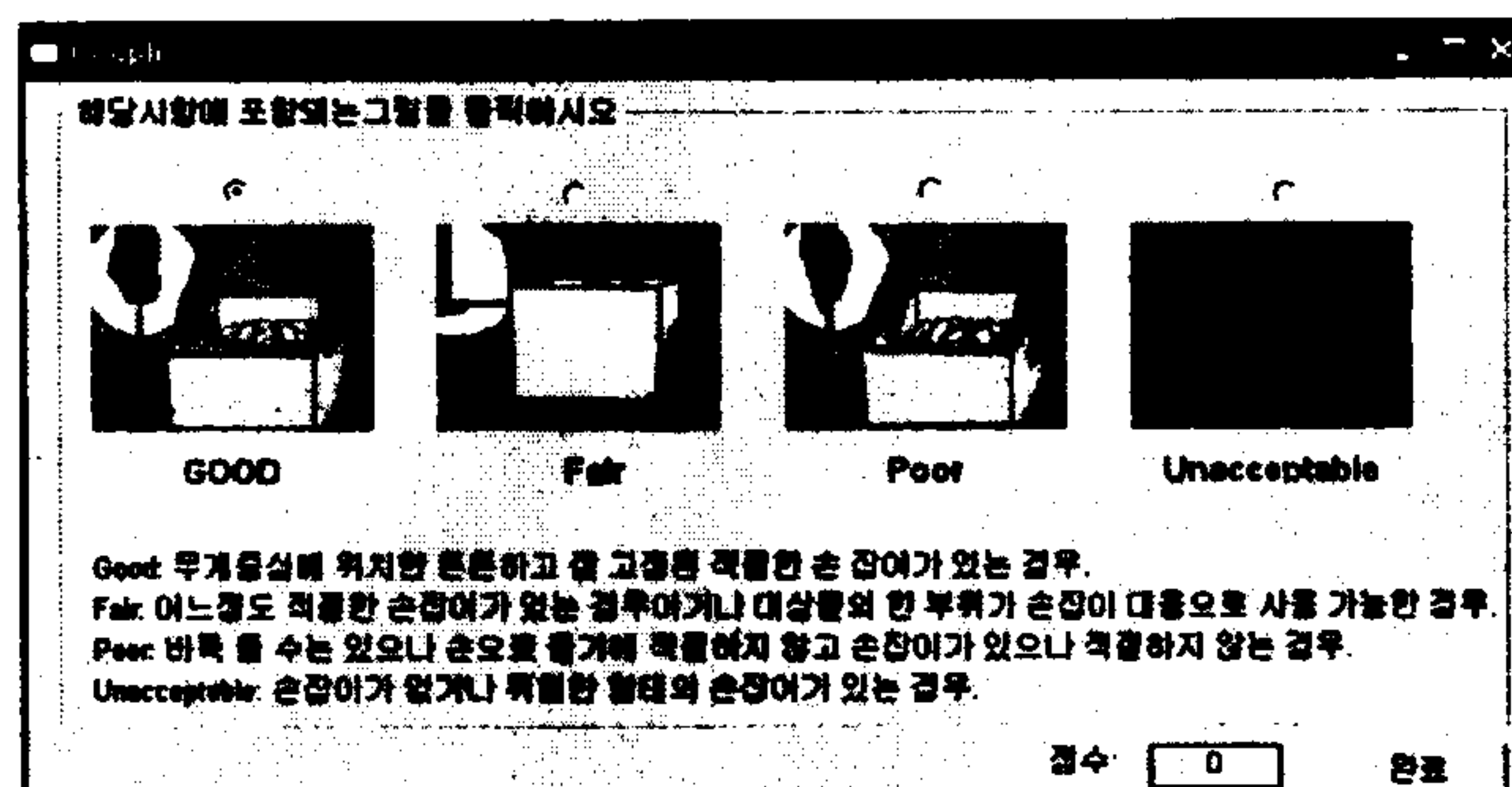
<그림 68>은 REBA의 위험평가요인중의 하나인 손목에 관한 입력화면이다. 여기에서는 손목의 꺾임이나 들림에 대하여 평가를 한다. 입력 방식은 해당 그림에 클릭하면 되고 추가사항은 해당 사항에 클릭하면 된다.



<그림 66> 손목

### ▶ Coupling(손잡이)

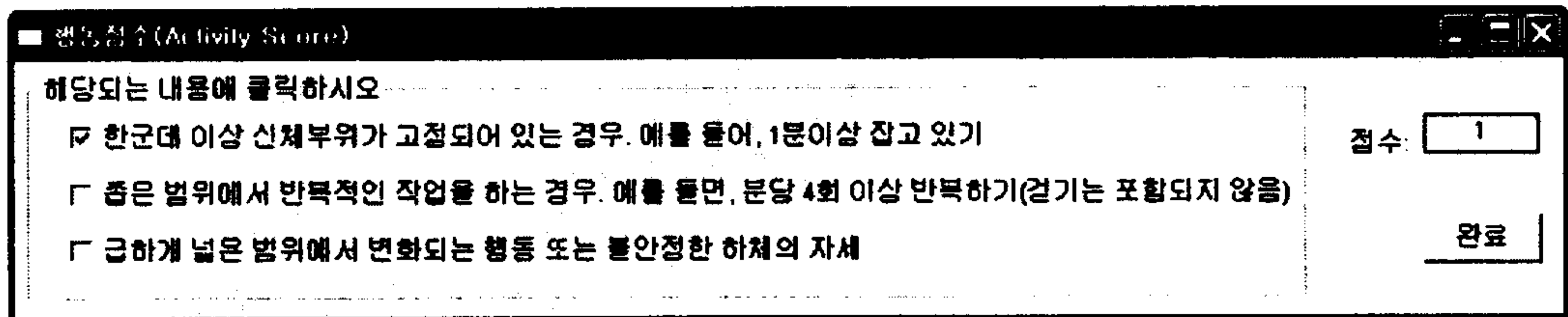
<그림 67>은 REBA의 위험평가요인중의 하나인 Coupling(손잡이)에 관한 입력화면이다. 여기에서는 손잡이의 좋고 나쁨에 관하여 평가를 한다. 입력 방식은 해당 그림에 클릭하면 된다.



<그림 67> Coupling

## ▶ 행동점수

<그림 68>은 REBA의 위험평가요인중의 하나인 행동점수에 관한 입력화면이다. 여기에서는 신체부위가 고정되어 있느냐, 좁은 범위 내에서 반복적인 작업을 하느냐, 급하게 넓은 범위에서 변화되는 행동 또는 불안정한 하체 자세를 평가한다. 입력방식은 해당 사항에 클릭하면 된다.

A screenshot of a software window titled '행동점수 (Activity Score)'. The window contains a list of three conditions with checkboxes: '한군데 이상 신체부위가 고정되어 있는 경우. 예를 들어, 1분이상 잡고 있기' (checked), '좁은 범위에서 반복적인 작업을 하는 경우. 예를 들면, 분당 4회 이상 반복하기(걸기는 포함되지 않음)', and '급하게 넓은 범위에서 변화되는 행동 또는 불안정한 하체의 자세'. To the right of the list is a '점수' (Score) input field with the number '1' and a '완료' (Done) button.

행동점수 (Activity Score)

해당되는 내용에 클릭하십시오

☒ 한군데 이상 신체부위가 고정되어 있는 경우. 예를 들어, 1분이상 잡고 있기

☐ 좁은 범위에서 반복적인 작업을 하는 경우. 예를 들면, 분당 4회 이상 반복하기(걸기는 포함되지 않음)

☐ 급하게 넓은 범위에서 변화되는 행동 또는 불안정한 하체의 자세

점수:

<그림 68> 행동점수

## 바. NIOSH 들기 평가

<그림 69>는 인간공학적 평가 도구인 NIOSH 들기 평가의 화면 출력이다. NIOSH 들기 평가는 중량물을 취급하는 작업에 대한 요통의 예방을 목적으로 작업 평가와 작업 설계를 지원하기 위하여 만들어진 것이다.

손의 위치, 비틀림 각도, 이동거리, 대상물의 무게, 들기 빈도, 작업시간, 손잡이 형태의 요인을 고려하여 평가하게 된다.

손의 위치는 이동전과 이동후의 수평위치(H)와 수직위치(V)를 입력하여야 한다. 비틀림 각도(A)는 이동전과 이동후의 비틀림 각도(A)를 입력하여야 한다. 이동거리(D)는 대상물의 원래의 위치와 이동후의 위치를 **mm** 값을 말한다. 대상물의 무게는 평균무게(lbs)와 최대무게(lbs)를 입력하여야 한다.

들기 빈도수는 분당 몇 회 들기 작업을 하는지를 입력하여야 하며 손잡이 형태(Coupling)는 좋음, 보통, 나쁨으로 구분하여 입력하여야 한다.

Revision 1 NIOSH Lifting Equation

작업자 정보

1997/02/11

정규생산직 대졸이상

손의 위치

Vertical

Horizontal

이동전(Inch)

H: V:

이동후(Inch)

H: V:

이동거리(Inch)

D:

손잡이 형태

대상물 무게(lbs)

평균 최대

빈도(회/min)

F: LD:

작업시간

각도

이동전(Inch)

A:

이동후(Inch)

A:

ORIGIN RWL: 104.94 ORIGIN LI: 0.42

DESTINATION RWL: 79.41 DESTINATION LI: 0.55

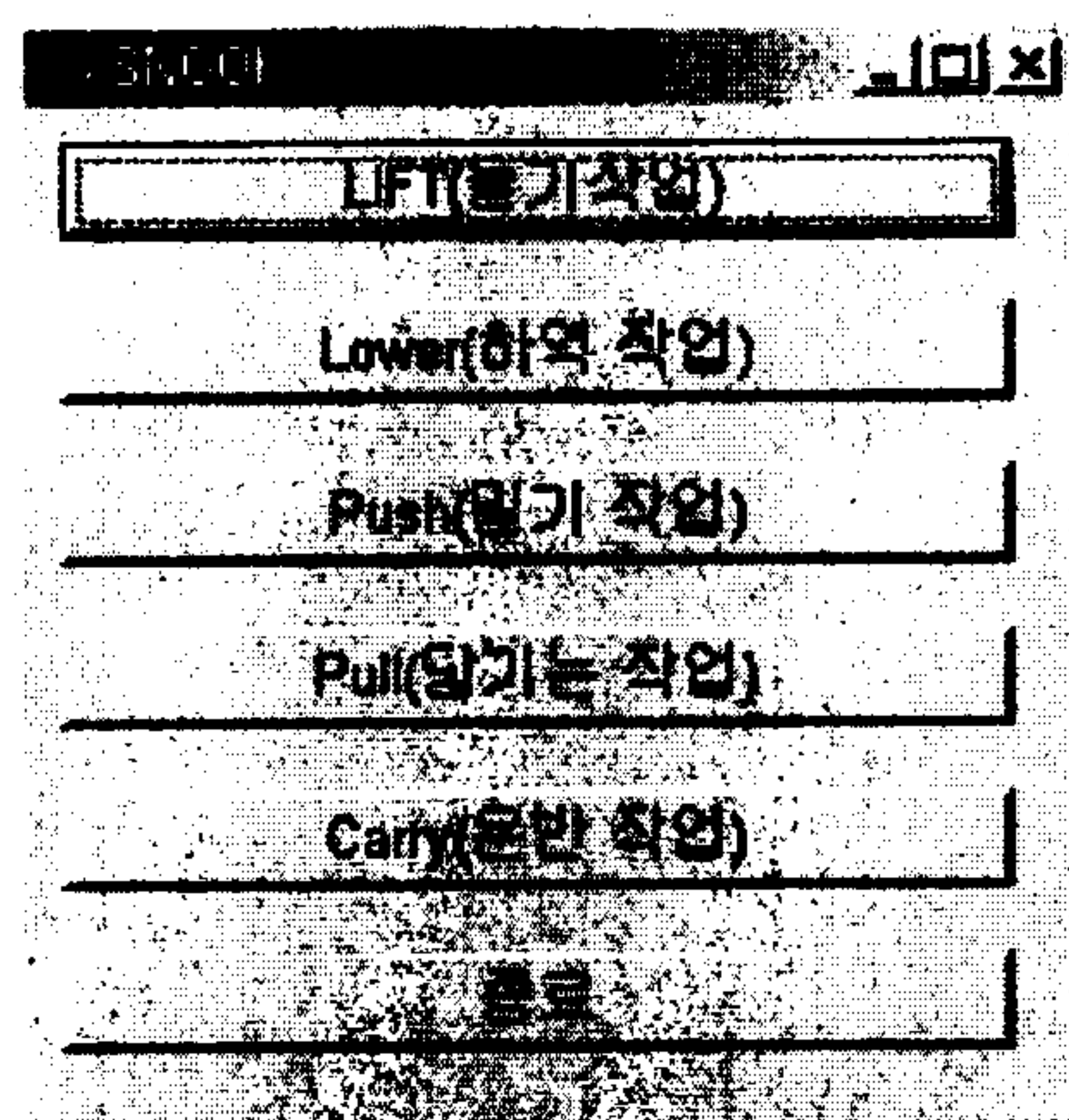
저장 인간공학적 분석기법 선택화면

<그림 69> NIOSH 들기 평가

입력 후에는 화면 하단에 있는 저장버튼을 누르면 저장과 동시에 RWL(최대 허용무게)과 LI(들기지수)를 구할 수 있다.

#### 사. SNOOK

<그림 70>은 인간공학적 평가 도구인 SNOOK의 화면출력이다. SNOOK은 들기 작업에서의 허용무게를 산출하기 위한 테이블로 구성되어 있다. 테이블이 너무나 복잡하게 되어 있어 작업장 평가 시스템의 SNOOK 테이블을 이용하면 보다 편리하게 들기 작업의 허용무게를 산출할 수 있다. SNOOK 테이블에서는 들기 작업, 하역작업, 당기는 작업, 운반 작업이 있으며 모두 허용무게를 산출하기 위한 테이블이다.



<그림 70> SNOOK 메인화면

### ▶ LIFT(들기 작업)

<그림 71>은 들기 작업의 최대 허용 무게의 화면이다. 들기 작업의 허용무게는 성별, BOX의 폭, 들기 작업동안 물건의 수직이동거리, 들기 작업을 수행하는 사람의 Percent, 들기 작업 시작시의 손의 수직 위치, 들기 작업의 빈도수를 선택한 후 Table 검색 버튼을 누르면 구할 수 있다.

|                |                        |                       |
|----------------|------------------------|-----------------------|
| 성별:            | 남자                     |                       |
| Box의 폭:        | 75Cm                   |                       |
| Lift Distance: | 76Cm                   | 들기작업동안 물건의 수직이동거리     |
| Percent:       | 90%                    | 들기작업을 수행 할 수 있는 사람의 % |
| Location:      | Floor to Knuckle       | 들기작업 시작시 손의 수직 위치     |
| Frequency:     | 1 Lift Every 5 Seconds | 들기작업의 빈도수             |
| 최대 허용무게:       |                        | Table 검색              |

<그림 71> 들기 작업의 최대 허용 무게

▶ Lower(하역 작업)

<그림 72>는 하역 작업의 최대 허용 무게의 화면이다.

The screenshot shows a software window titled '하역작업의 최대 허용 무게' (Maximum Allowable Weight for Lifting Work). It contains the following fields and labels:

- 성별: 남자 (Gender: Male)
- Box의 폭: 75Cm (Box Width: 75Cm)
- Lift Distance: 76Cm (Lift Distance: 76Cm) - 설명: 물기작업동안 물건의 수직이동거리 (Description: Vertical movement distance of the object during lifting work)
- Percent: 10% (Percent: 10%) - 설명: 물기작업을 수행 할 수 있는 사람의 % (Description: % of people who can perform lifting work)
- Location: Shoulder to Knuckle (Location: Shoulder to Knuckle) - 설명: 물기작업 시작시 손의 수직 위치 (Description: Vertical position of the hand at the start of lifting work)
- Frequency: 1 Lift Every 5 Seconds (Frequency: 1 Lift Every 5 Seconds) - 설명: 물기작업의 빈도수 (Description: Frequency of lifting work)
- 최대 허용 무게: (Maximum Allowable Weight: )
- Table 검색 (Table Search) button

<그림 72> 하역 작업의 허용 무게

하역 작업의 허용무게는 성별, BOX의 폭, 하역 작업동안 물건의 수직이동 거리, 하역 작업을 수행하는 사람의 Percent, 하역 작업 시작시의 손의 수 직 위치, 하역 작업의 빈도수를 선택한 후 Table 검색 버튼을 누르면 구할 수 있다.

▶ PUSH(밀기 작업)

<그림 73>은 밀기 작업의 최대 허용 무게의 화면이다. 밀기 작업의 허용 무게는 성별, 밀기 작업 동안의 바닥과 손의 높이, 밀기 작업을 수행하는 사 랑의 Percent, 미는 거리, 밀기 작업의 빈도수, 초기의 힘/지속적인 힘을 선택 한 후 Table 검색 버튼을 누르면 구할 수 있다.

성별:

Height:  밀기작업동안 바닥과 손의 높이

Percent:  밀기작업을 수행 할 수 있는 사람의 %

Distance:  밀는 거리

Frequency:  밀기작업의 빈도수

Force:  초기의 힘/지속적인 힘

최대허용무게:

<그림 73> 밀기 작업의 최대 허용 무게

▶ PULL(당기기 작업)

<그림 74>는 당기기 작업의 최대 허용 무게의 화면이다. 당기기 작업의 허용 무게는 성별, 당기기 작업 동안의 바닥과 손의 높이, 당기기 작업을 하는 사람의 Percent, 당기는 거리, 당기기 작업의 빈도수, 초기의 힘/지속적인 힘을 입력한 후 Table 검색버튼을 누르면 구할 수 있다.

성별:

Height:

Percent:

Distance:

Frequency:

Force:

최대허용무게:

<그림 74> 당기기 작업의 최대 허용 무게

▶ Carry(운반 작업)

<그림 75>는 운반 작업의 최대 허용 무게의 화면이다. 운반 작업 동안의 바닥과 손의 높이, 운반 작업을 수행하는 사람의 Percent, 운반 거리, 밀기

작업의 빈도수를 입력한 후 Table 검색 버튼을 누르면 구할 수 있다.

<그림 75> 운반 작업의 최대 허용 무게

### 3.3 적용 사례

#### 3.3.1 인적 오류 시스템

실제 용접 작업 중에 화상을 입고 근로복지공단에 요양신청서를 낸 근로자의 정보를 인적 오류 시스템에 적용하여 보았다. <그림 76>은 사고 등록 처리의 화면이고 <그림 77>은 사고 상황 분석을 위한 화면이다.

<그림 76> 사고 등록 처리의 예시



<그림 79>는 파레토 분석에 의한 영향도 평가 예시를 나타낸 것으로 SLIM 방법에 의하여 계산된 가중치와 파레토 분석에 의하여 평가된 요소들의 중요도를 매우중요, 중요, 보통으로 평가하게 된다.

| 파레토 분석     |       |      |
|------------|-------|------|
| 영향도        | 가중치   | 중요도  |
| 보통구 및 안전장치 | 0.455 | 매우중요 |
| 음주전도       | 0.364 | 중요   |
| 복합 안전장치    | 0.182 | 보통   |

<그림 79> 파레토 분석에 의한 영향도 평가 예시

사고 분석 메뉴 중에는 재해 조사 보고서와 재해 요양 신청서를 출력할 수 있으며 사고 통계 메뉴에서는 사고 통계를 산출하여 보고서로 작성하여 주며, 아차사고를 포함하거나 제외 할 수 있다.

| 재해조사보고서                  |            |     |       |          |        |                |     |       |    |
|--------------------------|------------|-----|-------|----------|--------|----------------|-----|-------|----|
| 관리번호                     | 010        | 결과  | 일일    | 과일       | 부일     | 부일             | 부일  | 부일    | 부일 |
| 사건장명                     | 주) 선릉동원    | 업종  | 제조업   | 근로자수     | 22 명   |                |     |       |    |
| 소재지                      | 경남         |     |       |          |        |                |     |       |    |
| 재해일시                     | 1997/04/08 | 시간  | 18:30 | 날씨       | 맑음     | 동시 재해 발생자 수    | 1 명 |       |    |
| 제1차                      | 성명         | 유연수 | 성별    | 남        | 주민등록번호 | 621111-1111111 |     |       |    |
| 제2차                      | 사업부        | 생산부 | 과장명   | 이민       | 공정명    | 공정직업           |     |       |    |
| 제3차                      | 직위         | 공정장 | 재용일지  | 1997/1/1 | 동행자명   | 근로자            | 5 명 |       |    |
| 제4차                      | 직책         | 공정  | 공정대장  | 가운       | 키      | 170 cm         | 몸무게 | 60 kg |    |
| 제5차                      | 사망         | 1   | 장제    | 장제       | 수면시간   | 7 시간           |     |       |    |
| 중상정도                     | 외상부상       |     |       |          |        |                |     |       |    |
| 사고개요(자세하게 서술하여 기재)       |            |     |       |          |        |                |     |       |    |
| DCA(재해예방연구소) 공판내에서       |            |     |       |          |        |                |     |       |    |
| 주요인사(사망, 부상, 장애)를 상세히 기재 |            |     |       |          |        |                |     |       |    |

<그림 80> 재해 조사 보고서의 출력

|                                                  |           |               |  |          |  |                |  |        |  |
|--------------------------------------------------|-----------|---------------|--|----------|--|----------------|--|--------|--|
| [별지 제34호 서식]                                     |           |               |  |          |  |                |  |        |  |
| ※공문서 양식은 신청인이 기입하지 않습니다                          |           |               |  |          |  |                |  |        |  |
| ① 산재보험신청번호                                       |           | 산업재해 보상보험     |  |          |  |                |  | 처리기간   |  |
| 요양신청서                                            |           |               |  |          |  |                |  |        |  |
| 사업계시번호                                           |           | ① 신청구분        |  | 1. 최초    |  | 2. 전향          |  | 3. 재요양 |  |
| 피해자                                              | ① 성명      | 유연수           |  | ② 주민등록번호 |  | 521111-1111111 |  |        |  |
| 근로자                                              | ② 주소      | 충남            |  |          |  |                |  |        |  |
| (신청인)                                            | ③ 직위      | 장공정직          |  | ④ 재용년월일  |  | 1997/11/11     |  | ⑤ 부상일시 |  |
|                                                  |           | 1997/04/08    |  | 18:30    |  |                |  |        |  |
| ※ 재해발생 및 발생상황(전향·재요양을 받고자 할 때에는 그 사유를 기재하기 바랍니다) |           |               |  |          |  |                |  |        |  |
| 발생시(간)                                           | 제         | 1997년 04월 08일 |  | 18시 58분  |  |                |  |        |  |
| 장소(여기서)                                          | 공판내에서     |               |  |          |  |                |  |        |  |
| 행위자(누가)                                          | 유연수       |               |  |          |  |                |  |        |  |
| 발생내용(무엇을)                                        | 동작기를 사용하여 |               |  |          |  |                |  |        |  |
| 결과(어떻게)                                          | 동작기를 하다가  |               |  |          |  |                |  |        |  |

<그림 81> 요양 신청서의 출력



칩제거 작업을 하는 B를 관찰하여 얻은 평가 자료를 가지고 작업장 평가 시스템에 적용하여 보았다.<그림 84~그림 91>

The screenshot shows a software interface for the RULA (Rapid Upper Limb Assessment) method. At the top, there is a header with the text '작업자 정보' (Worker Information). Below this, there are input fields for '작업자명' (Worker Name) with the value 'B', '일일일자' (Daily Date) with '1111/11/11', '작업부서' (Work Department) with '생산1부' (Production 1st Dept), '직종' (Job Type) with '정규생산직' (Regular Production Worker), '작업장' (Workplace) with '칩제거 공정' (Chip Removal Process), and '평가자명' (Evaluator Name) with 'A'. Below the header, there is a section titled '관찰할 자세를 선택하십시오' (Select the posture to observe). This section is divided into two columns: 'A. 팔, 손목, 손' (Arm, Wrist, Hand) and 'B. 목, 어깨, 다리의 관절' (Neck, Shoulder, Joint of the Leg). Each column contains a list of posture options with corresponding checkboxes. For example, under 'A', there are options like '팔꿈치 굽힘' (Elbow Flexion) and '손목 굽힘' (Wrist Flexion). Under 'B', there are options like '목 굽힘' (Neck Flexion) and '어깨 굽힘' (Shoulder Flexion). At the bottom right, there is a button labeled '다음 단계' (Next Step).

<그림 84> RULA의 적용 사례

The screenshot shows a software interface for the Strain Index method. At the top, there is a header with the text '작업자 정보' (Worker Information). Below this, there are input fields for '작업자명' (Worker Name) with the value 'B', '일일일자' (Daily Date) with '1111/11/11', '작업부서' (Work Department) with '생산1부' (Production 1st Dept), '직종' (Job Type) with '정규생산직' (Regular Production Worker), '작업장' (Workplace) with '칩제거 공정' (Chip Removal Process), and '평가자명' (Evaluator Name) with 'A'. Below the header, there is a table with two columns: '스트레인 레벨' (Strain Level) and '점수' (Score). The table contains the following data:

| 스트레인 레벨 | 점수  |
|---------|-----|
| 약함      | 1   |
| 50.00%  | 2   |
| 2.00%   | 0.5 |
| 매우 좋음   | 1   |
| 매우 나쁨   | 1   |
| 4-8시간   | 1   |

At the bottom right, there is a button labeled '다음 단계' (Next Step).

<그림 85> Strain Index의 적용 사례



| 순번 | 관찰시간  | 머리(Peck) | 목(Throat) | 등(Upper wing) | 무게(Weight) | 특이사항 |
|----|-------|----------|-----------|---------------|------------|------|
| 1  | 01:00 | 1        | 1         | 3             | 2          | 1    |
| 2  | 02:00 | 1        | 1         | 3             | 1          | 1    |
| 3  | 03:00 | 1        | 2         | 2             | 1          | 1    |

**비고:**

관찰자: \_\_\_\_\_

조사지역: \_\_\_\_\_

조사기간: \_\_\_\_\_

조사목적: \_\_\_\_\_

조사방법: \_\_\_\_\_

조사결과: \_\_\_\_\_

조사소감: \_\_\_\_\_

Normal Posture(기선을 요구하지 않는다.)

### <그림 88> OWAS의 적용 사례

|       |            |      |
|-------|------------|------|
| 인승태   | 1997.02/11 | 집산1부 |
| 정규생산직 | 조반1        | A    |

|   |   |
|---|---|
| 1 | 3 |
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 0 | 0 |

|   |
|---|
| 0 |
|---|

### <그림 89> REBA의 적용 사례



#### 4. 결론 및 검토

본 연구에서는 인적 오류뿐만 아니라 사업장에서 쉽게 사용 할 수 있는 재해 분석 및 관리용 시스템을 개발 하였고 근골격계질환 예방을 위하여 작업장에서 누구나 쉽게 사용 할 수 있는 작업장 평가시스템을 개발 하였다.

재해 분석 및 관리용 시스템은 일반적인 재해 분석에 관한 원인 및 분석뿐만 아니라 개발된 오류영향요인 평가 방법론을 시스템에 포함시킴으로써 오류 영향 요인의 중요도에 따른 대책 선정이 용이하도록 설계되었으며 분석 시스템을 이용하여 인적오류 및 재해 원인에 관한 자료의 체계적인 관리가 가능하도록 하였으며, 요양 신청서, 재해 분석 보고서, 오류영향평가보고서, 각 종 통계 산출용 보고서 등을 포함한 보고서를 현장에 맞고 다양하게 제공함으로써 효용성을 높이하고자 하였다.

작업장 평가 시스템은 인간공학적 평가도구인 RULA, Strain Index, OSHA, ANSI, OWAS, REBA, NIOSH, SNOOK을 전산 시스템화하여 작업이 신체적으로 얼마나 영향을 줄 수 있는지를 바로 알아 낼 수 있도록 하였다.

본 연구에서 개발된 재해 분석 및 관리용 시스템은 사업장의 재해 분석 관리에 효율적으로 이용될 수 있으며, 재해의 체계적 분석은 재해 예방 정책을 입안하는데 귀중한 자료로 이용될 수 있을 것이며, 작업장 평가 시스템은 작업장에서 근골격계질환을 예방할 수 있는 도구로써 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발된 재해 분석 및 관리용 시스템과 작업장 평가 시스템은 서로 다른 DB를 가진 각각의 시스템으로 개발 되었다. 그렇기 때문에 두 시스템이 연계되는 곳에서는 사용할 수 없다. 따라서 추후 두 시스템의 연계작업을 거쳐 두 시스템을 하나로 통합한 인간공학 프로그램 개발이 요구된다.

## 참고 문헌

- [1] Rasmussen, J., The definition of Human Error and a Taxonomy for Technical System Design. In: Rasmussen, J, Duncan, K, and Leplat, J., New Technology and Human Error, John Wiley & Sons, 1987, 23-30
- [2] Swain, A.D. & Guttman, H.E., Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications. NUREG/CR-1278, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 1983.
- [3] Riggs, J.L., Production system: planning analysis, and control, John Wiley & Sons, 1987
- [4] McAtamney, L and Corlett, E.N., "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", Applied Ergonomics, 1993, vol.24, No.2, pp.91-99
- [5] Moore, J.S., Garg, A, "The strain index: A proposed Method to Analyze jobs for Risk of Distal Upper Extremity Disorders.", AIHA journal, 1995; 56(5):443-458.
- [6] Scott GB, Lambe NR, Working practices in a perchery system, using the OVAKO working posture analysing system(OWAS), Applied Ergonomics, 1996, vol.27 NO.44, pp.281-284
- [7] Hignett, S. and McAtamney, L., "Rapid Entire Body Assessment(REBA)", Applied Ergonomics, 2000, vol.31, pp.201-205
- [8] draft, ANSI Z-365 Standard on Cumulative Trauma Disorders, 1993

- [9] James P. Kohn, Ergonomic Process Management: a blueprint for quality and compliance, Lewis publishers(166-171), 1999
- [10] Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg A, "Application Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation", National Health, January 1994(DHHS, NIOSH Publication No. 94-110)
- [11] Snook, S.H. and Ciriello, V.M., "The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces", Ergonomics, 1991, Vol.34, No.9, pp.1197-1213
- [12] 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 기술지도 기법, 한국산업안전공단, 2000
- [13] 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 작업분석 평가기법, 한국산업안전공단, 2001

## **ABSTRACT**

### **Development of Ergonomic Analysis System for Human Error and Workplace Assessment**

**Yang, Seung Tae**

**Department in Industrial Engineering**

**The Graduate School of**

**Hansung University**

**This study has developed accident analysis management system and workplace assessment system that can be used easily at the industries and its workplaces. Accident analysis management system has been designed so as to select alternatives with ease by the importance of performance influencing factors by including not only the cause and analysis of general accident analysis but also developed performance influencing factor assessment methodology in the system.**

**Workplace assessment system has been designed so that it might assess the physical burden at the workplace and prevent from MSDs(Musculoskeletal disorders). By using accident analysis system, the data on the cause of human error and accident can be managed systematically and the utility can be up by various, proper offering the report such as recuperation application form, accident analysis report, performance influencing factor assessment report and all kinds of statistical output reports. And workplace assessment system has been focused on improving the utility so that the amateur as well as the safety staff might use it since the level of physical burden at the workplace can be assessed from various aspects.**

## 감사의 글

본 논문이 좋은 결실을 맺을 수 있도록 항상 아낌없는 지도와 사랑으로 보살펴 주신 정병용 교수님께 깊은 감사를 드리며, 학부와 석사과정을 통하여 여러 분야에서 가르침을 주신 김대홍 교수님, 박명환 교수님, 이재득 교수님, 위남숙 교수님, 원형규 교수님, 유재건 교수님, 홍윤기 교수님, 홍정완 교수님께도 감사드립니다.

실험실 생활동안 끊임없는 질책과 격려로 이끌어 주신 이정욱, 양계령, 김용철, 김영준, 곽대월, 김재영 학형들에게도 감사드립니다.

인간공학 프로젝트중 많은 가르침을 주신 한국산업안전공단 이동경 교수님께도 감사드립니다.

끝으로 오늘이 있기까지 따뜻한 사랑으로 보살펴 주시고 언제나 용기와 희망을 주신 부모님과 사랑하는 동생 은정에게 이 결실을 드립니다.

2001년 12월

양 승 태