

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>1 EINLEITUNG</b> .....  | <b>5</b>  |
| 1.1 DAS METABOLISCHE SYNDROM.....  | 5         |
| 1.1.1 <i>Das Metabolische Syndrom-Insulinresistenz auf dem Vormarsch</i> .....                     | 7         |
| 1.2 ADIPOSITAS UND DAS METABOLISCHE SYNDROM.....   | 8         |
| 1.2.1 <i>Definition von Übergewicht und Adipositas</i> .....                                       | 9         |
| 1.2.2 <i>Pathophysiologie der Adipositas</i> .....   | 10        |
| 1.2.3 <i>Ursachen der Adipositas</i> .....   | 11        |
| 1.3 HYPERTONIE UND DAS METABOLISCHE SYNDROM.....   | 12        |
| 1.3.1 <i>Definition der Hypertonie</i> .....   | 13        |
| 1.3.2 <i>Pathophysiologie der Hypertonie</i> .....   | 15        |
| 1.4 DAS METABOLISCHE SYNDROM UND DAMIT ASSOZIIERTE ERKRANKUNGEN.....                               | 16        |
| 1.4.1 <i>Kostenverursacher Metabolisches Syndrom</i> .....   | 17        |
| 1.5 HYPOXIE UND HÖHE.....  | 18        |
| 1.5.1 <i>Sauerstoffpartialdruck in der Höhe</i> .....  | 18        |
| 1.5.2 <i>Luftdruck in der Höhe</i> .....   | 18        |
| 1.5.3 <i>Luftfeuchtigkeit in der Höhe</i> .....  | 19        |
| 1.6 PHYSIOLOGIE UND PATHOPHYSIOLOGIE DER HÖHE.....   | 19        |
| 1.7 MÖGLICHKEITEN DER HÖHENEXPOSITION.....   | 21        |
| 1.8 DAS METABOLISCHE SYNDROM UND HYPOXIE.....  | 22        |
| 1.8.1 <i>Adipositas und Höhe</i> .....   | 22        |
| 1.8.2 <i>Arterielle Hypertonie und Höhe</i> .....  | 23        |
| 1.8.3 <i>Spirometrie in der Höhe</i> .....   | 23        |
| 1.8.4 <i>Blutgasanalyse und Pulsoxymetrie in der Höhe</i> .....                                    | 24        |
| <b>2 ZIELSETZUNG</b> .....   | <b>25</b> |
| <b>3 MESSGERÄTE UND METHODIK</b> .....   | <b>27</b> |
| 3.1 KOLLEKTIV.....   | 27        |
| 3.2 STUDIENDESIGN.....   | 27        |
| 3.2.1 <i>Messstandorte</i> .....   | 28        |
| 3.2.2 <i>Höhenunterschiede der Expositionsphase</i> .....  | 29        |
| 3.3 DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN.....  | 29        |
| 3.3.1 <i>Messzeitpunkte</i> .....  | 29        |
| 3.3.2 <i>Spirometrie</i> .....   | 30        |
| 3.3.3 <i>Manuelle Messung des Blutdrucks</i> .....   | 33        |
| 3.3.4 <i>Langzeitblutdruck</i> .....   | 33        |
| 3.3.5 <i>Blutgasanalyse</i> .....  | 34        |
| 3.4 MESSGERÄTE.....  | 35        |
| 3.4.1 <i>ABL 700 Radiometer Copenhagen</i> .....   | 35        |
| 3.4.2 <i>Weinmann OXYCOUNT mini WM 90500</i> .....   | 36        |
| 3.4.3 <i>Automatische Blutdruckmessgeräte</i> .....  | 36        |
| 3.5 STATISTIK.....   | 37        |
| 3.6 ETHIK-VOTUM.....   | 37        |
| <b>4 ERGEBNISSE</b> .....  | <b>38</b> |
| 4.1 ERLÄUTERUNG ZUR ERGEBNISDARSTELLUNG.....   | 38        |
| 4.2 ANTHROPOMETRISCHE DATEN.....   | 38        |
| 4.3 VERÄNDERUNG DER LUNGENFUNKTION.....  | 39        |
| 4.3.1 <i>Veränderung der Vitalkapazität – VC</i> .....   | 39        |
| 4.3.2 <i>Veränderung der Einsekundenkapazität – FEV1</i> .....                                     | 41        |
| 4.3.3 <i>Veränderung des max. exp. Flusses bei 25% der forcierten Vitalkapazität – MEF25</i> ..... | 44        |
| 4.3.4 <i>Veränderung des expiratorischen Spitzenflusses – PEF</i> .....                            | 46        |
| 4.4 VERÄNDERUNG DES BLUTDRUCKS.....  | 49        |
| 4.4.1 <i>Veränderung des systolischen Blutdrucks</i> .....   | 49        |
| 4.4.2 <i>Veränderung des diastolischen Blutdrucks</i> .....  | 52        |
| 4.5 VERÄNDERUNG DER BLUTGASE.....  | 54        |
| 4.5.1 <i>Veränderung des pH – Wertes</i> .....   | 54        |
| 4.5.2 <i>Veränderung des Sauerstoffpartialdrucks – pO<sub>2</sub></i> .....                        | 57        |
| 4.5.3 <i>Veränderung des Kohlendioxidpartialdrucks – pCO<sub>2</sub></i> .....                     | 59        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.5.4    | Veränderung der Sauerstoffsättigung – SaO <sub>2</sub> .....                       | 62         |
| <b>5</b> | <b>DISKUSSION .....</b>  | <b>65</b>  |
| 5.1      | ZUSAMMENFASSUNG DER HAUPTERGEBNISSE .....  | 65         |
| 5.2      | DISKUSSION DER METHODEN .....  | 66         |
| 5.2.1    | Definitionskriterien des Metabolischen Syndroms .....                              | 66         |
| 5.2.2    | Repräsentativität der untersuchten Probanden gegenüber der Normalbevölkerung ..... | 68         |
| 5.2.3    | Kollektiv und Studienaufbau .....  | 69         |
| 5.2.4    | Studiendesign .....  | 69         |
| 5.2.5    | Messstandorte .....  | 70         |
| 5.2.6    | Umgebungsbedingungen der Expositionsphase .....                                    | 70         |
| 5.2.7    | Expositionsdauer .....   | 71         |
| 5.2.8    | Relevanz der Untersuchungen in der Höhe .....                                      | 71         |
| 5.2.9    | Lungenfunktion .....   | 72         |
| 5.2.10   | Blutdruck .....  | 73         |
| 5.2.11   | Blutgasanalyse .....   | 75         |
| 5.3      | DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....  | 78         |
| 5.3.1    | Lungenfunktion .....   | 78         |
| 5.3.2    | Blutdruck .....  | 84         |
| 5.3.3    | Blutgase .....   | 86         |
| <b>6</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>   | <b>91</b>  |
| <b>7</b> | <b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>  | <b>93</b>  |
|          | ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....  | 99         |
|          | TABELLENVERZEICHNIS .....  | 100        |
|          | STATISTIKTABELLEN .....  | 101        |
| <b>8</b> | <b>DANKSAGUNG .....</b>  | <b>103</b> |
| <b>9</b> | <b>LEBENS LAUF .....</b>   | <b>104</b> |

## **Abbildungsverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1.1 1 Zusammenhänge des Metabolischen Syndroms .....  | 5  |
| Abbildung 1.2 1 Entwicklung der Diabetes-Häufigkeit weltweit und der BRD.....   | 7  |
| Abbildung 1.2 2 Anteil der Menschen in der BRD mit einem BMI > 25 kg/m <sup>2</sup> .....   | 9  |
| Abbildung 1.2 3 Pathophysiologische Beziehungen von Adipositas und Metabolischen<br>Syndrom .....   | 11 |
| Abbildung 3.2. 1 Umweltforschungsstation Schneefernerhaus 2650 m.ü.NN.....  | 28 |
| Abbildung 3.2. 2 Höhenprofil und Messzeitpunkte .....   | 29 |
| Abbildung 3.4. 3 ABL 700 Radiometer Copenhagen.....   | 35 |
| Abbildung 3.4. 4 Weinmann OXYCOUNT mini WM 90500 Pulsoxymeter .....   | 36 |
| Abbildung 3.4. 5 Langzeitblutdruckmessgerät SpaceLabs 90207 .....   | 36 |
| Abbildung 4.3 1 Lungenfunktion: Vergleich der Mittelwerte der Vitalkapazität VC in l/min<br>der Patienten und Kontrollen zu den verschiedenen Messzeitpunkten.....                            | 39 |
| Abbildung 4.3 2 Lungenfunktion: Vergleich der Mittelwerte der Einsekundenkapazität FEV1<br>in l/min der Patienten und Kontrollen zu den verschiedenen Messzeitpunkten. ....                   | 42 |
| Abbildung 4.3 3 Lungenfunktion: Vergleich der Mittelwerte des Maximalen expiratorischen<br>Flusses MEF25 in l/min der Patienten und Kontrollen zu den verschiedenen Messzeitpunkten.<br>..... | 44 |
| Abbildung 4.3 4 Lungenfunktion: Vergleich der Mittelwerte des Expiratorischen<br>Spitzenflusses PEF in l/min der Patienten und Kontrollen zu den verschiedenen<br>Messzeitpunkten.....        | 47 |
| Abbildung 4.4 1 Systolischer Blutdruck: Vergleich der Mittelwerte des systolischen<br>Blutdrucks in mmHg der Patienten und Kontrollen zu den verschiedenen Messzeitpunkten. ....              | 50 |
| Abbildung 4.4 2 Diastolischer Blutdruck: Vergleich der Mittelwerte des diastolischen<br>Blutdrucks in mmHg der Patienten und Kontrollen zu den verschiedenen Messzeitpunkten. ....            | 52 |
| Abbildung 5.2 1 Anzahl der männlichen Normalbevölkerung der BRD mit Met.Syndrom...68  |    |

## Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 1. 1 Diagnostische Kriterien des Metabolischen Syndroms.....   | 6  |
| Tabelle 1. 2 Klassifikation des Gewichts nach Kriterien der World Health Organisation .....  | 10 |
| Tabelle 1. 3 Einteilung des Blutdrucks nach WHO/ISH/DHL Kriterien .....  | 14 |
| Tabelle 1. 4 Mit dem Metabolischen Syndrom assoziierte Erkrankungen .....  | 17 |
| Tabelle 3.3. 1 Messzeitpunkte der durchgeführten Untersuchungen.....   | 30 |
| Tabelle 3.3. 2 Auflistung der Blutgaswerte.....  | 34 |
| Tabelle 3.3.3. 1 Statische Spirometrische Parameter  | 32 |
| Tabelle 3.3.3. 2 Dynamische Spirometrische Parameter .....   | 32 |
| Tabelle 4.2 1 Anthropometrische Daten der Patienten und Kontrollpersonen .....   | 38 |
| Tabelle 4.3 1 Lungenfunktion: Mittelwerte der Vitalkapazität des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten.....                              | 40 |
| Tabelle 4.3 2 Lungenfunktion: Mittelwerte der Einsekundenkapazität FEV <sub>1</sub> des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten.....       | 42 |
| Tabelle 4.3 3 Lungenfunktion: Mittelwerte des Maximalen expiratorischen Flusses MEF25 des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten. ....    | 45 |
| Tabelle 4.3 4 Lungenfunktion: Mittelwerte des Expiratorischen Spitzenflusses PEF des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten. ....         | 47 |
| Tabelle 4.4 1 Systolischer Blutdruck: Mittelwerte des systolischen Blutdrucks des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten.....             | 50 |
| Tabelle 4.4 2 Diastolischer Blutdruck: Mittelwerte des diastolischen Blutdrucks des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten. ....          | 53 |
| Tabelle 4.5 1 Blutgasanalyse: Mittelwerte des pH-Wertes des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten.....                                   | 55 |
| Tabelle 4.5 2 Blutgasanalyse: Mittelwerte des Sauerstoffpartialdrucks pO <sub>2</sub> des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten.....     | 58 |
| Tabelle 4.5 3 Blutgasanalyse: Mittelwerte des Kohlendioxidpartialdrucks pCO <sub>2</sub> des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten. .... | 60 |
| Tabelle 4.5 4 Blutgasanalyse: Mittelwerte der Sauerstoffsättigung SaO <sub>2</sub> des Patienten- und Kontroll-Kollektivs mit Standardabweichung und Anzahl der Probanden zu den verschiedenen Messzeitpunkten.....        | 63 |
| Tabelle 5.2 1 Definition des Metabolischen Syndroms nach WHO 1999, Geneva.....   | 66 |
| Tabelle 5.2 2 Definition des Metabolischen Syndroms nach NCEP-ATP-III Kriterien 2001 .....   | 67 |
| Tabelle 5.2 3 Definition des Metabolischen Syndroms nach IDF-Kriterien 2005.....   | 67 |
| Tabelle 5.3. 1 Zusammenfassung der Studien mit Veränderung der Spirometrie durch die Höhe. (+ = Anstieg, 0 = keine Veränderungen., - = Abfall) .....   | 80 |

## Statistiktabellen

|  |    |
|--|----|
| Statistik 4.3 1 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen der Vitalkapazität des Patientenkollektivs untereinander.....                                      | 40 |
| Statistik 4.3 2 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen der Vitalkapazität des Kontrollkollektivs untereinander.....                                       | 40 |
| Statistik 4.3 3 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen der Vitalkapazität des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander.....                          | 41 |
| Statistik 4.3 4 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen der Einsekundenkapazität FEV1 des Patientenkollektivs untereinander.....                           | 43 |
| Statistik 4.3 5 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen der Einsekundenkapazität FEV1 des Kontrollkollektivs untereinander.....                            | 43 |
| Statistik 4.3 6 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen der Einsekundenkapazität FEV1 des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander.....               | 43 |
| Statistik 4.3 7 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen des Maximalen expiratorischen Flusses MEF25 des Patientenkollektivs untereinander.....             | 45 |
| Statistik 4.3 8 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen des Maximalen expiratorischen Flusses MEF25 des Kontrollkollektivs untereinander.....              | 45 |
| Statistik 4.3 9 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen des Maximalen expiratorischen Flusses MEF25 des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander..... | 46 |
| Statistik 4.3 10 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen des Expiratorischen Spitzenflusses PEF des Patientenkollektivs untereinander.....                 | 48 |
| Statistik 4.3 11 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen des Expiratorischen Spitzenflusses PEF des Kontrollkollektivs untereinander.....                  | 48 |
| Statistik 4.3 12 Lungenfunktion: Vergleich der einzelnen Messungen des Expiratorischen Spitzenflusses PEF des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander.....     | 48 |
| Statistik 4.4 1 Systolischer Blutdruck: Vergleich der einzelnen Messungen des systolischen Blutdrucks des Patientenkollektivs untereinander.....                     | 51 |
| Statistik 4.4 2 Systolischer Blutdruck: Vergleich der einzelnen Messungen des systolischen Blutdrucks des Kontrollkollektivs untereinander.....                      | 51 |
| Statistik 4.4 3 Systolischer Blutdruck: Vergleich der einzelnen Messungen des systolischen Blutdrucks des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander.....         | 51 |
| Statistik 4.4 4 Diastolischer Blutdruck: Vergleich der einzelnen Messungen des diastolischen Blutdrucks des Patientenkollektivs untereinander.....                   | 53 |
| Statistik 4.4 5 Diastolischer Blutdruck: Vergleich der einzelnen Messungen des diastolischen Blutdrucks des Kontrollkollektivs untereinander.....                    | 53 |
| Statistik 4.4 6 Diastolischer Blutdruck: Vergleich der einzelnen Messungen des diastolischen Blutdrucks des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander.....       | 54 |
| Statistik 4.5 1 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des pH-Wertes des Patientenkollektivs untereinander.....   | 56 |
| Statistik 4.5 2 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des pH-Wertes des Kontrollkollektivs untereinander.....  | 56 |
| Statistik 4.5 3 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des pH-Wertes des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander.....                               | 56 |
| Statistik 4.5 4 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des Sauerstoffpartialdrucks $pO_2$ des Patientenkollektivs untereinander.....                      | 58 |
| Statistik 4.5 5 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des Sauerstoffpartialdrucks $pO_2$ des Kontrollkollektivs untereinander.....                       | 58 |
| Statistik 4.5 6 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des Sauerstoffpartialdrucks $pO_2$ des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander.....          | 59 |

|   |    |
|---|----|
| Statistik 4.5 7 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des Kohlendioxidpartialdrucks $pCO_2$ des Patientenkollektivs untereinander. ....             | 61 |
| Statistik 4.5 8 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des Kohlendioxidpartialdrucks $pCO_2$ des Kontrollkollektivs untereinander. ....              | 61 |
| Statistik 4.5 9 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen des Kohlendioxidpartialdrucks $pCO_2$ des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander. .... | 61 |
| Statistik 4.5 10 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen der Sauerstoffsättigung $SaO_2$ des Patientenkollektivs untereinander. ....                  | 63 |
| Statistik 4.5 11 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen der Sauerstoffsättigung $SaO_2$ des Kontrollkollektivs untereinander. ....                   | 63 |
| Statistik 4.5 12 Blutgasanalyse: Vergleich der einzelnen Messungen der Sauerstoffsättigung $SaO_2$ des Patienten- und Kontrollkollektivs miteinander. ....      | 64 |