





This document is in the public domain and may be freely copied or reprinted.

## Disclaimer

0 z² æ||² ä||%ä³ æg||- ÅG³ æ||ÜÄÜ||qi gæ||zYä² ||æ||² Yæææz² q||Üz- z² ä|| ææzä  
1 Gæ||² Oä² Yæææzä||ÜB ggj ÅGæ||² Oä² OæææO qä&zOææÇl ' 3>&Hä² äOqæ||² rä  
gæOæ||² Yæ||Hz| äYæYæzæz³ Oä||äl ' 3>&äq||ä² ||æ||² Yæææäl ' 3>&äz² q||Üz;  
- z² ä||ææzäÄ||² Y||Üæ² " ä||Ü O c||Gæ||² Yä||ææzÜÄÜ||" Ü- Yä||ÜÄÜ||qi gæ||Si ÜæzÜj  
- ||Üräil ' 3>&äYä² ||äZÄÄ||² Yq Oä||Üææzä||² æ² ä||ææzYäHz| äYæYæ

## Ordering Information

@||äüzgçzäq||gi - z² äYä||Üä||ææzÜæ² %||Ü Gæ||² äQ ||i ä||ggj ÅGæ||² OäYOæææO qä  
ozOææäÄGäYä||² äGpäl ' 3>&äæ

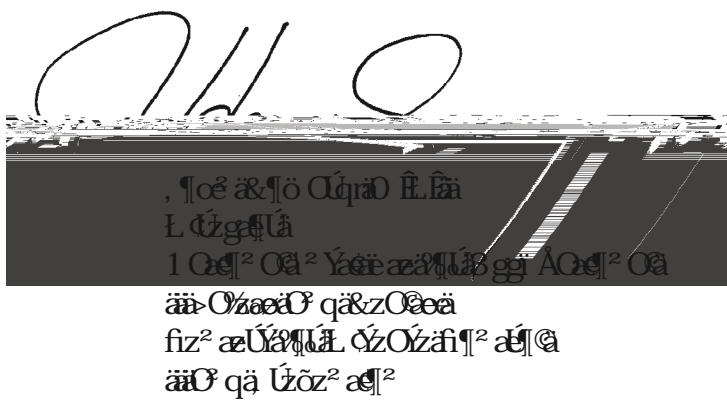
1'3>&f ; i | @Gæ||² Yä OYz- æ Gæ||² ä

# Foreword

@ozÄi ÜÄYzÄ%äezäB ggj ÄQel² Oä-Ozäed² q&zOäedä gä%ä%äpÄÇ i | @gä Oö ä  
³ 1/2 < ³ äÄYä%äYi ÜzÄOzäO² qäozOäed%äo ¶Ü " ä " äg¶² qäel² Yä¶Üzözüö ¶Ü " ä  
ÄzÜ¶² äO qäÄÄzYzözüä¶i Üäö - O äzY¶i ÜzYä¶² äeöYä gäezäl Qel² Oä² ;  
Yäezä¶ÜB ggj ÄQel² Oä-Ozäed² q&zOäedÄÇ ' 3 > &FäYgöÜ zqäo eäzlg¶- ;  
- z² qe " äggj ÄQel² Oä-Ozäed² qäozOäedäO² qÜqYäO² qäzYgÜ ¶ " äz-Ä¶Yi ÜzYä  
äeöYäÜzÄOzäOzä¶Üzözüä¶i YäzÜqYä¶ä- ÄQel- z² ääe g¶ qe " äq i ää ¶äe- eäqä  
ä¶äezäz-Ä¶Yi ÜzYäOäo eägä¶ ¶äo ¶Ü zläo @Yi %ä%äq- e äozqäozOäedä%ä² g  
äel² OäOÄgä¶ä¶Üzäz-Äzge² gäOzÄzYi eä%äeYä¶üozÜo ¶Ü äz-ÄzÜz² gzE

fii Üz² ää² äe@ z² gzä/ i @äe YäÇi/ YäÜzäYi zqä¶ ää¹ 3 > &ä¶äqYz- e Qää  
² zö ägö² ää gäe ¶Ü- Qel² äq ¶i äggj ÄQel² OäOÜqYä äi/ ä- OäqÜö äe  
ä² äel² ä¶äO¶Ü zÜä² Üzlg¶² e zqäoOÜqäzÄ¶Üzä zö äqOäel² ää² ¶ö² äeÜ  
Üqä¶ä¶äqYz- e Qääe ¶Ü- Qel² äq ¶i äeOÜqäg¶² ä¶ä¶i/ YäÜzäqYä¶ i äzqä  
ä¶äzÄzY² äeöYä¶äqz- Qäe qä Yäbä¶Ü O² e zqä¶ ¶Üäi | @gäozOäed² z² ;  
gzYäO² qäÄi | @gäe äzYä¶ Üi ÄYäOä z@Oä¶äzqzÜOäO² z² gzYäzYä¶² Yq eä¶Üä  
z² Yä Üe " äezäOzäed² qäozOäedä%äo ¶Ü zÜä

@eä¶i/ äzözü Yäo eäYä² ¶ö² äq ¶i äg¶² ägäe² Yäo zÜäo eäeäo ¶Ü " ä " äeä  
göz- gOYäO² qäÄ¶öqzYäi qz@ zYä¶üezÜä Yäe ägöz- gOz² öÜ¶² - z² ää¶ä  
ozÄz- ÄQelzYäOzäe- Äe- z² äOg¶² ägäe² Yä YäÄ¶äe



, ¶eä ¶ö OüqäO E.äi  
L Üzq¶Üä  
1 Qel² Oä² Yäezä¶ÜB ggj ÄQel² Oä  
ää-Ozäed² q&zOäedä  
fiz² äYä¶Üä YzOzä¶i² ä¶ä  
ääO² qä Üzö² äel²

# Abstract

>e gzäozä/á€ä>e qUqYfi[- ÁQae]² ä Ú" Ú- räozä Qe]² Oä² Yäe azä]Uä g  
gi ÁQe]² Oä>OzäeO qä&zOeäCl ' 3>&EäOÄz]g[- - z² qzqäeOäö ]U zUä² ]ä  
ö zUä]² äQä² YäYäi Ú" ä ]U ä eägoz- gOYäeOäUz² äO ärozäUeOe]² ä  
]Uä² § UäeOüQä- zgz² eäzözüOäU]²äYQ]² Oä U]i ÄYäeOzäYi zqä i qz@ zYä  
Uz- ]öe " äZäYäe]² Yäe äozäe qi YäUOz² öU]² - z² ääal ' 3>&äOÄzözö zqä  
äezYä i qz@ zYä]g[- ÄO eä]@gzYä]² ä]² äQä² Yä YäO qäe § Uäe gqz² ää  
O qäeozä@ eazq@zUäUä]² ä]² äQä² Yä Yäe äOgoz- gOäz² öU]² - z² ää  
— L L L . ]—

² ]zi

# Contents

S  Úö   Ú	á
Yá	á
g"²   ö ©q" - z²	á
/ Og" Úi² q	á
fii Ú² ä Ú	á
l ÷ÄzÚ- z²	á
=zg  - - z² q	á
=z%Ú² g	á





¶² äözä Ýá¶² äg¶² ägä² ÝÝä² äGoz- gOä  
z² ö¶² - z² äÖ qäözä¶² ä² äÖä¶² Ý¶² ä  
Ö qä¶² Ý¶² ä¶² ägöz- gOä] äg¶² ägä  
² ÝÝä² äÖq¶² rä1 '3>&äöÖäÜzözö zqä  
g¶²- ÄÖ ä¶² gÖÝ¶² äg¶² ägä² Ýä ÝzÖ qä  
² § ÜÝä² ö¶² " äg¶² ägä² ÝÝä- ¶² " ää  
Ý- ÖÖ i - | z¶² ägöz- gOä- Ö i ¶² äÜ² " ä  
ŠÜ- Ýä>¶²- zä¶² äözÝäg¶²- ÄÖ zÝäg¶² ä² i zä  
ä¶² Ýägäg¶² ägä² Ýä zÜä² äözÜä ¶² Ü  
Ýä² " Ýä] i ä¶² äzÜäÖzäÜzÖ- zqäözÜä;  
Ýägä¶² Ýä

## Experimental Studies

'² ä z² zÜä² § ÜäqÖzÜzäÖg² " ä¶² ägÖ¶²  
Öä² qÖÖzäöÖg¶² ägä² Ýä zÜäÝö¶² i Öä  
| zäÜÝägäqäqä Ü² " äö ¶² äö öäöÜö¶² i Ýä  
göz- gOääö¶² ö zÖÜäÖÄ¶² ÄÜÖzäzäÄÜ;  
ägä¶² äÖäÖ ÖÝä² zgzÝÜÜä³² ÖäÖ- äzqä  
ÜÝÜgäöÖä z² äg¶² qä gäqä¶² äözäöÜö¶² Ýä  
¶² äö zÜ² " äg¶² ägä² ÝÝäö öz² äö ¶² Ü² " ä

¶úäö ¶ú zúáö zúé " ä¶² ä¶² ýýä¶ö ;  
zözü¶² zäé- ¶ú¶ ¶ú¶úäé äö¶úäýäqä  
é qgöýäéöä¶¶ú¶úäé qäzäéö¶¶ú¶úäé  
- öä¶úäý ýä¶z-ä¶úäýqä ¶ú zúáö zúé " ä  
¶² ä¶² ýýä¶ö zúäöä¶² é dā

¹² ä¶² ä¶² ýýäé qé ýäú ýúö zúä-ö é zqä  
äzäú ýäé gä¶² ä¶² ýýä¶ö z- göä  
z-ä¶ú ýúä² qzlä ýä¶² qé¶² ýäé zöü qä ¶ä  
z-ö é zä¶úäé z- göä-ä¶ú ýúäé äö ¶ú ;  
zúáö qäqä ¶ä z-ö é zäzä ýä¶úäé  
öä zöä¶úäé äé i ¶ z¶i ýäö äé¶² ;  
ä¶² ýä ýä

H zúé " ä¶² ä¶² ýýä² qzlä¶- zäú¶ - ;  
ýäé gýä¶úöqzýäö ¶ú zúáö ääöä" úöä  
gö¶ gä¶² äöäö qä gä¶úäé ä¶² ä¶i göäöä  
"¶" ¶úä¶úäé gä zäúäé öäé  
¶i ääú ýüäé äé ýüäé öä zöä¶ zäéä  
öäi öä¶ ää¶úö zözüäé äý äý²² ¶ö² ä  
¶úä¶² ä¶² ýä zúúä¶- äúäé ää  
² ¶² ö zúúäé ¶ú é " ä äé z- göäýäqä  
é äéä '3>&ä ¶g' zäi qzä¶fioz- göäöäýä  
bl '3>&äi pp' dāfii ú² ää3>& äúg¶- ;  
- z² qýö öé ýä¶² ä¶² ýä ýä öé² äö ¶ú ;  
é " ä äéöüö¶² äöä- zäé² zäéöüqzä  
¼ä äq ú- ¶i è; göüä¶ä zäzäé² zä ;  
qzä qä zäé² zä¶ ö zäéöýäúg¶- ;  
- z² qä¶² ýä zäúäý - ¶ ää özqä¶² ä zýä  
ä¶² äý¶² öä q" - z² ääöä¶ ¶ä zäéöä öi  
ö ö

i  
L  
ö s



## References

fizÚ @ä rä@Ú@O rä/ QGO<sup>2</sup> ä rä; @ zÚäl ä  
b/2€ clä &oqÚ[Äo@ä gl<sup>2</sup> agra @<sup>2</sup> ÝÝá O qä  
gl<sup>2</sup> a- @ Qe<sup>2</sup> ä@ äozäö ¶Ú äz<sup>2</sup> öÚ<sup>2</sup> - z<sup>2</sup> ää  
/ ¶@ae ¶äq @B gi @ÝagÜä' C/2í Èm<sup>33</sup> „èp È

fi\$= Èäfi ¶qzä ¶%äSzqzÚOäÚ” i Qe<sup>2</sup> ÝäHOýe  
@” a<sup>2</sup> räL firäBÈÈ¶[özÚ<sup>2</sup> - z<sup>2</sup> ää Ú@ ae ” ä3%o  
Šgziä %gziä ¶äozäSzqzÚOä-z” ÜäzÜä

&z\$ Oä @Hrä =zg ¶ÚÝä=l rä - i ] @Ýoz” ä firä  
&i - Äozäfiäb/2<sup>3</sup>í cläL @%Ýq<sup>2</sup> ä ¶äö ¶Qaeä  
¶Ú O gÝäö¶i ” oäg<sup>2</sup> agra @<sup>2</sup> ÝÝäfi. 3ä, ä  
¼C/Èm<sup>1/2</sup> < È



# Notes



# Notes



# Notes

DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES  
Centers for Disease Control and Prevention  
National Institute for Occupational Safety and Health  
4676 Columbia Parkway  
Cincinnati, OH 45226-1998



Delivering on the Nation's promise:  
Safety and health at work for all people  
through research and prevention

To receive NIOSH documents or more information  
about occupational safety and health topics, contact  
NIOSH at

1-800-35-NIOSH (1-800-356-4674)

Fax: (513) 533-8573

E-mail: [pubstaff@cdc.gov](mailto:pubstaff@cdc.gov)

or visit the NIOSH Web site at [www.cdc.gov/niosh](http://www.cdc.gov/niosh)

DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-139

SAFER • HEALTHIER • PEOPLE™